

АКАДЕМИЯ НАУК РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

ИНСТИТУТ ПОЧВОВЕДЕНИЯ И АГРОХИМИИ

На правах рукописи

РАБОЧЕВ Геннадий Иванович

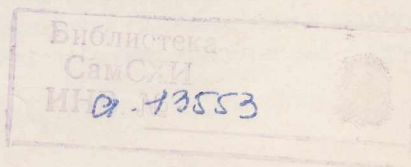
РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПУСТЫННЫХ
ПЕСЧАНЫХ ПОЧВ ТУРКМЕНИСТАНА
ПРИ ОРОШЕНИИ МИНЕРАЛИЗОВАННЫМИ ВОДАМИ

06.01.03 — Агрочвоведение и агрофизика

06.01.02 — Мелиорация и орошаемое земледелие

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
доктора сельскохозяйственных наук



ТАШКЕНТ — 1992

Работа выполнена в ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
Институте пустынь Академии наук Туркменистана.

Консультант:

Член-корреспондент ВАСХНИЛ, доктор технических наук, профессор
Нерпин С. В.

Официальные оппоненты:

Доктор сельскохозяйственных наук, профессор Беспалов Н. Ф.

Доктор технических наук, профессор Рахимбаев Ф. М.

Доктор сельскохозяйственных наук Зимовец Б. А.

Ведущая организация:

Туркменский научно-исследовательский институт гидротехники и ме-
лиорации.

Защита состоится «17» марта 1992 г. в 10 час. на засе-
дании специализированного совета Д 015.20.21 по присуждению ученой
степени доктора сельскохозяйственных наук при Институте почвоведения
и агрохимии Республики Узбекистан. Адрес: 700179, Ташкент, ул. Ка-
марнисо 3.

Автореферат разослан «12» февраля 1992 г.

Ученый секретарь
специализированного совета,
кандидат биологических наук

Ташкуз

ТАШКУЗИЕВ М. М.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Туркменистан расположен в глубине материка, на значительном удалении от океанов и морей. Эти физико-географические особенности обусловили не только аридность климата и маловодность республики, но и широкое развитие пустынных песчаных почв, а также засоленных почв и солончаков. В этих условиях важнейшим фактором интенсификации сельскохозяйственного производства является мелиорация почв в целях получения высоких и устойчивых урожаев в результате орошения.

На территории Туркменистана пустынные песчаные почвы занимают около 22 млн. га, большая часть которых сосредоточена в климатических условиях наиболее благоприятных для выращивания ценных сортов тонковолокнистого хлопчатника, кормовых, бахчевых и плодовых культур. Кроме того, эти почвы могут быть успешно использованы под орошение минерализованными водами.

Дальнейшее развитие народного хозяйства связано с увеличением потребления пресной воды, ресурсы которой в Туркменистане очень ограничены. Среднегодовой сток реки Амударья составляет 61,5 км³ в год, который в маловодные годы уменьшается на 20-25%. На долю Туркменистана приходится 22-24 км³ стока, а собственные водные ресурсы составляют всего 3,08 км³ в год. При полной зарегулированности стока Амударьи и других рек сток 90% обеспеченности не покрывает потребности в воде всех потребителей народного хозяйства.

В этой связи выявление дополнительных потенциальных водно-земельных ресурсов и рационального их использования является актуальной темой, имеющей важное народно-хозяйственное значение.

Цель и задачи исследований. Главная цель исследований заключалась в научном обосновании и применении на практике научных основ комплексного использования пустынных песчаных почв в целях создания дополнительной базы животноводства при орошении водами различной минерализации, охране водных ресурсов и экосистемы песчаной приазисной пустыни от антропогенного загрязнения.

В задачу исследований входило:

- изучить закономерности формирования водного и солевого балансов пустынных песчаных почв, орошаемых водами различного качества при различном уровне залегания грунтовых вод / лизиметри-

ческие исследования/;

- изучить гидрографические основы движения почвенной влаги и формирование водного баланса пустынных песчаных почв;
- установить влияние водно-растворимых солей на параметры почвенной влаги;
- изучить влияние длительного орошения водами различной минерализации на физико-химические свойства почв;
- разработать режимы орошения и прогноз сезонно-годового цикла соленакпления, позволяющие получать высокие урожаи кормовых культур;
- разработать водоохраные мероприятия по снижению отрицательного воздействия на экосистемы приоазисной песчаной пустыни вод повышенной минерализации.

Защищаемые положения.

- Целесообразность использования пустынных песчаных почв для орошения кормовых культур водами различного качества в целях создания дополнительной кормовой базы животноводства Туркменистана.
- Экспериментальное и математическое моделирование и обоснование закономерностей распределения влаги и солей по профилю пустынной почвы при орошении их водами различного качества.
- Оптимальные режимы орошения кормовых культур, ресурсосберегающая технология вегетационных поливов.
- Рациональность использования минерализованных вод для промывки засоленных земель.
- Экологически безопасные мероприятия по улучшению качества сбросных дренажных вод, их воздействие на экосистемы песчаной приоазисной пустыни.

Научная новизна. Впервые на примере пустынных песчаных почв Туркменистана изучены и научно обоснованы факторы, определяющие формирование водного, солевого и питательного режимов почв, и их влияние на урожайность кормовых культур. Дана оценка химического состава и питательности кормов, полученных в результате орошения водами разной минерализации.

Разработаны научные основы и дана оценка качества поливной воды с учетом активности ионов. Выявлена зависимость ассоциирования ионов дренажных вод от величины плотного остатка. Установлено, что ассоциирование ионов в дренажных водах в 0,85 раз уменьшает напряженность электрического поля, вызываемого зарядами ионов; актив-

ность одновалентных ионов в 1,4, а двухвалентных ионов в 3,5 раза меньше их аналитически определяемой концентрации. Доказана необходимость расчета активностей ионов при выполнении характеристики качественного состава гипотетических солей.

Определены основные водоохранные мероприятия по смягчению отрицательного воздействия вод повышенной минерализации на экосистемы приоазисной песчаной пустыни.

Практическая значимость. Выявлены потенциально-возможные ресурсы орошения пустынных песчаных почв и разработаны научно-обоснованные рекомендации по освоению их под кормовые культуры, технология вегетационных поливов и промывки засоленных земель минерализованными водами, внедряемые в производстве на 3,5-4,5 тыс. га /пр. № 50 от 24.01.89 г. Госагропром ТУСР/.

Использование минерализованных вод на пустынных песчаных почвах обеспечивает получение урожая зеленой массы сорго и кукурузы - 300, суданской травы - 350, люцерны 80 ц/га. Возможный суммарный выход кормов может составить около 100,0 тыс. т или 20,0 тыс. т кормовых единиц. Получение такой продукции на пустынных песчаных почвах с использованием минерализованных вод позволит сэкономить 40,0 млн. м³ пресной речной воды.

Проектными организациями при разработке технико-экономического обоснования рабочих проектов используются предложенные нами методики расчета: - гипотетического состава солей; - поливных режимов кормовых культур, прогноз сезонно-годового цикла солепереноса; - технология возделывания кормовых культур на пустынных песчаных почвах; влияние орошения водами различного качества на экосистемы пустынь и т.д.

Методика исследований. В решении поставленных задач использованы полевые, лизиметрические и лабораторные методы изучения влияния состава коллекторно-дренажных вод на водно-солевой режим и физико-химические свойства почв.

Полевые и лизиметрические опыты проведены в четырехкратной повторности, в четырех вариантах по уровню грунтовых вод и минерализации поливной воды. На 16-ти лизиметрах и 16-ти почвенных монолитах /0,5x0,5 x 2,5 м/, установленных в учебно-опытном хозяйстве Туркменского СХИ, определены основные гидрофизические параметры движения почвенной влаги и солей.

В полевых опытах изучены основные параметры миграции влаги и солей. Лабораторно-аналитический метод применялся при изучении ве-

щественного состава, свойства почв и качества поливной воды. Логико-аналитический подход использован при обобщении результатов исследований и формировании теоретических положений.

Связь с планом научно-исследовательских работ Института пустынь АН ТССР. Работа выполнялась автором в соответствии с планом НИР по научно-техническим программам: Задание ГК НТ СМ СССР - "Исследовать технологию использования минерализованных вод на пастбищах Каракумов и дать рекомендации по применению минерализованных вод для повышения кормовой продуктивности пастбищ", 1978 г.; УДК 633.15-631.80, 412/631.67.03, № госрегистрации 01818001026 - "Исследование потенциала почвенной влаги при различном насыщении песчано-пустынных почв Прикопетдагской зоны"; УДК 626.875-628.37-631.82, № госрегистрации 81024967 - "Изучить влияние минерализованных вод на минеральные, органические, солевые и микро-элементные компоненты песчаных почв и биологическую продуктивность кормовых культур".

Исследования по теме диссертации завершены в Институте пустынь АН ТССР при выполнении темы под руководством автора - "Оптимизация водно-солевого режима пустынных песчаных почв Туркменистана при орошении кормовых культур минерализованными водами"; УДК 631.67.03-631.671.1-631./575.4/, № госрегистрации 01860085285.

