

626
В-74
46344

ВОПРОСЫ ГИДРОТЕХНИКИ

ВЫПУСК

30

ИЗДАТЕЛЬСТВО „ФАН“ УЗБЕКСКОЙ ССР

МИНИСТЕРСТВО МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА СССР
СРЕДНЕАЗИАТСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ НАУЧНО-
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ИРРИГАЦИИ ИМ. В. Д. ЖУРИНА «САНИИРИ»

ВОПРОСЫ ГИДРОТЕХНИКИ

ВЫПУСК 30

ОРОШЕНИЕ И МЕЛИОРАЦИЯ ЗЕМЕЛЬ

46344



ИЗДАТЕЛЬСТВО «ФАН» УЗБЕКСКОЙ ССР

ТАШКЕНТ, 1969

В сборнике освещаются вопросы организации водохозяйственных исследований в современных условиях ирригационно-мелиоративного строительства: опыт строительства вертикального дренажа на орошаемых землях, организации и производительности труда на поливах дождеванием в совхозах Голодной степи, условия распределения легкорастворимых солей и возможности инженерного регулирования водно-солевого баланса орошаемых участков Голодной степи; определяется сравнительная эффективность различных методов дренажа.

Сборник предназначен для научных сотрудников, работников строительных и эксплуатационных организаций, аспирантов и студентов вузов строительных специальностей.

Редакционная коллегия

З. Х. ХУСАН-ХОДЖАЕВ (отв. редактор), С. Г. ЗАПРОМЕТОВ, А. А. РАЧИНСКИЙ,
Х. А. АСКАРОВ, А. М. МУХАМЕДОВ, У. Ю. ПУЛАТОВ, А. В. ЕФРЕМОВ,
Б. Е. МИЛЬКИС, М. В. БУТЫРИН, Г. Г. ВАЛЕНТИНИ.

ВЛАДИМИР ДМИТРИЕВИЧ ЖУРИН

(к 75-летию со дня рождения)

В 1966 г. исполнилось 75 лет со дня рождения одного из крупнейших советских гидротехников, талантливого проектировщика, строителя и ученого Владимира Дмитриевича Журина.

В. Д. Жури́н родился в 1891 г. в г. Тетюши Татарской АССР. Еще будучи студентом, он начал работать чертежником, затем техником и н. о. инженера в отделе земельных улучшений бывшего Министерства земледелия, одновременно участвуя в разработке проекта орошения долины р. Чу в Киргизии.

По окончании Ленинградского политехнического института, в 1918 г., В. Д. Жури́н направлен в Управление ирригационных работ в Туркестане. Здесь он стал активным участником разработки грандиозного проекта орошения 50 тыс. га земель Голодной степи.

С 1920 г. В. Д. Жури́н совмещает инженерную деятельность с педагогической, работая в Среднеазиатском Государственном университете (САГУ) и политехникуме водного хозяйства. Он был деканом инженерно-мелиоративного факультета САГУ. В этот период В. Д. Жури́н печатает ряд статей в журналах и монографиях по гидравлике, а в 1928 г. издается его курс практической гидравлики — учебное пособие для студентов вузов и техникумов.

В 1927 г. В. Д. Жури́на посылают за границу для изучения постановки исследовательских работ по гидравлике сооружений и водному хозяйству.

В 1925—26 гг. по инициативе и при непосредственном участии Владимира Дмитриевича в Ташкенте для изучения проблем водного хозяйства Средней Азии был организован первый в Средней Азии Опытно-исследовательский институт водного хозяйства (ОИИВХ) переимено-



В. Д. Жури́н

ванный в 1932 г. в Среднеазиатский научно-исследовательский институт ирригации (САНИИРИ). Автором проекта и первым директором института стал В. Д. Журин.

Разработанная В. Д. Журиным и опубликованная в 1926 г. структура института, задачи и направления научных исследований по всему комплексу проблем водного хозяйства не потеряли своего значения и поныне. В настоящее время ордена Трудового Красного Знамени Среднеазиатский научно-исследовательский институт ирригации Министерства мелиорации и водного хозяйства (САНИИРИ) носит имя В. Д. Журина и является крупным научным центром мелиоративной науки в Средней Азии.

В начале 30-х годов под руководством В. Д. Журина, бывшего тогда начальником проектного отдела на строительстве Беломоро-Балтийского водного пути, был разработан и осуществлен ряд оригинальных и очень экономичных конструкций плотин и водосбросов из местных материалов, способствовавших ускорению сооружения водного пути, строительство которого было осуществлено за 20 мес.

С 1932 по 1937 г. В. Д. Журин был начальником сначала проектного, затем технического отделов и зам. главного инженера Управления строительства Волго-Московского судоходного канала им. Москвы. Кипучая энергия и инженерный талант Владимира Дмитриевича помогли успешно решить очень сложную задачу по проектированию этого большого гидротехнического объекта, насчитывавшего 200 сооружений. Впервые в Советском Союзе проектировались крупные гидротехнические сооружения среднего напора на мягком основании. По инициативе В. Д. Журина была проведена разработка типовых проектов отдельных гидротехнических сооружений, узлов и деталей, созданы технические условия и инструкции на производство основных строительных работ.

Блестяще развернулась техническая мысль и организационные способности В. Д. Журина на строительстве гидроузлов на верхней Волге (Рыбинская и Угличская ГЭС), главным инженером которых он был с 1937 по 1942 г. Как технический руководитель строительства он поддерживал инициативу молодежного коллектива проектировщиков и способствовал созданию некоторых прогрессивных гидротехнических сооружений, например водоспуска на Волге у Рыбинска, шлюзов с очень высокими эксплуатационными показателями и гидростанций с колесами диаметром 9 м.

В 1938 г. им предложен индустриальный метод возведения железобетонных гидротехнических сооружений, заключавшийся в том, что стальная арматура собиралась при помощи сварки в крупные каркасы на арматурном дворе. Эти каркасы высотой 15—20 м устанавливали при помощи кабельных кранов, в СССР впервые примененных на строительстве. По контурам сооружения монтировались изготовленные на заводе сборных конструкций бетонные плиты-оболочки, которые служили опалубкой и являлись внешней облицовкой бетонного сооружения. В сочетании с подачей бетонной смеси прямо от бетонного завода к бетонируемым блокам при помощи ленточных транспортеров индустриальный метод возведения железобетонных гидротехнических сооружений позволил значительно ускорить строительство Верхне-волжских ГЭС и избавил строителей от трудоемких работ по деревянным лесам и опалубке и по уборке строительного мусора.

Благодаря постоянным заботам и настойчивости В. Д. Журина на этих стройках широкое распространение получила гидромеханизация. Впервые в СССР в таких больших объемах были выполнены способом гидромеханизации земляные плотины в русле рек Волги и Шексны и

очень длинные ограждающие дамбы, а также все площадки у судоходных сооружений и зданий гидростанций.

