Г-11

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА СССР

Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт

Н. С. ГОРЮНОВ

ОРОШЕНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР И МЕЛИОРАЦИЯ ЗАСОЛЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ В КАЗАХСТАНЕ

(№ 531 — мелиорация и орошаемое земледелие)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук

Новочеркасск
1969 г.

ТС-113
631.6

Из книг В.А. Духовного

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА СССР

Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт

Н. С. ГОРЮНОВ

ОРОШЕНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР И МЕЛИОРАЦИЯ ЗАСОЛЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ В КАЗАХСТАНЕ

(№ 531 — мелиорация и орошаемое земледелие)

Глубокоуважаемому — ?г. инж. главка т. Духовному В.А. от автора

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
доктора сельскохозяйственных наук

Новочеркасск
1969.

Представленная к защите диссертация выполнена в Джамбулском гидромелиоративно-строительном институте и Казахском научно-исследовательском институте водного хозяйства.

ОФИЦИАЛЬНЫЕ ОППОНЕНТЫ:

Академик ВАСХНИЛ, доктор технических наук, Герой Социалистического Труда профессор ШУМАКОВ Б. А.

Доктор сельскохозяйственных наук, профессор ЕРЛЕПЕСОВ М. Н.

Доктор сельскохозяйственных наук, профессор ЛЬГОВ Г. К.

Ведущее предприятие: Министерство мелиорации и водного хозяйства Каз.ССР.

Автореферат разослан «19» марта 1970 г.

Защита диссертации состоится «24» апреля 1970 г. на заседании Ученого Совета Новочеркасского инженерно-мелиоративного института.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Отзывы и замечания в 2-х экземплярах просим направлять по адресу: г. Новочеркасск, 9, Ростовской области, ул. Пушкинская, 111, Ученому Совету НИМИ.

Ученый секретарь Совета — БЕРКОВ А. М.

ВВЕДЕНИЕ

В сельскохозяйственном производстве Казахстана велика роль орошаемого земледелия. Республика занимает третье место в СССР по наличию земель правильного (регулярного) орошения (1,165 тыс. га) и первое место по площади лиманного орошения (около 900 тыс. га). С поливных земель, занимающих около 4 проц. площади пашни, получают до 20 проц. всей продукции земледелия в стоимостном выражении. Лиманы дают более 30 проц. сена в республике. Один гектар орошаемых земель, даже при имеющихся недостатках их использования, продуктивнее одного гектара богары в 5—6 раз.

Майским (1966 г.) и Октябрьским (1968 г.) Пленумами ЦК КПСС подчеркнута важность развития орошения в стране. Большие работы по орошению предстоит выполнить и в Казахстане. В целом орошаемые земли в республике используются все еще малоэффективно. Одной из причин низкой продуктивности орошаемых земель является отсутствие научно-обоснованных практических рекомендаций по рациональным режимам орошения с.-х. культур, рациональным способам и технике полива, по оптимальному режиму затопления лиманов и методике его определения, по улучшению мелиоративного состояния орошаемых земель и др.

Решению этих задач и была посвящена научно исследовательская работа автора, проводившаяся в течение 1957—1968 гг. по теме «Орошение сельскохозяйственных культур и мелиорация засоленных почв в Казахстане».

Задачей исследований было: отыскать оптимальные технические решения, при которых вода использовалась бы наиболее полно и экономически целесообразно, способствуя резкому повышению продуктивности орошаемых земель.

Исследованию и изучению были подвергнуты следующие основные и первоочередные вопросы, входящие в рас-

сматриваемые проблемы: оптимальные экономически целесообразные поливные режимы и суммарное водопотребление ведущих с.-х. культур, возделываемых на орошаемых землях юга республики и пустынных условиях; рациональные способы и техника полива этих культур; оптимальный режим затопления лиманов, теория и методика его установления и расчета; способы, сроки и нормы промывки засоленных орошаемых земель; порядок освоения промытых почв; методы предотвращающие сезонную реставрацию засоления орошаемых почв; оптимальные параметры дренажа и его рассоляющее действие; пути повышения продуктивности орошаемых земель и другие вопросы.

В диссертации обобщены результаты многолетних экспериментальных и теоретических исследований и обоснованы практические рекомендации по всем изученным проблемам. Ранее подобные исследования в Казахстане проводились слабо и не широко и были поставлены впервые под руководством автора и на комплексной основе в большом масштабе. Наблюдения осуществлялись почти за всеми факторами жизни растений. Полевые исследования проводились в характерных (типовых) районах каждой зоны, а результаты их широко проверялись в производственных условиях. Теоретические обобщения и исследования позволили распространить полученные экспериментальные данные на все основные зоны орошения.

Выполненная работа имеет объем 570 стр.; из них список литературы на 32 стр. включает 653 литературных источника (из них 90 работ автора). Материал в работе иллюстрируется 133 графиками и 187 таблицами. Диссертация состоит из 14 глав, объединенных в четыре части; правильное орошение, лиманное орошение, улучшение мелиоративного состояния орошаемых земель, пути повышения продуктивности орошаемых земель.

В процессе выполнения исследований автор пользовался консультациями акад. А. Н. Костякова, акад. С. Ф. Аверьянова, акад. И. А. Шарова, акад. Б. А. Шумакова, проф. Н. Д. Кременецкого, проф. С. Д. Лысогорова и др. ученых. В экспериментальной части работы принимали участие сотрудники и аспиранты отдела орошения и мелиорации Каз. НИИВХ.

Природные и хозяйственные условия орошаемых районов

Основные массивы правильного (регулярного) орошения расположены на юго-востоке и юге республики, а лиманного в Центральном, Северном и Западном Казахстане. Протяженность Казахстана с запада на восток около 3000 км, а с севера на юг — свыше 1500 км. Рельеф территории изменяется от Прикаспийской низменности до высот Заилийского Ала-Тау (4000 м над у. м.).

По основным климатическим показателям территория Казахстана, исключая горные районы, делится на четыре климатические зоны, которые соответствуют ландшафтному делению: лесостепную, степную, полупустынную и пустынную. По характеру почвенно-растительного покрова территория делится на равнинно-низкогорную часть, куда входят лесостепная, степная, полупустынная и пустынная зона и высокогорная часть с вертикальными почвенно-растительными поясами.

На севере Казахстана почвенный покров представлен обыкновенными и южными черноземами. В зоне сухих степей наибольшее распространение имеют темно-каштановые почвы. В полупустынной зоне основным типом почв, имеющим и хозяйственное значение, являются светло-каштановые почвы. Среди них широко распространены солонцы, реже лугово-каштановые, луговые почвы и солончаки. Устойчивое земледелие здесь можно вести только при орошении.

В пустынной зоне распространены бурые и серо-бурые почвы. Среди них широко распространены солонцы, солончаки и такыры. Большие площади заняты песками. Земледелие возможно только при орошении. В зоне поливного и богарного земледелия, которая расположена в предгорной и горной зоне Тянь-Шаня, распространены в основном обыкновенные сероземы и частично лугово-сероземные почвы.

Климатические условия республики исключительно разнообразны. Климат степной земледельческой зоны преимущественно умеренно-влажный. Среднемноголетнее количество осадков 300—350 мм. Количество тепла 2050—2350°С. Средняя высота снежного покрова 20—30 см, к весне он содержит 50—100 мм влаги. За июнь-июль здесь выпадает в среднем 40—50 проц. осадков. В этой зоне необходимо эф-

фективно решать вопросы накопления и рационального использования влаги, а где возможно применять лиманное орошение.

Засушливость климата в сухостепной зоне выражена еще резче. В этой зоне широко применяется лиманное орошение. Среднегодовое количество осадков колеблется около 250—300 мм. Около 70—80 проц. осадков выпадает в теплый период года. Сумма положительных температур воздуха за вегетацию растений равна 2300—2400°. Средняя высота снежного покрова не превышает 20—30 см. Для зоны особое значение приобретают все мелиоративные и агротехнические мероприятия по созданию достаточных запасов влаги в почве, борьбы с засухой и ветровой эрозией. Большое значение в этом играет лиманное орошение.

В полупустынных и пустынных зонах климат становится резко континентальным, а засушливость климата еще более усиливается. В полупустынной зоне распространено лиманное орошение, а в пустынной (Кзыл-Ординская, частично Чимкентская и Алма-Атинская области) широко развивается рисосеяние.

Климат предгорной части южного и восточного Казахстана, где расположены основные орошаемые площади, отличается разнообразием. Годовое количество осадков колеблется от 130 до 150 мм. Максимум осадков приходится на апрель или май. Осадки за теплый период года составляют 60—80 проц. от годовой суммы. Сумма положительных температур колеблется около 4000°, а безморозный период от 140 до 190 дней. В этой зоне орошаемого земледелия возделывается широкий набор культур, в том числе такие ценные культуры как хлопчатник, сахарная свекла, зерновые колосовые, кукуруза, люцерна, зернобобовые, плодовоягодные и овощные культуры. Во всех перечисленных зонах продуктивность сельского хозяйства ограничивается недостатком естественного увлажнения.

Обеспеченный ирригационный фонд по данным Генеральной схемы водообеспечения народного хозяйства Каз. ССР (Справочник гидротехника, изд. «Кайнар», Алма-Ата, 1966), с учетом использования ресурсов р.р. Иртыша, Урала и Волги, составляет 7,7 млн. га (5,3 млн. га правильного и

2,4 млн. га лиманного орошения). По данным СОПС АН СССР (Миркин, 1960) площадь орошаемых земель в ближайшей перспективе в Казахстане можно довести до таких размеров: правильного орошения — 2374 тыс. га и лиманного орошения — 3338 тыс. га. Для орошения остальной перспективной площади необходимо дополнительно привлекать воду извне.

Анализ водных ресурсов показывает, что в ряде районов республики в ближайшие годы нужно предпринимать меры по ликвидации дефицита воды. Поэтому на территории республики сейчас осуществляется и намечается строительство ряда крупных водохозяйственных объектов.

Основные положения методики исследований

В соответствии с природно-хозяйственным районированием республики полевые исследования по теме осуществлялись в различных зонах и областях республики: по правильному орошению и мелиорации засоленных почв — в Алма-Атинской, Талды-Курганской, Джамбулской, Чимкентской и Кзыл-Ординской областях; по лиманному орошению — в Актюбинской, Целиноградской и Семипалатинской областях.

Участки для опытов выбирались в передовых хозяйствах с учетом того, чтобы они были типичны для каждой зоны, как по почвам, так и по другим условиям. Полевые опыты закладывались по общепринятым методикам и указаниям. По каждой культуре или мероприятию опыты закладывались с большим набором вариантов и схем в 3—4-х кратной повторности. Варианты в повторениях размещались по стандартному и систематическому методу, обычно в один ярус.

Площадь опытных делянок колебалась от 500—2000 м² до 3—12 и более гектаров. Как правило, каждый полевой опыт проводился подряд в течение 3—4 лет. В тексте диссертации результаты исследований приводятся за все годы, а в автореферате (для сокращения объема) иногда за один год.

Во время полевых исследований на всех вариантах проводились комплексные одновременные наблюдения: — за динамикой влажности почвы; динамикой водно-физических,

механических и химических свойств почвогрунтов; уровнем грунтовой воды; метеорологическими условиями; физиологическими показателями растений; динамикой микроэлементов в почве и растениях, качеством продукции и др. Проводились технико-экономические исследования для определения экономической эффективности того или иного мелиоративного мероприятия и рентабельности производства.

Все перечисленные наблюдения и опыты призводились по имеющимся указаниям (например, Константинов, 1952; Кудрявцева, 1949; Найдин, 1959; Молостов, 1966; Сазонов, 1962; Астапов, 1958; Сказкин, 1958; Качинский, 1925; Рыжов, 1963; Наставления УГМС и др.) или по специально разрабатываемым автором рабочим методикам. По каждому году производились расчеты точности и достоверности опытов методами теории ошибок и дисперсного анализа (Перегудов, 1959).

Агротехника изучаемых с.-х. культур и на других опытах принималась по агроуказаниям для каждой зоны и выдерживалась на высоком уровне. Особенное внимание обращалось на тщательное определение влажности почвы в зоне аэрации на каждом варианте и повторности. Эти определения производились до и после каждого полива, а также через 3—5 дней между поливами. Все это позволило рассчитать по методу водного баланса суммарное водопотребление каждой культуры.

Результаты полевых исследований широко проверялись в производственных условиях. Производились также соответствующие теоретические исследования. Все это позволяло распространить полученные данные на необходимый район орошения.

При проведении полевых опытов по орошению необходимо иметь высокую сравнимость изучаемых вариантов, особенно при разработке режима орошения. Близко расположенные делянки с различными уровнями увлажнения почвы могут влиять друг на друга и нивелировать режим увлажнения. Кроме того, надо иметь рациональную длину борозд и размер поливных струй, чтобы делянки равномерно увлажнялись по площади. При малейших недостатках в методике

закладки полевых опытов будут получены неточные, несравнимые результаты. Поэтому автором были проведены специальные полевые исследования по проверке и уточнению рекомендуемой методики закладки полевых опытов при поливе с.-х. культур по бороздам и разработке элементов техники полива при проведении опытов.

Проведенными исследованиями было доказано, что защитная неорошаемая полоса между вариантами шириной 2,8—3,0 м достаточна, чтобы исключить влияние увлажнения делянки на соседнюю через впитывание. Выявлена целесообразность полива некоторых культур в соответствующих условиях через борозду. Установлена оптимальная длина делянок, метод полива и подачи воды в борозды, а также преимущество парного метода в закладке опытов (21)[1].

ЧАСТЬ I.

Правильное орошение

Основные массивы правильного (регулярного) орошения расположены на юго-востоке и юге республики (84 проц.). В соответствии с этим полевые исследования осуществлялись в Алма-Атинской, Талды-Курганской, Джамбулской, Чимкентской и Кзыл-Ординской областях. Площадь регулярно орошаемых земель в республике в 1968 г. составляла 1.165 тыс. гектаров. Пятилетним планом предусмотрено дополнительно ввести в эксплуатацию 120 тыс. гектаров новых орошаемых площадей. Структура использования орошаемых земель за последние годы складывалась следующим образом: зерновые культуры занимали 36,4 проц., кормовые — около 25 проц., технические — около 12 проц., овоще-бахчевые и картофель — 7 проц., плодово-ягодные — 8 проц., прочие — 12,6 проц.

Глава 1—3. В этих небольших главах выполнен анализ современного состояния и рассмотрены перспективы развития орошаемого земледелия, а также охарактеризованы существующие приемы орошения. Анализ полученного матери-

[1]) Здесь и далее указаны ссылки на опубликованные работы автора по данному вопросу.

ала позволил наметить первоочередные мероприятия по повышению продуктивности поливных земель и перечень проблем и входящих в них вопросов, которые должны быть исследованы для надлежащего научного обоснования этих мероприятий. Одной из важнейших проблем является разработка рациональных режимов орошения сельскохозяйственных культур и передовых приемов их осуществления.

В результате произведенного в работе подробного анализа различных методов определения оптимальных режимов орошения наиболее достоверным и точным признан метод полевых опытов с детальным изучением динамики влажности почвы, учетом урожая и технико-экономических показателей. Оптимальный режим орошений должен быть экономически целесообразным и рентабельным. В целях теоретического обоснования результатов опытов и районирования рекомендаций, все полевые исследования необходимо сопровождать возможно более полными наблюдениями за физиологическими показателями, метеорологическими факторами, качеством продукции и др. Эти соображения учитывались автором при проведении исследований.

Глава 4. — Режим орошения сельскохозяйственных культур.

1. Расход влаги растениями из почвы

Экспериментальным путем для каждой изучаемой культуры по методу водного баланса установлены закономерности и величины расхода влаги по слоям почвенного профиля. В результате этого получены показатели использования растениями естественных запасов влаги из почвы (табл. 8)[1], где приведены данные по оптимальным орошаемым вариантам и по вариантам без полива, выбранных из 3-х летних полевых опытов.

[1]) **Нумерация таблиц в автореферате принята как в диссертации.**

Таблица 8

Показатели использования растениями естественных запасов влаги из метрового слоя почвы

Культура	Оптимальный режим орошения-поливы при влажности почвы в проц. предельной полевой влагоемкости (ППВ)	Расход и коэффициент использования влаги	
		расход из почвы, м³/га	коэффициент использования
Сахарная свекла (полив по бороздам)	Без полива	1930	1,00
	Полив при 70—70—70% от ППВ***	633	0,34
Сахарная свекла (полив дождеванием)	Поливы при 80—80—80 проц. от ППВ	360	0,22
	Без полива	2040	1,00
Озимая пшеница	Поливы при 70% от ППВ	1500	0,76
	Без полива	1160	0,72
Кукуруза	Поливы при 70% от ППВ	430	0,27
	Без полива	880	1,00
Горох	Поливы при 70—80% от ППВ	305	0,38
	Без полива	909	0,66
Соя	Полив при 70—80% от ППВ	187	0,23
	Без полива	1153	0,47
Кукуруза пожнивного посева	Полив при 70% от ППВ*	527	0,21
	Без полива	1096	1,0
Горох пожнивного посева	Полив при 70—80% от ППВ*	516	0,58
	Полив при 70—80% от ППВ**	1130	0,91
Хлопчатник	Полив при 80% от ППВ	100	0,0
Капуста	Полив при 80% от ППВ	230	0,17
Картофель			

Примечание: *) на фоне влагозарядкового полива;
**) грунтовые воды на участке залегали на глубине 1,6—1,8 м от поверхности поля;
***) влажность почвы по периодам развития

Анализ материалов исследований по режиму влажности почвы при различном увлажнении позволяет сделать следующие выводы. При влажности почвы ниже 50—60 проц. ППВ происходит подтягивание грунтовых вод к зоне аэрации (если они залегают ближе 3-х метров к поверхности). Проникновение поливных вод ниже метрового слоя в опытах не наблюдалось. Ниже первого метра влажность почвы на оптимально орошаемых вариантах (60—80 проц. от ППВ) остается почти постоянной в течение всего вегетационного периода. Влажность почвы наибольшие изменения претерпевает в верхнем 0—30 (0—40) см. слое.

Расход влаги из почвы за счет естественных запасов повышается с увеличнием зоны влагосбмена. Запасы почвенной влаги практически не используются при поддержании влажности почвы на уровне 80 проц. от предельной полевой влагоемкости (ППВ) и выше.

Материалы исследований позволяют сказать о том, что поливные режимы зерновых культур на юге Казахстана надо устанавливать с учетом максимального использования естественных запасов почвенной влаги.

2. Расход влаги из почвы при близком залегании грунтовых вод

При близком залегании грунтовых вод (менее 2,5—3-х м от поверхности) часть ее используется растениями и расходуется на испарение. Расходование влаги из почвы в этом случае будет носить несколько другой характер. Поэтому этот вопрос автором был специально изучен. Полевые исследования проводились в производственных условиях на организованных балансовых участках, где проводились подробные водно-балансовые исследования (47). На балансовых участках возделывались с.-х. культуры. Результаты исследований позволили получить количественные характеристики динамики влажности почвы в зоне аэрации и проанализировать ее изменение по площади и глубине балансового участка в течение вегетационного периода. Были вычислены существующая и возможная (предельная) влажность почвы, а также недостаток насыщения (дефицит) на отдельные даты и периоды. После водно-балансовых расчетов и теоретического обобщения материалов построены графические зависи-

мости динамики влажности и влагозапасов в метровом слое почвы от мощности зоны аэрации при близком залегании грунтовых вод.