Апробация работы. Материалы исследований и теоретические разработки автора докладывались на координационных совещаниях по проблеме использования минерализованных вод: САНИИРИ /Ташкент, 1978 г./, Институт пустынь АН ТССР /Ашхабад, 1980 г./, АзНИИГим /Баку, 1984 г. Всесоюзная научная конференция по комплексному изучению и освоению пустынных территорий СССР /Ашхабад, 1976, 1981 гг./, Среднеазиатская научная конференция "Проблемы использования дренажных вод для орошения сельскохозяйственных культур и промывок засоленных земель" /Ташкент, 1978 г./, Всесоюзная конференция по использованию минерализованных вод в сельском хозяйстве /Ашхабад, 1980 г./, Всесоюзная научно-практическая конференция по использованию минерализованных вод в сельском хозяйстве /Ашхабад, 1984 г./, Всесоюзная научно-практическая конференция "Борьба с засолением земель аридной зоны СССР" /Баку, 1984 г./, Всесоюзная конференция "Сельскохозяйственное освоение песков и песчаных земель аридных территорий СССР" /Ашхабад, 1984 г./, Научно-практическая конференция "Развитие сельскохозяйственного производства в условиях НТП" /Ашхабад, 1985 г./, Всесоюзное научно-техническое совещание

"Совершенствование методов надзора за мелиоративным состоянием орошаемых земель и оценки влияния водных ресурсов на окружающую среду" / Ашхабад, 1987 г./, Научно-практическая конференция "Перспективы развития производительных сил Ташаузской области" / Ташауз, 1985, 1990 гг./, Международный симпозиум по проблемам гидрологии и гидрогеологии в аридных странах / Ленинград, 1990 г./.

Некоторые разделы диссертации использованы в лекциях Международных курсов по проблемам пустынь ЮНЕСКО-ГКНТ /1985-1989 гг./, а также в общем курсе "Эксплуатация и автоматизация гидромелиоративных систем", читаемом автором на гидромелиоративном факультете Туркменского СХИ им. М.И. Калинина.

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 43 научных работы, в том числе 2 монографии и 2 брошюры. Общий объем публикаций - более 55 печатных листов.

Объем и структура диссертации. Диссертация изложена на 358 страницах машинописного текста, включает 82 таблицы, 40 рисунков, иллюстрирующих фактический материал и 20 приложений. Работа включает введение, пять глав, заключение и список литературных источников из 230 наименований.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

ПРИРОДНО-МЕЛИОРАТИВНЫЕ УСЛОВИЯ И ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ ПУСТЫННЫХ ПЕСЧАНЫХ ПОЧВ ТУРКМЕНИСТАНА

Климатические условия. Туркменистан расположен в зоне пустынь умеренного пояса. Благодаря широтному расположению и нахождению в зоне внетропических пустынь климат его пустынный, континентальный с большой годовой и суточной амплитудой температур, малой влажностью воздуха, высокой испаряемостью и скудным количеством осадков /Урловский, 1989/.

Холодные континентальные и арктические воздушные массы, надвигаясь на Туркменистан, в зимний период вызывают иногда сильное похолодание. Абсолютный минимум - 32° зарегистрирован в Ташаузской области, - 29° в предгорной зоне Копетдага и - 10° на юге Каспийского побережья. Средняя температура января колеблется от $+4^{\circ}$ на крайнем юго-западе до -4° на крайнем северо-востоке.

При среднегодовой температуре воздуха, равной $14-16^{\circ}$, в летний день редко температура опускается ниже 35° . Средняя температу-

ра июля $+28^{\circ}$ на северо-востоке и $+30^{\circ}$ на юге. Продолжительность безморозного периода изменяется от 193 дней в низовьях Амударьи и до 276 дней на Каспийском побережье. Сумма активных температур за вегетационный период составляет около 5,5 тыс. градусов.

В Туркменистане выпадает очень мало осадков. Наиболее увлажнены горные и предгорные районы. В низовьях Амударьи выпадает около 100 мм осадков, а в горных районах до 400 мм. Максимум осадков приходится на зимне-весенний период, минимум на лето. Снеговой покров очень неустойчив и обычно держится несколько дней.

Для Туркменистана характерно очень высокое испарение влаги с поверхности почвы - до 2640 мм на юго-западе. Среднегодовая норма испарения с водной поверхности превышает норму осадков в 6 раз, при этом коэффициент увлажнения не превышает 0,16 (Мягков и Оксенитч, 1958).

По водобеспеченности республика относится к зоне крайне недостаточного атмосферного увлажнения. Средний гидротермический коэффициент составляет 0,24, что свидетельствует о возможности сельскохозяйственного освоения земель этого района только на базе искусственного орошения (Селянинов, 1961).

В Туркменистане благодаря продолжительному вегетационному периоду с большой суммой активных температур воздуха при искусственном орошении выращивают ряд ценных теплолюбивых культур - хлопчатник, рис, кормовые, бахчевые, овощи, плодовые и др. культуры и получают высокие и устойчивые урожаи.

Геологические особенности. На территории Туркменистана выделено несколько областей - горы Копетдаг; Закаспийская низменность; равнинная область среднего, северного и юго-восточного Туркменистана, сравнительно невысокие горы крайнего юго-востока.

Копетдаг, являющийся северной окраиной Туркмено-Хорасанской складчатой альпийской системы и сложен меловыми, палеогеновыми и неогеновыми отложениями мощностью 6-8 км и более.

Закаспийская низменность с поверхности представлена морскими и континентальными четвертичными породами. Общая мощность неоген-четвертичного комплекса достигает примерно 3000-3500 м.

Средняя, северная и юго-восточная равнинные части Туркменистана в значительной степени покрыты золотыми песками, коренные породы обнаруживаются в основном на западе.

Низменный равнинный Туркменистан занимает около 80% территории республики и делится на южную часть пустыни Каракумы, Сарыкамыш-

кую котловину, приморскую низменность, долины и дельты рек Амударья, Мургаба и Теджена. Большая часть равнинной территории республики покрыта песками, которые являются одним из наиболее характерных элементов ее ландшафта.

Обширная равнина Центральных Каракумов, представленная мелкобугристыми песками, вытянута от границы с Афганистаном на юго-востоке до долины Узоя на северо-западе.

Приморская низменность представляет собой равнину, расположенную между западными отрогами Копетдага, южной окраиной Красноводского плато и Каспийским морем. Поверхность ее занята обширными такырами, солончаками и песчаными массивами.

К северу от неширокой полосы гор, занимая подавляющую часть территории республики, раскинулась песчаная пустыня - Каракумы, где распространены грядовые, бугристо-ячеистые и бугристые пески. Таким образом, длительные геологические процессы на территории Туркменистана способствовали накоплению морских и континентальных осадочных пород и формированию гетерономных почв.

Рельеф почвы и растительность. По рельефу территория Туркменистана делится на две неравные части - горную и равнинную. В горной части, занимающей всего 20% территории республики, развиты горные коричневые почвы на высотах более 1500 м, а ниже в предгорьях и верхних участках подгорных равнин распространены сероземы. Несмотря на высокое естественное плодородие этих почв, по условиям рельефа большая часть их не может быть использована в полеводном земледелии.

На равнинной пустынной части, составляющей 80% территории республики, развиты пустынные почвы автоморфного ряда, где наибольшую площадь занимают пустынные песчаные почвы / 21,9 млн. га / 43% Туркменистана.

Пустынные песчаные почвы, являющиеся основным объектом наших исследований, сложены преимущественно мелкозернистыми песками. Изучение этих почв представляется важным, в особенности в пустынной зоне, где песчаные массивы занимают значительные площади и могут быть использованы при орошении минерализованными водами.

Водные ресурсы и их качество. Физико-географические особенности Туркменистана обусловили аридность его климата и самую низкую водообеспеченность собственными водными ресурсами. В настоящее время основными источниками покрытия водопотребления являются Амударья и Каракумский канал им. В.И. Ленина. Из стока Амударья на

долю Туркменистана приходится 30,3, а общие водные ресурсы составляют 33,38 км³/год. Согласно межреспубликанскому делению Туркменистан может располагать водными ресурсами в размере 22-24 км³/год /схема КИ и ОБР СССР на период до 2005 г. Туркменская ССР, 1987/.

Воды Амударьи долгое время отличались невысокой минерализацией, однако по мере развития орошаемого земледелия в ее бассейне минерализация воды в реке постепенно повышалась. Главной причиной увеличения минерализации является сброс в реку и ее притоки уже использованных вод, в которых основная доля приходится на коллекторно-дренажный сток.

В Туркменистане, начиная с 40-х годов, ведутся работы по изучению возможности использования минерализованных вод в сельском хозяйстве. Многообразие почвенных, климатических, гидрогеологических и мелиоративных условий республики определило разнообразие коллекторно-дренажных вод /КДВ / по концентрации солей, химическому составу, соотношению ионов, содержанию питательных элементов и т.д. Все это обусловило необходимость проведения качественной оценки КДВ и установление возможности их использования на орошение и промывку засоленных земель. Достоверная оценка качества воды для орошения была выполнена на основании расчета активности ионов в КДВ. Расчеты концентраций свободных ионов и связанных в ионные пары в зависимости от плотного остатка КДВ показали, что с увеличением общей концентрации солей повышается содержание ионных пар в КДВ, причем наиболее заметно увеличение содержания последних наблюдается для ионов Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} . В равном интервале плотного остатка /I-15 г/л/ содержание связанных ионов Ca^{2+} и Mg^{2+} составляет 15-30%, ионов SO_4^{2-} от 15 до 35%, ионов HCO_3^- - 3-9%, Na^+ 1-3%. Особенно заметно выделяется процесс ассоциирования ионов CO_3^{2-} / до 50-70%/.

Наличие большого количества ассоциированных ионов в КДВ сказывается на величине ионной силы раствора, от которой зависят коэффициенты активности солей. Установлено, что ассоциирование ионов в КДВ уменьшает напряженность электрического поля, вызываемого зарядами ионов в 0,85 раз. Активность двухвалентных ионов в 3,6, а одновалентных ионов в 1,4 раза меньше их аналитически определяемой концентрации. Поскольку активность ионов в разной степени понижена по сравнению с их аналитически определяемой концентрацией, то активность токсических ионов не адекватна их concentra-

ции и составляет 61,2% от их аналитически определенной концентрации.