На строительстве Верхневолжских гидростанций под руководством В. Д. Журина и при поддержке бывшего начальника строительства Я. Д. Рапопорта выковались технические руководители и организаторы гидротехники, многие из них занимают сейчас командные посты в строительстве.

В начале Великой Отечественной войны В. Д. Жури́н был начальником одного из управлений оборонительных работ, а затем до 1946 г. — главным инженером строительства по расширению Нижнетагильского металлургического комбината, строительства Широковской ГЭС и Волгостроя.

В 1943 г. ему присвоено звание генерал-майора инженерно-технической службы. После окончания Отечественной войны, в 1946 г. Владимир Дмитриевич перешел на педагогическую работу и руководил кафедрой гидравлики и гидромеханизации Московского инженерно-строительного института им. В. В. Куйбышева, где создал новую специализацию в инженерном деле — гидромеханизацию. Кафедра развернула большую исследовательскую работу для подготовки теоретической базы гидромеханизации — этого важного метода производства земляных работ, самого эффективного на наших равнинных реках. В это же время он вел большую работу по подготовке молодых кадров ученых, руководя группой аспирантов и докторантов.

Еще в 1926 г. В. Д. Жури́н был утвержден в звании профессора, а в 1945 г. ему присвоена ученая степень доктора технических наук.

До 1953 г. В. Д. Жури́н возглавлял секцию водного хозяйства технического отделения Академии наук СССР.

Кипучая энергия, инженерная эрудиция, живая техническая мысль и организаторский талант В. Д. Журина способствовали созданию ряда крупных научных коллективов, которые успешно содействуют развитию гидротехники.

Тяжелая болезнь раньше времени оборвала большую жизнь талантливого инженера и блестящего организатора В. Д. Журина.

А. А. РАЧИНСКИЙ

ВОПРОСЫ ОРГАНИЗАЦИИ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ ИРРИГАЦИОННО-МЕЛИОРАТИВНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА¹

В настоящее время ирригационно-мелиоративное строительство в нашей стране осуществляется очень высокими темпами. За короткие сроки освоены огромные районы пустынных земель. Перспективы строительства еще более грандиозны. Освоение намеченных массивов может быть выполнено только при условии успешного решения очень трудных научно-технических проблем, к которым относятся изыскание и рациональное использование водных ресурсов; разработка эффективных комплексов мелиоративных мероприятий в связи с орошением земель, подверженных засолению; принципиально новые способы орошения и дренирования земель; новые материалы и конструкции для гидротехнических сооружений; комплексная механизация гидромелиоративного строительства и др.

Опыт орошения целинных земель Голодной степи, затянувшееся освоение земель в районах Центральной Ферганы и Муганской степи, серьезные препятствия к эффективному распространению орошения в районах Северного Кавказа свидетельствуют о том, что названные выше проблемы не имеют законченных и дифференцированных решений. В результате — недостаточно обоснованные проекты, трудности в процессе строительства и даже невозможность (из-за отсутствия разработанных методов) выполнения строительных операций, а также очень примитивные (а иногда и безответственные) формы эксплуатации мелиоративных систем и сооружений.

Стремясь форсированными темпами расширить площадь орошаемых земель, экономическая эффективность которых действительно очень высока, государство идет на большие капиталовложения в ирригационно-мелиоративное строительство. Достаточно сказать, что 1 га ирригационного и сельскохозяйственного освоения в Голодной степи стоит 3500—4000 руб. Необходимо выяснить причины, порождающие описанные затруднения.

Как правило, главную причину усматривают в слабости и недостаточности научных водохозяйственных исследований. При этом в последние годы особо отмечается неудовлетворительность мелиоративных исследований — в частности, не решены проблема предотвращения засоления орошаемых земель и вопросы, связанные с рациональным орошением в разных районах.

¹ Печатается в порядке обсуждения.

Нельзя сказать, что в настоящее время не уделяется внимания мелиоративным исследованиям. Ими занимаются научно-исследовательские институты гидротехники и мелиорации (в Средней Азии они есть в каждой республике), учебные гидромелиоративные институты, а в последнее время и проектные («Гипроводхоз», «Средазгипроводхлопок» и др.). Все больший интерес к мелиорации проявляют институты почвоведения, гидрогеологии, земледелия. В Голодной степи в 1962—1963 гг. функционировали отряды и экспедиции 24 учреждений, занимающихся вопросами мелиоративных и других научных исследований. В этой обстановке особенно остро ощущаются недостатки прежних экспериментов, результаты которых не оказывают существенного влияния на проектирование, строительство и эксплуатацию мелиоративных систем.

Главными из этих недостатков мы считаем следующие:

а) отсутствие комплексных мелиоративных станций, обеспеченных необходимыми научными кадрами, материальной базой, а также координации в деятельности учебных, научно-исследовательских и проектных институтов, тесной взаимосвязи и разграничения сфер научных работ по вопросам мелиорации между институтами почвоведения, гидрогеологии, земледелия и собственно мелиорации; б) дублирование тем исследований вместо четкого зонального изучения мелиоративных проблем; в) решение вопросов в отрыве от конкретных объектов или на основе кратковременных экспедиционных опытов; г) слабое внимание организации широких производственно-экспедиционных и мелиоративных исследований на действующих системах, а также вопросам научно-конструкторской работы в области новой техники орошения, дренажа, механизации гидромелиоративных работ.

Для ликвидации этих серьезных недостатков необходимо в корне перестроить работу институтов водных проблем и гидротехники: пересмотреть структуру институтов; материальную базу для исследований, которой они должны располагать; научные кадры и их положение; организовать правильное сотрудничество с проектными и учебными институтами водохозяйственного профиля; глубоко продумать ориентации исследований (эксперимент, производственная проверка и т. д.).

Задачи проектирования, строительства и эксплуатации можно разделить на три группы.

Первая — круг вопросов, связанных с изучением особенностей природного комплекса, — геологические, гидрогеологические, почвенно-мелиоративные, климатические, гидрологические условия объекта изучения; оценка этих условий на основании объективных мелиоративных показателей; определение водного солевого баланса, водно-солевого режима почво-грунтов и грунтовых вод и тех изменений, которые будут внесены в эти балансы и режимы в связи с развитием орошения.

Эти направленные работы обеспечивают конкретное научное изучение мелиоративных процессов, наблюдаемых на территории отдельных районов.

Вторая — вопросы, связанные с исследованием технико-экономических показателей и эффективности инженерно-мелиоративных сооружений, устройств, механизмов и их комплексов, т. е. разработка и испытание в производственной обстановке совокупности инженерных сооружений, машин, механизмов для создания оптимального водно-солевого режима на орошаемых массивах в соответствии с их природными особенностями. Условия водозабора, техника распределения воды в системе подводящих каналов, техника орошения, потребность в дренаже, техника дренирования рассматриваются в определенной взаимосвязи.

При этом исследуются возможности механизации и автоматизации главных процессов как при строительстве, так и в период эксплуатации — техника полива и техника дренирования территории.