На основании этого были составлены аналитические зависимости для расчета влагозапасов в зоне аэрации. Зависимость влагозапасов активного (метрового) слоя почвы от мощности зоны аэрации (глубин грунтовых вод) оказалась обратно прямолинейной и достаточно тесной. Математическая интерпретация этой зависимости для средних условий зоны исследований имеет такой вид: $B = 4100 - 5{,}5\ H$ м³/га, где H — мощность зоны аэрации в см, т. е. глубина залегания грунтовых вод от поверхности почвы. По полученным графикам или приведенной зависимости можно определить содержание влаги в метровом слое зная положение уровня грунтовых вод.

При дальнейшем анализе водного баланса в зоне аэрации установлены графические зависимости между среднемесячным дефицитом влаги в активном слое почвы и глубиной залегания грунтовых вод, по которым можно производить прямые определения величины поливной нормы. Связи, представленные на графиках в работе, описываются следующими уравнениями регрессии, по которым можно производить расчет:

а) для предгорных районов: $\triangle B = 1{,}18H - 119$ мм;

б) для зоны Арысь-Туркестанского канала:

$\triangle B = 0{,}493H - 50$ мм, где: $\triangle B$ — дефицит влагозапасов в метровом слое почвы, мм;

H — глубина залегания уровня грунтовых вод, см.

В работе также представлена в виде графиков прогностическая зависимость влажности метрового слоя почвы и дефицита влагозапасов следующего месяца от уровня грунтовых вод предыдущего месяца. Связи прямые и устойчивые по годам.

Рядом ученых получены экспериментальным и теоретическим путем более сложные зависимости для приближенного определения запасов воды в балансовом слое и расчета оптимальной глубины залегания грунтовых вод (Аверьянов, 1959; Каплинский, 1962; Нерпин и др., 1967). Предлагаемый в работе способ прямого определения величины поливных норм, при близком уровне грунтовых вод по глубине их за-

легания, значительно упрощает работу специалистов в хозяйствах.

3. Оценка методов определения суммарного водопотребления сельскохозяйственных культур

Для расчета режима орошения и других мелиоративных мероприятий необходимо знать суммарное водопотребление с.-х. культур. Имеется много методов (как советских, так и зарубежных) для определения суммарного водопотребления растений. Все методы расчета по определению суммарного водопотребления можно объединить в несколько групп: агрометеорологические (или биоклиматические), а также комплексные (темпло-воднобалансовый и диффузионно-биологический). В последние годы на первый план при определении водопотребления культур выдвинулись физические методы особенно те, которые получили теоретическое обоснование.

Агромелиоративные методы определения суммарного водопотребления наиболее детально разработаны для расчета режимов орошения и широкого применяются в практике. В основу этих методов положено определение общего расхода воды по уравнению водного баланса с учетом урожая и коэффициентов водопотребления (Костяков, 1951; Шаров, 1959; Шумаков, 1957; С. Алпатьев, 1965; Колпаков, 1962 и др.). При физических и метеорологических методах суммарное водопотребление рассчитывают по эмпирическим или теоретическим формулам с использованием: температуры и дефецита влажности воздуха, элементов солнечной радиации (радиационного баланса), различных параметров влажности и водопроницаемости почвы и др. (Будыко, 1956; Будаговский, 1964; Скворцов, 1950; Преображенский, 1952; Шаров, 1959; Иванов, 1954; А. Алпатьев, 1954; С. Алпатьев, 1965; Пушкарев, 1954; Романов, 1956; Константинов, 1963; Лайхтман, 1955 и др.).

Агрометеорологические методы расчета используют также метеорологические показатели, но с учетом количественных показателей биологических особенностей растений (А. Алпатьев, 1954; С. Алпатьев, 1965; Шашко, 1957; Алексеев и Данильченко, 1960; Федоров, 1959; Льгов, 1960 и др.). В последнее время Харченко (1965) выдвинул и обосновал комплексный тепло- водно-балансовый метод определения норм орошения.

Однако многие предложенные зависимости весьма сложны и используют малоизученные параметры, что затрудняет их применение в практических целях, а некоторые методы недостаточно приспособлены для решения конкретных практических задач. Поэтому был экспериментально выполнен сравнительный анализ основных существующих методов расчета суммарного водопотребления и сделана их оценка. Исследования выполнялись совместно с Н. Данильченко (15) на свекловичной плантации в течение трех лет одновременно по всем испытываемым методам: водного баланса, теплового баланса, градиентных наблюдений, турбулентной диффузии (по методике Будыко, Скворцова и ГГО). Параллельно производилась проверка предложения А. Алпатьева об общности суммарного испарения с испаряемостью. Полив сахарной свеклы производился по бороздам. Влажность корнеобитаемого слоя поддерживалась поливами на оптимальном уровне (70 проц. от ППВ). В качестве контроля был принят метод водного баланса. Основные результаты исследований по характерному году приводятся в табл. 9. Инженером Данильченко Н. в последующие годы выполнялись аналогичные исследования и по другим культурам.

Метод водного баланса может применяться с высокой достоверностью в случае отсутствия влагообмена с нижележащими слоями почвогрунта. Автоматизация определения влажности почвы откроет широкую дорогу для применения этого метода в целях диагностирования сроков поливов. Очень близко к этому точному методу подходит метод теплового баланса, который является наиболее теоретически разработанным.

При этом методе наблюдениями охватываются все факторы термического режима орошаемого поля. Применение метода теплового баланса в широком масштабе для практических целей встречает трудности технического порядка. При автоматизации определения составляющих теплового баланса этот метод может быть оперативным.

Менее точно суммарное испарение с поля может быть определено как произведение коэффициента турбулентного перемешивания на градиент воздуха на двух высотах. Для безветренных условий структура формулы коэффициента турбулентной диффузии должна быть несколько изменена. Определение испарения по номограмме ГГО недостаточно обос-

Таблица 9

Сравнение различных методов определения суммарного расхода влаги с орошаемого свекловичного поля (1960)

Методы периоды наблюдений		2-VI—17-VI	17-VI—27-VI	27-VI—5-VII	9-VII—19-VII	19-VII—29-VII	29-VII—5-VIII	9-VIII—19-VIII	19-VIII—30-VIII	3-IX—13-IX
Метод водного баланса (контр.)										
м³/га		450	345	395	439	535	360	600	526	367
м³/га сут.		30,0	34,5	49.4	43.9	53.5	51,5	60,0	47,6	36,7
Метод теплового баланса										
кбм/га		—	378	399	488	507	409	576	431	288
кбм/га сутки		—	37,8	49,9	48,8	50,7	58,5	57,6	39,2	28,8
в % к контролю		—	110	101	112	97	113	96	80	79
Метод турбулентной диффузии:										
а) по номограмме ГГО										
кбм/га		—	261	239	267	223	289	246	182	292
кбм/га сутки		—	26,1	30,0	26,7	22,3	41,3	14,6	16,5	29,2
в % к контролю		—	75	61	61	42	80	41	35	80
б) по формуле М. Будыко:										
кбм/га		—	318	480	474	562	283	452	272	408
кбм/га сутки		—	31,8	60,0	47,4	56,2	40,5	45,2	24,7	40,8
в % к контролю		—	92	121	108	105	79	75	52	112
в) по методу А. А. Скворцова:										
кбм/га		—	—	—	—	660	465	1035	1000	537
кбм/га сутки		—	—	—	—	66,0	66,5	103,5	91,0	53,7
в % к контролю		—	—	—	—	125	129	173	190	147
Испаряемость по формуле Н. Иванова:										
кбм/га		695	462	406	379	400	301	551	501	463
кбм/га сутки		46,3	46,2	50,9	37,9	40,0	43,0	55,1	45,6	46,3
в % к контролю		154	134	105	88	75	83	92	95	127

новано и содержит значительные ошибки. Метод А. Скворцова заслуживает определенного внимания. Однако границы его применения исследованы еще не полностью. Если поле не занято растительностью, то получаются заниженные значения, а при хорошем растительном покрове — завышенные. Кроме того метод А.Скворцова почти нельзя применять на полях с высокостебельными культурами.

Особого внимания заслуживает метод А. Алпатьева (1954), который предложил для определения суммарного испарения с достаточно увлажняемой почвы использовать величину испаряемости. Достоинство этого метода заключается в сочетании простоты и достаточной точности. Опытами была установлена согласованность суммарного расхода влаги орошаемым полем с ходом метеорологических факторов, что позволяет решать вопросы нормирования орошения в широких масштабах. На основании этого метода В. Алексеевым и Н. Данильченко (1960) был разработан способ — «дефицита испаряемости». По этому способу, с учетом установленных коэффициентов биологических кривых, ими произведен расчет режима орошения сахарной свеклы, кукурузы и зерновых колосовых для юга Казахстана. Результаты исследований по рассмотренному вопросу кроме диссертации опубликованы автором в работах (15, 26, 29, 48).

4. Суммарный расход воды сельскохозяйственными культурами

Расчетные приемы определения суммарного водопотребления не могут учесть всего разнообразия факторов и, прежде всего, поведения самого растения в различных конкретных экологических условиях.

Поэтому величину суммарного водопотребления автор определял опытным путем по методу водного баланса для каждой культуры по периодам и фазам развития при различных режимах орошения (9, 20—23, 26, 29, 31, 34, 38, 43, 48). Такая работа для условий юга и пустынных районов Казахстана выполнена впервые. В результате удалось получить устойчивые коэффициенты водопотребления и другие показатели для всех ведущих культур.

В диссертации по данному вопросу приводятся весьма подробные материалы многолетних исследований (не менее

чем по 3 года) по каждой культуре. Здесь приведем обобщающие данные о суммарном расходе воды и коэффициентах водопотребления по каждой культуре только при оптимальном режиме орошения и без полива (табл. 28).

С увеличением увлажнения и продуктивности культур суммарное водопотребление возрастает, но не пропорционально приросту урожая. Установлена достаточно тесная связь коэффициентов водопотребления с режимом орошения, что другими исследователями не отмечалось. При оптимальном режиме орошения коэффициенты водопотребления по годам достаточно устойчивы. Полученные величины по суммарному расходу воды и коэффициентам водопотребления дают возможность рассчитывать режим орошения с.-х. культур и срок очередного полива по известным правилам.

В данном разделе диссертации приведены также материалы полевых наблюдений по исследованию суммарного водопотребления сахарной свеклы при орошении дождеванием (31, 48). В отличии от других авторов показано, что при идентичном режиме орошения суммарное водопотребление сахарной свеклы как при дождевании, так и при поливе по бороздам — одинаковое (в опытах разница составляла только 5—7 проц., что не выходило за пределы ошибки исследований).

5. Влияние орошения на суммарное водопотребление с.-х. культур

Все материалы по предыдущим вопросам дали возможность рассмотреть влияние орошения на суммарное водопотребление с.-х. культур на юге республики (табл. 28 и 29). Установлены зависимость фактического суммарного водопотребления от продолжительности вегетационного периода и суммы среднесуточных температур воздуха, расход воды на 1°С, а также отношение суммарного водопотребления к предельному запасу влаги в корнеобитаемом слое почвы. Сведения, представленные в табл. 29 рассчитаны по осредненным многолетним данным, в особенности по длине вегетационного периода и сумме температур. Положение грунто-

Таблица 28

Суммарный расход воды и коэффициенты водопотребления

Культура	Без орошения			При орошении		
	урожай, ц-га	суммарный расход воды кбм-га	коэфф. водопотреб-лен., кбм-ц	урожай ц-га	суммарный расход воды, кбм-га	коэфф. водопот., кбм-ц
Сахарная свекла (полив по бороздам)	51,2	2429	42,5	625,2	6719	10,7
Сахарная свекла (полив дождеванием)	—	—	—	645,0	6400	10,0
Кукуруза (зерно)	14,7	2300	156,0	65,4	4310	65,9
Хлопчатник	—	—	—	26,1	11200	430
Рис	—	—	—	50,7	10000	184
Озимая пшеница	7,2	24,6	344	36,4	6326	172
Горох (зерно)	4,3	1520	354	19,9	2731	137
Соя (зерно)	7,5	1375	183	23,8	3464	145,4
Пожнивная кукуруза (зеленая масса)	91	1245	13,7	133,0	1348	10,1
Пожнивной горох (сухая масса)	38,0	1287	33,0	64,4	2688	41,5
Картофель	—	—	—	164,0	4346	26,5
Капуста	—	—	—	512,0	6890	13,4
В условиях пустыни Муюнкум						
Кукуруза	—	—	—	54,2	7010	129,2
Кукуруза (зел. масса)	—	—	—	391,0	6800	17,4
Люцерна (сено)	—	—	—	100,0	8000	80,0
Картофель	—	—	—	116,0	7140	61,6
Арбузы	—	—	—	344,0	6622	19,2

Таблица 29

Общая характеристика водопотребления сельскохозяйственных культур на юге Казахстана

Культура	Длина вегетационного периода, дней	Суммарное водопотребление (фак.), кбм-га	Среднесуточный расход влаги, м³/га	Сумма температур за вегетацию, °С	Расход воды на 1°С кбм	Предельный запас влаги в корнеобит слое	Отношение сумм. водопотреб. к пред. запасу влаги	Средний урожай, ц/га	Коэффициент водопотребления, кбм/цн.
Сахарная свекла (при поливе по бороздам)	160	6719	42,0	3000	2,23	3400	1,97	625	10,7
Сахарная свекла (при поливе дождеванием)	150	6400	42,6	2800	2,28	3300	1,94	645	10,0
Кукуруза (зерно	115	4310	37.4	2450	1,75	3500	1,23	65,4	65,9
Хлопчатник	150	11200	74.6	4000	2,80	3000	3,74	26,1	430
Рис	140	10000	71.0	3200	3,10	4150	2,41	50,7	184
Озимая пшеница	180	6326	35,1	2115	2,99	33 20	1,90	36.4	172
Горох (зерно)	105	2731	26,0	1700	1,60	3360	0,81	19.9	137
Соя	120	5090	42,4	2800	1,81	3380	1,50	18,0	283
Кукуруза пожнивная (зеленая масса)	85	2548	29,9	1700	1.49	3370	0,76	133	10,1
Горох пожнивной (сухая масса)	80	3206	40,0	1650	1.94	3360	0,96	185	10,8
Картофель весенней посадки	110	4346	39,5	2200	1,97	3380	1,28	164	26,5
Капуста поздняя	145	6890	47,4	2600	2,65	3230	2,13	512	13,4

вых вод принято ниже 3-х м. Суммарное водопотребление и урожайность с.-х. культур принята по оптимальным вариантам режима орошения.

Материалы исследований, представленные в § 4 и 5, позволили проанализировать ряд наиболее простых предложений по расчету суммарного водопотребления и сроков полива с.-х. культур (акад. И. Шарова, А. Алпатьева, А. Николаева, Г. Льгова, В. Шаумяна и др.). Зависимость указанных авторов были уточнены применительно к условиям юга Казахстана. В результате автором рекомендуется формула для расчета величины оросительных норм с использованием поправочных коэффициентов полезного использования воды во время поливов в условиях юга республики (о величине поправочных коэффициентов см. раздел «Способы полива»).

6. Рациональный поливной режим сельскохозяйственных культур

Наибольший объем в работе занимают материалы полевых исследований (114 стр.). по научному обоснованию и разработке рационального режима орошения сельскохозяйственных культур. За основу установления рациональных режимов орошения (сроков, норм и числа поливов) был принят полевой метод, включающий подробное многолетнее изучение водного баланса почвогрунтов и динамики физиологических показателей в течение вегетации, а также урожайности с учетом себестоимости и рентабельности производства при различном увлажнении почвы. Под оптимальным режимом орошения автор подразумевает такой режим увлажнения почвы, который способствует максимальной урожайности, но без учета экономических и хозяйственных факторов.

В каждом случае исследования сопровождались комплексными наблюдениями за метеоусловиями, водопотреблением, динамикой влажности и всеми физиологическими показателями (ростом и приростом массы, развитием корневой системы, концентрацией клеточного сока, сосущей силой, «плачем» растений, фотосинтезом, транспирацией и др.), а также качеством продукции и затратами труда. Полевые исследования по каждой культуре проводились в течение 3—4 лет подряд.

Основные принципы расчета поливных режимов изложе-

ны в трудах акад. Костякова (1951), акад. Шумакова (1957); акад. Шарова (1959); профессора Колпакова (1954); Николаева (1956) и др. ученых. Многочисленная группа ученых изучала и разрабатывала режимы орошения с.-х. культур для различных районов страны. В диссертации сделан обзор и анализ обширной литературы по этому вопросу. Исследования автора дополняют и расширяют указанные работы. Кроме диссертации, обобщение исследований по данному вопросу имеется в опубликованных работах автора (1—5, 7—14, 16—20, 22—26, 48 и др.).

Ниже приводятся результаты исследований по каждой культуре. Во время проведения опытов было выполнено сравнение в полевых условиях методов определения поливных режимов по установленным схемам и дефициту влажности почвы. Кроме того, установлены оптимальные пределы влажности корнеобитаемого слоя почвы, при которой получается максимальная продуктивность культуры, а оросительные нормы экономически целесообразными.

Сахарная свекла. Анализ урожая корней сахарной свеклы и содержания сахара в них при поливе ее по бороздам показывает, что в условиях юго-востока Казахстана рациональным является режим орошения основанный на поддержании влажности активного слоя почвы в течение вегетационного периода не ниже 70 проц. предельной полевой влагоемкости (ППВ). Предполивная влажность почвы в 60 проц. от ППВ недостаточна для обеспечения нормального развития сахарной свеклы на протяжении всего вегетационного периода. Поддержание в течение всей вегетации влажности почвы на уровне 80 проц. от ППВ приводит к экономически неоправданным затратам оросительной воды, которые не компенсируются прибавкой урожая. Помимо этого, поддержание влажности почвы на высоком уровне в конце вегетации снижает содержание сахара в корнях, а в начале вегетации поддерживать такое увлажнение не предоставляется возможным, ввиду затруднений с нарезкой борозд.

При одинаковой агротехнике возделывания оптимальные режимы орошения одноростковой и многоростковой свеклы аналогичны. Хорошие технологические качества корнеплодов сахарной свеклы создаются при редомендуемом режиме орошения. В случае нехватки воды поливы сахарной свеклы можно осуществлять по схеме 60—60—60 проц. от ППВ или

60—60—50 проц. от ППВ. Наибольшая потребность в воде у растений свеклы возникает во второй период развития, поэтому половина поливов должна проводиться в это время.

На основании материалов исследований, обобщения агроклиматических и почвенных условий вначале разработан рациональный поливной режим сахарной свеклы для районов опытов. Для районирования режима орошения сахарной свеклы по всей зоне ее возделывания были использованы приемы расчета, основанные на учете агрометеорологических показателей. В первой климатической (горно-степной) зоне для различных почвенных условий оросительные нормы оказались одинаковые, но число и сроки поливов, а также размер поливных норм различные.