Математическая обработка данных показала, что существует прямая зависимость между минерализацией КДВ и ионами, описываемая уравнениями регрессии. Надежность связи подтверждается величиной ошибки корреляционных отношений /0.008 - 0.05/. Для орошения пустынных песчаных почв можно рекомендовать КДВ у которых: pH от 7,0 до 8,5; сухой остаток - до 5 г/л; Ca^{2+} , Na^+ , HCO_3^- , SO_4^{2-} - до 500; Cl^- - до 200, CO_3^{2-} - до 150 мг/л.

Анализ многолетней сезонной динамики минерализации и химического состава КДВ Туркменистана позволил оценить их качество по степени опасности вторичного засоления к возможному осолонцеванию. Для районов бывшей Ашхабадской области характерна самая высокая минерализация дренажного стока - 27-32 г/л. По качеству эта вода практически не пригодна для орошения и промывки засоленных земель, т.к. она более чем на 70% насыщена токсичными солями.

Минерализация КДВ Марыйской области составляет 6,9-8,1 г/л. По качеству эта вода только в весенне-летний период может быть использована на промывку засоленных земель.

Дренажный сток Главного левобережного и Халач-Пальвартского коллекторов Чарджоуской области круглый год можно использовать для орошения и промывки засоленных земель. Воду правобережных коллекторов, в связи с увеличившейся минерализацией, в ближайшие 3-5 лет использовать не рекомендуется.

Минерализация КДВ Тамаузской области находится в пределах 2,9-4,8 г/л. Эта вода может использоваться для орошения на легких почвах и при разбавлении пресной водой.

Анализ ресурсов и качества КДВ Туркменистана показал, что изменение их качества находится в зависимости от водоподачи на поля, мелиоративно-технических мероприятий, урона и состава грунтовых вод, а также климатических факторов. В общей сложности до 25% дренажного стока могут быть использованы для орошения пустынных песчаных почв и промывки засоленных земель.

РЕГУЛИРОВАНИЕ ВОДНО-СОЛЕВОГО РЕЖИМА ПУСТЫННЫХ ПЕСЧАНЫХ ПОЧВ

Интенсивное развитие орошаемого земледелия в аридных зонах приводит к изменению водного и солевого режимов на осваиваемых территориях. В связи с этим представляется чрезвычайно важным

решение задачи рационального и экономного расходования воды на орошение на основе разработки надежных методов направленного регулирования водно-солевого режимов почв.

Для решения поставленной задачи автором проведены многолетние комплексные исследования, включающие полевые наблюдения, лабораторные эксперименты и расчеты на математических моделях.

Гидрофизические основы движения почвенной влаги. В качестве критерия почвенной схематизации принято морфо-генетическое строение, дополненное параметрами, характеризующими водно-физическими и фильтрационными свойствами почвы. Для обоснования параметров регулирования и прогноза возможного изменения баланса грунтовых вод при орошении определена основная гидрофизическая характеристика /ОГХ/ изучаемых почв по генетическим горизонтам. Полученная зависимость всасывающего давления / Υ / от влажности / θ / показала, что исследуемые почвы можно рассматривать как однородные в гидрофизическом отношении.

Коэффициент влагопроводности / K /, являющийся функцией от влажности или всасывающего давления, определяли по методике В.В. Бадова /1972/ на основании анализа синхронных профилей всасывающего давления. Аппроксимация зависимостей K от θ и K от Υ проведена по формуле С.Ф. Аверьянова /1974/ и ее модификации /1978/:

$$K = K_{\text{ф}} e^{-\beta \Upsilon}$$

где $K_{\text{ф}}$ - коэффициент фильтрации, м/сут.;

β - эмпирический параметр, равный $\beta = n \cdot \alpha$

n - угловой коэффициент;

α - эмпирический параметр, определяемый методом наименьших квадратов.

Полученные данные полевых и лабораторных исследований позволили построить зависимость ОГХ и θ /рис.1,2/.

Проведенные исследования показали, что влияние концентрации почвенного раствора на величину всасывающего давления в диапазоне тензиометрического потенциала в почвах различного гранулометрического состава неоднозначно. В процессе опыта образцы почвы насыщались водой концентрацией - 0,5, 10, 50, 100 и 150 г/л. На зависимость Υ от θ заметное влияние оказывает концентрация раствора / C_p / лишь в диапазоне высокой влажности почвы примерно до наименьшей влагоемкости. По мере уменьшения влажности влияние концентрации почвенного раствора практически не обнаруживается /табл.1/.

Таблица 1

Соотношение между влажностью $\theta, \%$, всасывающим давлением Y и концентрацией почвенного раствора $C, \text{ г/л}$ пустынной песчаной почвы

$C_p, \text{ г/л}$	Всасывающее давление, мм в.ст.					
	0,5	1,0	2,0	4,0	7,0	
0,5	21,5	10,1	6,8	5,6	4,9	
10	20,5	9,8	6,8	5,4	5,0	
50	19,6	9,8	6,6	5,5	5,0	
100	19,4	9,7	6,7	5,3	5,2	

Элементы водного баланса орошаемой почвы. Существующие в настоящее время методы оценки и прогноза инфильтрационного питания грунтовых вод основаны на анализе их режима или процесса влагопереноса в ненасыщенных почвах. В качестве основного метода определения инфильтрации и испарения почвенной влаги нами использован метод, основанный на анализе данных натуральных режимных наблюдений за влажностью и всасывающим давлением в ненасыщенных почвах. Их определение проводилось на стационарной опытной площадке, исключая лизиметрический павильон.

На полевых опытных площадках определение в расчетных слоях водопользования и расходования через поверхность почвы W_n проводилось по наземным наблюдениям за поливами W_p и испарением E_c . Поливная норма рассчитывалась по дефициту влажности, а суммарное испарение по тепловому балансу. Изменение влагозапаса в расчетном слое увлажнения ΔW за этот же промежуток времени определялось по режимным наблюдениям за влажностью и всасывающим давлением /табл.2/.

Таблица 2

Водный баланс орошаемого светлого серозема
за апрель-сентябрь, $\text{м}^3/\text{га}$

Слой почвы, м	$10c + N_p$	E_c	$1 + W_{угв}$	$1 - W_{угв}$	$\Delta \theta \Delta z$	$K_{инф.}$
0-2,5	11700	8740	3860	860	-250	0,329
0-4,0	11560	8920	3570	226	-703	0,309

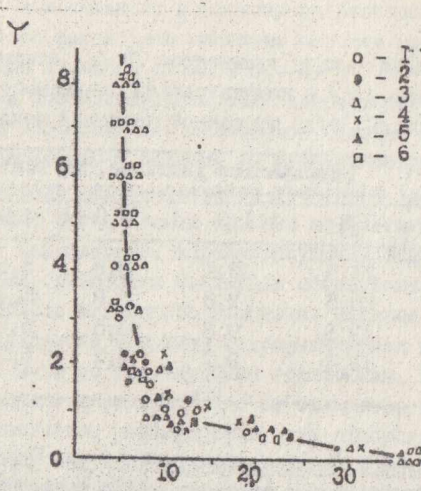


Рис.1. Зависимость всасывающего давления от влажности пустынной песчаной почвы /1,2,3,4 - по данным лизиметров, 5 - по данным лабораторных экспериментов для слоя 0-50 см, 6 - то же для слоя 50-100 см/.

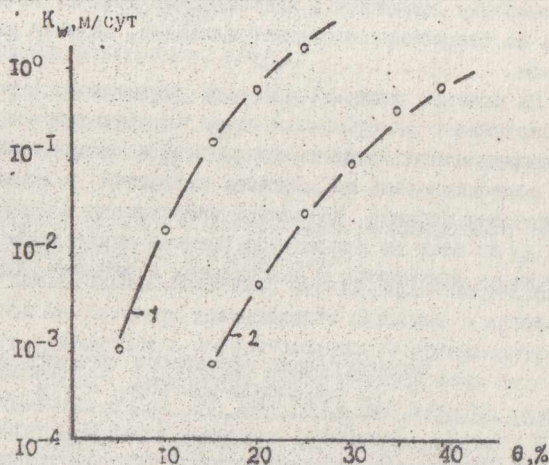


Рис.2. Зависимость коэффициента влагопроводности от влажности пустынной песчаной почвы /1/ и светлого серозема /2/

В настоящее время в качестве эмпирической характеристики влагообеспеченности растений широко используется предельно-полевая влагоемкость, которая принимается в качестве верхнего оптимума увлажнения. Многолетняя практика орошения показала, что модель орошения песчаных почв не является достаточно совершенной, инфильтрационные потери составляют более 30% оросительной нормы. В связи с этим нами проведено, на базе лизиметрических исследований, изучение закономерности формирования водного режима пустынных песчаных почв как в реальных, так и прогнозируемых условиях.

Результаты лизиметрических наблюдений показали, что на формирование водного режима пустынных песчаных почв, даже при орошении дождеванием, существенное влияние оказывают нормы и графики поливов. Несмотря на небольшую поливную норму $280 \text{ м}^3/\text{га}$, инфильтрационные потери оросительной воды за вегетационный период оказывались существенными и составили от 30% до 40% от суммарной водоподачи на орошение.

При режимах орошения люцерны, устанавливаемых по величине оптимума увлажнения корнеобитаемого слоя почвы, /вариант I/ нормы и графики поливов находятся в строгом соответствии с дефицитом влаги, при этом суммарная поливная норма за декаду в течение вегетационного периода варьировала от 280 до $720 \text{ м}^3/\text{га}$. В среднем за вегетационный период первого года опытов при оросительной норме $8100 \text{ м}^3/\text{га}$ потери воды на инфильтрацию составили порядка $2800 \text{ м}^3/\text{га}$ или около 38% от оросительной нормы /таб. 3/.

В варианте II минимальная норма однократного полива люцерны была увеличена на 20%, а суммарная норма полива за декаду варьировала от 360 до $960 \text{ м}^3/\text{га}$. За вегетационный период оросительная норма составила $10200 \text{ м}^3/\text{га}$, при этом потери воды на инфильтрацию достигли порядка $3700 \text{ м}^3/\text{га}$ или около 30% от оросительной нормы.