Третья — вопросы по изучению эффективности агротехнических мероприятий и мелиораций общего комплекса (промывка засоленных земель, режим орошения сельхозкультур, планировка поливных участков, агротехнические мероприятия — удобрение, система обработки, севообороты и т. п.) исследуются на фоне определенных мелиоративных систем для выявления структуры водно-солевого баланса, а также технико-экономических показателей.

Если для решения первой и третьей групп вопросов нужно организовать комплексные мелиоративные исследования по определенным объектам, то решение второй группы в большинстве случаев разрешается специальными лабораторными опытами. Исследования должны быть организованы как для оценки инженерно-технических достоинств предлагаемых сооружений, машин, механизмов, так и для наблюдения за мелиоративными процессами на модельных установках в связи с работой тех или иных мелиоративных сооружений (горизонтальные дрены, насосные колодцы и т. п.).

Организационные и технические формы исследования должны обеспечить: а) тесную координацию и единую методику научных опытов в пределах аридной зоны; б) охват научными исследованиями всех зональных особенностей; в) эффективную работу в области создания новой техники орошения, дренажа и средств механизации мелиоративного строительства; г) четкое разграничение и взаимосвязь в работе учебных, научно-исследовательских и проектных институтов, а также институтов почвоведения, земледелия, гидрогеологии и водного хозяйства; д) эффективные лабораторные исследования в области мелиоративных процессов, конструкций и мелиоративных комплексов для разных зон; е) оперативное внедрение результатов исследований; ж) широкую информацию о ходе и итогах изучений.

Для такого обширного и разнообразного по природно-хозяйственным условиям Среднеазиатского экономического района наиболее рациональной нам представляется следующая структура.

1. Создание сети институтов водного хозяйства на базе существующих в республиках Средней Азии (САНИИРИ, ТуркмИВПиГ, Таджикский институт почвоведения и мелиорации, КиргИВХ). Один из них в Ташкенте является Главным институтом водного хозяйства аридной зоны (САНИИВХ). Остальные становятся зональными институтами республиканского значения.

Задачи Главного института (САНИИРИ): координация научных исследований в пределах всего района, методическое руководство ими, организация обобщающих опытов по вопросам испытаний. Кроме того, этот институт проводит научные работы в зоне равнинного и дельтового орошения.

КиргИВХ обеспечивает исследования по всем группам вопросов для районов горного и предгорного орошения; **ТуркмИВХ** — то же в пределах пустынных территорий и оазисного орошения в зоне пустынь; **ТаджИВХ** решает вопросы противоэрозионных мелиораций в горных и предгорных районах и проводит крупномасштабные мелиоративные обследования орошаемых районов.

2. Для эффективной работы по созданию новой техники орошения, дренажа и средств механизации мелиоративного строительства целесообразно иметь на территории района специализированные научно-исследовательские институты.

Рекомендуемый профиль этих институтов: 1) Научно-конструкторский институт новой техники орошения и дренажа; 2) Научно-конструкторский институт автоматики и телемеханики мелиоративных систем; 3) Научно-конструкторский институт комплексной механизации гидромелиоративного строительства.

Структура Головного института для обеспечения действительной координации и методического руководства всеми институтами в пределах экономического района должна предусматривать отделения мелиорации орошаемых земель, гидротехники, механизации гидромелиоративных работ, комплексных водохозяйственных проблем, а также научные советы каждого отделения.

В составе Головного института функционируют центральные лаборатории: мелиоративная, гидротехническая, строительных материалов, насосно-силового оборудования, средств автоматики и телемеханики, механизации гидромелиоративных работ, специальные лаборатории, полигон новой техники дренажа.

В зональных институтах создаются специальные лаборатории соответственно профилям этих институтов.

Головной и зональные институты для проведения опытно-производственных исследований в районах крупного ирригационно-мелиоративного строительства своих зон организуют работу комплексных мелиоративных станций.

Размещаясь на территории соответствующих объектов (Голодная степь, Каршинская степь, Чуйская долина и др.), комплексная мелиоративная станция охватывает научными исследованиями объект в целом. Для этого применительно к мелиоративным особенностям отдельных частей района на площади 250—1000—2500 га закладываются опытно-производственные системы (участки), имеющие определенное комплексное решение (сеть, техника орошения, дренаж, агротехнический комплекс).

Исследования организуются таким образом, что на основании полученных результатов можно проанализировать мелиоративные процессы и оценить эффективность мелиоративного комплекса и его элементов.

Особое место занимают вопросы раскрытия технико-экономических показателей, конструктивных решений (инженерно-технические научные испытания в полевых условиях).

Создание двух-четырех комплексных мелиоративных станций, непосредственно связанных с отдельными ИВХ, и функционирование их в период строительства обеспечивается суммой, предусмотренной в проекте.

Территориально станции (комплекс жилых и производственных помещений) размещаются в одном из совхозов (колхозов), где находится опытно-производственная система, запроектированная в районе. Хозяйства, имеющие на своей территории такие системы, объявляются опытно-производственными. Их особое положение регламентируется специальным положением об опытно-показательных хозяйствах, в котором специально оговариваются вопросы штатов, сдачи продукции, взаимоотношения научных сотрудников с администрацией совхозов и т. п.

Сеть сельскохозяйственных зональных станций, существующих в настоящее время в разных районах в системе СоюзНИХИ и республиканских институтах земледелия, сохраняется и используется для разработки агрокомплекса, решения вопросов селекции и т. п. Комплекс

сные мелиоративные станции становятся зональными, тесно связанными с наиболее важными хозяйственными объектами. Именно они служат задачам научно обоснованного районирования систем мелиоративных мероприятий.

В научно-методическом отношении они подчиняются соответствующим ИВХ.

В пределах отдельных зон (сфер деятельности зональных институтов) безусловно могут возникнуть как общие, так и частные вопросы мелиоративных исследований в связи с новым ирригационно-мелиоративным строительством и инженерным переустройством действующих мелиоративных систем и их реконструкций. Эти вопросы нужно решать экспедиционными исследованиями, выполняемыми на договорных началах за счет средств, предусмотренных в проекте, или производственными эксплуатационными опытами, которые, получая методическое руководство от ИВХ, выполняются эксплуатационным штатом систем. Для каждой зоны может быть составлен перспективный план этих исследований и обдумано их финансирование.

В качестве объектов исследований при решении гидротехнических, гидравлических, гидромелиоративных и других вопросов в производственных условиях для проверки технологических схем автоматизации и телемеханики управления рассредоточенными объектами в каждой зоне должны быть определены одна-две показательные мелиоративные системы (от водозабора до хозяйственных отводов), свойственные соответствующей зоне.