Таблица 40

Поливной режим сахарной свеклы для условий юго востока Казахстана (средне-сухой год)

Почвы	Периоды развития сахарной свеклы	Оросительная норма, кбм/га	Число поливов: всего	Число поливов: по периодам развития	Поливная норма, кбм/га	Межполивной период, дней
Первая климатическая (горно-степная) зона						
Почвы (средние) с глубоким залеганием грунтовых вод	I	3500—4000	4—5	1	600—700	20—22
	II			3	800—900	15—18
	III			0—1	600—700	20—22
Почвы с близким залеганием грунтовых вод	I	3500—4000	7—8	2	500—600	15—18
	II			4	600—700	12—18
	III			1—2	500—600	15—18
Вторая климатическая (пустынно-степная) зона						
Почвы (средние) с глубоким залеганием грунтовы вод	I	5500—6000	7—9	2	600—700	15—18
	II			4—5	800—900	10—15
	III			1—2	600—700	15—20
Почвы с близким залеганием грунтовых вод (ближе 2 м.)	I	2500—3500	3—5	1	500—600	18—20
	II				600—700	15—18
	III			2—3		
				0—1	500—600	20—22
Почвы с близким залеганием песчано-галечниковых слоев и на легких почвах	I	5500—6200	10—12	2—3	500—600	12—15
	II			6	600—700	8—12
	III			2—3	500—600	12—15

Биоклиматический метод с учетом крупно-масштабного гидро-геологического районирования позволил произвести распространение рациональных поливных режимов сахарной свеклы по зоне ее возделывания (табл. 40 и картосхема в диссертации на рис. 31). Рекомендованные режимы орошения были проверены в ряде хозяйств Алма-Атинской и Джамбулской областей на большой площади.

Экономическая эффективность производства сахарной свеклы при механизированном поливе выше, чем при ручном поливе по бороздам. По материалам исследований, содержащихся в диссертации, можно придти к заключению о том, что для получения высокого урожая сахарной свеклы влажность активного слоя почвы при дождевании следует поддерживать на уровне 80 проц. от ППВ. Отмечается положительное влияние частых освежительных поливов. В конце июля и начале августа величина поливных норм при дождевании должна повышаться на 25—30 проц., чтобы полностью обеспечить растения свеклы достаточным количеством влаги. В условиях идентичного режима орошения при дождевании почти не наблюдается экономии воды в сравнении с поливом по бороздам. Доказана целесообразность комбинированных поливов сахарной свеклы (25. 27, 31, 48).

Кукуруза. Она хорошо отзывается на орошение и при правильных поливах дает высокие урожаи. Лучшим режимом как по продуктивности, так и структуре урожая является такой, когда влажность корнеобитаемого слоя почвы поддерживается на уровне в 70 проц. от ППВ (3—4 полива оросительной нормой 2400—2800 кбм/га). Поливы распределяются следующим образом: первый — в фазу образования 7—9 листа или стеблевания, второй — перед выбрасыванием метелки, третий — во время цветения початков и четвертый — молочно-восковую спелость. Межполивные периоды соответственно устанавливаются: от всходов до первого полива — 28—33 дня, от первого до второго — 21 день, от второго до третьего — 17 и от третьего до четвертого — 10—13 дней. На основании обобщения результатов полевых исследований и агрометеорологических данных разработаны рекомендации о режиме орошения кукурузы для юго-восточных районов Казахстана (табл. 46).

Приведенными рекомендациями можно пользоваться в практике хозяйств с соответствующим корректированием по

сложившейся обстановке с учетом типа почв и уровня грунтовых вод. В разделе даются также рекомендации о режиме орошения кукурузы для условий южных областей (Чимкентской, Кзыл-Ординской), пустыни, маловодных лет и для скороспелых сортов (2, 3, 5, 16, 18—20, 48 и др.).

Режим орошения риса. Производство риса в условиях республики развивается в широких размерах. Научно обоснованного режима орошения риса не имелось, что приводило к отрицательным последствиям. Обобщенные результаты исследований по этому вопросу в условиях Кзыл-Ординской области приводятся в табл. 47, а также в опубликованных работах автора.

Лучшим режимом орошения риса на незасоленных чистых от сорняков землях является укороченное затопление, когда после сева чеки сразу же заливаются 3—5 см. слоем воды на 5—8 дней. Подача воды в чеки затем прекращается, но вода не сбрасывается, а остается до полного впитывания. С появлением всходов чеки вновь заливаются водой слоем 10—15 см. В фазу кущения слой воды снижается до 3—5 см. После кущения до молочной спелости слой воды на посевах риса поддерживается на уровне 10—15 см. Вода из чеков не сбрасывается, а остается до полного впитывания.

Таблица 46

Поливной режим для позднеспелых сортов и гибридов кукурузы на легких и средних почвах (для юго-востока КазССР)

Поливы	Поливная норма, м³/га	Поливной период: начало	Поливной период: конец	Межполивной период, сутки	Фазы развития растений
1	2	3	4	5	6
В среднесухой и сухой годы					
Влагозарядковый	1500				Стеблевание
Вегетационные: 1)	600	8.VI	4.VII	21	Перед выбрасыванием метелки
2)	600	8.VII	22.VII		
3)	700	23.VII	6.VIII	17	Перед молочной спелостью
4)	700	7.VIII	19.VIII	13	Перед молочно-восковой спелостью

1	2	3	4	5	6
Во влажный год					
Влагозарядковый	1500				Стеблевание
Вегетационные: 1)	600	6.VI	4.VII	28	Выбрасывание метелки
2)	700	5.VII	3.VIII		
3)	700	4.VIII	17.VIII	21	Молочная спелость
В маловодный год					
Влагозарядковый	1500				
Вегетационные: 1)	800	28.VI	27.VII	27	Перед выбрасыванием метелки
2)	800	28.VII	24.VIII		Молочная спелость

Таблица 47

Влияние режима орошения и мероприятий по уменьшению оросительной нормы на продуктивность риса*

Режим орошения	Оросительная норма, м³/га (нетто)			Амбарный урожай зерна, ц/га		
	1964 г.	1965 г.	1966 г.	1964 г.	1965 г.	1966 г.
1	2	3	4	5	6	7
I. Постоянное затопление после сева (слой воды 10—12 см, в фазу кущения 3—4 см, затем 10—15 см до молочно-восковой спелости). Проточность до колошения 20% от водоподачи	43490	25150	—	64,4	50,7	—
II. Постоянное затопление после сева (см. вариант 1). Без проточности	34800	19300	17560	64,3	49,8	41,4
III. Постоянное затопление после сева (в начале слой воды 3—4 см, после всходов 10—15 см, в фазу кущения 5 см, затем 10—15 см до молочно-восковой спелости). Проточность до колошения 10% от водоподачи	36000	22380	—	62,2	48,4	—

*) **Примечание:** В 1964 г. опыты закладывались на неинженерной системе и на массиве менее 100 га, а в 1965—1966 гг. на инженерной системе и большем массиве. В табл. 47 показаны только основные варианты.

1	2	3	4	5	6	7
Мероприятия по уменьшению оросительной нормы						
1. Уменьшение фильтрации воды из чеков путем уплотнения поверхности почвы после сева (режим орошения по III варианту — но без проточности)	29470	16800	—	60,7	50,5	—
2. Постоянное затопление с момента сева глубиной 5 см. до молочно-восковой спелости, без проточности	35700	18250	16190	59,7	47,0	36,8
3. Прерывистое затопление в течение всего периода вегетации по схеме 9×6 дней (слой затопления 10—15 см)	27700	15920	14420	57,4	42,8	28,0
4. Уменьшение фильтрации воды путем кольматирования поверхности чеков (режим орошения по III варианту—без проточности)	30180	17790	—	55,3	49,3	—
5. Прерывистое орошение в течение всего периода вегетации по схеме 6×5 дней	25130	15365	—	54,0	42.2	—
6. Укороченное затопление (после сева слой воды 10—15 см на 5—8 дн., затем подача воды прекращается, после всходов слой воды 10—15 см, в фазу кущения 5 см, после кущения до молочно-восковой спелости 10—15 см)	—	19380	17660	—	51,7	43,8

Величина оптимальной оросительной нормы (нетто) колеблется: — в условиях ирригационных систем на больших массивах около 20—23 тыс. кбм/га, на небольших массивах — до 35 тыс. кбм/га. Суммарное водопотребление в обоих случаях одинаковое и равняется 9—10 тыс. кбм/га, из них более 60 проц. расходуется на испарение с водной поверхности.

Доказана нецелесообразность применения проточности при орошении риса на незасоленных землях (42, 43). На за-

соленных землях вместо проточности целесообразно применять 1—2-х разовую смену воды. Испытаны разнообразные мероприятия по экономии оросительной воды без существенного снижения урожая риса. Определен водный баланс и гидромодуль рисового поля на массивах различных размеров. Выявлен характер расходования воды и намечены пути ее экономии (табл. 47).

Хлопчатник. Эта культура возделывается только в Чимкентской области. Анализ полученных материалов позволяет заключить, что при существующем состоянии оросительных систем и угрозе вторичного засоления целесообразно применять опреснительный режим орошения хлопчатника, поддерживая влажность корнеобитаемого слоя не ниже 70—80 проц. от ППВ. Поливы целесообразно производить по схеме 2—4—1 или 2—4—0, общей оросительной нормой 7500—8500 кбм/га. При обычном режиме орошения оросительную норму снижают до 6000—7000 кбм/га (48, 74).

Зерновые колосовые. Зерновые культуры на орошаемых землях республики ежегодно высеваются на площади 500 тыс. га. Рациональным режимом орошения озимой и яровой пшеницы на юге и юго-востоке республики является такой, когда влажность активного слоя почвы поддерживается на уровне 70 проц. от ППВ. Этот режим орошения обеспечивается: а) двумя вегетационными поливами на фоне осенней или зимней влагозарядки и б) тремя вегетационными поливами. На почвах хорошей и средней водопроницаемости первый полив проводится нормой 700—800 кбм/га, второй — 800—900 и третий — 700 кбм/га. На почвах слабой водопроницаемости норму каждого полива увеличивают на 200—250 кбм/га (5, 48).

Зерновые культуры. На орошаемых землях юга республики предусматривается увеличение производства зернобобовых культур. Ценными культурами в группе зернобобовых являются горох и соя.

Рациональным режимом орошения гороха, обеспечивающим получение высокого урожая зерна и сухой массы, является режим с поддержанием влажности корнеобитаемого слоя на уровне 80 проц. от ППВ, что обеспечивается двумя-тремя поливами за вегетацию нормой около 600—700 кбм/га каждый на почвах хорошей и средней водопроницаемости.

Сроки поливов: первый — до массового образования бутонов, второй — в начале цветения и третий — во время образования бобов (23, 30, 36, 37, 38, 41, 48).

Максимальный урожай зерна и сухой массы у сои получены при поддержании также высокой влажности почвы — 80 проц. от ППВ. Эффективная оросительная норма при этом будет равняться около 4500 кбм/га на почвах подстилаемых галечником и 3000 кбм/га на тяжелых почвах. Поливы проводятся в наиболее ответственные периоды ее развития: один — в цветение, два полива — при образовании бобов и 2—3 полива в налив зерна (22, 23, 28, 30, 36, 37, 38, 48).

Пожнивные культуры. Они позволяют получать два урожая в год с одной и той же площади, увеличивают кормовой баланс, способствуют полному использованию водно-земельных ресурсов и энергетических факторов климата. Для исследований были выбраны кукуруза и горох, которые рекомендуются как повторные культуры для условий юга республики. Полевые опыты показали, что влажность активного слоя для пожнивной кукурузы надо поддерживать на уровне 75—80 проц. от ППВ на фоне предпосевной влагозарядки (один-два вегетационных полива, каждый нормой по 600—800 кбм/га). Для пожнивного гороха следует поддерживать высокую влажность почвы (не ниже 80 проц. от ППВ) и также на фоне предпосевного полива. Нормы влагозарядковых поливов под пожнивные культуры колеблются в пределах 1000—1500 кбм/га (48).

Картофель и капуста. Для полного обеспечения населения овощами и картофелем около крупных городов созданы специализированные овоще-молочные хозяйства. Поэтому полевые исследования осуществлялись в пригородной зоне гор. Алма-Аты. Рациональным режимом орошения среднеспелого картофеля оказался такой, когда влажность корнеобитаемого слоя почвы поддерживается поливами на уровне 80 проц. ППВ. При этом выращивается высокий урожай с хорошим качеством клубней (максимальное содержание витаминами «С» и крахмала). Этот режим орошения является эффективным также и в экономическом отношении. Для поддержания оптимального режима орошения картофеля в Алма-Атинской и Джамбулской областях его надо поливать около шести раз нормой по 500—600 кбм/га (5, 44, 46, 48).

Оптимальным режимом поздней капусты следует счи-

тать такой, когда влажность почвы поддерживается на уровне 80 проц. от ППВ (оросительная норма около 6000 м³/га, поливы проводятся через 6—10 дней нормой 550 кбм/га (5, 48).

Режим орошения сельскохозяйственных культур в пустынных условиях.

Около 60 проц. территории Казахстана занято пустынями и полупустынями, которые используются как пастбища для скота. Одним из основных мероприятий, позволяющим вести продуктивное животноводство в этих районах, является создание оазисного орошения на базе использования пресных подземных вод, особенно артезианских. Такого опыта в республике не имелось и основные вопросы оазисного орошения были не изучены. Поэтому под руководством Н. Данильченко и автора диссертации были проведены опытные работы, в первую очередь по изучению поливного режима с.-х. культур, в пустыне Муюнкум и низовьях р. Чу (табл. 60).

Оптимальную влажность почвы почти для всех рекомендуемых культур в пустыне Муюнкум (кукуруза на зерно и зеленую массу, сорго на силос, яровой ячмень, люцерна, пожнивная кукуруза и сорго, картофель, арбузы и овощные культуры) целесообразно поддерживать на уровне 55—60 проц. от ППВ, для арбузов в 45—50 проц. от ППВ.

У кормовых культур и овощей суточное водопотребление при смыкании покрова достигает 90—100 кбм/га, а межполивные периоды изменяются от 12—15 дней в начале вегетации и до 8—10 в сердине ее. Затраты воды на возделывание с.-х. культур в оазисах в 1,5—2 раза выше, чем в предгорных и степных районах юга Казахстана. Для закрытых оросительных систем в условиях пустынных оазисов гидромодуль «брутто» равняется 1 л/сек. га.

В низовьях р. Чу на обвалованных участках можно возделывать кормовые культуры на фоне ранневесенних влагозарядковых поливов нормой 3—4 тыс. кбм/га (путем затопления паводковыми водами) и вегетационных поливов при влажности почвы не ниже 40—70 проц. от ППВ (40 проц. от ППВ — для чумизы+люцерна синяя, житняка, люцерны+житняк, эспарцета песчаного; 70 проц. от ППВ — для кукурузы, арбузов и ярового ячменя на зеленый корм).

Таблица 60

Поливной режим кормовых и овощных культур при оазисном орошении в пустыне Муюнкум

Культура	Суммарн. водопотр., кбм/га	Оросит. норма, кбм/га	Полигная норма, кбм/га	Число поливов	Межполивной период, дней	Коэффициент водопотреб., кбм	
						на один цн	на одну кормов. ед.
Кукуруза на зерно	7500—8000	6500—7000	500—900	8—10	9—15	130—150	1,00-1,10
Кукуруза на силос	6500—7000	5500—6500	500—900	7—9	9—15	18—22	0,7-0,8
Сорго на силос	6000—6500	5000—6000	500—900	7—8	10—16	16—20	0,65-0,75
Яровой ячмень	4000—4500	3000—3500	700—900	3—4	12—18	130—140	1,0 - 1,10
Люцерна на сено	8000—8500	7000—7500	800—900	8—10	12—20	70—80	1,40-1,60
Пожнивная кукуруза и сорго	4500—5500	4500—5500	600—900	5—6	11—16	14—18	0,60-0,80
Картофель	6500—7000	6000—6500	500—700	9—10	10—14	40—60	—
Арбузы	6000—6500	5500—6000	600—800	7—8	10—16	18—22	—
Капуста, лук, огурцы, томаты	6500—7500	6000—7000	400—600	12—16	6—10	50—60	—

7. Эффективность влагозарядковых поливов

Необходимость влагозарядковых поливов достаточно подробно обоснована работами ряда ученых (акад. Шаров, 1952; акад. Шумаков, 1962; Мажаров, 1952; Грамматикати, Петров 1963 и др.). Влагозарядка способствует лучшему использованию водно-земельных ресурсов, сокращает потребность в воде и вегетационный период и имеет ряд других преимуществ. Большие исследования по изучению влагозарядковых поливов проведены ВНИИГИМом (Петров, Грамматикати, 1958; Грамматикати, Петров, 1963 и др.). В условиях Казахстана эффективность влагозарядковых поливов не была научно обоснована.

Поэтому на юге республики по теме автора Т. Абишевым были проведены специальные полевые исследования по изучению сроков и норм влагозарядковых поливов и их экономической эффективности. Опыты проводились с сахарной свеклой, кукурузой и озимой пшеницей. С каждой культурой опыты проводились в течение 2—3-х лет подряд. Приводим здесь основные данные только по кукурузе (табл. 62).

Влагозарядковые поливы повышают урожай озимой и яровой пшеницы в 1,5—2 раза, корней сахарной свеклы на 60—70 ц/га, зерна кукурузы на 20 ц/га, зеленой массы кукурузы на 80 ц/га. Себестоимость единицы дополнительного урожая, полученного за счет влагозарядкового полива, обычно ниже себестоимости основного урожая. Поэтому влагозарядковые поливы экономически эффективны при получении дополнительного урожая корней сахарной свеклы свыше 20—25 ц/га, зерна кукурузы и озимой пшеницы — свыше 3—5 ц/га. Нормы влагозарядковых поливов в условиях юга республики колеблются от 1500 до 3000 кбм/га, причем влагозарядка в октябре способствует большей прибавке урожая, чем сентябрьская и ноябрьская (19, 48, 83, 86, 92).

Таблица 62

Эффективность влагозарядковых поливов под кукурузу

№№ п-п.	Вид и норма полива	Урожай зерна ц-га	Себестоимость урожая, руб/ц
1	2	3	4
	1959 год, Алма-Атинская область		
1.	Без поливов	26,6	4,45
2.	Влагозарядковый полив в октябре, 3044 кбм/га	37,7	3,50
3.	Влагозарядковый полив в ноябре нормой 1790 кбм/га + вегетационный полив 717 кбм/га	40,2	3,54
4.	Влагозарядковый полив в ноябре нормой 1645 кбм/га + два вегетационных полива нормой — 1794 кбм/га	47,9	3,31
5.	Вегетационный полив нормой 820 кбм/га	34,9	3,85

1	2	3	4
6.	Два вегетационных полива оросительной нормой 1700 кбм/га	42,1	3,38
7.	Три вегетационных полива оросительной нормой 2520 кбм/га (контроль)	44,6	3,56
8.	Четыре вегетационных полива оросительной нормой 3400 кбм/га	55,3	2,95
9.	Вегетационные поливы при влажности почвы около 70 проц. ППВ (оросительная норма — 5390 кбм/га)	59,5	3,03
	1960 г., Алма-Атинская область		
1.	Без поливов	46,5	3,49
2.	Осенний влагозарядковый полив (начало октября) нормой 1500 кбм/га	50,7	3,35
3.	Осенний влагозарядковый полив (середина октября) нормой — 3000 кбм/га	56,6	3,08
4.	Осенний влагозарядковый полив (конец октября) нормой 1500 кбм/га	65,7	2,67
5.	Осенний влагозарядковый полив (ноябрь) нормой 1600 кбм/га	52,3	3,22
6.	Осенняя влагозарядка (октябрь) нормой 1500 кбм/га + один вегетационный полив нормой 800 кбм/га	63,8	2,97
7.	Осенняя влагозарядка (октябрь) нормой 1500 кбм/га + два вегетационных полива оросительной нормой 1600 кбм/га	68,5	2,89
8.	Один вегетационный полив нормой 850 кбм/га	52,6	3,42

Примечание: 1959 и 1960 гг. по естественному увлажнению относились к влажным годам.