Сравнение результатов наблюдений за водным балансом показало, что несмотря на различие режимов орошения люцерны, величины коэффициента инфильтрации в I и II вариантах опытов близки между собой и составляют 0,35-0,37.

Анализ результатов лизиметрических наблюдений второго года исследований показал, что при заданных условиях экспериментов различиях в нормах и графиков поливов люцерны, величины коэффициентов инфильтрации отличаются незначительно - от 0,33 до 0,38.

При орошении дождеванием пустынной песчаной почвы, несмотря на существенные различия в оросительных нормах от 6500 до 10200

м³/га, потери оросительной воды на инфильтрацию не превышают 40% от суммарной оросительной нормы. Это обстоятельство необходимо учитывать при обосновании планов водопользования, а также проектирования ирригационных систем для обводнения пустынных песчаных почв.

Таблица 3

Элементы водного баланса пустынной песчаной
почвы м³/га

Месяц	Норма полива	Расход влаги на		Изменение влажоза- паса
		испарение	инфильтра- цию	
<u>Вариант I</u>				
Апрель	580	550	190	-160
Май	1200	885	370	- 55
Июнь	1840	1235	560	+ 45
Июль	1640	1185	540	- 85
Август	1360	1050	500	-190
Сентябрь	880	730	375	-225
Октябрь	600	470	270	-140
Всего	8100	6105	2805	-810
<u>Вариант II</u>				
Апрель	680	554	219	- 93
Май	1200	896	376	- 74
Июнь	2400	1562	876	- 38
Июль	2120	1297	751	+ 72
Август	1760	1025	632	+ 43
Сентябрь	1200	710	443	+ 47
Октябрь	640	538	411	- 9
Всего	10200	6584	3708	- 92

Обширный материал полевых исследований, позволил разработать программу расчета на ПЭВМ поливных режимов. Блок-схема алгоритма решения задачи включает описание переменных 84 одномерных массива, выходными данными определяются элементы водного баланса и поливной нормы. Результаты расчета выводятся на печать в табличной форме /рис 3/.

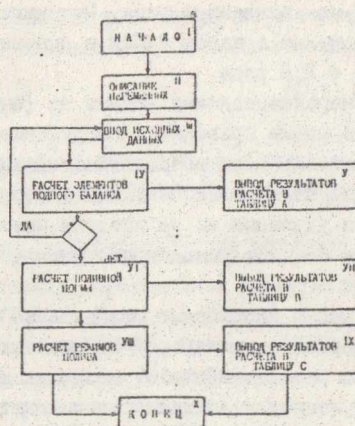


Рис.3. Блок-схема алгоритма расчета режимов полива

Особенности рассоления почв при промывке слабоминерализованными водами. При орошении водой повышенной минерализации угроза засоления почв возрастает. Промывка является единственным эффективным средством активного удаления солей из почвы. В наших опытах дренаж обеспечил условия для создания нисходящих фильтрационных токов.

Использование минерализованных вод /2,7-4,5 г/л / на промывку солончака лугового показало, что степень рассоления солончака лугового зависит от величины промывной нормы, а интенсивность выщелачивания солей уменьшается по мере вымыва их промывной нормой /табл.4/.

Таблица 4

Зависимость коэффициента вытеснения солей от степени рассоления 0-100 см слое почвы

Норма вытеснения тыс.м ³ /га	плотный остаток, %				Коэффициент вытеснения
	до промывки	после промывки	удаление %	удаление г/га	
2,0	1,409	1,007	0,402	60,3	34,0
13,0	1,409	0,507	0,902	135,2	96,0
21,0	1,409	0,357	1,052	157,8	134,0

Библиотека
СамСХИ
ИНВ. №
01-13553

Изучение динамики солей под влиянием промывки нормой 67,5 тыс. м³/га было совмещено с возделыванием риса. Промывка большой нормой способствовала уменьшению запасов солей в однометровом слое в 6,4, в пятиметровом в 2,8 раза.

Промывка солончака минерализованными водами на фоне вертикального дренажа большими нормами приводит к погружению солевых масс на глубину 10–15 м. Этот процесс сопровождается повышением минерализации подземных вод, вследствие чего имеет место замкнутый цикл движения солей без удаления их за пределы оазиса. На первом этапе мелиорации дренаж создает условия для вымыва солей слабоминерализованными водами.

На втором этапе мелиорации необходимо отводить за пределы оазиса дренажную воду, минерализация которой повышается за счет вымыва солей из зоны аэрации. В зависимости от величины дренажного модуля и опресняемой толщи второй этап мелиорации может длиться 5–7 лет, когда на орошение и другие мелиоративные мероприятия должна подаваться пресная вода.

После рассоления активной толщи солеобмена /10–15 м/ наступит эксплуатационный период, при этом можно возобновить использование дренажных вод на орошение сельскохозяйственных культур и профилактические промывки.

Снижение непродуктивного испарения мульчированием почвы. В условиях Туркменистана на непродуктивное испарение в вегетационный период расходуется около 200 мм оросительной воды. Для защиты пустынной песчаной почвы от непродуктивного испарения нами использовался сырой бесподстилочный навоз /СБН/ крупного рогатого скота. Чтобы мульча не смывалась при поливах, в приготовлении суспензии СБН использовался 2% гель поливинилового спирта.

Результаты полевых опытов показали, что образование под мульчей просохшей прослойки резко снижает непродуктивное испарение. За две стадии мульчирование снижает испарение соответственно в 2,5 и 6,7 раза, чем достигается экономия воды порядка 100 мм за период вегетации. При орошении кормовых культур минерализованной водой на мульчированные деланки поступает на 2,0 т/га солей меньше, и за счет снижения непродуктивного испарения отмечается минимальное накопление солей в верхнем слое почвы.

На основании проведенных исследований предложена схема расчета водного баланса почв в ненасыщенных почвогрунтах, определены величины потерь оросительной воды на инфильтрацию, предложен

алгоритм расчета на ЭВМ поливных режимов кормовых культур, установлены особенности рассоления почв минерализованными водами и возможность снижения непродуктивного испарения мульчированием почвы.

ВЛИЯНИЕ ОРОШЕНИЯ ВОДАМИ РАЗНОГО КАЧЕСТВА НА СВОЙСТВА ПУСТЫННЫХ ПЕСЧАНЫХ ПОЧВ

Основные физико-химические свойства пустынных песчаных почв.

Исследования, проведенные Аверьяновым /1978/, Айдаровым /1980/, Бехбутовым /1980/, Глухой /1977/, Егоровым /1959/, Минашиной /1970/, Рабочевым /1978/, Супруга /1973/ и др., свидетельствуют о изменении физических и гидрофизических свойств почв в процессе орошения, темпы развития которого сдерживаются острым дефицитом водных ресурсов и интенсивно протекающими процессами засоления.

В морфологическом строении пустынных песчаных почв отмечается слабая дифференцированность профиля, бедная гумусовая окраска и отсутствие структурности. В целом для этих почв характерно преобладание в гранулометрическом составе фракций песка более 90%, содержание илистых частиц не превышает 2-3, а физической глины не более 4-6%. По минералогическому составу эти почвы состоят в основном из кварца с небольшим содержанием калийсодержащих минералов.

Однородность минералогического состава пустынных песчаных почв, слабовыраженная поглотительная способность обусловили низкое содержание в них солей /0,003-0,044%, преобладание ионов HCO_3 способствует образованию щелочности /рН колеблется от 7,8 до 8,3/.

Содержание гумуса в пустынных песчаных почвах не превышает 0,46%, а содержание подвижных форм фосфора не более 0,74 мг на 100 г почвы. Доля активных пор занятых капиллярной влагой составляет 35-40%. Несмотря на высокую потенциальную влагоемкость этих почв, водоудерживающая способность их остается весьма низкой. Учитывая невысокие значения предельной полевой влагоемкости, орошение целесообразно проводить малыми нормами с применением дождевальных машин.

По физическим и водно-физическим свойствам пустынные песчаные почвы характеризуются относительной однородностью по глубине. Объемная масса почвы в метровом слое колеблется в пределах от 1,53 до 1,56 г/см³, а удельная масса - от 2,63 до 2,67 г/см³.

В целом, пустынные песчаные почвы характеризуются неудовлет-

ворительными физическими и агрономическими свойствами; у них слабая водоудерживающая способность, высокая скорость впитывания влаги; они бедны гумусом и питательными веществами. Однако, разработанные научные основы позволяют выращивать на этих почвах большой набор сельскохозяйственных культур, кроме того, они являются идеальным объектом для орошения минерализованными водами.

Динамика физико-химических свойств почв, орошаемых пресными и среднеминерализованными водами. Используя методику Пакиной /1982/, нами было проведено исследование влияния орошения водами разного качества на физико-химические свойства пустынной песчаной почвы. Опытные делянки с посевами люцерны и сорго имели два варианта: полив пресной водой; полив слабоминерализованной /2-3 г/л/ водой. Делянки с посевами кукурузы имели три варианта: полив пресной водой, подренажной водой 2-3 и 4-5 г/л.

Для изучения динамики солевого режима проводились измерения электропроводности почвенных суспензий. Измерения pH проводились в водных суспензиях и суспензиях почвы, приготовленных в I-нормальном растворе KCl; величина pH дистиллированной воды составляла 5,7; pH I-нормального раствора KCl составляла 6,4.

Согласно теории Паркса и Де Брюна /1982/, для коллоидов с зависящим от pH зарядом, разность значений pH суспензий в воде и I-нормальном растворе KCl пропорциональна величине поверхностной плотности зарядов.

Вычисление величины межфазного потенциала / ψ / тех коллоидов, заряд которых зависит от pH, показывает, что последний линейно увеличивается с повышением щелочности почвы. Поливы люцерны и кукурузы водой с концентрацией солей 2-3 г/л не оказали влияния на величину межфазного потенциала коллоидных частиц ППК по сравнению с орошением пресной водой.