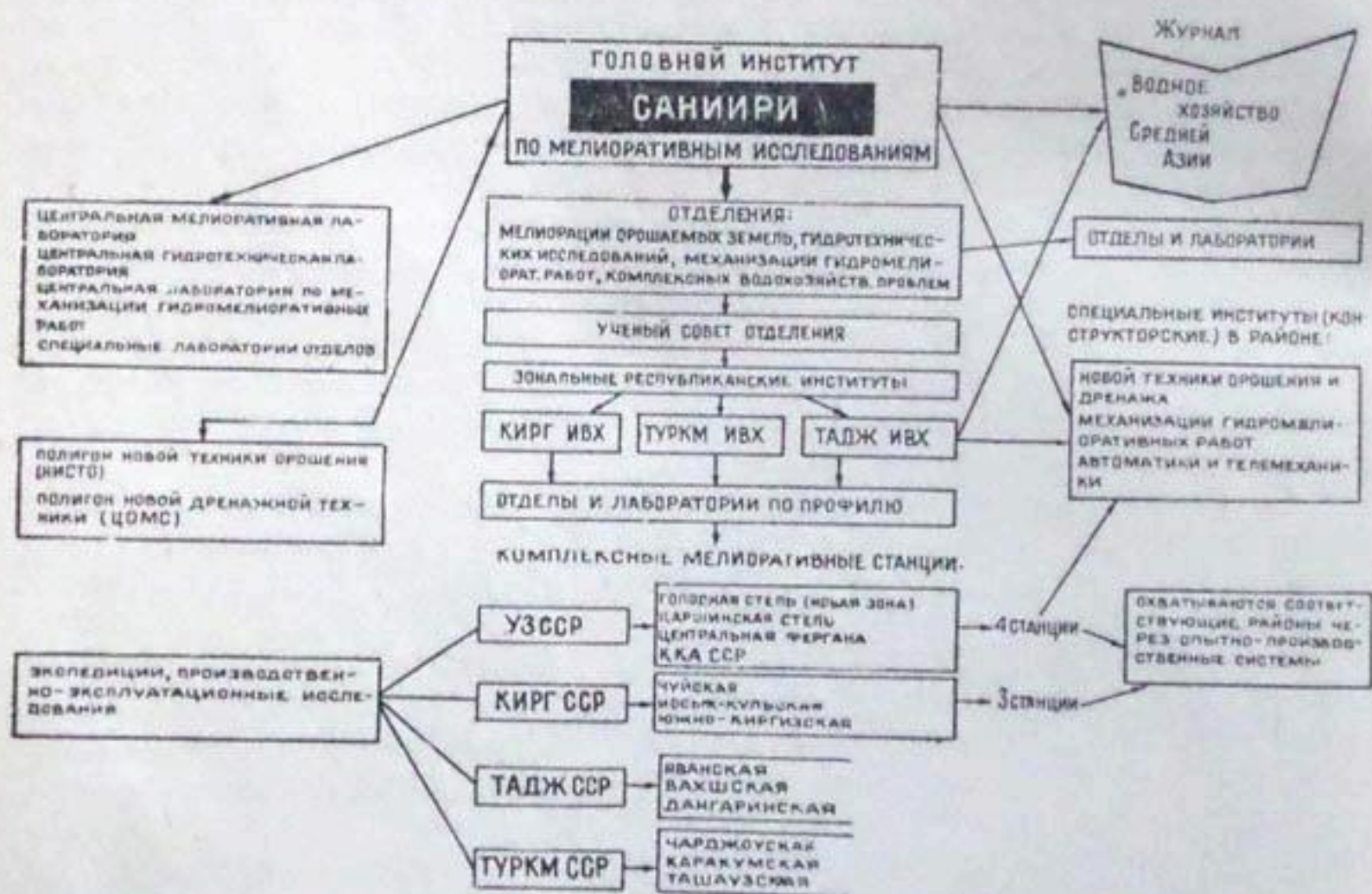


Рис. 1. Принципиальная структурная схема базы мелиоративных исследований в Среднеазиатских республиках.

Изложенные принципы целесообразных форм (организационных и технических) для Среднеазиатского района в целом иллюстрируются структурной схемой базы мелиоративных исследований (рис. 1).

Предполагаемая принципиальная схема организации водохозяйственных исследований в случае одобрения при претворении в жизнь потребует определенных расходов, связанных с дооборудованием институтов, их лабораторной базы, затрат на создание важнейшего звена этого плана — сети комплексных мелиоративных станций и опытно-производственных систем на них. Возрастут ежегодные расходы, связанные с содержанием штата, покрытием транспортных расходов, с приобретением инвентаря для полевых и лабораторных работ. Однако, как это подтверждается сделанными проработками, в процентном выражении от сумм, ежегодно вкладываемых в ирригационно-мелиоративное строительство и эксплуатационные мероприятия по среднеазиатским республикам, эти расходы составляют менее 1% — вряд ли можно оспаривать целесообразность такого расхода на научные исследования.

Следует решить вопрос о том, чтобы каждый крупный проект водохозяйственных и мелиоративных мероприятий содержал отчетливую программу научных исследований, выполнение которой, с одной стороны, обеспечивалось необходимым финансированием, а с другой — организованным претворением ее совместными усилиями научно-исследовательских и производственных организаций.

Г. С. ЧЕКУЛАЕВ

К ВОПРОСАМ РЕГУЛИРОВАНИЯ ВОДНОГО И СОЛЕВОГО РЕЖИМОВ АКТИВНОГО СЛОЯ ПОЛИВНЫХ ЗЕМЕЛЬ СРЕДНЕЙ АЗИИ¹

В земледелии мелиоративные мероприятия направлены в первую очередь на регулирование почвенной влаги и ее химизма, как основных факторов, обеспечивающих рост и урожай культурных растений.

Комплекс мелиоративных мероприятий включает в себя уменьшение поверхностного стока атмосферных осадков, улучшение физических и водных свойств почв обработкой их, химизацию, орошение и осушение.

В орошаемом земледелии эффективное применение этого сложного комплекса агро-и гидромелиоративных мероприятий требует знания закономерностей передвижения влаги и солей в почво-грунтах, на основе которых можно обеспечить почву влагой в потребном для растений количестве и качестве, а также правильно выбрать или разработать приемы, способы и средства эффективного регулирования водного и солевого режимов активного слоя почв и режима грунтовых вод.

РЕГУЛИРОВАНИЕ ВОДНОГО РЕЖИМА ПОЧВ

Закономерность передвижения влаги в почве и приемы ее регулирования. Согласно основам агрофизики [1], связь процессов передвижения влаги в почве с физическими условиями почвенной и внешней среды, а также приемы регулирования водного режима почв устанавливаются на основе принципов зональности, капиллярности и транспирации.

Теория и практика регулирования влаги в почве должна соответствовать климатическим, гидрогеологическим и почвенно-мелиоративным условиям территории, а также потребности данной культуры в воде. Это определяет **зональность факторов водного режима почв.**

Рост и урожай растений зависит от водного баланса, определяющегося соотношением скорости поступления воды из почвы в корни растений со скоростью транспирации. Следовательно, водный баланс устанавливает насыщение растений водой, т. е. интенсивность фотосинтеза.

Условия увлажнения почв и растений могут быть охарактеризованы в первом приближении отношением осадков и запасов влаги в почве к суммарному испарению.