8. Экономически целесообразные размеры оросительных норм

Режим орошения должен способствовать высокой рентабельности сельскохозяйственного производства на орошаемых землях. При очень больших оросительных нормах при-

рост урожая замедляется и не оправдывает дополнительных затрат на поливы и связанные с ними послеполивные и другие работы. В связи с этим возникла необходимость определения поливных режимов с.-х. культур с учетом экономических факторов, т. е. себестоимости продукции и рентабельности производства. Для этого при изучении режимов орошения с.-х. культур производились технико-экономические исследования. В основу этих исследований были положены методические предложения Г. Воропаева (1960) и рекомендации проф. Д. Зузика (1959).

В результате технико-экономических исследований для всех изученных культур установлены экономически целесообразные оросительные нормы, эффективное число поливов и экономическая эффективность очередного полива (12, 14, 17, 20, 26, 48). Результаты исследований по данному вопросу представлены в работе в таблицах и многочисленных графиках. Наиболее низкая себестоимость продукции и высокая рентабельность производства достигается при оросительных нормах ниже тех, которые обеспечивают максимальную продуктивность. Повышение оросительных норм неизбежно ведет к увеличению затрат на орошение, приходящихся на единицу площади, и к снижению размеров орошаемых площадей. Применение экономически целесообразных оросительных норм дает возможность полить большую площадь при одних и тех же водных и трудовых ресурсах, способствуя получению высокого урожая.

В диссертации определены для каждой сельскохозяйственной культуры размеры экономии воды при применении экономически целесообразных оросительных норм и пути их использования. Например, самая низкая себестоимость продукции кукурузы и самая высокая рентабельность ее производства получены не при максимальной оросительной норме (способствовавшей выращиванию наивысшего урожая), а ниже ее примерно на 30—40 проц. Целесообразность последующего вегетационного полива сахарной свеклы экономически оправдывается дополнительным урожаем корней в 35—40 ц/га, зерна кукурузы в 9—10 ц/га.

На основании обобщения всех предыдущих исследований автором разработан рациональный режим орошения (сроки, число и нормы поливов) сельскохозяйственных культур, возделываемых на орошаемых землях юга республики (табл. 67 в работе). В основу взяты данные среднесухого года, почвы средней водопроницаемости, положение уровня грунтовых вод — ниже 2,5 м. от поверхности поля. Приведены также рекомендации по корректированию размеров поливных норм в зависимости от типа почв, фаз развития растений и уровня грунтовых вод (табл. 68, 69 в работе). Эти же рекомендации в несколько расширенном виде содержатся в опубликованных работах автора (5, 9, 19, 26, 38, 48 и др.).

Глава 5. Физиологическая оценка режимов орошения сельскохозяйственных культур

Растения своевременно реагируют на недостаток влаги, изменяя физиологические процессы и их показатели. Поэтому физиологические показатели могут характеризовать обеспеченность растений влагой. Советская физиологическая наука в рассматриваемом направлении имеет большие достижения. Особенно многого в этом направлении сделали проф. Петинов (1959, 1962, 1965), Кружилин (1954), Лобов (1949) и ряд других ученых. В результате были разработаны методы определения потребности растений во влаге по физиологическим показателям: сосущей силе, концентрации клеточного сока, осмотическому давлению, степени открытия устьиц и др. Однако многие исследователи не увязывают ход физиологических показателей с динамикой влажности почвы, что затрудняет использование их предложений в практических целях. Работами Петинова (1962 и др.), автора (16, 22, 28, 30, 37, 40, 48) и других ученых было установлено, что для оценки оптимальных режимов орошения следует обязательно привлекать дополнительные физиологические и биологические показатели: динамику развития корневой системы и надземных органов, характер изменения фотосинтеза, транспирацию, оводненность и др.

С учетом этих соображений, во время полевых исследований проводилось комплексное изучение изменений основных физиологических и биологических показателей у каждой культуры в течение вегетационного периода при различных степенях увлажнения почвы. Обращалось внимание на установление конкретных величин показателей, позволяю-

щих диагностировать сроки поливов и правильно определять необходимую глубину увлажнения, т. е. активный слой почвы, для расчетов поливных норм. Приводим краткие сведения по каждой культуре. В диссертации результаты исследований по данному вопросу иллюстрируются таблицами и графиками.

Сахарная свекла. Заметное влияние различных режимов орошения на прохождение фаз развития фабричной свеклы отмечается лишь с середины вегетации. Прирост корня идет непрерывно в течение всей вегетации, а надземной массы в августе начинает снижаться. При увлажнении почвы на уровне 70—80 проц. ППВ существенных различий между вариантами как в приросте корня, так и ботвы не наблюдается. Обычно в середине июля на вариантах с режимом влажности не ниже 70—80 проц. ППВ вес корней примерно в 1,5 раза выше, чем на варианте с увлажнением не ниже 60 проц. ППВ. Снижение влажности почвы ниже 70 проц. и повышение выше 80 проц. ППВ приводит обычно к ощутимой депрессии в приросте корней.

Разница в содержании сахара в корнях по вариантам становится заметной обычно со второй половины июля, когда сахаристость заметно снижается при увеличении предполивной влажности почвы, например, в первой декаде сентября 1961 г. сахаристость на вариантах равнялась: при увлажнении почвы не ниже 60 проц. ППВ — 18,2 проц., не ниже 70 проц. ППВ — 16,8 проц. и 80 проц. ППВ — 15,5 проц.

При увлажнении почвы не ниже 70 и 80 проц. ППВ рост листьев у сахарной свеклы идет на протяжении всей вегетации: — в июле и первой половине августа общее число листьев на одном растении достигает 60—80 штук, а максимальная площадь 6500—7800 см² на одно растение. Если почва увлажняется на уровне 60 проц. ППВ, то площадь листовой поверхности одного растения в 1,5—2,0 раза меньше.

В середине вегетационного периода интенсивность дневной транспирации составляет: — при увлажнении почвы не ниже 60 проц. ППВ — 200, при 70 проц. от ППВ — 250, при 80 проц. от ППВ—290 г/м²час. За вегетацию сахарная свекла расходует на транспирацию 40—50 проц. влаги от суммарного водопотребления.

Максимальное содержание воды в листьях растений (до 92 проц. от сырого веса) наблюдается при поддержании влажности почвы не ниже 80 проц. ППВ, а минимальное (83—84 проц. от сырого веса) при влажности почвы около 60 проц. от ППВ. Наблюдениями установлена строгая функциональная зависимость между сосущей силой и влажностью почвы. Максимальная величина сосущей силы листьев 18—20 атм. наблюдалась при влажности метрового слоя почвы около 50 проц. от ППВ. Сосущая сила уменьшается до 7—5 атм, если влажность почвы поддерживается около 70 и 80 проц. ППВ.

При высокой предполивной влажности почвы (70—80 проц. от ППВ) концентрация клеточного сока (ККС) изменяется в пределах 1—2 проц.

Кукуруза. Растения, выращенные при увлажнении почвы на уровне 60 проц. ППВ (1—2 полива, оросительной нормой 1200—1700 м³/га) и ниже, значительно отстают по величине прироста надземной массы на 46—60 проц. от растений, выращенных в оптимальных условиях (3—4 полива, оросительная норма 2400—2800 м³/га). До 4-х поливов прирост надземной массы идет интенсивно. Увеличение поливов выше 4-х не вызывает резкого повышения урожая.

Максимальный вес стеблей (70—75 проц.) приходится на фазу выбрасывания метелок, листьев на фазу стеблевания (41—50 проц), початков на фазу восковой спелости 26—32 проц.).

Корневая система растений у поливных и неполивных растений более развита в пахотном слое. В 0—20 см. слое почвы у поливных растений сосредоточено 69 проц. корней от общей массы, а у неполивных — 64 проц., а 0—60 см. слое почвы соответственно 83—85 проц. — 76 проц. Свое формирование корневая система в основном заканчивает в фазу выбрасывания метелки. Развитие корневой системы в 0—70 слое почвы происходит лучше на фоне увлажнения около 70 проц. от ППВ (4 полива, оросительной нормой 2400—2800 м³/га). При указанном увлажнении интенсивность транспирации повышается, а температура поверхности листьев снижается на 2—3°С по сравнению с температурой воздуха.

В зависимости от влажности корнеобитаемого слоя почвы, а также температуры и влажности воздуха колебания концентрации клеточного сока (ККС) листьев составляют

3—5 проц. В период от 7 листа до образования репродуктивных органов при увлажнении почвы около 80 проц. от ППВ ККС в листьях 7 яруса колеблется от 4 до 6 проц. При снижении влажности почвы до 70 проц. ППВ ККС повышается до 7 проц. В период от образования репродуктивных органов до восковой спелости при высокой влажности почвы (80 проц. от ППВ) ККС в листьях не опускается ниже 8—10 проц., а при влажности почвы около 70 проц. ППВ ККС поднимается до 11—12 проц.

Изменение положительного «плача» (выделение пасоки у срезанного растения) на устойчивый отрицательный происходит в широком диапазоне влажности почвы (между 60 и 70 проц. от ППВ). Это несколько затрудняет использовать величину интенсивности «плача» для диагностирования сроков поливов.

При поддержании влажности почвы не ниже 70 проц. ППВ (3—4 полива, оросительной нормой 2100—2800 м³/га) сроки поливов хорошо согласуются с жизненно важными периодами развития кукурузы. Нормальный ход физиологических процессов и наименьший расход воды на единицу урожая кукурузы наблюдается при поддержании влажности корнеобитаемого слоя почвы не ниже 70 проц. ППВ (8, 16, 20, 33, 37, 40, 48).

Горох. Надземная масса гороха лучше развивается на варианте, где поливы проводились при влажности корнеобитаемого слоя почвы не ниже 80 проц. ППВ.

Корневая система у гороха заканчивает свое формирование вначале появления бобов. Она лучше развивается на варианте, где поливы производились при влажности почвы не ниже 80 проц. ППВ. В период образования бобов 95 проц. корней у гороха в среднем достигают 50 см глубины, остальная масса (5 проц.) распространяется до 60 см глубины. Основная масса корней на хорошо увлажненных вариантах развивается в 0—30 см слое почвы. Клубенковые бактерии распространяются на всю глубину проникновения корней. Во всех случаях наибольшее количество клубеньковых бактерий (62—74 проц.) находится в верхних слоях почвы.

Оводненность стебля у гороха выше, чем листа. Без поливов оводненность достигает 65 проц., при увлажнении почвы не ниже 80 проц. ППВ — 84 проц., снижение влажности

почвы до 70 проц. ППВ вызывает подсыхание нижних ярусов листьев.

Концентрация клеточного сока (ККС) у листьев гороха изменяется с возрастом растения с 9 до 14 проц. При достижении ККС в листьях в начале мая—9 проц, во второй половине мая — 12 проц. и первой половине июня — 14 проц. горох надо поливать. Влажность корнеобитаемого слоя почвы будет поддерживаться тогда не ниже 80 проц. ППВ (30, 48).

Соя. От всходов до ветвления развитие надземной массы идет медленно. Далее она начинает развиваться интенсивно, что продолжается примерно до формирования семян. Самое большое количество бобов на растениях отмечается на вариантах, где поливы проводятся при влажности почвы не ниже 80 проц. ППВ. Основная масса корней у сои расположена в 0—30 см. слое почвы. К концу вегетации корневая система проникает в основном до глубины 60 см. Наиболее мощную корневую систему растения имеют при влажности активного слоя почвы не ниже 80 проц. ППВ.

Величина концентрации клеточного сока (ККС) растений сои зависит от степени увлажнения почвы. После поливов ККС в листьях сои снижается на 1—2 проц. и быстро повышается при недостатке воды в почве. Высокая температура и низкая влажность воздуха в полдень вызывают резкий подъем ККС (на 2—4 проц.) по сравнению с утренними и вечерними часами. Вегетационный период орошаемой сои по динамике ККС условно можно разделить на два периода: первый — когда ККС колеблется около 12—13 проц., он заканчивается примерно в начале августа; второй — когда ККС колеблется между 14—16 проц. При достижении такой концентрации клеточного сока сою надо поливать. Влажность активного слоя почвы при этом будет поддерживаться не ниже 80 проц. ППВ.

Хлопчатник. Наибольший прирост надземной массы наблюдался при поддержании влажности почвы не ниже 70 проц. ППВ в период массового цветения и плодообразования. В начале сентября площадь листовой поверхности равнялась 5000 м²/га. Преобладающая масса корневой системы размещалась в 0—60 см. слое, отдельные корни проникали до 1,3 м. Интенсивность транспирации в середине августа в полуденные часы достигала 216—238 ч/час м².

Картофель. Прирост надземной массы и накопление сухих веществ у среднеспелого картофеля больше всего происходило при поддержании влажности почвы не ниже 80 проц. ППВ (в конце июня — 228,6 ц/га зеленой массы и 38,0 ц/га сухих веществ). При влажности почвы не ниже 90 проц. ППВ соответственно — 198,9 ц/га и 34,2 ц/га, а не ниже 60 проц. ППВ — 213,8 ц/га и 35,5 ц/га. Прирост клубней на вариантах с влажностью почвы не ниже 60, 70 и 90 проц. ППВ отстает от варианта — 80проц. ППВ. В конце июня (1966 г.) вес клубней соответственно равнялся: 500,0; 512,2; 553,7 и 622,2 г. По накоплению крахмала и витамина «С» лучшим режимом увлажнения почвы оказался тот, где поливами влажность почвы не опускали ниже 80 проц. ППВ. Наиболее высокий урожай картофеля получен на варианте, где концентрация клеточного сока листьев была не выше 7 проц., что соответствовало предполивной влажности почвы около 80 проц. ППВ.

Капуста. По приросту зеленой массы у позднеспелого сорта особенно отставал вариант с увлажнением почвы на уровне 60 проц. от ППВ. Такая же закономерность наблюдалась по диаметру кочана и облиственности. Среднесуточный прирост зеленой массы в период роста и созревания кочана равнялся: — 2,2 г. (60 проц. от ППВ); 3,6 г. (70 проц. от ППВ); 8,0 г. (80 проц. от ППВ) и 22,0 г/сутки (90 проц. от ППВ). Вся корневая система капусты в основном располагается в 0—40 см. слое почвы, а основная масса ее в 0—10 см. слое. Самая мощная корневая система развивается при обильном орошении (влажность почвы не ниже 80 и 90 проц. ППВ). Поливы снижают концентрацию клеточного сока (ККС) в листьях на 1—2 проц. До поливов по вариантам увлажнения ККС листьев в течение вегетации колеблется так: при увлажнении 60 проц. от ППВ — 7,2—9,2 проц.; при 70 проц. от ППВ — 6,9—9,0 проц.; при 80 проц. от ППВ — 5,4—9,0 проц. и при 90 проц. от ППВ — 5,1—9,8 проц. При высоком увлажнении (поливы при влажности не ниже 80 и 90 проц. ППВ) ККС от середины июня до уборки изменяется плавно и до поливов имеет одинаковую величину. Интенсивность транспирации капусты в июле на хорошо увлажненных вариантах в полдень колебалась от 220 до 380 г/м² в час, при меньшем увлажнении она в 1,5—2 раза ниже.

Рис. Культура риса возделывается при затоплении. Максимальный прирост зеленой массы во все годы наблюдался

при постоянном и укороченном затоплении (варианты см. ранее табл. 47). Наибольший вес зеленой массы имеют варианты с постоянным затоплением — 570 ц/га (1965 г.), а самый малый — 278 ц/га при прерывистом затоплении. Соответственно этому изменяется площадь ассимиляционной поверхности. Интенсивность транспирации зависит от густоты стояния растений. По вариантам она колеблется незначительно.

Вся масса корней у риса размещается в 0—30 см. слое почвы, в 0—10 см. слое расположено до 80—90 проц. корней. У риса, выращенного при постоянном и укороченном затоплении, корневая система развита лучше, одно растение имеет 86—94 хорошо развитых корней. При прерывистом затоплении корней у одного растения несколько больше, но их меньше по весу. При неблагоприятных условиях орошения (прерывистое, малым слоем и др.) вес зеленой массы, высота растений, продуктивная кустистость и число стеблей несколько меньше, чем при постоянном затоплении. Но зато на этих вариантах весовое соотношение зерна к соломе самое максимальное, что позволяет даже при применении мероприятий по экономии оросительной воды собирать высокий урожай риса-шалы. Самый высокий абсолютный вес зерна наблюдается при постоянном и укороченном затоплении — 33,7 г., а при прерывистом — 28,6 г.

Пожнивная кукуруза. Корневая система у пожнивной кукурузы развивается как и у весенних посевов. Перед уборкой корневая система на варианте, где поливы производились при влажности не ниже 70 проц. ППВ, размещалась так: в в 0—10 см. слое почвы — 43 проц. от общей массы, в 10—20 см. слое — 25 проц., в 20—30 см. слое — 15 проц., остальное количество корней распространялось до 60—65 см. глубины

В начале августа колебания концентрации клеточного сока (ККС) в течение дня на всех вариантах были незначительные — от 4,1 до 6,3 проц., а в конце августа ККС по вариантам уже сильно отличалась. Самая низкая ККС наблюдалась на варианте, где влажность почвы поддерживалась не ниже 70 проц. Величина транспирации в начале сентября равнялась: на варианте без поливов — 22,5 м³/га сутки; при увлажнении почвы не ниже 70 проц. ППВ — 29 м³/га и не ниже 80 проц. ППВ — 42 м³/га сутки.

Материалы исследований позволили заключить, что на фоне влагозарядкового полива благоприятный ход физиоло-

гических и биологических показателей у пожнивной кукурузы происходит при поддержании влажности почвы не ниже 70—80 проц. ППВ.

Обобщая итоги исследований можно сделать следующие выводы. Основные физиологические показатели изученных культур (рост и прирост массы, развитие корневой системы, концентрация клеточного сока, сосущая сила, плач растений, фотосинтез, транспирация) могут служить характеристикой для теоретического обоснования и оценки оптимального режима орошения растений в условиях юга Казахстана. Нормальный и благоприятный ход физиологических процессов наблюдается при поддержании влажности корнеобитаемого слоя почвы: для кукурузы на зерно и силос — 70 проц. от ППВ, сахарной свеклы — 70 проц., гороха и сои — 80 проц., хлопчатника — 70—80 проц., капусты и картофеля — 80 проц. от предельной полевой влагоемкости и риса — при постоянном и укороченном затоплении. Следовательно, ранее установленные режимы орошения перечисленных культур по дефициту влажности корнеобитаемого слоя почвы являются оптимальными.