Орошение пустынной песчаной почвы минерализованной водой /2,5 и 4,5 г/л/ сопровождается повышением pH по всему профилю почвы. Толщина слоя почвы со значением pH, меньшими 8,2, на контроле и двух других вариантах соответственно составляла 50 см, 30 см, 10 см. Если принять, что при pH < 7,0 межфазный потенциал пустынной песчаной почвы составляет приблизительно 60 мВ, то максимальное увеличение межфазного потенциала при повышении pH до 8,7 может составить 27 и 63 мВ соответственно.

В исходном состоянии ППК пустынной песчаной почвы представлен в основном катионами Ca^{2+} и Mg^{2+} , содержание которых доходило до 60% от общей емкости обмена; содержание катионов K^+ и Na^+ соот-

ветственно равнялось 24 и 16%. Физико-химические процессы поглощения в почвах происходят при участии наиболее дисперсивных частиц твердой фазы почвы — почвенных коллоидов, для которых характерно замещение катионами. Преобладание Ca^{2+} и Mg^{2+} в исходном составе поглощенных катионов способствует реакции почвенного раствора в пределах, оптимальных для роста сельскохозяйственных культур на почвах опытного участка.

При пятилетнем орошении пустынных песчаных почв минерализованной водой, в катионном составе которых преобладает Na^+ , состав и соотношение обменных оснований претерпел определенные изменения, отмечено вытеснение обменного кальция натрием и калием, в результате чего содержание последних в ППК возросло до 65–67%. Их поступление в поглощающий комплекс обусловлено хлоридно-натриево-кальциевым составом дренажной воды, что и способствует более энергичному поглощению этих катионов по сравнению с сульфатно-натриевым составом воды.

Сравнение данных по сумме обменных катионов показывает, что после 5-летнего орошения пустынных песчаных почв минерализованной водой существенно увеличилась емкость поглощения. С целью выяснения причины увеличения емкости поглощения почвы были проведены исследования по изучению поверхностного потенциала почвенных частиц / ΔpH /.

При исследовании динамики солевого режима и pH пустынных песчаных почв под влиянием орошения дренажными водами была выявлена линейная зависимость между содержанием солей, pH, с одной стороны, и величиной pH — с другой. Увеличение содержания солей в почве при поливе минерализованной водой уменьшает отрицательный заряд почвенных частиц, что приводит к насыщению ППК катионами. Соли, содержащиеся в дренажной воде, усиливают процесс разрушения поверхностных слоев частиц кремнезема, сопровождающийся образованием гидроксильных групп OH^- , водород которых вступает в реакции обмена, что приводит к увеличению емкости обмена пустынной песчаной почвы при орошении их минерализованной водой.

На основании проведенных исследований нами экспериментально выявлена зависимость поверхностной плотности зарядов пустынной песчаной почвы от pH, а также причины, вызывающие изменения емкости обмена и интенсификации процесса осолонцевания почвы при орошении минерализованными водами. Учитывая то, что пустынные песчаные почвы характеризуются низкой емкостью обмена, опасность их осо-

лонцевания практически исключается. В этой связи изменение свойств почвы, вызванное ионообменными процессами при орошении водой повышенной минерализации, практически не скажется на плодородии пустынной песчаной почвы и урожайности сельскохозяйственных культур, их влиянием можно пренебречь.

Прогноз сезонно- годового цикла солевого режима орошения почв.

При использовании минерализованных вод на орошение сельскохозяйственных культур предъявляются повышенные требования к контролю за состоянием засоленности корнеобитаемого слоя. В этой связи была предпринята попытка разработать расчетные методы определения содержания солей в почве при изменяющихся в течении вегетации норм полива.

Для расчета сезонно- годового цикла солевого режима пустынной песчаной почвы, орошаемой минерализованными водами, использовалось общее уравнение движения солей в почве, включающее диффузионную, миграционную и конвективную компоненты потока /С.М. Пакшина, 1982/. Принималось, что солевой режим формируется под влиянием восходящего движения почвенного раствора, обусловленного непродуктивным испарением, и нисходящего движения почвенного раствора в период проведения поливов. Для расчета подекадных значений непродуктивного испарения использовано модифицированное А.И. Будаговским /1981/ уравнение Пенмана.

Варьируя значения поливной нормы, получаем различные величины непродуктивного испарения и различную степень засоленности корнеобитаемого слоя почвы. При этом задача определения влияния поливных норм на степень засоленности почвы сводится к определению испаряемости с открытой поверхности почвы.

Расчеты показывают, что в сезонно- годовом цикле солевого режима определяющая роль принадлежит непродуктивному испарению, где выделяется три периода:

- весенний, продолжающийся до образования сомкнутого растительного покрова и отличающийся максимальным солесодержанием;
- летний, когда сомкнут растительный покров, характеризующийся минимальным солесодержанием;
- осенне- зимний, характеризующийся промежуточным солесодержанием.

Расчитанный по разработанной методике прогноз сезонно- годового цикла солевого режима пустынных песчаных почв, орошаемых водами разной минерализации, совпадает с экспериментальными значениями солесодержания /коэффициент корреляции 0,96-0,98/.

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ ОРОШЕНИЯ И МИНЕРАЛИЗАЦИИ
ПОЛИВНОЙ ВОДЫ НА ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВ, УРОЖАЙ
И КАЧЕСТВО КОРМОВЫХ КУЛЬТУР

Изменение плодородия почв в условиях орошения. Все типы пустынных почв Туркменистана характеризуются предельно низким содержанием органического вещества, в которых по всему профилю содержание гумуса почти одинаковое и колеблется в пределах 0,15–0,30% /Санин С.А., 1990/. Подстилающие почвообразующие породы содержат значительно меньше гумуса /0,10–0,14%. Для химической природы гумуса этих почв наиболее характерно довольно низкое содержание гуминовых кислот, играющих ведущую роль в процессах структурообразования, поглотительной способности и определяющих плодородие почв.

В соответствии с технологией возделывания кормовых культур освоение пустынных песчаных почв начинают с капитальной планировки, поэтому трудно говорить о какой-либо закономерности содержания гумуса по профилю почвы. Однако в тех горизонтах, где содержится больше физической глины, соответственно и гумуса больше /табл.5/.

Таблица 5

Содержание гумуса, валовых форм азота, фосфора
и калия на приоазисных песках при закладке опыта

Глубина взятия образца, см	Гумус, %	Валовые формы, %			
		N	P	K	
0–20	0,106	0,025	0,079	1,19	
20–40	0,200	0,025	0,049	1,19	
40–60	0,115	0,025	0,059	1,19	
60–80	0,105	0,016	0,069	1,00	
80–100	0,084	0,010	0,049	1,10	
0–40	0,151	0,025	0,064	1,19	
0–100	0,122	0,020	0,061	1,13	

Основным источником накопления азота в этих почвах является органическое вещество почвы, а также глинистые частицы и другие сорбционные материалы.

Важным звеном в накоплении азота в почве служит усвоение

его растениями и последующее превращение корней и растительных остатков в почвенный гумус.

После пяти лет освоения в пустынных песчаных почвах почти в 3,5 раза повысилось содержание валового азота. Особенно заметно его увеличение в верхнем 0-40 см слое, где при закладке опыта содержание азота валового было 0,025%, а при завершении - 0,069 - 0,078. При этом отмечается довольно узкое отношение углерода к азоту. Такое соотношение органического углерода к азоту в пустынных песчаных почвах свидетельствует о том, что чем меньше гумусирована почва, тем она относительно богаче органическим азотом. Это явление объясняется тем, что в условиях жаркого сухого климата и очень хорошей аэрированности пустынных песчаных почв в них происходит интенсивный процесс минерализации гумуса. При этом углерод убывает гораздо быстрее азота.

В валовом содержании фосфора и калия после пятилетнего окультуривания особых изменений не зафиксировано. Поскольку сорбционная емкость пустынной почвы имеет небольшой предел, то величина поглощения фосфора почвой складывается за счет сорбционного процесса и адсорбции фосфора на частицах почвы. В межполивной же период идет медленная реакция осаждения фосфатов кальция, кристаллизация этих солей и освобождение адсорбционных поверхностей почвенных частиц.

Результаты проведенных исследований свидетельствуют о том, что пустынные песчаные почвы, находящиеся в сельскохозяйственном обороте под различными кормовыми культурами в течение 4-5 лет, по-прежнему остаются малогумусными. В условиях продолжительного оросительного периода и высоких летних температур создаются оптимальные возможности для жизнедеятельности микроорганизмов. Интенсивно развивающаяся микрофлора быстро переводит растительный опад в конечные продукты разложения, которые частично вымываются поливными водами вглубь, а оставшаяся часть в значительной степени потребляется растениями.

В вариантах при внесении P_{120} и P_{180} кг действующего вещества уже с первого года проводится на I укос больше, причем первый укос с опережением на 25-30 дней, а прибавка урожая соответственно составила 60/50 и 160/130 ц/га. Во второй и третий годы также проведено на I укос больше, а созревание идет с ускорением на 20 дней. Прибавка урожая соответственно составила 150/120 и 250/200 ц/га.

В варианте с внесением 10 т/га навоза и $P_{180} K_{80}$ кг действующего

шего вещества, по сравнению с первым вариантом ускорение в развитии растений аналогично, ранее описанному во втором варианте, прибавка урожая люцерны по годам соответственно составила 250/280, 350/280 и 400/320 ц/га.

Во втором варианте опытов при увеличении дозы минеральных удобрений на 50% прибавка зеленой массы кукурузы по годам исследований при орошении пресной водой составила соответственно 55-60-80 ц/га, при орошении минерализованной водой прибавка составляла 40-50-70 ц/га. Аналогичная картина наблюдается в опытах с сорго. Прибавка по годам исследований составляла 50,55, 60 ц/га при орошении пресной водой и 40,45,50 ц/га при орошении минерализованной водой.