Коэффициент обеспеченности влагой сельскохозяйственных культур

¹ Печатается в порядке обсуждения.

для всех природных зон СССР изменяется от 0,09 до 1,7. Этот показатель может быть положен в основу регулирования водного режима почв во всех районах.

В мелноративных районах с естественным увлажнением почв (коэффициент влагообеспеченности близок к единице) отмечается равенство скорости притока воды из почвы в растение и оттока ее из растения в атмосферу и тем самым обеспечивается высокая продуктивность земледелия.

В Средней Азии коэффициент естественной влагообеспеченности сельскохозяйственных культур колеблется в пределах 0,1—0,46, поэтому необходимо регулировать влагу в почве орошением.

Орошение дает возможность дополнить количество воды в почве, следовательно, обеспечить максимальную транспирацию; осушение — сбросить посредством дренажа излишнюю воду из почвы, которая не может быть использована при возделывании культур и поддерживать уровень грунтовых вод на оптимальной глубине по увлажнению и засолению активного слоя почв.

Влажность почвы — важнейший фактор в жизни растений. Содержание воды в почве и потенциал влаги определяют подвижность и доступность ее для растений. Используемая растениями почвенная влага передвигается преимущественно под влиянием градиента капиллярного потенциала. Капиллярный поток в почве равен произведению градиента капиллярного потенциала на влагопроводимость. Обе величины зависят от влажности и плотности почвы. По мере уменьшения влажности почвы градиент потенциала возрастает, а влагопроводимость убывает, вследствие чего их произведение (поток) длительное время сохраняется постоянным.

После достижения почвой некоторой критической влажности влагопроводимость ее начинает быстро убывать. Критическая влажность, при которой резко уменьшается скорость потока, зависит от механического состава почвы, ее структуры и плотности сложения и других факторов, влияющих на величину сорбционных и капиллярных сил почвы.

В почвах с развитой макроструктурой, имеющих плотность $1,2 \text{ г/см}^3$, критическая влажность, при которой прекращается капиллярное передвижение влаги от слоя к слою, составляет 90—95% от предельной полевой влагоемкости. В почвах и грунтах микроструктурных (лессы и лессовидные суглинки), характеризующихся обычно плотностью $1,4—1,6 \text{ г/см}^3$, критическая влажность для переноса влаги в жидком виде равна 60—70% от предельной полевой влагоемкости. В бесструктурных почвах и грунтах тяжелого механического состава (плотность 2 г/см^3) эта величина практически близка к полной влагоемкости, но скорость передвижения влаги ничтожно мала.

Связь воды с почвенными частицами в пределах суглинистых и глинистых почв подчиняется следующим закономерностям: абсолютные запасы воды при предельной полевой влагоемкости в почво-грунтах разной плотности равны; при влажности устойчивого завядания — пропорциональны истинной дисперсности (при данном механическом составе они обратно пропорциональны плотности); запасы доступной растениям влаги возрастают по мере увеличения степени агрегирования почвенных частиц, т. е. с уменьшением плотности почвы.

Эти закономерности, а также критическая влажность лежат в основе многих агрономических приемов.

Так, рыхление почв способствует сохранению и повышению содержания доступной влаги в почве за счет соответствующего уменьшения ко-

личества недоступной влаги. Однако рыхлением нельзя увеличить абсолютные запасы воды в почве, так как в равных объемах одной и той же почвы с разной плотностью абсолютные количества воды при предельной полевой влагоемкости одинаковы.

Поверхностное уплотнение почв понижает влажность (прекращается ток воды) и создает градиент плотности в пахотном слое, являющийся фактором усиления процесса конденсации.

Этот прием используется для подтока влаги из нижележащих слоев, в случаях недостатка ее в пахотном слое для прорастания семян.

Связь процесса транспирации и с внешними физическими факторами и физическими условиями в почве выражается следующими соотношениями:

1) при влажности почвы выше предельной полевой влагоемкости, транспирация и рост замедляются из-за недостатка кислорода вследствие нарушения обмена почвенного воздуха с приземным слоем атмосферы;

2) при предельной полевой влагоемкости поступление почвенной влаги и воздуха непрерывно. Уменьшение влажности почвы в интервале от предельной полевой влагоемкости до некоторой критической точки не влияет на скорость транспирации. Поток транспирации в этом интервале пропорционален внешним физическим факторам.

Численное значение критической точки, с которой происходит резкое снижение скорости транспирации, для тонкозернистых почв соответствует среднему значению влажности между предельной полевой влагоемкостью и влажностью полного завядания.

Ниже этой критической точки снижение тока транспирации сопровождается замедлением роста растений.

Из этих закономерностей вытекает ряд важных для практики земледелия следствий.

Поддержание влажности почвы выше среднего значения между предельной полевой влагоемкостью и влажностью завядания — необходимое условие, обеспечивающее наибольшую транспирацию, максимальные рост и урожайность сельскохозяйственных культур.

Потребность в воде может быть вычислена по величине испаряемости, мерой которой служит дефицит влажности воздуха, испарение с водной поверхности и другие показатели. При орошении оросительные и поливные нормы можно установить по разности между величиной испарения и запасами влаги в почве в сумме с атмосферными осадками и капиллярным притоком грунтовых вод.

При отсутствии орошения, когда влажность почвы в течение вегетационного периода ниже критической, для транспирации, в целях уменьшения величины испарения и повышения скорости конденсации, применяют лесополосы, кулисы и создают в почве слои разной плотности путем сочетания приемов рыхления с прикатыванием.

ЕСТЕСТВЕННАЯ ВЛАГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ И ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР В СРЕДНЕЙ АЗИИ

Естественную влагообеспеченность и водопотребление сельскохозяйственных растений можно рассчитать по формуле Блейни и Кридла с поправкой на запас влаги в почве, введенной С. Л. Миркиным [2]:

$$M = V - R = 0,458 K \Sigma p (t + 17,8) - R, \quad (1)$$

где M — недостаток естественной влагообеспеченности, мм;

V — водопотребление для нормального развития культуры, мм;
 p — доля продолжительности дневных часов в данном месяце от годовой их суммы, %;

t — средняя температура за месяц, °C;

R — атмосферные осадки за период вегетации культуры;

K — коэффициент интенсивности расходования воды культурой для хлопчатника и садов, равный 0,65, овощных культур — 0,60, зерновых — 0,75, кукурузы — 0,80, многолетних трав — 0,85, риса и природных зарослей — 1,20;

$M_0 = M - W$ (W — объем весенних запасов влаги, доступных для использования культурой, определяемой по данным агрометеорологических наблюдений, мм);

$A = \sum pt$ — показатель теплового режима $\alpha = 1 - \frac{M_0}{V}$;

α — показатель естественной влагообеспеченности сельскохозяйственных культур).

Показатели климатического районирования и параметров, входящих в расчетные формулы, приведены в табл. 1.