Путем изучения развития корневых систем растений при различных уровнях водоснабжения установлена оптимальная глубина увлажнения (активный слой почвы) для каждой культуры. Это дало возможность рассчитать и обосновать дифференцированные поливные нормы для каждой культуры. Испытаны и рекомендуются для юга республики способы диагностирования очередных поливов с.-х. культур по физиологическим показателям: концентрации клеточного сока, плачу растений и фазам развития (16, 22, 28, 30, 37, 40, 48).

Глава 6. Способы полива сельскохозяйственных культур

Продуктивность с.-х. культур на орошаемых землях тесно зависит не только от агротехники и поливного режима, но и от способов полива, т. е. приемов внесения воды в почву. Способы и техника полива должны обеспечивать правильное осуществление режимов орошения. Требования к способам и технике полива впервые были сформулированы акад. А. Костяковым, а затем дополнены акад. Б. А. Шумаковым, проф. Зузиком (1959) и др. учеными. В практике орошаемого земледелия сложились условия, когда рекомендуемые и фактические поливные режимы существенно разнятся между собой, в результате чего снижается эффективность орошения.

Поэтому автором были проведены специальные полевые исследования по изучению некоторых приемов осуществления рекомендованных поливных режимов. Изучалось влияние способов полива на продуктивность и качество урожая, экономическую эффективность производства, влияние их на водно-физические, механические и структурные свойства почвы, динамику микроэлементов и питательных веществ, микроклимат, влияние на величину и равномерность распределения поливных и оросительных норм. Такие комплексные исследования в Казахстане по изучению способов полива проведены впервые.

1. Эффективность способов полива сахарной свеклы и кукурузы

Исследовались поливы дождеванием агрегатом ДДА-100м и установкой КДУ-55м, по удлиненным бороздам с подачей воды в них гибким трубопроводом и при помощи поливной арматуры, и в качестве контроля — полив нерегулируемым напуском, который еще широко распространен во многих хозяйствах республики. В целях идентичности условий на всех вариантах выдерживался одинаковый режим орошения, когда поливы производились при влажности почвы 70 проц. от ППВ. Опытами установлено, что при оптимальном увлажнении почвы (70 проц. от ППВ) прогрессивные способы полива обеспечивают получение более высоких урожаев сахарной свеклы на 36—43 проц. по сравнению с поливом напуском. Дождевание и качественный полив по бороздам обеспечили прибавку урожая, соответственно, на 160—170 и 148 ц/га. Ощутимой прибавки урожая при дождевании, по сравнению с качественным поливом по бороздам (при одинаковом режиме орошения) не наблюдалось (табл. 87).

Таблица 87

Влияние способов полива на продуктивность и качество сахарной свеклы

Способы полива	Число поливов	Оросительная норма м³/га	Средний урожай корней, ц/га	Сахаристость, %	Издержки производства, руб.-га		Себестоимость, руб.-ц
					всего	в т. ч. на орошение	
1. Полив дождеванием агрегатом ДДА-100м	13	5650	568	18,1	493	78,5	0,87
2. Полив дождеванием установкой КДУ-55м	11	5055	584	17,9	511,5	97,0	0,88
3. Полив по бороздам	7	5540	556	18,5	450,9	34,4	0,81
4. Полив напуском (контроль)	7	6100	408	17,5	431,1	29,8	1,05

Полив дождеванием благоприятно действует на развитие сахарной свеклы в период укоренения и усиленного роста надземной массы и в начале роста корнеплодов. В это время максимальный суточный прирост надземной массы одного растения доходил до 23,9 г против 13—19 при поливе по бороздам и напуском. Для более глубокого промачивания почвы при дождевании в середине вегетации целесообразно осуществлять глубокое рыхление почвы и проводить учащенные поливы дождеванием или поливы по бороздам, т. е. осуществлять комбинированные поливы. Орошение дождеванием свекловичных плантаций на юге и юго-востоке республики существующими агрегатами целесообразно применять на хорошо водопроницаемых легких почвах или при близком залегании пресных грунтовых вод. Во всех случаях надо учитывать эффект механизации и лучшие условия труда (27, 31, 48).

Максимальный урожай кукурузы получен при поливе по бороздам малой струей — 0,2 л/сек. Воды затрачено меньше, чем при поливе большой струей и напуском по полосам. Высокая эффективность полива по проточным бороздам малой струей доказана практикой передовых хозяйств и наблюдениями за поливом других культур. Кукурузу можно поливать

через борозду на средних и тяжелых почвах, но поливные нормы при этом уменьшать нельзя. По данным КИЗа и Каз. НИИВХ кукуруза хорошо отзывается на орошение дождеванием (3, 9, 48).

Выбор способов полива и поливной техники при проектировании новых оросительных систем и в хозяйствах должен производиться на основе учета технико-экономических показателей и сравнительной эффективности ее применения. Прежде всего определяется техническая применяемость поливной техники для конкретных условий, затем расчитывается экономическая эффективность ее применения.

2. Эффективность способов полива культур сплошного сева

Полевые исследования проводились на культуре гороха. Наиболее эффективными способами поливами на тяжелых почвах оказались полив по засеваемым бороздам и полосам, а на легких — дождевание. Опыты показали, что для орошения культур сплошного сева в исследуемой зоне целесообразно применять среднеструйные дождевальные или импульсные аппараты (табл. 93).

Таблица 93

Характеристика дождевания гороха в зависимости от интенсивности дождя и диаметра капель

Диаметр капель, мм	Интенсивность дождя, мм/мин							
	3,86	2,57	1,57	1,0	0,80	0,50	0,20	0,053
Продолжительность полива до образования луж (минут)								
3,5—2,7	1	1,5	2,5	3,0	3,5	4,5	—	—
2,6—1,6	2	3,0	4,0	5,5	6,5	7,5	—	—
1,5—1,1	4	5,5	8,0	9,0	10,0	11,0	20	30
1,0—0,6	—	8,5	11,5	13,0	13,5	15,0	25	40
0,5—0,2	—	—	15,0	16,0	16,5	18,0	40	120
Продолжительность полива до образования стока (минут)								
3,5—2,7	1,5	3,5	5,5	7,0	8,0	10,5	—	—
2,6—1,6	5,0	7,0	9,5	12,0	13,5	16,5	—	—
1,5—1,1	8,5	11,0	14,0	19,0	22,0	28,0	70	—
1,0—0,6	—	17,5	23,0	31,0	37,0	56,0	120	—
0,5—0,2	—	—	40,0	60,0	78,0	140,0	—	—
Конец полива (минут)*								
3,5—02	29	29	66	66	80	140	140	140

Примечание:*) Поливная норма равнялась 700 кбм/га.

Без появления луж и стока культуры сплошного сева поливать короткоструйными установками можно только по режиму освежительных поливов, т. е. часто, нормами 150—200 кбм/га при средней интенсивности дождя 1,0—1,5 мм/мин и диаметре капель 0,2—0,5 мм. Если же орошение производить расчетными нормами, то на почвах с хорошей водопроницаемостью необходимо применять интенсивность дождя не более 0,2 мм/мин и диаметр капель менее 0,5 мм. В противном случае дождевание посевов будет идти с образованием луж, что приводит к разрушению структуры почвы. Например, при интенсивности дождя 1 мм/мин и диаметре капель 0,2—0,55 мм поливную норму в 600 кбм/га можно подать без появления поверхностного стока (при уклоне более 0,005) за 60 минут, но лужи при этом образуются на 15 минуте.

3. Влияние способов полива на водно-физические и структурные свойства почвы

Полевые исследования осуществлялись на пропашной культуре — сахарной свекле и культуре сплошного сева — горохе. Под влиянием орошения механический и микроагрегатный состав почв существенно изменяется по профилю (39,48). При поливе по бороздам и напуском в верхних слоях увеличивается содержание пылеватых частиц (менее 0,1 мм) за счет уменьшения более крупных примерно на 3—12 проц. в зависимости от слоя почвы и способа полива. Приведем некоторые данные по орошению сахарной свеклы (табл. 105).

Таблица 105

Механический и микроагрегатный состав почв опытных участков до и после поливного периода

Время взятия образцов	Слой почвы, см	Содержание фракций %, размер частиц, мм						
		0,25	0,25 0,05	0,05 0,01	0,01 0,005	0,005 0,001	меньше 0,001	меньше 0,01
1	2	3	4	5	6	7	8	9
		Полив по бороздам						
До вегетации	0—10	0,44	11,86	41,1	9,0	21,8	15,8	46,6
	20—30	0,16	8,34	38,1	10,0	28,3	15,1	53,4
	40—50	0,23	8,27	37,3	8,7	20,9	22,6	54,2
	60—80	0,33	11,07	34,9	15,6	14,9	23,2	53,7

1	2	3	4	5	6	7	8	9
После вегетации	0—10	0,25	8,75	36,0	10,4	21,6	23,0	55,0
	20—30	0,27	2,73	39,6	11,6	27,2	18,6	57,4
	40—50	0,17	11,23	31,2	22,0	20,4	25,0	57,4
	60—80	0,03	12,97	21,2	13,6	17,2	35,0	65,8
		Полив дождеванием (установка ДДА-100М)						
До вегетации	0—10	1,44	17,76	23,5	11,1	24,6	21,6	57,3
	20—30	1,62	16,98	20,7	8,9	24,5	27,3	60,7
	40—50	1,71	4,79	22,4	12,5	23,1	35,5	71,0
После вегетации	0—10	0,73	15,27	33,8	12,1	19,5	20,6	52,2
	20—30	0,92	10,58	33,1	13,2	12,1	20,1	55,4
	40—50	0,51	9,99	36,5	10,3	20,6	22,2	53,1
		Полив напуском						
До вегетации	0—5	0,35	10,95	33,0	15,6	19,6	20,5	55,7
	5—10	0,36	9,74	38,6	13,2	17,7	20,4	51,3
	10—15	0,14	8,86	35,7	14,2	21,0	20,1	55,3
	15—20	0,22	9,48	37,8	8,8	24,7	19,0	52,5
После вегетации	0—10	0,22	10,68	30,5	11,4	29,1	18,1	58,6
	20—30	0,16	12,74	32,8	10,6	24,4	19,3	54,3
	40—50	0,23	7,97	36,1	12,7	18,2	24,8	55,7
	60—80	0,12	9,28	38,4	9,1	19,0	24,1	52,2

При всех способах полива агрегатный состав почвы в пахотном слое к концу вегетационного периода ухудшается. В слое 0,5 см. коэффициент структурности (K_0) снизился с 0,9 до 0,2. Самое большое уменьшение (в четыре раза) произошло при поливе напуском (с 0,82 до 0,20). Полив дождеванием и по бороздам оказывает на структуру почвы в этом слое примерно одинаковое действие. В следующем 5—10 см. слое почвы при поливе по бороздам и напуском K_0 уменьшился в три, а при поливе дождеванием примерно в 1,5—2 раза. Далее в 10—20 см. слое почвы K_0 всех больше снизился при поливе напуском (почти в четыре раза), а дождевание и полив по бороздам оказывали примерно одинаковое действие. Под влиянием поливов происходит увеличение количества микроагрегатов (фракций диаметром менее 0,25 мм) за счет разрушения более крупных, агрономически ценных. В этом отношении в самом лучшем положении оказывается полив по бороздам, а затем дождевание (39).

Полученный материал о влиянии способов полива на свойства почвы позволяет сформулировать следующие положения. Показатели почвенной структуры, установленные

в динамике, не одинаковы при различных способах полива. На все свойства почвы неблагоприятное воздействие оказывает полив напуском, и в меньшей степени — дождевание с малой интенсивностью дождя. Заметное отрицательное влияние на свойства почвы начинается при интенсивности дождя 0,5—0,7 мм/мин и выше, даже если дождевание производится без образования луж и поверхностного стока. При поливе напуском устойчивое снижение водопрочных агрегатов происходит сразу же после первых поливов. При дождевании водопрочные агрегаты (фракции диаметром более 0,25 мм) переходят в категорию распыленных только в конце вегетационного периода. Способы полива влияют на изменение микроагрегатного состава почвы не только в пахотном слое, но и глубже. При подборе соответствующей предполивной влажности почвы и малой интенсивности дождя как дождевание, так и качественный полив по бороздам могут не оказывать отрицательного воздействия на почвенную структуру.

4. Влияние способов полива и других мелиоративных мероприятий на динамику микроэлементов, питательных веществ и микроклимат

Воздействуя на свойства почвы, мелиоративные мероприятия влияют на агрохимические процессы, происходящие в почве, что непосредственно отражается на продуктивности культур. Это обстоятельство влияет на выбор целесообразных мелиоративных мероприятий. Поэтому автор счел нужным исследовать некоторые стороны агрохимических процессов в почве под влиянием мелиоративных мероприятий. в частности, совершенно не освещенный в литературе вопрос — динамику микроэлементов (45, 48, 50).

Микроэлементы оказывают большое влияние на продуктивность растений. Изучением микроэлементов и их применением в сельском хозяйстве занимается большая группа ученых (Я. Пейве, В. Ковда, М. Школьник, А. Петербургский и др.). У растений под влиянием микроэлементов может повыситься солеустойчивость и в определенные периоды снизиться потребность в воде и др.

Динамика микроэлементов в почве исследовалась при поливе сахарной свеклы по бороздам, при поливе по бороздам хлопчатника, при поливе риса затоплением, при промывке засоленных земель на фоне глубокого дренажа. Кроме того изучалась динамика микроэлементов в растительных тканях гороха при различном режиме орошения.

Динамика микроэлементов. В диссертации приводятся подробные результаты исследований по данному вопросу. Здесь покажем только некоторые (табл. 108, 113).

Таблица 108

Динамика микроэлементов в почвогрунтах при поливе хлопчатника

Слой почвы, см	Валовое содержание микроэлементов в мг/кг. (воздушно-сухой почвы)			
	молибден	марганец	ванадий	хром
Перед поливами 1-го июня				
0—30	4,0	670	88	39
30—60	5,3	730	110	44
60—100	5,6	830	140	41
100—200	5,0	560	89	36
После поливов 1-го сентября				
0—30	4,4	820	100	38
30—60	5,3	770	120	40
60—100	6,0	630	160	46
100—200	6,0	870	140	42

Таблица 113

Изменение содержания микроэлементов в почве под влиянием различных промывных норм

Слой почвы, см	Валовое содержание м/э (мг/кг) в воздушно-сухой почве							
	4500 м³/га				8500 м³/га			
	молибден	марганец	свинец	медь	молибден	марганец	свинец	медь
До промывки								
0—20	2,5	430	16	2,2	3,5	660	13	1,2
20—50	2,9	610	9,6	2,0	2,4	540	9,6	3,9
50—100	5,2	940	41	0,83	2,9	530	13	1,7
После промывки								
0—20	4,0	850	21	3,2	4,5	1730	17	2,7
20—50	4,5	1050	8	3,6	3,9	1150	30	7,7
50—100	5,2	1250	17	2,2	4,0	820	23	5,9

Результаты исследований приведенные в диссертации позволяют сделать следующие выводы. Орошение и другие мелиоративные мероприятия действуют благоприятно на перераспределение полезных микроэлементов (марганца, молибдена и др.), способствуя увеличению их количества в корнеобитаемом слое почвы. Большую роль в накоплении микроэлементов в почве в наших условиях играет оросительная вода и корневая система растений. Не подтвердилась отрицательная роль дренажа в выносе микроэлементов из почвы. Испытанные с.-х. культуры не играют большой роли в физическом выносе микроэлементов из почвы.

При поливе сахарной свеклы по бороздам содержание хрома и свинца в корнеобитаемом слое несколько уменьшается, ввиду их выноса фильтрующейся поливной водой. Наблюдался низкий коэффициент биологического поглощения хрома и свинца, поэтому отмечена малая их концентрация (или уменьшение) в верхнем слое почвы. Количество некоторых микроэлементов (особенно молибдена) под влиянием орошения увеличивается в почве по сравнению с рекомендуемыми пределами. Поливы способствуют увеличению содержания молибдена и алюминия в растительных тканях. Выявлена оптимизация содержания микроэлементов в растительных тканях под влиянием рационального режима орошения. Определенная величина концентрации микроэлементов возможно может служить косвенным показателем оптимального увлажнения почвы.

Динамика питальных веществ. Развитие растений, высота урожая и качество продукции зависит от обеспеченности необходимыми элементами питания. Динамика элементов пищи растений (гумуса, общего и подвижного азота, калия и фосфора) изучена при орошении гороха на различных фонах увлажнения.

Содержание гумуса по профилю почвы в низ уменьшается. В начале вегетации в верхнем слое на всех вариантах гумуса содержалось около 1 проц., а в 50—60 см. слое около 0,5 проц. Заметна тенденция уменьшения содержания гумуса с увеличением увлажнения почвы. Орошение несколько усиливает процессы минерализации гумуса. По подвижному азоту в течение вегетации на всех вариантах изменений не отмечается. Заметно некоторое уменьшение общего азота к концу вегетации в подпахотном слое при высоком увлажнении почвы. Изменения общего содержание фосфатов в почве за вегетационный период очень незначительны, что не позволяет установить какие-либо закономерности. Орошение увеличивает содержание калия в верхнем слое почвы к концу вегетации. Отклонение от оптимального режима орошения вызывает уменьшение содержания гумуса, азота и калия по отношению к исходному состоянию в верхнем слое почвы.

Изменение микроклимата. Исследованы закономерности формирования микроклимата орошаемых полей под влиянием: полива по бороздам и дождевания сахарной свеклы и полива риса затоплением. На формирование микроклимата орошаемого поля оказывает влияние не только способ полива, но и режим орошения.

В течение вегетационного периода у сахарной свеклы при поливе дождеванием температура верхнего слоя почвы в полуденные часы ниже на 2—4° по сравнению с поливами по бороздам. Орошение дождеванием способствует также снижению температуры воздуха в приземном слое на 1—3° по сравнению с поливом по бороздам. Относительная влажность воздуха при дождевании выше. Особенно благоприятные микроклиматические показатели создаются при освежительных поливах: максимальные температуры приземного слоя воздуха и верхнего слоя почвы снижаются на 4—5°, а относительная влажность воздуха повышается на 10—15°. Результаты исследований показывают, что при орошении сахарной свеклы применение дождевания предпочтительней, чем поверхностных способов полива.

После затопления микроклимат приземного слоя рисовых полей изменяется в благоприятную сторону по сравнению с окружающими неорошаемыми участками. Особенно эта разница заметна в полуденные часы, когда температура воздуха на неорошаемом участке выше на 1—3°, чем на за-

топленном рисовом поле. В середине вегетации риса температура воды на рисовом поле выше на 0,5—1,5°, чем температура воздуха в приземном слое над этим массивом.

Орошение риса затоплением благоприятно влияет на основные показатели микроклимата приземного слоя, снижает термическое напряжение, что способствует высокой продуктивности растений.