Увеличился урожай выращиваемых культур в третьем варианте опытов, где доза минеральных удобрений увеличилась в 2 раза по сравнению с первым вариантом. Здесь прибавка урожая кукурузы при орошении пресной водой составила 75,90,120 ц/га, а минерализованной - 60,70,90 ц/га. Повысился урожай в опытах с сорго при орошении пресной водой на 100,90,100 ц/га и соответственно минерализованной - 80,75,85 ц/га.

Суданская трава является хорошей культурой-освоителем песчаных массивов. Она хорошо реагирует на увеличение дозы минеральных удобрений. Так, во втором варианте, где доза последних увеличена на 50% по сравнению с первым вариантом, прибавка урожая по годам исследований отмечается в вариантах с минерализованной водой 90,95,95 и соответственно 75,70,75 ц/га. Отмечается увеличение урожая и в третьем варианте, где доза минеральных удобрений увеличена в 2 раза. Прибавка урожая при орошении пресной водой составила 100,120,135 ц/га, а минерализованной - 80,90 и 105 ц/га.

Приведенные исследования свидетельствуют о том, что органоминеральные удобрения повышают плодородие пустынных песчаных почв, участвуют в образовании кислот, богатых легкодоступной энергией, чем способствуют ускорению развития растений.

Химический состав кормовых культур при орошении водой разной минерализации. Анализ полученных данных химического состава сорго кормового многолетнего показал некоторое различие в содержании питательных веществ растений, выращенных при поливе минерализованными водами и пресными. Содержание сырого протеина, фосфора и калия /листья и стебли/ увеличивается в растениях, орошаемых КДВ, а четких закономерностей в накоплении сырого жира, клетчатки, БЭВ и

зола не прослеживается.

Полив минерализованной водой /3-4 г/л/ люцерны и кукурузы не оказывает существенного влияния на химический состав кормов; наблюдаются лишь некоторые изменения: содержание сырого протеина и фосфора увеличивается во всех морфологических органах исследованных растений; содержание сырой клетчатки увеличивается в люцерне и уменьшается в листьях и стеблях кукурузы; БЭВ, напротив, уменьшается в люцерне и увеличивается в кукурузе; количество сырой зола снижается в обеих исследованных кормовых культурах. Проведенными исследованиями установлено, что при орошении минерализованными водами можно получить полноценные корма для животных.

ОЦЕНКА И ПРОГНОЗ ОРОШЕНИЯ ВОДАМИ РАЗЛИЧНОГО КАЧЕСТВА НА ЭКОСИСТЕМУ ПЕСЧАНОЙ ПРИОАЗИСНОЙ ПУСТЫНИ

Хозяйственная деятельность человека вызывает большие изменения природной среды. Нарушение существующих в природе экологических связей чревато прежде всего опустыниванием и эрозией почв. Общим для пустынь является чрезвычайная бедность растительности, обусловленная экстрааридностью климата и дефицитом воды. Сложившееся в этих условиях естественное экологическое равновесие весьма неустойчивое. Поэтому вмешательство человека в естественный ход развития пустынных экосистем часто приводит на практике к необратимым процессам.

Прогноз возможного подъема уровня грунтовых вод в связи с освоением приоазисных песчаных массивов. Для обоснования рационального ведения орошаемого земледелия на приоазисных песках, кроме оптимизации способа и технологии орошения, минерализации поливной воды, необходимо оценить интенсивность антропогенной нагрузки на почвы и грунтовые воды в приоазисной зоне при существующих режимах и способах увлажнения почв и при проектируемом обводнении приоазисных песков под кормовые культуры. Решение этой задачи сводится к прогнозу уровня режима и минерализации грунтовых вод на различные периоды орошения земель.

Прогнозные расчеты режима грунтовых вод на приоазисных песках подгорной равнины Центрального Копетдага проводились по трем глубинам залегания грунтовых вод характерным для приоазисных песков: более 16, 10 и 5 м. В зоне орошения оазисных почв расчеты проводились

при глубине залегания грунтовых вод 8,5,3 м. Причем режим орошения этих почв принимался в соответствии утвержденными Госагропромом СССР поливными режимами. При соблюдении рекомендуемого режима потери воды на инфильтрацию составляют обычно более 20% суммарной водоподачи; в расчетах значения инфильтрации поливной воды на орошаемых территориях оазиса принимались равным 30%; а в приоазисных песках - 40%.

Анализ результатов численных экспериментов показал, что в условиях орошения годовое приращение уровня грунтовых вод на исследуемой территории подгорной равнины Копетдага варьирует примерно от 1 до 2 м. Причем на идентичных по характеру дренированности участках наибольший подъем грунтовых вод /до 2 м/год/ будет отмечаться в зоне распространения приоазисных песков, что обусловлено высокими потерями воды на инфильтрацию в песчаных почвах. Так, при суммарной водоподаче на обводнение приоазисных песков порядка 12 тыс. м³/га и интенсивности инфильтрации, составляющей примерно 40%, годовая скорость подъема уровня грунтовых вод составит 1,8 м. При таких темпах подъема уровня воды отрицательные последствия на экологию пустыни могут проявиться через 2-10 лет в зависимости от исходной глубины залегания уровня грунтовых вод. Даже при очень глубоком /20 м/ залегании уровня грунтовых вод подтопление приоазисных песков возможно уже через 10 лет. В действительности все это происходит гораздо быстрее, и связано это с тем, что в настоящее время практически весь объем коллекторно-дренажных вод сбрасывается в пески. Сложившиеся условия водопользования и водоотведения КДВ в песчаную пустыню привели к широкому развитию процессов заболачивания песчаных почв в районах, прилегающих к орошаемому массивам. В связи с этим представляется целесообразным для рационального использования земельных и водных ресурсов направить значительную часть КДВ на обводнение приоазисных песков под кормовые культуры, а также на частичное обводнение естественных пастбищ песчаной пустыни. При этом только в зоне Каракумского канала, за счет обводнения приоазисных песков минерализованными водами, можно выращивать кормовые и другие сельскохозяйственные культуры на площади 30 тыс. га, что позволит высвободить часть плодородных земель оазиса на другие ценные культуры. Однако освоение песчаных почв с экологически безопасными последствиями может продолжаться только первые несколько лет при условии, что грунтовые воды залегают на глубине 10 м; при глубине 5 м орошение можно проводить только 2 года, а после этого обводнение

песчаных почв возможно только на фоне дренажа.

Прогнозные расчеты показали, что для растениеводческого освоения песчаных почв и их охраны от подтопления и засоления необходимо поэтапное строительство коллекторно-дренажной сети уже в первые годы их обводнения. Следовательно, проблема охраны экосистемы приоазисной песчаной пустыни должна решаться в комплексе с решением задач оптимального проектирования водорегулирующей сети для орошения песчаных почв минерализованной водой. Однако при этом возникают сложности, связанные с обоснованием критериев и параметров оптимизации.

В решении задач, связанных с обоснованием рационального мелиоративного режима на приоазисных песчаных массивах при орошении минерализованной водой, в качестве критерия оценки использован показатель, характеризующий сумму приведенных затрат. Такой подход представляется возможным, поскольку обеспечение рационального мелиоративного режима предполагает выполнение определенных требований по улучшению и дальнейшему повышению плодородия почв и получению запланированного урожая сельскохозяйственных культур при минимальных совокупных затратах.

Для исследуемых районов, как и для всей Средней Азии, наиболее рациональным в мелиоративном отношении считается в целом полуагроморфный тип почвообразования. Однако в каждом конкретном случае обоснование и выбор оптимального мелиоративного режима должны проводиться на основе технико-экономических расчетов. Результаты технико-экономических расчетов показали, что с экономической точки зрения наиболее рациональным является вариант освоения приоазисных песчаных почв, при котором междреннее расстояние составляет 600 м; при таком междренье глубина заложения дренажа должна быть не менее 3,5 м.

Соблюдение указанных параметров дренажа на приоазисных песках позволяет орошать сельскохозяйственные культуры водой с минерализацией до 3 г/л и нормой порядка 8300 м³/га без ухудшения экологической обстановки в зоне приоазисной песчаной пустыни.

Таким образом, проблема охраны агроэкосистемы песчаной пустыни должна решаться совместно с решением задач рационального природопользования, в частности рационального освоения пустынных песчаных почв под кормовые культуры на базе их орошения слабоминерализованными /до 3 г/л/ водами.

Экономическая оценка использования дренажных вод на орошение.

Для оценки эффективности капиталовложений в орошение кормо-

ных культур КДВ выполнены расчеты для базовой /орошение пресными водами/ и новой технологии. Специфика новой технологии выращивания кормовых культур на пустынных песчаных почвах состоит в том, что при орошении КДВ ликвидируется дефицит водопотребления за счет использования нетрадиционных источников орошения и отказа от ряда агротехнических мероприятий технологической схемы.

Определение экономической эффективности кормовых культур при орошении КДВ проведено на основе затрат денежных средств на реализацию технологических карт выращивания и уборки полевых культур. Для кормовых культур, не дающих товарной продукции, эффективность полива КДВ определяли системой показателей: урожай зеленой массы в тоннах с 1 га и кормовых единицах, себестоимость 1 т и 1 кормовой единицы.

Затраты на возделывание кукурузы и суданской травы по базовой технологии с использованием обычной оросительной воды выше, чем в варианте с использованием минерализованных вод /табл.6/.

Экономическая эффективность возделывания на пустынных песчаных почвах при орошении минерализованными водами кукурузы и суданской травы составила соответственно 67,7 и 51,3 руб/га.