Формула (1) по структуре отражает принципы зональности и транспирации, однако она не учитывает капиллярного подпитывания активного слоя почв грунтовыми водами.

Для составления схем мелиоративных мероприятий можно рассчитывать нормы водопотребления сельскохозяйственных культур с учетом капиллярного подпитывания грунтовыми водами q_k по следующей зависимости:

$$V_0 = (V + q_{\text{гр}}) - (R + q_k + W), \quad (2)$$

где W — запасы доступной влаги;

V — водопотребление для нормального развития культуры, равное суммарному испарению (I);

$q_{\text{гр}}$ — сток гравитационных вод из активного слоя почв при поливах, что наблюдается при поверхностных способах полива по бороздам и затоплением;

R — атмосферные осадки;

q_k — приток капиллярной влаги из грунтовых вод.

Величина $V = I$ может быть подсчитана по формуле (1) или по другим формулам:

$$q_k = \frac{qN}{(H - 0,5h)^2}. \quad (3)$$

Здесь q — объемная скорость капиллярного потока,

H — глубина залегания грунтовых вод от поверхности земли;

h — глубина активного слоя почв, изменяющаяся от 0,3 до 1,2 м, в зависимости от вида растений и развития их корневой системы в период роста. Для пропашных культур (в том числе хлопчатника) $h = 0,5—0,8$ м (при полном развитии растений);

N — расчетный период, сутки.

СОЛЕВОЙ РЕЖИМ ПОЧВ И ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ НА ОПРЕСНЕНИЕ

Первоначальным источником легкорастворимых солей являются соли земных недр и продуктов выветривания коренных пород.

Хлориды и сульфаты натрия, магния и калия вследствие высокой растворимости в воде перемещаются в виде водных растворов подземных и поверхностных потоков.

Наименование показателей, характеризующих мелиоративные районы	Мелиоративные районы			
	Южный Казах-стан	Северо-Среднеазиат-ский	Центральный Среднеазиат-ский	Южный Сред-неазиатский
Индекс мелиоративного района	С-1	С-3	С-4	С-5
Зона естественного увлажнения	Сухая	Сухая	Сухая	Сухая
Природно-хозяйственный район	Север Юго-Западного Казахстана, юг Централь-ного Казах-стана	Юго-Запад-ный Казах-стан, Север-ный Узбеки-стан, север Туркмении	Юг Юго-за-падного Ка-захстана, Центральный Узбекистан, Северный Уз-бекистан	Южный Уз-бекистан, Южный Тад-жикистан, Южная Турк-мени
Сумма активного тепла выше 10°C	3940	4000	4600	5300
Атмосферные осадки, мм	100—300	70—600	150—400	100—500
Метеорологические станции, харак-теризующие мелиоративные рай-оны и их координаты (широты)	Кзыл-Орда 44°51'	Нукус, 42°27'	Коканд, 40°32'	Термез, 37°14'
Показатели водопотребления для нормального развития сельско-хозяйственных растений и есте-ственной влагообеспеченности:				
Зерновые (яровая пшеница)				
A	1213	1353	1133	1455
V	417	466	390	500
R	28	51	24	82
M	389	415	366	418
W	40	40	151	150
M ₀	349	375	215	268
α	0,16	0,11	0,45	0,46
Кукуруза				
A	1425	1947	2427	2020
V	512	713	890	740
R	25	30	34	41
M	487	683	856	699
W	40	40	142	137
M ₀	447	643	714	562
α	0,13	0,10	0,20	0,24
Травы многолетние				
A	2481	2047	2544	3214
V	956	722	992	1250
R	47	41	36	85
M	919	681	956	1165
W	40	40	138	131
M ₀	879	641	318	1034
α	0,09	0,11	0,18	0,17
Овощные культуры				
A	1945	1421	2427	1609
V	535	392	668	444
R	32	15	34	24
M	503	377	634	420
W	20	20	36	40
M ₀	483	357	598	380
α	0,10	0,09	0,10	0,14
Хлопчатник				
A	1195,6	1243,2	1317,0	1461
V	666	682	700	744
R	44	38	31	30
M	622	644	669	714

При замедленном движении грунтовых вод и их испарении в них, а также в почво-грунтах происходит процесс соленакопления.

Эти условия характерны для континентальных и приморских низменностей аллювиальных равнин, сухих и действующих дельт крупных рек, где расположены основные массивы засоленных земель — объектов старого и нового орошения.

Орошение этих земель повышает уровень грунтовых вод и усиливает процесс их испарения, а также перераспределения концентрации

солей в почво-грунтовой толще под воздействием фильтрационных вод каналов и полей.

По В. А. Ковда, наибольшей токсичностью для растений в почвах отличаются бикарбонаты щелочей (сода), затем хлориды и нитраты щелочей; наименее — сульфаты. Смеси солей всегда менее токсичны, чем их более чистые скопления.

При хлоридном засолении заметное угнетение растений начинается при содержании хлор-иона в почве в количестве 0,05—0,01%. В условиях содержания солей в количестве 0,4—0,8% культурные растения дают пониженный урожай, а при 1,5% и выше большинство сельскохозяйственных растений не развивается.

Оптимальная концентрация легкорастворимых солей в почвенных растворах орошаемых земель находится в пределах 3—5 г/л.

Концентрация свыше 5—6 г/л вызывает слабое угнетение культурных растений; 10—12 г/л — сильное; при концентрации 20—25 г/л растения гибнут.

Показатели степени засоленности почв и в зависимости от них снижения урожайности хлопчатника, по данным Гипроводхоза [3], приведены в табл. 2.

Таблица 2

Показатель	Засоленность почв на толщ 0—50 см, ‰				
	незасоленные	слабозасоленные	среднезасоленные	сильнозасоленные	солончаки
Плотный остаток	0,1—0,6	0,1—1,2	0,3—1,5	0,5—2,0	1—2
Cl	0,005	0,005—0,01	0,01—0,06	0,05—0,15	0,05—0,1
SO ₄	0,03—0,05	0,03—0,6	0,1—0,8	0,3—1,2	0,5—1,5
Снижение урожайности хлопчатника в процентах от урожайности 25 ц/га, принятой за 100%	0	20—30	40—60	60—100	100

Режим засоления и опреснения активного слоя почв поливного участка за расчетный период могут быть выражены уравнением:

$$S_H - S_K = \pm \Delta S = m_1 V + m_2 R + m_3 q_K - m_4 U - m_5 q_{гр}, \quad (4)$$

где S_H — начальные запасы солей,

S_K — конечные запасы солей,

$\pm \Delta S$ — разность запасов солей,

V — водоподача на орошение,

R — атмосферные осадки,

q_K — капиллярный приток грунтовых вод,

U — суммарное испарение,

$q_{гр}$ — отток гравитационных вод активного слоя,

m_{1-5} — минерализация V , R , q_K , U и $q_{гр}$.