5. Учет способов и техники полива при внедрении оптимальных режимов орошения

Задачей полевых исследований и проработок являлось разработать предложения по максимальному сближению рекомендуемых и фактических оросительных и поливных норм с учетом объективно действующих факторов при современном уровне техники орошения: потерь воды на поле во время поливов в производственных условиях; неравномерного распределения воды по поливному участку и рациональной техники орошения. Результаты исследований проведенных Р. Кван под руководством автора позволяют в первом приближении произвести качественную оценку влияния способов и техники полива на оптимальные режимы орошения. При разработке данного вопроса дополнительно использованы материалы исследований В. Носенко и Н. Данильченко.

а) Потери воды в расчетном слое во время полива

Во время полива и после него в первые 1—3 суток влага перераспределяется в почве, и часть ее расходуется на испарение и транспирацию. Особенно велики эти потери воды при поливах малыми поливными нормами. При дождевании такие потери достигают 100—150 м³/га, т. е. почти одну четвертую часть расчетной нормы, а при поливе по бороздам 15—30 проц. за двое суток после полива. Поэтому для увлажнения заданного слоя почвы величина поливной нормы должна быть несколько увеличена. Эти поправочные коэффициенты в зависимости от способов полива и почвы колеблются по периодам развития сахарной свеклы от 1,05 до 1,40. Приведем часть данных по рациональному варианту (таблица 94).

Таблица 94

Величина потерь воды в период перераспределения влаги в почве после поливов в метровом слое (сахарная свекла, 1961 г.)

№ полива	Дата полива	Поданная поливная норма, м³/га	Осталось через два дня после полива, м³/га	Разница	
				м³/га	в % от поданной
Поливы при влажности почвы по периодам развития не ниже 70 проц. ППВ					
1	20 июня	1100	1000	100	9,0
2	2 июля	650	553	97	15,0
3	21 июля	600	460	140	23,5
4	31 июля	600	455	145	24,0
5	15 августа	950	800	150	16,0

в) Влияние неравномерного увлажнения орошаемой площади на урожай

Было установлено, что при орошении больших массивов происходит неравномерное поверхностное увлажнение поля. Особенно значительная неравномерность увлажнения наблюдается при поливе напуском. Разница в увлажнении здесь достигает 40—50 проц. от средней по участку поливной нормы. На части площади в понижениях почва переувлажняется, а на повышенных участках растения испытывают не остаток влаги. В итоге возникает пестрота в урожайности и снижается урожай по участку.

При поливе по бороздам равномерность увлажнения почвы по поверхности выше. За один полив разница в увлажнении в голове и конце поливных борозд равнялась 100—150 кбм/га, а за вегетацию 500—600 кбм/га. Равномерность увлажнения при поливе по бороздам зависит от элементов техники полива и распределения воды в борозды. Головная часть поливных борозд, как правило, переувлажняется. Величина коэффициента неравномерности по наблюдениям колебалась от 0,5 до 0,88. Неравномерность увлажнения вызывает колебание урожая сахарной свеклы по длине борозд. При существующих способах распределения воды в поливные борозды орошаемые участки неравномерно увлажняют-

ся и в поперечном направлении. Коэффициент неравномерности увлажнения поливного участка в поперечном направлении колеблется от 0,5 до 0,75 за каждый полив. Общий коэффициент неравномерности увлажнения поливных участков при поливе по бороздам за вегетацию равняется 0,6—0,7.

Полив дождеванием способствует более равномерному увлажнению почвы, чем поверхностные способы полива. Так, при поливе установкой КУД-55М при скорости ветра 2—4 м/сек. резко ухудшилась равномерность увлажнения участка. У агрегата ДДА-100М нормы полива неравномерно распределяются по длине крыльев из-за различной интенсивности дождя в насадках. Интенсивность дождя у удаленных от насоса насадок уменьшалась на 5—10 проц. от средней величины. Разница в урожае корней сахарной свеклы вдоль крыльев (консолей), т. е. поперек движения агрегата, доходит до 108 ц/га или составляет 19 проц. от среднего урожая по участку. Следовательно для получения на производственном участке среднего урожая свеклы, равного полученному на опытных участках при установлении оптимального режима орошения, величину рекомендуемых оросительных норм надо увеличить, как показали расчеты, на 5—15 проц.

в) Учет потерь воды в процессе полива.

Во время поливов часть воды теряется на сброс и глубинную фильтрацию. Эти потери зависят от организации полива, спланированности поля, водопроницаемости почвы, способов полива и др. В свеклосеющих хозяйствах юга Казахстана при существующей технике орошения и способах полива (с учетом их совершенствования в ближайшие годы) потери воды во время поливов на больших производственных массивах могут быть приняты на уровне 15—25 проц. от водоподачи.

Коэффициенты полезного использования оросительной нормы.

Анализ предыдущих пунктов позволяет сделать заключение о том, что одновременно с работами по улучшению использования воды на поливных участках при планировании водопользования, следует увеличивать рекомендуемые нормы полива на соответствующие поправочные коффициенты. Результаты наших опытов и исследования других авторов позволяют установить эти коэффициенты в зависимости от организационно-хозяйственных условий и способов полива для пропашных культур (табл. 100).

Отсюда оросительная норма брутто будет равняться: $М_{брутто} = М_{нетто} \cdot K_1 \cdot K_2$. Величина поправочного коэффициента K_1 учитывающего неравномерность распределения оросительной нормы по площади поля (пункт «б»), изменяется в небольших пределах — от 1,0 до 1,15. Величина поправочного коэффициента K_2, учитывающего потери воды в процессе полива, изменяется от 1,00 до 1,30 (пункт «а» и «в»).

Таблица 100

Ориентировочные значения коэффициентов полезного использования оросительной нормы (для сахарной свеклы).

	Условия проведения поливов и величина коэффициентов					
	хорошие		средние		сложные	
	участок хорошо спланирован, уклоны оптимальные, почвы низк. или средней водопроницаемости, достаточное количество поливальщиков и др.		участок спланирован, уклоны средние, водопроницаемость почв средняя и др.		участок недостаточно спланирован, уклоны большие или малые, водопроницаемость почв высокая, недостаток поливальщиков и др.	
	K_1	K_2	K_1	K_2	K_1	K_2
Полив по бороздам из временной сети без поливной арматуры	1,10	1,20	1,13	1,25	1,15	1,30
Полив по бороздам из временной сети с применением поливной арматуры	1,05	1,15	1,10	1,20	1,15	1,25
Полив по бороздам с помощью передвижных поливных трубопроводов	1,05	1,10	1,07	1,15	1,10	1,20
Полив дождеванием с забором воды из временной оросительной сети	1,05	1,15	1,07	1,20	1,10	1,25
Полив дождеванием из сети закрытых трубопроводов	1,07	1,10	1,05	1,13	1,07	1,15

Чем лучше условия орошения и совершенней техника полива, тем поправочные коэффициенты меньше. Использование поправочных коэффициентов к оросительным нормам нетто, которые учитывают потери воды в процессе полива и неравномерность увлажнения почвы, обеспечит приближение оптимальных режимов орошения к фактическим и повысит продуктивность с.-х. культур.

Рациональная величина элементов техники полива по бороздам.

Элементы техники полива существенно влияют на фактическую величину поливных норм и равномерность их распределения на орошаемом поле. Изучались элементы техники полива по бороздам сахарной свеклы рассчетными поливными нормами. При этом в методике исследований были использованы предложения Ляпина (1950), Кривовяза (1961), Лактаева (1965), Носенко (1962). Опытами установлена применимость в условиях юга республики известной зависимости акад. Костякова (1961) для расчета коэффициента скорости впитывания и определены численные значения ее параметров. Полученные опытные данные по впитыванию воды в почву, продолжительности добегания струй на различную длину поливных борозд и при различных уклонах, равномерности увлажнения почвы и изменения продуктивности культуры по длине борозд позволяют установить рациональные величины элементов техники полива по бороздам для пропашных культур. При больших диапазонах изменений уклонов поверхности поливных участков и водопроницаемости почвы можно использовать рекомендации Н. Носенко (1964) по рациональным элементам техники полива по бороздам, которые подтверждены нашими опытными данными (табл. 104).

Рекомендации, приведенные в табл. 104 относятся к большим орошаемым массивам. В конкретных условиях их надо уточнить путем проведения пробных поливов (6, 27, 35, 86, 48).

Таблица 104

Рекомендации по величине элементов техники бороздкового полива пропашных культур для предгорных районов юга Казахстана

Почвы	Уклоны дна борозды	Длина поливных борозд, м.	Поливная струя, л/с		
			постоянная	переменная	
				первонач.	измен.
Сильной водопроницаемости черноземы, каштановые легкосуглинистые, сероземы легкосуглинистые и супесчаные	0,001	80	0,7	0,7	0,7
	0,003	120	0,8	0,8	0,8
	0,006	100	0,5	0,6	0,4
	0,01	80	0,3	0,4	0,2
	0,03	60	0,1	0,2	0,1
Средней водопроницаемости каштановые, среднесуглинистые и среднелуговые, серозем суглинистые	0,001	150	0,7	0,8	0,4
	0,003	250	1,0	1,2	0,6
	0,006	200	0,6	0,8	0,4
	0,01	100	0,3	0,4	0,2
	0,03	80	0,1	0,2	0,1
Слабой водопроницаемости сероземы, тяжело-суглинистые каштановые со сцементированным карбонатным горизонтом, луговые тяжелосуглинистые	0,001	200	0,7	0,8	0,3
	0,003	300	1,0	1,2	0,4
	0,006	250	0,6	0,7	0,3
	0,01	150	0,3	0,4	0,2
	0,03	100	0,1	0,2	0,1

ЧАСТЬ II.

Лиманное орошение

Одним из эффективных способов повышения продуктивности естественных кормовых угодий в условиях Казахстана является лиманное орошение. Сейчас площади под лиманным орошением составляют около 900 тыс. гектаров. При правильном режиме лиманного орошения урожай трав достигает 30—50 и более ц/га сена. Но общая продуктивность лиманов в республике еще низкая. В целях получения максимального эффекта от лиманного орошения нужно применять оптимальную продолжительность затопления лиманов в зависимости от конкретных условий. Рациональный режим орошения создает на лиманах благоприятные условия для произрастания высокопродуктивных и ценных в кормовом отношении многолетних трав.

По определению режимов лиманного орошения для различных районов страны работала многочисленная группа ученых. Большой вклад в разработку данного вопроса внесли акад. А. Н. Костяков (1951), акад Шумаков Б. А. (1963), акад. Ларин (1956), акад. Шаров (1950), Петров, Соловьев, Черных (1956), Мосиенко (1958), Шумаков Б. Б. (1963) и др. Почти все предложения по данному вопросу основываются на эмпирических данных, методика и теория по определению и расчету рациональной продолжительности затопления лиманов была разработана не полно. Поэтому под руководством автора были проведены специальные полевые исследования на лиманах Целиноградской, Актюбинской и Семипалатинской областей в целях научного обоснования методики по определению и расчету рациональной продолжительности затопления лиманов. При этом были также использованы разрозненные данные предыдущих исследований КазНИИВХ. Результаты исследований по лиманному орошению опубликованы в работах автора (51—66).

Глава 8. Влияние продолжительности затопления лиманов на продуктивность трав

Наибольшее распространение по территории исследованных лиманов (около 70—80 проц.) имеют злаковые травы с высокими кормовыми качествами. Наблюдается зависимость ботанического состава растительности от рельефа территории, что определяет различную глубину и длительность затопления. Смена растительных группировок от степени увлажнения (в сторону ее уменьшения) на основании исследований представляется следующим экологическим рядом: осока стройная, бекмания обыкновенная, пырей ползучий, лисохвост, костер безостый, полевица белая, типчак.

Детальный анализ представленного в работе материала и других имеющихся у автора данных об изменении ботанического состава травостоя на лиманах позволяет сделать заключение о том, что замещение степных трав луговыми происходит в течение 4—5 и более лет. Различная продолжительность затопления лиманов вызывает не только изменение ботанического состава растительных ассоциаций, но и колебания в урожайности. Каждая растительная группировка для получения максимальной продукции требует различной продолжительности затопления. Для злаково-разнотравной группировки самой эффективной продолжительностью затопления оказался 10 дневный срок; пырейно-вейниково-костровой ассоциации — 20 дневный; пырейно-кострово-лисохвостной — 20—25 дневное затопление (58—60).

Основное накопление растительной массы у всех группировок происходит в начальный период вегетации — фазу кущения.

Глава 9. Свойства почв, водопотребление и нормы лиманного орошения

Для обоснования рационального режима затопления лиманов были подробно изучены свойства почв. Исследования позволили установить, что при постоянном ежегодном затоплении почвы лиманов склонны к самомелиорации. Для определения водопотребления растительности, произрастающей на лиманах, была определена их транспирационная способность. У изученных видов растений в основном наблюдается прямая зависимость между интенсивностью транспирации и влажностью почвы. Полученные данные дали возможность установить величину водопотребления основных растительных ассоциаций и уточнить нормы лиманного орошения. Нормы лиманного орошения необходимо рассчитывать путем введения в известные по литературе зависимости поправочного коэффициента, учитывающего неравномерность затопления лиманов, глубину увлажнения почвы, потери воды и др. По данным автора в условиях Казахстана для мелководных лиманов он должен приниматься равным 1,5, а для глубоководных — около 2-х (59,60).

Глава 10. Методика установления режима орошения лиманов

Путем обобщения эмпирических данных КазНИИВХ был разработан рациональный режим орошения для пойменных лиманов (табл. 136). Затем проанализированы многочисленные предложения других ученых по данному вопросу.

Для теоретического обоснования оптимального режима орошения лиманов проведены исследования по определению скорости оттаивания почв лиманов под водой, которая оказывает большое влияние на продолжительность затопления. Глубина промерзания и оттаивания почв лиманов под водой

определялись в полевых условиях прибором Г. Бегалиева и Ф. Ким. В результате автору удалось установить сумму положительных среднесуточных температур воздуха (100—120°С). при достижении которой оттаивает 1,5—2,0 м. корнеобитаемый слой почвы и проходит первая фаза развития луговых растений.

Таблица 136

Режим затопления пойменных лиманов для условий Казахстана

	Продолжительность затопления в сутки		Средняя норма орошения, кбм/га
	при оттаявшей почве	при замерзшей почве	
Легкие	4—6	6—8	2500
Средние	6—7	8—12	3500
Тяжелые	7—10	12—15	4500

Экспериментально доказана равнозначность скорости оттаивания почвы лиманов под водой со скоростью впитывания. Это позволило автору вывести расчетную зависимость для определения скорости оттаивания почвогрунтов на лиманах в зависимости от суммы среднесуточных положительных температур воздуха и установить интенсивность оттаивания почвы под водой на 1°С положительных температур воздуха и установить интенсивность оттаивания почвы под водой на 1°С положительных температур (0,5 см/градус для условий Северного и Центрального Казахстана и 1,2 см/градус для Актюбинской области). По зависимости автора легко определить скорость оттаивания почвогрунтов, а значит и продолжительность затопления лиманов в конкретных условиях. В результате расчетная зависимость автора для определения оптимальной продолжительности затопления лиманов, если они затапливаются по замерзшей почве, оказалась такой:

$$T = \frac{H_{пр} - H_{от}}{at^0}$$

где: Т — продолжительность затопления лиманов, в сутках;
Нпр — глубина промерзания почвогрунта на лимане, см;
Нот — величина (см), показывающая на сколько успела оттаять почва до затопления лимана;

t^0 — среднесуточная температура воздуха за период затопления лиманов, °С;
а — интенсивность оттаивания почвогрунта под водой на 1°С положительных температур, см.

Глубина промерзания почвогрунта на лиманах определяется путем непосредственных наблюдений в натуре или по данным ближайшей метеорологической станции. Слой оттаявшей почвы до затопления лимана определяется в натуре щупом. Среднесуточная температура воздуха в период затопления лимана принимается по прогнозу ближайшей метеостанции. Интенсивность (коэффициент) оттаивания мерзлой почвы под водой (см/градус) принимается по приведенным выше данным автора или по специальному графику Государственного гидрологического института (К. Смирнов, И. Вольфцун, 1968), зная влажность промерзшего слоя почвы.

На основе изучения скорости впитывания и оттаивания почв лиманов под водой, установлена их прямая связь с термическим режимом приземного слоя воздуха, который благоприятен для прохождения первой фазы развития растений. Период накопления благоприятных термических условий (суммы положительных среднесуточных температур воздуха 100—120°С) совпадает с оптимальной продолжительностью затопления, установленной эмпирическим путем (табл. 136).

Это позволило автору разработать оригинальный метод определения продолжительности затопления лиманов, который основан на суммировании среднесуточных положительных температур воздуха с начала затопления лиманов. Начинать сброс воды из лиманов следует тогда, когда сумма среднесуточных температур воздуха (со дня затопления лимана) достигает 60—80°С. При этом учитывается, что сброс воды из лиманов продолжается 5—6 дней, и за это время сумма температур воздуха дойдет до 100—120°С, что и будет удовлетворять всем услозиям. Если лиман затапливается по оттаявшей почве принимаются меньшие значения сумм температур. При замерзшей или частично оттаявшей почве следует принимать большие значения сумм температур (52—66).

Глава 11. Влияние лиманного орошения на почвообразовательные процессы

Способствуя дополнительному увлажнению почвы, лиманное орошение создает благоприятные условия для развития луговой растительности, которая, вместе с паводковой водой воздействует на почву. Исследования показали, что оптимальный режим затопления и правильная эксплуатация лиманов позволяет воспроизводить или восстанавливать пойменные процессы, т. е. создавать плодородные почвы по типу зернистых пойм и осуществлять борьбу с засолением. В средней по водности год на один гектар лиманов в Зап. Казахстане приносится водой около 150—200 кг. взвешенных частиц. Слой наносов в 1—3 мм не препятствует произрастанию растений. После 4—5 летнего орошения в условиях полупустыни на лиманах начинается лугово-дерновый процесс почвообразования (на светлокаштановых почвах). Луговая растительность имеющая мощную корневую систему, обогащает почву органическим веществом и создает водопрочную комковато-зернистую структуру.

ЧАСТЬ III.

Улучшение мелиоративного состояния орошаемых земель

Нарушение водно-солевого режима почвы приводит к снижению продуктивности орошаемых земель, почвы засоляются или заболачиваются. Свыше 22 проц. орошаемых земель в республике имеют неудовлетворительное мелиоративное состояние. Сельскохозяйственное освоение засоленных орошаемых земель невозможно без коренных мелиораций. Практика и исследования показывают, что основным методом рассоления корнеобитаемого слоя почвы является промывка на фоне хорошо работающей коллекторно-дренажной сети в комплексе с другими водохозяйственными и агротехническими мероприятиями, где существенное значение имеет применение рациональных режимов орошения и передовых способов полива. Советской мелиоративной наукой установлены причины засоления орошаемых земель, закономерности движения грунтовых вод, процессы переноса солей и разработаны принципы регулирования водно-солевого режима почвогрунтов. В этом направлении большой вклад в науку и практику внесли А. Костяков, С. Аверьянов, П. Кочина, В. Ковда, Н. Беседнов,В. Волобуев, В. Легостаев, И. Рабочев, В. Егоров, Б. Федоров, А. Морозов и многие другие.