При строгом соблюдении комплекса водоохраных мероприятий, технологии возделывания кормовых культур можно поддерживать минерализацию поливной воды на проектном уровне, повысить водообеспеченность орошаемых земель, снизить возможные ущербы, увеличить продуктивность орошаемых земель, улучшить экологическую обстановку в регионе.

Таблица 6

Затраты и себестоимость возделывания кукурузы и суданской травы

Культура	Урожай		Удельные затраты воды, м ³		Издержки производства кормов			Себестоимость	
	т/га	к.ед.	на 1 т	на 1 к.ед.	сельско-хозяйствен.	на орошение	всего	1 т/руб.	1 к.ед./коп.
Кукуруза	35	7000	230	1,01	126,4	177,8	304,2	8,60	4,35
	30	6000	270	1,33	63,2	177,8	241,0	8,03	4,02
Суданская трава	40	6800	150	0,88	95,5	192,7	288,2	7,21	4,24
	35	5950	170	1,01	47,8	192,7	240,5	6,87	4,04

В В О Д Ы

1. Дефицит пресной воды в Туркменистане вызывает необходимость применения для орошения и промывки засоленных земель минерализованных дренажных и подземных вод. Имеющийся опыт использования коллекторно-дренажных вод на песчаных почвах Туркменистана показал, что при соблюдении научно-обоснованных рекомендаций можно получать высокие и устойчивые урожаи возделываемых кормовых растений, организовать высокоэффективное производство кормовых культур на площади около 300-350 тыс. га.

2. Пустынные песчаные почвы Туркменистана характеризуются относительной однородностью профиля как по минеральному составу, так и гидрофизическим свойствам. Несмотря на высокую влагоемкость для них характерна крайне низкая водосудерживающая способность /НВ составляет 9-11%/ и высокая водопроницаемость /коэффициент фильтрации выше 3-4 м/сут./. В целом они характеризуются низким уровнем естественного плодородия почв /содержание гумуса 0,15-0,30%/.

3. Орошение приоазисных песков минерализованными водами способствует повышению их плодородия и получению порядка 300 ц/га сорго и кукурузы, 350 ц/га суданской травы. Расход минерализованной воды на 100 кормовых единиц зеленой массы сорго и кукурузы составил 132, суданской травы - 160 м³. Использование минерализованных вод на орошение кормовых культур на пустынных песчаных почвах экономически эффективно, прибыль составляет при возделывании кукурузы 66 руб/га, суданской травы - 51 руб/га.

4. Для оценки водообмена в пределах корнеобитаемого слоя почвы предложена расчетная зависимость, основанная на анализе данных наблюдений за всасывающим давлением. Это позволяет оперативно определять водный баланс песчаной почвы, где частые поливы приводят к сложной интерпретации данных влагопереноса и требуют периодического и многократного полевого определения влажности.

При глубоких грунтовых водах для определения нисходящего потока почвенной влаги предлагается использовать данные режимных наблюдений за всасывающим давлением или влажностью почвы. В этом случае разделение границы восходящего и нисходящего потока влаги проводится путем совмещения кривых реального распределения всасывающего давления с равновесной.

5. Результаты лизиметрических исследований свидетельствуют о том, что на формирование водного режима пустынных песчаных почв заметное влияние оказывает режим орошения. В среднем за вегетационный период при поливах дождеванием инфильтрационные потери составляют 33-38% оросительной нормы, колеблются от 6500 до 10200 м³/га. Это обстоятельство необходимо учитывать при обосновании планов водопользования и проектирования ирригационной сети на пустынных песчаных почвах.

При обосновании режима орошения пустынных песчаных почв рекомендуется использовать методы, основанные на теории влагопереноса в ненасыщенных грунтах, позволяющие охарактеризовать с термодинамических позиций подвижность влаги в почве. Предложена методика расчета поливных норм и прогноз сезонно-годового цикла соленакпления на ЭВМ.

6. Установлена положительная роль мульчирования песчаной почвы в сокращении непродуктивного испарения почвенной влаги при орошении. Отношение нарастающей суммы испаряемости к нарастающей сумме испарения имеет постоянное значение в обоих стадиях испарения, причем в первую стадию значение $E_{по}/E_m$ в три раза меньше, чем во вторую.

Увеличение запасов почвенной влаги в песчаной почве за счет снижения поливной воды в период вегетации составляет приблизительно 100 мм; одновременно запасы легкорастворимых солей в песчаных почвах, орошаемых минерализованными водами снижаются до 2,0 т/га.

7. Расчет концентраций свободных и связанных ионов позволил установить особенности ассоциирования ионов в зависимости от величин плотного остатка. В интервале значений плотного остатка, равного 0,5-10 г/л, наблюдается очень быстрый рост содержания ионных пар с участием Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} . В интервале плотного остатка 0,5-15 г/л содержание связанных ионов Ca^{2+} и Mg^{2+} составляет 15-30%, SO_4^{2-} - 15-35%, HCO_3^- - 3,9%; Na^+ - 1-3%. Произведенный расчет концентраций и активностей ионов в минерализованных водах показал, что в интервале плотного остатка /0,5-15 г/л/ активность токсичных ионов составляет 60% от их аналитически определенной концентрации, что должно учитываться при оценке качества минерализованных вод.

8. Использование на орошение в течение 3-4 лет вод повышенной минерализации приводит к повышению щелочности почвенной суспензии до 9,5-10,0 pH против 7,8-8,2 pH в целинных песчаных почвах и сопро-

вождается увеличением емкости обмена почв с 1,2-1,4 до 2,5-2,8 мг-экв на 100 г, слабым накоплением легкорастворимых солей в верхнем гумусовом горизонте.

9. Под влиянием оросительной минерализованной воды изменяется физико-химическая структура органического вещества. Гумус в почвах, орошаемых минерализованными водами, становится более сложным. Отношение С г.к.: С ф.к. повышается до 0,25-0,34 против 0,02-0,08 в целинных почвах. Фосфорные удобрения на фоне минерализованных вод достаточно быстро вступают в реакции с ионами двухвалентных металлов в труднорастворимые формы. Подвижность фосфорных удобрений резко снижается и не превышает 10-12 мг/кг. Растения извлекают из почвы не только фосфаты, растворимые в углекислых солях, но и более прочно связанные формы II и III групп. Количество подвижных форм калия почти не подвержено влиянию минерализованных вод и остается на достаточно высоком уровне. В первые 8-10 лет растения, возделываемые на орошаемых песчаных пустынных почвах, не испытывают дополнительной потребности в калийных удобрениях.

10. При орошении минерализованной водой качественное содержание кормов практически не изменяется по сравнению с орошением пресной водой: в них содержатся все незаменимые аминокислоты и минеральные вещества в количествах, удовлетворяющих потребность животных. Фосфорные удобрения не оказывают заметного влияния на изменение химического и аминокислотного состава кормовых культур.

В репродуктивных органах накапливается протеина больше /6,7-9,6/, чем в вегетационных /1,6-7,8/. Стебли исследуемых кормовых культур из-за низкого содержания протеина являются малопродуктивными. В них накапливается нитратов больше, чем в листьях и генеративных органах.

11. Прогнозные расчеты показали, что среднегодовая скорость подъема уровня грунтовых вод на массивах орошаемых пустынных песчаных почв варьирует от 1 до 2 м. При таких темпах подъема грунтовых вод переход автоморфных ландшафтов приовзисной песчаной пустыни в ирригационно гидроморфные произойдет через 2-10 лет, в зависимости от исходной глубины залегания грунтовых вод. Это обстоятельство приводит к необходимости принятия соответствующих мероприятий по регулированию водно-солевого режима почв и охраны пустынных экосистем от подтопления и вторичного засоления.

12. Расчеты показали, что для растениеводческого освоения пустынных песчаных почв и их охраны от подтопления и засоления необходимо поэтапное строительство коллекторно-дренажной сети, начиная с первых лет освоения. Проблема охраны экосистемы приоазисной песчаной пустыни должна решаться в комплексе с задачами оптимизации проектирования водорегулирующей сети на песчаных массивах. С экономической точки зрения и экологических требований наиболее рациональным является вариант освоения приоазисных почв, при котором предусмотрен полив дождеванием и строительство дренажа с междурядьем 600 м, глубиной закладки не менее 3,5 м.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ

1. Освоение пустынных песчаных почв требует капитальной планировки от 800 до 1500 тыс. м³/га, которую целесообразно проводить в осенне-зимний период с целью избежания дефляции песков, орошение дождеванием на фоне поэтапного строительства коллекторно-дренажной сети. Освоение рекомендуется проводить небольшими участками в пределах 5-10 га.

Для орошения кормовых культур на этих почвах рекомендуется использовать минерализованные воды, у которых: рН_{от} 7,0 до 8,5; сухой остаток - до 4-5 г/л; Ca²⁺, Na⁺, HCO₃⁻, SO₄²⁻ - до 400-500; Cl⁻ - до 150-200; CO₃²⁻ - до 100-150 мг/л.

2. Наиболее солевностойкими кормовыми культурами являются сорго, суданская трава и кукуруза, на урожай которых существенное влияние оказывают режимы орошения и агротехника выращивания их. В течение вегетационного периода влажность в корнеобитаемом слое почвы рекомендуется поддерживать на уровне 80-85% наименьшей влагоемкости. Оптимальной поливной нормой является 200-250 м³/га, при

соотношении азота, фосфора и калия 1:0,8:0,4.

3. Посев кормовых культур следует проводить после устойчивого прогревания до 10-12° слоя почвы, соответствующего глубине разделки семян. Норма высева суданской травы 15-20, сорго - 6-8, кукурузы - 15-20 кг/га. Посев проводят сеялками СЗТ - 3,6; СЗУ или СПЧ - 6М, междурядную обработку культиваторами ЧКУ-4; КРН-4,2; КРН-5,6, уборку комбайном КИР-1,5.