Из уравнения (4), по характеру действия и роли его составляющих в процессах соленакопления и опреснения почв, можно сделать следующее заключение:

1) восходящие токи, создаваемые испарением почвенной влаги, пополняемой атмосферными осадками, оросительной и грунтовой водой

при капиллярном подпитывании,— постоянно действующий фактор на всей территории орошаемых земель в течение всего года. Во время проведения поливов и выпадения осадков создаются нисходящие токи: действие и интенсивность их определяются продолжительностью, нормой, сроками, способом полива и величиной осадков. Поверхностное затопление — наиболее эффективный способ полива; создаются равномерные по площади и требуемой продолжительности и интенсивности нисходящие токи, широко используемые для опреснения почв и грунтовых вод.

Для опреснения активного слоя почв и снижения интенсивности соленакпления необходимо соблюдать условия, когда

$$q_{гв} \geq V + R + q_k - U \pm \Delta b. \quad (5)$$

Это является основой промывного режима орошения;

2) потребность воды для промывки избыточных солей в почве при поливе затоплением может быть определена по следующей формуле, полученной по материалам исследований О. А. Грабовской [4]:

$$Q = 5S^2B + d + U - R, \quad (6)$$

где Q — потребность воды для промывки заданного слоя почвы, $м^3/га$;

S — количество хлора, подлежащего вымыву в долях от его запаса перед промывкой, принятого за 1;

B — предельная полевая влагоемкость промываемого слоя почвы, $м^3/га$;

d — дефицит капиллярной влагоемкости перед началом промывки в промываемом слое почвы, $м^3/га$;

U — суммарное испарение с промываемого поля за период промывки, $м^3/га$;

R — атмосферные осадки за период промывки, $м^3/га$.

Ниже приведены общие промывные нормы при $h_0 = 1 м$, $B = 3000 м^3/га$ и $d = 1000 м^3/га$ без учета испарения и осадков при значениях S равных 0,45; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,85; 0,9; 0,95; 0,98, которые соответственно составляют 4,0; 4,8; 6,4; 8,4; 10,6; 11,8; 13,2; 14,5 и 15,4 тыс. $м^3/га$.

3) По данным полевых исследований (5), в Ферганской долине поддержание опресненного состояния активного слоя почв в вегетационный период в условиях применяемого режима орошения и способа полива возможно при следующих уровнях и минерализации грунтовых вод:

$$H_{min} = (0,1 Cl + 0,11) m + 1. \quad (7)$$

Здесь H_{min} — минимальная (критическая) глубина залегания грунтовых вод, м,

m — минерализация грунтовых вод по плотному остатку, г/л,

Cl — содержание хлора в грунтовых водах в долях плотного остатка, принятого за единицу.

В табл. 3 приведены минимальные глубины, подсчитанные по формуле (7).

Данные табл. 3 указывают на возможность поддержания в опресненном состоянии активного слоя почв путем снижения уровней грунтовых вод и их минерализации.

Таблица 3

Доля Cl от m , принятого за 1	Минимальная критическая глубина грунтовых вод, м				
	m , г/г				
	3	5	7	10	20
0,1	1,4	1,6	1,8	2,2	3,4
0,2	1,4	1,7	1,9	2,3	3,6
0,3	1,4	1,7	2,0	2,4	3,8
0,4	1,4	1,8	2,1	2,5	4,0

ДРЕНАЖ И ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ ПРИ ОРОШЕНИИ ЗАСОЛЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ

Недостаточная естественная дренированность земель, применение промывного режима орошения, фильтрационные потери воды из каналов вызывают подъем грунтовых вод, а следовательно, и необходимость регулирования их уровня по отношению к активному слою.

Общепризнанное научное и экономическое обоснование оптимального положения уровня минерализованных грунтовых вод по отношению к активному слою отсутствует. Между тем этот показатель является исходным при проектировании размеров водоподачи в оросительную систему поливного режима, способа полива, типов и конструкций дренажной системы, а также при применении антифильтрационных мероприятий на оросительных каналах и поливных полях.

Можно выделить три характерных положения уровней минерализованных грунтовых вод по отношению к активному слою, которые определяют состав мелиоративных мероприятий и технические средства регулирования.

1. Ведение орошаемого земледелия на фоне неглубокого залегания грунтовых вод с капиллярным подпитыванием активного слоя почв и допустимым размером соленакопления в период вегетации растений, а также с удалением избытка солей промывными поливами в невегетационный период — наиболее распространенный способ мелиорации засоленных земель.

Поддержание допустимой степени засоления в вегетационный период осуществляется промывным режимом орошения и понижением уровня грунтовых вод путем ограничения размеров водоподачи в систему, а также дренажом. Лимитирование размера водоподачи в бездренажных условиях ведет к неполному использованию орошаемых земель и сокращению водопотребления на орошение и опреснение почв, что вызывает переложное землеиспользование с низким коэффициентом поливной площади (0,25—0,4).

Полное и продуктивное использование засоленных земель оросительных систем связано с дренажом, в задачу которого входит отвод избыточных гравитационных грунтовых вод промывного режима орошения и поддержание их уровней на оптимальной глубине.

Дренажные устройства в виде открытых заглубленных каналов широко применяются на орошаемых землях Средней Азии, а в последние годы развитие этих систем сопровождается применением закрытых горизонтальных трубчатых дрен.

Применение и развитие дренажно-коллекторной сети обусловлено ее мелиоративной эффективностью, повышающейся с увеличением глубины и густоты заложения дрен и водоподачей на опреснение.

Установление экономически выгодного сочетания глубины и густоты заложения дрен и водопотребления на опреснение и орошение в различных гидрогеологических, почвенно-мелиоративных и хозяйственных условиях, а также усовершенствование конструкций дрен и механизация их строительства и ремонта — основная задача в деле развития и повышения эффективности дренажа.

При промывном режиме орошения необходимы мероприятия по снижению водоподдачи в системы за счет упорядочения водопользования, применения совершенных способов и техники полива и антифильтрационных средств на оросительных каналах.

2. Ведение орошаемого земледелия на искусственно дренированных землях с поддержанием уровня грунтовых вод на глубине ниже минимальной по засолению и создание условий, подобных естественно дренированным землям предгорных зон и речных террас, где нет явлений вторичного засоления.

Эти условия можно создать системой глубоких вертикальных дрен с механической откачкой грунтовых вод (вертикальный дренаж).

3. Применяемые дренажи следует рассматривать как первый этап в развитии технических средств борьбы с засолением и заболачиванием земель.

Возможны и другие технические средства и конструктивные решения дренажных устройств, от которых следует ожидать более комплексного и надежного разрешения проблемы вторичного засоления почв, снижения водопотребления, полного и высокопродуктивного использования поливных земель.

Опыт гидропонного орошения указывает на возможность ведения орошаемого земледелия на активном слое почвы, изолированном от нижележащих почво-грунтов и подземных вод. Изолированный активный слой почвы должен быть дренирован системой частых трубчатых дрен, расположенных на искусственном водоупоре (экране).

Эффективность такой системы мелиорации земель обоснована следующими соображениями, подтверждаемыми расчетами.