Большое внимание разработке методов опреснения почвогрунтов уделяли в своих работах И. Плюснин (1964), С. Астапов (1943), Л. Розов (1956), Ф. Бончковский (1963), Е. Петров (1965), П. Панин (1968) и другие. Обширные исследования, на основе которых разработаны практические рекомендации по сельскохозяйственному освоению засоленных земель в низовьях Аму-Дарьи, выполнены С. Миркиным (1956, 1957) и П. Летуновым (1956, 1957 и др.), а в низовьях Сыр-Дарьи В. Боровским (1958, 1959). В последнее время АН СССР издано ряд работ посвященных данному вопросу (В. Ковда, П. Летунов и др., 1967; В. Егоров, П. Летунов и др., 1964; Пенман, О. Кононова, Н. Минашина, В. Ковда, 1967 и др.)

Основной целью наших исследований являлось комплексное изучение различных мелиоративных мероприятий с тем, чтобы отыскать методы мелиораций и пути их осуществления непосредственно в хозяйствах и на системах и обосновать практические рекомендации. В основу исследований были взяты положения акад. С. Аверьянова и проф. В. Ковда, которые рекомендуют разрабатывать мелиоративные мероприятия с учетом водно-солевого режима каждого массива.

Исследования проводились в предгорной сазовой зоне Заилийского Ала-Тау и в зоне Арысь-Туркестанского канала (междуречье Бугунь-Чаян). Полевыми исследованиями были затронуты следующие вопросы: водно-солевой баланс почвогрунтов и прогнозирование колебаний грунтовых вод на мелиорируемой площади; рассоляющее действие различного дренажа и его оптимальные параметры; причины сезонной реставрации засоления почвогрунтов; сроки и нормы промывки засоленных земель: рассоление почвы при помощи культуры риса; подбор культур — освоителей для промытых почв и др. Все исследования сопровождались комплексом сопутствующих наблюдений.

Глава 12. Водно-солевой баланс мелиорируемых территорий

Применять мелиоративные мероприятия по борьбе с засолением необходимо с учетом существующего и ожидаемого водно-солевого режима почвогрунтов в зоне аэрации. Поэтому был экспериментально изучен водно-солевой баланс орошаемых массивов и хлопкового поля. Наблюдения в натуре осуществлялись на мелиоративных створах и балансовых участках за всеми приходными и расходными факторами водно-солевого баланса по рекомендациям Слядиева (1961), Лебедева (1957), Аверьянова (1959), Ковда (1947) и др. Водный баланс изучаемых орошаемых массивов рассчитывался на основании экспериментальных данных по методике акад. С. Аверьянова и других авторов. Сопоставление результатов показало, что расчет водного баланса по методу С. Аверьянова является наиболее точным. Расчет водного баланса по методу Г. Каменского с помощью уравнения неустановившегося движения грунтовых вод в конечных разностях является менее точным, но зато требует немного экспериментальных данных.

В результате исследований были установлены типы режима грунтовых вод как в многолетнем, так и сезонном разрезе. Произведено районирование междуречья Бугунь-Чаян (35 тыс. га) по режиму, глубине залегания и минерализации грунтовых вод. Выявлены причины сезонной реставрации засоления орошаемых почв (68, 70). Исследованы закономерности изменения модуля дренажного стока в различные периоды. Установлена критическая глубина минерализованных грунтовых вод для районов исследований и корреляционные зависимости для прогнозирования колебаний уровней грунтовых вод (47). Все полученные материалы по данному вопросу позволили наметить комплекс необходимых мероприятий по борьбе с засолением и его сезонной реставрацией: глубокий открытый горизонтальный дренаж, аэрационный дренаж, промывки, опреснительный режим орошения, профилактические поливы и др.

Глава 13. Эффективность работы коллекторно-дренажной сети

Дренаж регулирует водно-солевой режим почвогрунтов и обеспечивает удаление избыточных вод и солей за преде-

лы орошаемых массивов. Теоретические принципы и мелиорирующая роль дренажа на орошаемых землях рассматриваются в ряде работ советских и иностранных ученых (Костяков, 1951; Аверьянов, 1959, 1965; Ковда, 1958, 1960; Волобуев, 1960; Легостаев, 1964; Рабочев, 1964, Решеткина, 1958 и др.).

1. Эффективность и рассоляющее действие открытого горизонтального дренажа

Полевые исследования проводились в указанных выше орошаемых зонах на юге республики. Материалы исследований показали, что на данном этапе развития мелиоративных работ в этих районах наиболее эффективным является глубокий горизонтальный дренаж. Однако по сравнению с исходным запасом солей в 2-х метровом слое (482 т/га в зоне АТК), естественный вынос солей в дренаж от вегетационных поливов (без промывки) протекает очень медленно (около 6 т/га за вегетацию хлопчатника). Следовательно, в изученных районах для быстрого опреснения корнеобитаемого слоя требуется капитальная промывка на фоне коллекторно-дренажной сети. В среднем дренажный модуль стока в зоне АТК при хорошем состоянии коллекторно-дренажной сети достаточно высокий (0,21 л/сек с га). Учитывая результаты полевых исследований, глубину открытых дрен здесь можно рекомендовать в 3,0—3,5 м, а расстояние между ними не более 300—400 м. Расстояния между дренами в изученных районах целесообразно рассчитывать по методу акад. С. Аверьянова (1959, 1965), внося в него коррективы по опытным данным (48, 74—81).

2. Эффективность аэрационного дренажа

На юге Казахстана в зоне орошения имеют распространение почвы тяжелого механического состава, часто встречаются уплотненные сцементированные горизонты в подпахотном слое («шох», «кемперташ»), что ухудшает условия опреснения почвогрунтов. Для повышения рассоляющего действия промывок и создания благоприятных условий при последующем освоении промытых массивов необходимо улучшить аэрацию таких почв. Приемы аэрации засоленных и

промытых почв изучены слабо. В целях изучения этого малоисследованного вопроса и выработки практических рекомендаций автором на юге-востоке республики были проведены специальные многолетние исследования (48, 70, 72).

Аэрационные дрены нарезались крото-дренажными машинами перед посевом культур — освоителей на промытых участках на глубине 0,7 м, с расстоянием друг от друга в 1,5 м и диаметром 0,15. Наблюдения показали, что аэрационный дренаж препятствует реставрации засоления как на промытых, так и непромытых почвах в течение 2—3 лет, после чего его надо вновь нарезать. Аэрационные дрены создают для растений благоприятный гидротермический режим почвы. В зоне таких дрен происходит усиление внутрипочвенного испарения, что вызывает накопление солей около полостей дрен, отчего в верхний слой почвы их поступает меньше. Все это способствует повышению урожайности с.-х. культур (табл. 160).

Таблица 160

Урожай зеленой массы подсолнечника

Промывная норма, кбм/га	Средний урожай, ц/га	
	на фоне аэрационного дренажа	без аэрационного дренажа
1500	535	505
2000	620	575
3000	600	550
Без промывки	120	90

Глава 14. Промывка засоленных орошаемых земель

Выше было показано, что пока основным методом рассоления корнеобитаемого слоя почвы является промывка на фоне дренажа. Учитывая прогрессирующее засоление орошаемых земель на юге Казахстана и отсутствие достаточного количества опытных данных, под руководством и при участии автора были предприняты широкие исследования в производственных условиях (1957—1967 гг.) по обоснованию и разработке оптимальных промывных норм и освоению засоленных почв (67, 69, 71, 73, 76, 77, 79—81). Исследования

проводились в сазовой предгорной зоне и в зоне подкомандной Арысь-Туркестанскому каналу в Чимкентской области.

Сначала изучалась эффективность промывок в бездренажных условиях. Полученный материал дает возможность сделать вывод о том, что без дренажа и при слабом естественном оттоке грунтовых вод промывки эффекта не дают. Кроме того, на некоторых почвах при этом, наблюдается увеличение общей щелочности против допустимых пределов, что вызывает осолонцевание почв и гибель растений. Дренаж повышает эффективность промывок в несколько раз. Кротовый и временный открытый дренаж способствует лучшему опреснению почвы при промывках. На фоне открытого горизонтального дренажа были испытаны промывные нормы от 1500 до 28000 кбм/га (табл. 174).

С увеличением промывных норм интенсивность опреснения падает и повышается расход воды на вынос солей. Чем больше промывная норма, тем глубже идет опреснение почвогрунта. Однако резкого опреснительного эффекта при этом не наблюдается, особенно по общей щелочности и содержанию натрия. В сазовой зоне целесообразной промывной нормой оказалась 2000 кбм/га, а в зоне АТК — 6000—8000 м³/га с учетом электролитического порога, при условии применения дополнительных мероприятий по недопущению процессов осолонцевания (изменение темпа и порядка промывки, внесение гипса, глубокая пахота, рыхление, временный и аэрационный дренаж). В зоне АТК, в отличие от существующих рекомендаций, промывные нормы вблизи дрен необходимо увеличивать, чтобы не растягивать срок промывки.

В диссертации проанализированы аналитические методы определения размеров промывных норм. С теоретической точки зрения наиболее обоснованными являются предложения акад. С. Аверьянова и проф. В. Волобуева. Для использования рекомендуемых формул по расчету промывных норм автором определены непосредственно для условий Казахстана экспериментальные коэффициенты, входящие в эти формулы. Лучшим временем для промывок засоленных земель на юге республики оказался осенне-зимний период. Во всех случаях почва лучше опреснялась при промывке затоплением по чекам разовыми (дробными) нормами. Материалы ис-

Таблица 174

Эффективность промывных норм в условиях юга Казахстана

Промыв. норма кбм/га	Период	Содержание солей, в проц.					
		плотн. остат.	общая щелочность	Cl' хлориды	SO_4''	Ca''	Mg''
1500	До промывки	0,701	0,034	0,013	0,435	—	—
	После промывки	0,535	0,022	0,008	0,308	—	—
2000	До промывки	0,676	0,022	0,011	0,421	—	—
	После промывки	0,436	0,015	0,008	0,280	—	—
3000	До промывки	0,823	0,032	0,016	0,512	—	—
	После промывки	0,497	0,021	0,009	0,310	—	—
4500	До промывки	1,000	0,025	0,109	0,377	0,039	0,027
	После промывки	0,763	0,028	0,044	0,038	0,016	0,005
6000	До промывки	0,505	0,071	0,028	0,480	0,055	0,016
	После промывки	0,080	0,036	0,007	0,023	0,010	0,003
8500	До промывки	1,185	0,027	1,133	0,740	0,067	0,018
	После промывки	0,657	0,040	0,036	0,035	0,014	0,004
12000	До промывки	1,457	0,019	0,161	0,684	0,058	0,005
	После промывки	0,721	0,037	0,021	0,071	0,014	0,002
14000	До промывки	1,229	0,045	0,097	0,686	0,025	0,003
	После промывки	0,551	0,038	0,018	0,026	0,006	0,001
28000	До промывки	1,019	0,014	0,150	0,500	0,109	0,020
	После промывки	0,445	0,019	0,029	0,237	0,071	0,015

следований дали возможность разработать рекомендации по промывке засоленных орошаемых земель.

Рассоление почвы при помощи культуры риса.

Рис является достаточно солеустойчивой культурой. В литературе имеются указания об использовании культуры риса в благоприятных условиях для рассоления почвы, но среди специалистов нет единого мнения по данному вопросу. При изучении режима орошения риса в Кзыл-Ординской области получены материалы, позволяющие охарактеризовать культуру риса как мелиоранта. Представленный в работе материал позволяет заключить, что орошение риса затоплением может способствовать опреснению почвогрунтов только при хорошо работающей коллекторно-дренажной сети. Содержание солей в почве до 0,8 проц. по плотному остатку не оказывает вредного влияния на растения риса.

Сельскохозяйственное освоение промытых земель

Для закрепления опреснительного эффекта промытые земли следует использовать под посевы с.-х. культур. Культуры-освоители выбираются в зависимости от типа засоления, качества опреснения, сроков освоения и др. В зависимости от этих условий в наших опытах на промытых участках возделывался ряд с.-х. культур (табл. 182).

Опытами подтверждено положение проф. В. Ковда и других авторов о повышении солеустойчивости растений в течение вегетационного периода. Солеустойчивость растений также повышается если их семена перед посевом замачиваются в солевых растворах. Наиболее солеустойчивыми культурами оказались: подсолнечник, сахарная свекла, хлопчатник, рис, сорго, суданка. На основании результатов исследований рекомендуются пределы допустимого содержания вредных солей в корнеобитаемом слое почвы для условий юга республики, которые должны учитываться при расчете промывных норм. Порядок освоения промытых почв изложен в работе и в опубликованных автором рекомендациях.

Таблица 182

Влияние промывных норм на продуктивность сельскохозяйственных культур (урожай, ц/га)

	Промывная норма, кбм/га						Примечание
	1500	2000	3000	4500	8000	контроль	
Кукуруза	310	450	405	—	—	60	зел. масса
Кукуруза	—	55	—	—	—	—	зерно
Сорго	310	350	280	—	—	90	зел. масса
Суданка	255	270	200	—	—	70	»
Подсолнечник	510	580	555	—	—	90	»
Сахарная свекла	360	400	470	—	—	160	
Хлопчатник	—	—	—	18,9	21,4	—	
Озимая пшеница	—	20	—	—	—	—	
Картофель	—	180	—	—	—	—	

ЧАСТЬ IV.

Пути повышения продуктивности орошаемых земель

В последней части работы рассмотрены технические, организационно-хозяйственные и экономические мероприятия по повышению продуктивности орошаемых земель в увязке с полученными в предыдущих разделах рекомендациями. В результате всестороннего анализа различных официальных материалов и проведенных технико-экономических расчетов выявлены причины неудовлетворительного использования орошаемых земель на юге республики и намечены мероприятия, при внедрении которых продуктивность орошаемых земель в ближайшие годы может повыситься примерно в 2 раза. В основу этих мероприятий должна быть положена техническая реконструкция оросительных систем на базе осуществления следующих работ:

а) совершенствования существующей и внедрения новой техники полива на фоне повсеместной планировки орошаемых полей и переустройства внутрихозяйственной оросительной сети в соответствии с требованиями, предъявляемыми новой техникой полива;

б) улучшения мелиоративного состояния орошаемых массивов, повышения водообеспеченности орошаемых земель в результате внедрения рациональных режимов орошения, применения противофильтрационных мероприятий на внутрихозяйственных и межхозяйственных каналах, регулирования стока, улучшения условий водозабора;

г) осуществления комплекса работ по улучшению обеспеченности трудовыми ресурсами, по повышению производительности труда в орошаемом земледелии и внедрению хозрасчета на оросительных системах. Определены объемы этих работ и их экономическая эффективность.

Для зоны лиманного орошения выявлены причины недостаточно высокой продуктивности систем. Обоснованы мероприятия по повышению продуктивности лиманных лугов, которые, в первую очередь, направлены на создание условий, обеспечивающих соблюдение рационального режима затопления лиманов; оснащение систем лиманного орошения достаточным количеством регулирующих сооружений с гасителями энергии специальной конструкции, исключающими

размывы нижнего бьефа; правильная эксплуатация систем. Для повышения продуктивности естественной растительности следует также осуществлять на лиманах комплекс передовых агромелиоративных мероприятий (омоложение дернины, подсев трав, периодическое внесение удобрений, внедрение лугопастбищных севооборотов и др.). В работе показана экономическая эффективность и целесообразность развития лиманного орошения в республике.

Основные результаты работы

Комплексные исследования по изучению режимов орошения сельскохозяйственных культур на юге республики и многолетних трав при лиманном орошении, способов полива и мероприятий по улучшению мелиоративного состояния орошаемых земель позволили вскрыть закономерности и особенности в развитии растений и процессах происходящих в почвогрунтах, при различном увлажнении и водно-солевом балансе.

В 1-ой части работы «Правильное орошение» уточнена методика полевых исследований при изучении режима орошения сельскохозяйственных культур. Установлены закономерности и величины расходования влаги растениями из почвы по слоям. Получены и выявлены показатели использования сельхозкультурами естественных запасов влаги из почвы. Доказано положение о том, что поливные режимы ряда с.-х. культур (особенно зерновых колосовых) надо устанавливать с учетом максимального использования естественных ресурсов почвенной влаги. Изучены закономерности и установлена математическая интерпретация зависимостей расходов влаги культурами из почвы при близком залегании грунтовых вод.

Выполнен экспериментальный сравнительный анализ основных существующих методов определения суммарного водопотребления и сделана их оценка. Определены значения суммарного водопотребления основных культур по периодам и фазам развития как для юга, так и пустынных условий республики. Рассмотрено влияние орошения на суммарное водопотребление и установлены его зависимости от внешних факторов жизни растений. Получены дифференцированные значения коэффициентов водопотребления и установлено их

изменение под влиянием орошения для основных с.-х. культур. Установлены количественные связи формирования урожая от суммарного водопотребления.

В результате полевых исследований разработаны оптимальные экономически целесообразные режимы орошения сельскохозяйственных культур для юга республики. Определены рациональные дифференцированные пределы предполивной влажности почвы для каждой культуры. Для средних условий рекомендуются примерные сроки, нормы и число поливов по каждой культуре. Установлен оптимальный режим орошения риса для массивов различной величины. Выявлен характер расходования воды при орошении риса и намечены пути ее экономии. Доказано положение о том, что рекомендуемые режимы орошения с.-х. культур удовлетворяют требованиям высокого качества продукции.

Определены условия и оптимальные режимы орошения для пожнивных культур, что позволяет получать два урожая в год. Показана эффективность влагозарядковых поливов, установлены сроки и нормы этих поливов. Установлены особенности орошения с.-х. культур в пустынных условиях и разработаны их рациональные режимы орошения. Определены ущербы от недодачи поливной воды, а также принципы установления поливных режимов с учетом экономических факторов (себестоимости продукции и рентабельности производства).

На основании полевых исследований произведена физиологическая оценка рациональных режимов орошения сельскохозяйственных культур. Испытаны и рекомендуются конкретные физиологические показатели для диагностирования сроков поливов по концентрации клеточного сока, плачу растений и фазам развития. Путем изучения развития корневых систем растений установлена оптимальная глубина увлажнения почвы (активный слой) для каждой культуры, что позволило обосновать дифференцированные поливные нормы.

Изучена эффективность различных способов полива пропашных культур и культур сплошного сева. Исследовано влияние основных способов полива на водно-физические, структурные и механические свойства почвы, динамику содержания микроэлементов, питательных веществ и микроклимат. Все это позволило выяснить особенности примене-

ния и обосновать наиболее рациональные способы и элементы техники полива. В результате исследований разработаны рекомендации о порядке учета техники и способов полива при внедрении в производство рекомендованных режимов орошения на больших массивах.

Во II части работы «Лиманное орошение» автором установлены закономерности влияния продолжительности затопления на продуктивность и биологические особенности многолетней растительности, произрастающей на лиманах, и почвообразовательные процессы. Это позволило разработать рациональный режим затопления и нормы орошения пойменных лиманов. Подробно исследованы особенности оттаивания (размерзания) почвы лиманов под водой, что дало возможность автору работы разработать и теоретически обосновать простую методику и зависимости для расчета и определения оптимальной продолжительности затопления лиманов.