В целях получения высокой урожайности возделываемых культур, предотвращения засоления земель при орошении минерализованными водами рекомендуется ежегодная весенняя влагозарядка, применение высокопроизводительной техники полива, соблюдение высокой технологии возделывания культур.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Влияние риса на изменение солевого режима почвогрунтов в условиях Туркмении. В кн. XVI Межвузовская научно-техническая конференция. Изд-во Львовского университета, Львов, 1967, с. 27-30.

2. Некоторые результаты изучения дренажа и промывок в Туркменской ССР. В кн. Доклады Всесоюзного совещания по мелиорации засоленных земель. Ростов-на-Дону, 1967, с. 30-34.

3. Использование подземных минерализованных вод для рассоления почв и орошения в условиях Ашхабадского конуса выноса. В кн. Доклады "Проблемы повышения эффективности Каракумского канала". Ашхабад: Ылым, 1967, с. 17-21.

4. Результаты изучения дренажа и промывок в Туркменской ССР. В материалах "Итоги работ по промывке засоленных земель", Москва: ММИВХ СССР, 1967, с. 14-19.

5. Опыт рассоления почвогрунтов Прикопетдагской зоны минерализованными водами на фоне вертикального дренажа. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук, 1968, - 19 с.

6. Использование минерализованных вод для рассоления почв в условиях Прикопетдагской зоны. Тез. докл. Республиканская научно-производственная конференция молодых специалистов водного хозяйства. Ташкент, 1968, с. 31.

7. Опыт использования дренажных вод на рассоление гидроморфных почв. В кн. "Мелиорация пустынных земель в Туркменистане". Ашхабад: Ыльм, с. 63-73.

8. Результаты изучения дренажа и промывок. /совместно с Гринбергом Л.М./, Сельское хозяйство Туркменистана, Ашхабад, 1968, № I, с. 38-42.

9. Орошение риса и рассоление почв минерализованными водами, В кн. "Природа рисовых полей". Алма-Ата: "Наука", 1969, с.12-15.

10. Процессы, происходящие в почве при промывке слабоминерализованными водами. Тез. докл. Республиканская научно-техническая конференция по мелиорации и водному хозяйству. Ашхабад, 1970, с. 17-19.

11. Некоторые результаты использования минерализованных вод в мелиорации почв Прикопетдагской зоны. В кн. "Мелиоративные исследования в Туркменистане". Ашхабад: Ыльм, 1970, с. 28-33.

12. Процессы перемещения солей при промывке минерализованными водами. В кн.: "Рассоление почв и орошение сельскохозяйственных культур минерализованными водами". Ашхабад: Ыльм, 1973, с. 86-113.

13. Использование дренажных вод в орошаемых оазисах ТССР. В кн. "Вопросы орошаемого земледелия в Туркменистане". Ашхабад: Ыльм, 1975, с. 26-32.

14. Изменение солевого состава почв, орошаемых минерализованными водами. Тез. докл. Всесоюзная научная конференция по комплексному изучению и освоению пустынных территорий СССР. Ашхабад: Ыльм, 1976, с. 38-39.

15. Индуктивный перечень результатов водных вытяжек на гипотетические соли. Проблемы освоения пустынь, Ашхабад, 1977, № 3, с. 60-62.

16. Процессы миграции солей при орошении минерализованными водами. Тезисы докл. /Совместно с Оразгельдыевым М./, Средне-Азиатская научная конференция "Проблемы использования дренажных вод для орошения сельскохозяйственных культур и промывок засоленных земель". Ташкент, 1978, с. 56-57.

17. Орошение сорго минерализованными водами на пустынно-песчаных почвах Центральных Каракумов. Тез. докл. /Совместно с Оразгельдыевым М/ Средне-Азиатская научная конференция "Проблемы использования дренажных вод для орошения сельскохозяйственных культур и промывок засоленных земель". Ташкент, 1978, с.62-63.

18. Орошение кормовых культур минерализованными водами на севере Каракумов. Доклады ВАСХНИИ, Москва, 1979, № 7, с. 37-38.

19. Оценка качества воды для орошения. В сб. "Механизация производственных процессов в сельском хозяйстве Туркменистана", Ашхабад, Изд-во ТСХИ, 1980, Том 22, вып.2, с.69-70.

20. Использование дренажных вод для орошения кормовых культур на песчано-пустынных почвах. В кн. "Мелиорация земель в Туркменистане". Ташкент, 1980, - вып.6. с. 67-69.

21. Техника орошения кормовых культур дренажными водами на песчано-пустынных почвах Заунгузских Каракумов. В материалах "Всесоюзная конференция по использованию минерализованных вод в сельском хозяйстве". /Совместно с Оразгельдыевым М., Шериповым Д./, Ашхабад, 1980, с.30-32.

22. Использование коллекторно-дренажных вод для орошения кормовых культур на песчано-пустынных почвах. /В трудах ТуркменНИИГиМ. /Совместно с Оразгельдыевым М., Шериповым Д./, Ташкент, 1980, с. 67-69.

23. Влияние орошения на солевой режим почв. "Пути рационального освоения и использования почвенного покрова Туркменистана". /Совместно с Оразгельдыевым М./, Ашхабад: Ылым, 1981, с. 105-106.

24. Применение тензиометров в сельском хозяйстве. В сб. "Вопросы гидротехники и мелиорации в Туркменистане". /Совместно с Пягой Э.Т., Гаджиевым Н.И./, Ашхабад, 1981, Том 23, вып.3, - с. 93-99.

25. Качественная оценка и химизм дренажных вод Ташаузского базиса. В сб. "Гидромелиоративные исследования в Туркменистане". /Совместно с Оразгельдыевым М./, Ашхабад, 1982. Том 24, вып.3, - с. 27-32.

26. Рекомендации по использованию минерализованных вод для орошения кормовых культур в Туркменской ССР. Отв. редактор Рабочев И.С. Ашхабад: Ылым, 1982, - 20 с.

27. К вопросу изучения водно-солевого режима почв в лизиметрах В сб. "Гидромелиоративные исследования в Туркменистане". /Совместно

с Гаджиевым Н.И./, Ашхабад, 1982. Том 24, вып.3, - с.32-36.

28. Закономерности передвижения солей при промывке на фоне вертикального дренажа. В сб. "Эксплуатация гидромелиоративных систем в аридной зоне". /Совместно с Пягай Э.Т., Ашхабад, 1982. Том 25, вып. I.

29. Эксплуатация коллекторно-дренажной сети в Туркменистане. В сб. "Повышение эффективности использования орошаемых земель в ТССР". Ашхабад, 1982. Том 26, вып. I.

30. Исследование вопросов влагопереноса в лизиметрах в подгорной равнине Копетдага. В сб. "Повышение эффективности использования орошаемых земель в ТССР". /Совместно с Гаджиевым Н.И./, Ашхабад, 1982. Том 26, вып. I.

31. Режим орошения кормовых культур, орошаемых дренажными водами на песчано-пустынных почвах Заунгузских Каракумов. В кн. "Использование минерализованных вод в сельском хозяйстве". /Совместно с Оразгельдыевым М., Шериповым Д./, Ашхабад, 1984, с. 93-96.

32. Прогноз водного режима орошения почв с целью предупреждения засоления. В сб. "Борьба с вторичным засолением земель". /Совместно с Девятым В.И., Пягай Э.Т./, Баку, 1985, с. 46-51.

33. Использование дренажных вод для орошения сельскохозяйственных культур. В сб. Материалы научно-практической конференции. "Развитие с.-х. производства в условиях НТП". /Совместно с Эсеновым П./, Ашхабад: Ылым, 1985.

34. Обоснование параметров регулирования водного режима почв по расчетам влагопереноса в зоне аэрации. В кн. "Гидротехника и мелиорация орошаемых земель Туркменистана". /Совместно с Гаджиевым Н.П., Пягай Э.Т./, Ашхабад: Ылым, 1985, с. 26-33.

35. Расчет сезонно-годового цикла солевого режима песчано-пустынных почв при орошении минерализованными водами. В сб. "Природные ресурсы и их освоение". /Совместно с Пакишиной С.И./, Ашхабад: Ылым, 1986.

36. Минерализация оросительной воды и динамика аминокислотного состава кукурузы. В сб. "Научно-технический прогресс в пустыне". /Совместно с Коробковой О.И./, Ашхабад: Ылым, 1986, с. 83-84.

37. Расчет активностей ионов в почвенных растворах минерализованных вод. "Почвоведение", 1986, № II, с. 96-104 /Совместно с Пашкиной С.М./.
38. Воспроизводство почвенного плодородия. Ашхабад: Ыльм, 1987, - 2I с. /Совместно с Рабочевым И.С., Королевой И.Е./.
39. Влияние орошения минерализованными водами на физико-химические свойства пустынно-песчаной почвы. "Проблемы освоения пустынь". Ашхабад, 1988, № I, - с. 55-60. /Совместно с Пашкиной С.М., Овезовым К.С./.
40. Правила использования коллекторно-дренажных вод на орошение сельскохозяйственных, пастбищных культур и на промывку засоленных земель. Ашхабад: Ыльм; 1988, 50 с. /Совместно с Назармамедовым О., Хыдыровым О., Бабаевым К.Р., Реджеповым О./.
41. Изменение свойств песчаных почв под влиянием орошения минерализованными водами. Ашхабад: Ыльм, 1989, II6 с. /Совместно с Пягай Э.Т./.
42. Изменение химического состава кукурузы и люцерны при поливе минерализованными водами. Проблемы освоения пустынь. Ашхабад, 1990, № 5, с. 67-69.
43. Влияние качества поливной воды на аминокислотный состав кормов. "Проблемы освоения пустынь". Ашхабад, 1991, № 6, - с.53-57. /Совместно с Коробковой О.И./.

Рабочев

Заказ № 4/6

Тираж 150

МГП «ГАРЛАВАЧ» АН Туркменистана

744012 г. Ашхабад, ул. Советских пограничников, 92а.