В III части «Улучшение мелиоративного состояния орошаемых земель» экспериментальным путем исследован и рассчитан водно-солевой баланс мелиорируемых массивов и орошаемого хлопкового поля. Выявлены причины вторичного засоления и намечены пути их ликвидации. Установлены причины сезонной реставрации засоления, разработаны и испытаны мероприятия по борьбе с этим явлением путем аэрационного дренажа, опреснительных и профилактических поливов. Изучена эффективность работы и рассоляющее действие открытого глубокого дренажа и определены его оптимальные параметры для мелиорируемых массивов. В результате полевых исследований определены и обоснованы эффективные промывные нормы для опреснения засоленных орошаемых почв, а также сроки, способы и порядок осуществления промывок. Изучено влияние промывных норм на процессы осолонцовывания почвы и намечены меры борьбы с этим отрицательным явлением. Проверена эффективность и подобраны культуры - освоители для возделывания на промытых землях.

В IV части работы « Пути повышения продуктивности орошаемых земель» выявлены причины неудовлетворительного использования орошаемых земель на юге республики и установлены мероприятия по повышению их продуктивности. Реализация этих рекомендаций может в ближайшие годы обеспечить повышение продуктивности орошаемых земель в Казахстане примерно в 1,5—2,0 раза.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате многолетних исследований в производственных условиях автором разрешены важные первоочередные проблемы орошаемого земледелия и мелиорации засоленных почв для условий республики, которые направлены на всемерное повышение эффективности орошаемого земледелия. Разработаны и научно обоснованы следующие основные проблемные вопросы: рациональные экономические и целесообразные поливные режимы и суммарное водопотребление ведущих с.-х. культур, возделываемых на орошаемых землях юга республики и условиях пустыни (сахарной свеклы, кукурузы, зернобобовых, хлопчатника, риса, пожнивных культур, картофеля и капусты; кормовых и овоще-бахчевых культур для условий пустыни); рациональные способы и техника полива ведущих с.-х. культур и их влияние на внешние факторы; оптимальный режим затопления лиманов; оригинальная методика определения оптимального режима орошения пойменных лиманов; нормы, способы и сроки промывки засоленных орошаемых земель; водно-солевой режим мелиорируемых массивов и методы его регулирования; подобраны культуры - освоители для промытых почв; методы предотвращающие сезонную реставрацию засоления; рассоляющее действие дренажа и его оптимальные конструктивные параметры; рассоление почвы при помощи культуры риса; мероприятия и пути повышения продуктивности орошаемых земель и другие сопутствующие вопросы, входящие в эти проблемы.

Научно обоснованные автором диссертации предложения и рекомендации проверены в производственных условиях в ряде хозяйств и на системах, что подтвердило их положительное значение, т. к. они способствуют повышению продуктивности орошаемых земель.

В заключение можно сказать, что в работе научно-обоснованы и сформулированы конкретные практические предложения и рекомендации, позволяющие успешно решать задачи, поставленные майским (1966 г.) и октябрьским (1968 г.) Пленумами ЦК КПСС перед орошаемым земледелием республики. Однако по некоторым вопросам надо провести дополнительные исследования, уточнить и усовершенствовать ряд рекомендаций.

Основные рекомендации автора по теме диссертации включены в «Систему ведения сельского хозяйства в Казахстане» и ряда областей, которые опубликованы, а также доложены на различных конференциях и совещаниях: на выездной сессии ВАСХНИЛ по вопросам земледелия и борьбы с эрозией почвы (7—14 октября 1958 г., Саратов); на зональном совещании по развитию лиманного орошения (10 октября 1964 г., Саратов); на Всесоюзной научно-технической конференции по борьбе с засолением орошаемых земель (30 января 1964 г., Ташкент); на втором Всесоюзном совещании «Биологические основы орошаемого земледелия» (24 февраля 1965 г., Москва); на выездной научной сессии Академии наук КазССР (30 марта 1965 г., Чимкент); на Всесоюзном совещании по мелиорации засоленных земель (апрель 1967 г., Ростов на Дону) и др.

В целях оказания научной и практической помощи производственным, плановым и руководящим организациям в рациональном использовании орошаемых земель содержание диссертации опубликовано в 90 работах, общим объемом около 50 печатных листов:

ЧАСТЬ I. Правильное орошение[1]

1. Орошение свеклы на юге Казахстана (0,2 п. л.) —Сахарная свекла, № 7, 1958.
2. Орошение кукурузы на юге Казахстана (0,2 п. л.) — Кукуруза, № 6, 1959 (соавтор Т. Абишев).
3. Режим орошения и способы полива кукурузы (0,3 п. л.) — Сельское хозяйство Казахстана, № 6, 1959 (соавтор Т. Абишев).
4. Орошение посевов сахарной свеклы (1,02 п. л.) — Казгосиздат, Алма-Ата, 1959.
5. Режим орошения технических и других культур (1,5 п. л.) — Сб. «Система ведения сельского хозяйства в Казахстане», Казгосиздат, Алма-Ата, 1959.
6. Техника и организация поливов на юге Казахстана (0,6 п. л.) — Бюл. «Передовой опыт в сельском хозяйстве Казахстана», № 2, Алма-Ата, 1960 (соавтор В. Носенко).
7. Влияние орошения на продуктивность кукурузы (0,8 п. л.) — Вестник с. х. науки, № 10, Алма-Ата, 1960 (соавторы Н. Бояровнч, В. Петрунин).
8. Назначение сроков полива по физиологическим показателям (0,2 п. л.) — Кукуруза, № 2, 1960.
9. Поливной режим кукурузы на юго-востоке Казахстана (0,7 п. л.) —Гидротехника и мелиорация, № 6, 1961 (соавтор В. Петрунин).

[1]) В каждом разделе работы расположены в хронологическом порядке.

10. Орошение риса в условиях Казахстана (0,15 п. л.) — Колхозное производство, № 7, 1961.
11. Влияние орошения на урожай и сахаристость сахарной свеклы (0,35 п. л.) — Вестник с. х. науки, № 9, Алма-Ата, 1961. (соавтор Р. Кван).
12. Определение экономически обоснованных оросительных норм для свеклы (0,3 п. л.) — Сахарная свекла, № 12, 1961 (соавторы Г. Воропаев, Р. Кван).
13. Равняться на передовиков Панфиловского района (0,3 п. л.) — Кукуруза, № 4, 1962.
14. Экономически целесообразные оросительные нормы (0,3 п. л.) — Кукуруза, № 7, 1962 (соавторы Г. Воропаев, В. Петрунин).
15. О методах определения испарения с почвы и применения их на практике (0,8 п. л. — Вестник с. х. науки, № 9, М., 1962 (соавтор Н. Данильченко).
16. Determinarea epacilor de udare a porumbului dupâ indieu fisiologic (0,3 п. л.)—Сб.—„Probleme de irigati", seria agrobiologie, № 8, изд. АН РНР, Бухарест, 1962.
17. Determinarrea normelor de irigatie economie fundamentale (0,3 п. л.)— Там же.
18. Орошение кукурузы (0,8 п. л.) — Изд. МСХ КазССР, Алма-Ата, (соавтор В. Петрунин).
19. Поливной режим сельскохозяйственных культур (1,88 п. л.) — Казсельхозгиз, Алма-Ата, 1963 (соавтор Н. Данильченко, В. Петрунин, Р. Кван).
20. Срошение кукурузы в Казахстане (0,8 п. л.) — Гидротехника и мелиорация, № 3, 1964 (соавтор В. Петрунин).
21. К методике проведения опытов с кукурузой при бороздковом поливе (0,7 п. л.) — Вестник с. х. науки, № 4, Алма-Ата, 1964.
22. Орошение сои на юге Казахстана (0,2 п. л.) — Доклады ВАСХНИЛ, № 8, 1964 (соавтор Н. Огрызкова).
23. Орошение гороха и сои на юге Казахстана (0,4 п. л.) — Зернобобовые культуры, № 9, 1964 (соавторы Н. Огрызкова, Е. Сушкова).
24. Орошение сахарной свеклы (1,0 п. л.) — Казсельхозгиз, Алма-Ата, 1964.
25. На орошаемых землях Казахстана (0,2 п. л.)—Сахарная свекла № 7, 1964.
26. Режим орошения сахарной свеклы в условиях Казахстана (0,8 п. л.) — Гидротехника и мелиорация, № 7, 1964 (соавторы Н. Данильченко, Р. Кван).
27. Способы полива свеклы (0,25 п. л.) — Сахарная свекла, № 12, 1964 (соавтор Р. Кван).
28. Физиологическая оценка режима орошения сои (0,7 п. л.) — Физиология растений, том 11, вып. 6, 1964 (соавтор Н. Огрызкова).
29. Орошение сахарной свеклы на юго-востоке Казахстана (1,0 п. л.) — Труды КазНИИВХ, т. IV. Изд. «Кайнар», Алма-Ата, 1965 (соавторы Н. Данильченко, Р. Кван).
30. Физиологическое обоснование режима орошения зернобобовых (0,8 п. л.) — Труды КазНИИВХ, том IV, Алма-Ата, 1965.

31. Орошение дождеванием сахарной свеклы (0,3 п. л.) — Сельское хозяйство Казахстана, № 3, 1965, (соавтор И. Вейцман).
32. Режим орошения основных с. х. культур Южного Казахстана (0,15 п. л.) — Тез. доклада на сессии АН КазССР, Издание «Наука», Алма-Ата, 1964.
33. Режим орошения кукурузы на юге Казахстана (0,5 п. л.) — Кукуруза, № 2, 1965 (соавтор В. Петрунин).
34. Рис в Кзыл-Ординской области (0,3 п. л.) — Земледелие, № 3, 1965.
35. Способы полива гороха (0,2 п. л.) — Зернобобовые культуры, № 6, 1965.
36. Орошение зерновых и зернобобовых культур (0,3 п. л.) — Изд. «Кайнар», Алма-Ата, 1965.
37. Физиологическое обоснование режима орошения гороха, кукурузы и сои (0,5 п. л.) — Сб. «Биологические основы орошаемого земледелия», изд. «Наука», М., 1966.
38. Режим орошения основных сельскохозяйственных культур на юге Казахстана (1,0 п. л.) — Сб. «Производительные силы южного Казахстана», том IV. Изд. «Наука», Алма-Ата, 1966.
39. Влияние способов полива на некоторые свойства почвы (0,7 п. л.) — Почвоведение, № 1, 1966.
40. Диагностирование сроков полива кукурузы по физиологическим показателям (0,7 п. л.) — Физиология растений, том 13, выпуск, 2, 1966 (соавтор В. Петрунин).
41. Поливные режимы для различных с. х. культур (0,7 п. л.)—Кн. «Справочник гидротехника», Изд. «Кайнар», Алма-Ата, 1966.
42. О проточности воды при орошении риса (0,25 п. л.) — Доклады ВАСХНИЛ, № 2, 1967 (соавтор В. Петрунин).
43. Орошение риса в Казахстане (0,7 п. л.) — Вестник с.-х. науки, № 6, М., 1967 (соавтор В. Петрунин).
44. Орошение картофеля на юге Казахстана (0,20 п. л.) — Картофель и овощи, № 7, М., 1967 (совместно с К. Бекбергеновым).
45. Влияние орошения и промывок на содержание микроэлементов в засоленной почве (0,5 п. л.) — Вестник с. х. науки, № 7, Алма-Ата, 1968 (соавтор Л. Пестов, И. Заграничная).
46. Режим орошения картофеля (0,2 п. л.)—Сельское хозяйство Казахстана, № 7, 1968 (соавтор К. Бекбергенов).
47. Определение и прогнозирование поливных норм при близком залегании грунтовых вод (0,4 п. л.) — Известия АН КазССР (серия биологическая), № 1, 1969 (соавторы Л. Пестов, Ф. Шкаликов).
48. Орошение сельскохозяйственных культур и мелиорация засоленных почв в Казахстане (9,5 п.л.)—Изд. «Кайнар», Алма-Ата, 1969.
49. Изменение некоторых физиологических показателей у гороха при орошении (0,5 п.л.)—Физиология растений (в печати), 1969.
50. Влияние мелиоративных мероприятий на динамику микроэлементов (0,1 п.л.)—Материалы научно-техн. конференции НИМИ, Новочеркасск, 1968.

ЧАСТЬ II. — Лиманное орошение

51. Мелководные лиманы (0,25 п.л.)—Сельское хозяйство Казахстана, № 12, 1957 (соавтор Ф. Ким).

52. Лиманное орошение лугов и пастбищ (0,3 п. л.) — Наука и передовой опыт в сельском хозяйстве, № 6, М., 1968.
53. Что дает лиманное орошение колхозам (0,2 п. л.) — Колхозное Производство, № 9, М., 1958.
54. Орошение лугов и пастбищ (0,4 п.л.)—Земледелие, № 11, 1958.
55. Лиманное орошение в Казахстане — как средство борьбы с засухой (0,2 п. л.) — Изд. МСХ СССР — ВАСХНИЛ, М., 1958.
56. Определение продолжительности затопления искусственных лиманов (0,25 п.л.)—Доклады ВАСХНИЛ, № 6, 1959.
57. Оттаивание почвы под водой и продолжительность затопления лиманов (0,4 п.л.)—Доклады КазАСХН, № 2, Алма-Ата, 1959.
58. Режим орошения лиманов в Казахстане (0,7 п.л.)—Инф. сб. Главводхоза Совмина КазССР, № 1, Алма-Ата, 1959.
59. Влияние продолжительности затопления при лиманном орошении (0,8 п.л.)—Сб. «Вопросы земледелия в борьбе с эрозией почвы в степных и лесостепных районах СССР», том II, Саратов, 1959.
60. Режим затопления искусственных лиманов в Казахстане (1,5 п.л.)—Труды КазНИИВХ, том II, Алма-Ата, 1960 (соавторы Ф. Ким, М. Сабиров).
61. Исследования по лиманному орошению в Казахстане (0,10 п. л.)—Тезисы доклада на зон. совещании в Саратове «Использование местного стока для развития лиманного орошения», М., 1964.
62. Рациональный режим орошения лиманов в Казахстане (0,10 п. л.)—Инф. сб. о работах ин-тов водного и лесного хозяйства, МСХ КазССР, Алма-Ата, 1964.
63. Сведения по лиманному орошению (1,1 п. л.)—Кн. «Справочник гидротехника», Алма-Ата, 1966.
64. Режим лиманного орошения (0,5 п. л.) — Кн. «Справочник гидротехника», Алма-Ата, 1966.
65. О режиме использования лиманов (0,40 п. л.) — Луга и пастбища, № 6, М., 1966.
66. Лиманное орошение (0,15 п. л.)—Кн. «Рекомендации по системе ведения сельского хозяйства Джамбулской области», Изд. «Кайнар», Алма-Ата, 1967.

ЧАСТЬ III. — Улучшение мелиоративного состояния орошаемых земель

67. Борьба с засолением и заболачиванием орошаемых земель (0,25 п. л.)—Сельское хозяйство Казахстана, № 6, 1958.
68. О причинах засоления почвы (0,3 п.л.)—Хлопководство, № 8, 1959.
69. Улучшение мелиоративного состояния орошаемых земель (0,10 п.л.)—Тез. доклада «Вопросы водного хозяйства в Казахстане», Казгосиздат, Алма-Ата, 1960.
70. Динамика солей в почве при аэрационном дренаже (0,5 п. л.) — Труды КазНИИВХ, том II, Алма-Ата, 1960.
71. Промывка засоленных земель в предгорной зоне юга Казахстана (0,75 п. л.) — Почвоведение, № 9, 1961.
72. Влияние аэрационного дренажа на реставрацию засоления почвы (0,7 п.л.)—Вестник с. х. науки, № 10, Алма-Ата, 1961 (соавтор И. Баденко).

73. Рекомендации по промывке орошаемых засоленных земель (1,0 п.л.)—Изд. Казсельхозгиз, Алма-Ата, 1964.
74. Проблемы орошения хлопчатника в зоне Арысь-Туркестанского канала (0,4 п.л.)—«Хлопководство», № 1, 1965 (соавтор Л. Пестов).
75. Почвенно-мелиоративная характеристика орошаемых земель в зоне Арысь-Туркестанского канала (0,5 п.л.)—Вестник с. х. науки № 3, Алма-Ата, 1965 (соавтор А. Джаныбеков).
76. Улучшение мелиоративного состояния орошаемых земель в зоне Арысь-Туркестанского канала (0,4 п.л.)—Вестник с. х. науки, № 6, Алма-Ата, 1965 (соавтор Л. Пестов).
77. Улучшить мелиоративное состояние орошаемых земель (0,35 п.л.) —Сельское хозяйство Казахстана, № 7, 1966.
78. О рассоляющем действии горизонтального дренажа (0,5 п. л.) — Вестник с. х. науки, № 7, Алма-Ата, 1965 (соавтор Л. Пестов).
79. Опыт мелиорации засоленных земель на юге Казахстана (0,10 п.л.) —Тез. Всесоюзного совещ. по мелиорации в г. Ростове, 1967.
80. Улучшение мелиоративного состояния земель (0,4 п.л.)—Кн. «Рекомендации по системе ведения с.х. в Джамбулской обл., Алма-Ата, 1967.
81. Особенности мелиораций засоленных почв на юге Казахстана (0,8 п.л.)—Сб. докладов Всесоюзного совещания по мелиорации засоленных почв в г. Ростове. Изд. Почв. ин-та, М., 1969 (в печати).

ЧАСТЬ IV. Пути повышения продуктивности орошаемых земель

82. Борьба с потерями воды из оросительных каналов (0,25 п. л.)— Сельское хозяйство Казахстана, № 2, 1958.
83. Увлажнение почвы в зимне-весенний период (0,2 п.л.)—Бюллетень «Передовой опыт в сельском хозяйстве Казахстана», № 2, Алма-Ата, 1958.
84. Водохозяйственные мероприятия по Гурьевской обл. (0,8 п. л.)— Кн. «Система ведения сельского хозяйства в Гурьевской обл.», Казгос-Казгосиздат, Алма-Ата, 1958.
85. Водохозяйственные мероприятия по КазССР (2,1 п.л.)—Кн. «Система ведения сельского хозяйства в Казахстане», Казгосиздат, Алма-Ата, 1959 (соавтор А. Турбин, К. Мухамеджанов, Г. Бегалиев).
86. Проследим путь воды (0,6 п.л.)—Журнал «Простор», № 5, Алма-Ата, 1961 (соавтор Г. Воропаев).
87. Резервы орошаемого земледелия Казахстана (0,5 п. л.)—Журнал «Партийная жизнь Казахстана», № 12, Алма-Ата, 1963 (соавтор Г. Воропаев).
88. Пути повышения продуктивности орошаемого земледелия (0,5 п.л. —Сельское х-во Казахстана, № 1, 1964 (соавтор Г. Воропаев).
89. Бережно и умело расходовать поливные земли (0,35 п. л.)—Сельское хозяйство Казахстана, № 7, 1964.
90. Эффективнее использовать поливные земли (2,25 п. л.) — Издательство «Кайнар», Алма-Ата, 1964 (соавтор Г. Воропаев).

УБ10415 Джамбул, типогр. № 13. Зак. 1664—300 Объем 5¼ п. л.