Весь комплекс гидротехнических и агротехнических мероприятий сосредоточивается только на активном слое почвы, непосредственно участвующем в создании урожая сельскохозяйственных культур, без вовлечения в сферу действия мелиоративных мероприятий подстилающей толщи почво-грунтов и подземных вод с неограниченными запасами солей.

При наличии гидроизоляции и частого дренажа в активном слое почвы можно регулировать всеми основными факторами почвенной среды, влияющими на урожайность растений; к ним относятся режимы: водный, солевой, минеральный (удобрения), воздушный и тепловой.

Наличие антифильтрационных устройств на каналах и полях снижает общее водопотребление на оросительных системах до величины суммарного испарения.

Уменьшаются затраты на ирригационно-мелиоративное строительство и издержки эксплуатации.

Представляется возможность использования земель с низкой водоудерживающей способностью и высокой водоотдачей (пески и др.).

Применение этого способа мелиорации связано с изысканием дешевых и долговечных материалов для гидроизоляции и дрен с проектированием и изготовлением машин для их укладки, с разработкой поливных режимов, техники полива и агротехники возделывания хлопчатника и других культур, а также с проверкой эффективности в различных природных и хозяйственных условиях.

Таблица 4

Показатель	Размерность	Величина показателей			
		А	Б	В	Г
Количество солей в 5-метровом слое почвы	%	До 4	До 4	До 4	До 4
Проектная глубина опреснения почвы	м	3	3	2	1
Потребность в воде для первичного опреснения метрового слоя почвы	тыс. м ³ /га	10	10	10	10
Потребность в воде для опреснения почвы на проектную глубину (мелиоративный период)	«	60	60	30	10
Суммарное испарение за год	«	12	11	10	10
Суммарное испарение за вегетационный период	«	8	8	6,5	6,5
Потребность в воде для вегетационных поливов (без атмосферных осадков)	«	6	6	6	6
Водопотребление растений из грунтовых вод	«	1,5	1,5	—	—
Фильтрационные потери воды на полях при вегетационных поливах	«	1,5	1,5	0,5	0,5
Фильтрационные потери из оросительных каналов и коллекторно-сбросной сети	«	2	1	0,5	0,5
Опреснительные поливы невегетационного периода (с учетом осадков)	«	3	3	2	—
Оросительная норма вегетационных поливов	«	6	6	6,5	6,5
Общее годовое водопотребление	«	9	8	8,5	7,5
Разность притока и оттока подземных вод	«	1	1	1	1
Сборные воды (10—12% от годового водопотребления)	тыс. м ³ /га	1	1	0,8	0,8
Общее поступление поверхностной воды в систему (без сброса)	«	12	11	10,5	8,8
Коэффициент поливной площади	—	0,85	0,85	0,9	0,9
Коэффициент экранирования поливной площади	—	—	—	—	0,8
Дренажный сток	л/сек/га	0,21	0,15	0,1	0,04

В табл. 4 приведены ориентировочные величины показателей эффективности нижеперечисленных технических средств регулирования уровней грунтовых вод по затратам воды на опреснение и увлажнение почв поливами способом затопления и по бороздам на примере природных и хозяйственных условий Голодной степи.

«А» — оросительные каналы в земляных руслах и самотечный горизонтальный дренаж, поддерживающий уровень грунтовых вод поливных участков на глубине 1,5—2,0 м с минерализацией < 5 г/л;

«Б» — оросительные каналы с антифильтрационными экранами и самотечный горизонтальный дренаж, поддерживающий уровень грунтовых вод на глубине 1,5—2,0 м с минерализацией ≤ 5 г/л;

«В» — оросительные и сбросные каналы с антифильтрационными экранами и вертикальный дренаж, поддерживающий уровень грунтовых вод на глубине $H = h + h_k$, где h_k — максимальная высота капиллярного поднятия и h — глубина активного слоя почв. При этих требованиях $H > 5—8$ м;

«Г» — оросительные и сбросные каналы и поливные участки с антифильтрационными экранами и самотечный горизонтальный дренаж в активном слое почв. Антифильтрационные экраны на полях закладываются на глубине $h_{\max} = 0,8—1,2$ м; горизонтальные дрены — над экраном.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вершинин П. В., Мельникова М. К., Мичурин Б. Н., Поясов П. П., Мошков Б. С., Чудновский А. Ф. Основы агрофизики (под ред. акад. А. Ф. Иоффе), М., Физмат, ГИЗ, 1959.
 2. Миркин С. Л. Водные мелиорации СССР и пути их развития, М., Изд-во АН СССР, 1960.
 3. Тезисы доклада Гирроводхоза на Всесоюзной научно-технической конференции по вопросам улучшения мелиоративного состояния орошаемых земель Средней Азии, Южного Казахстана и Азербайджана, М., изд. Госземводхоза СССР, 1964.
 4. Грабовская О. А. Процессы рассоления почв долины Южного Таджикистана при мелиорации, Душанбе, Изд-во АН ТаджССР, 1961.
 5. Енгулатов И. А., Еременко Г. В., Усманов А. О проектной или критической глубине грунтовых вод «Гидротехника и мелиорация», М., Издание МСХ и ММ и ВХ СССР, 1964, № 7.
 6. Рачинский А. А. О дренаже в районах орошения, Труды ТИИМСХ, выпуск XVI, Ташкент, изд. ТИИМСХ, 1960.
 7. Чекулаев Г. С. Новые средства предупреждения и ликвидации засоления активного слоя почв и снижения водопотребления. Тезисы XXIII Научно-производственной конференции профессорско-преподавательского состава, Ташкент, изд. ТИИМСХ, 1964.
 8. Легостаев В. М. Мелиорация засоленных земель, Ташкент, Госиздат, 1959.
-

Н. М. РЕШЕТКИНА

ВЕРТИКАЛЬНЫЙ ДРЕНАЖ НА ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЛЯХ АРИДНОЙ ЗОНЫ

Вертикальный дренаж (с откачкой) — элемент комплекса мелиоративных и агротехнических мероприятий, участвующих в формировании проектируемого почвообразовательного процесса, в частности водно-солевого баланса для значительных территорий, подлежащих сельскохозяйственной эксплуатации. По целям и масштабам он принципиально отличается от локального водопонижения.

Спецификой вертикального дренажа является также активное воздействие на огромные площади водовмещающих пород (на десятки и сотни метров), чем он существенно отличается от горизонтального дренажа. Успех его применения и расчетные параметры, в первую очередь, определяются гидрогеологическими условиями.

Особенности гидрогеологии аридной зоны. Значительная часть орошаемых и намеченных к орошению земель, требующих дренажа в связи с засолением, расположена в области контакта двух крупных геоструктурных зон — горноскладчатой (с проявлением новейших тектонических движений) и платформенной — низменные пустыни. В этих зонах формируется, как мы его называли, верхний ярус подземных вод, единый в своем питании и режиме, отделенный обычно регионально развитыми глинами неогена или палеогена от нижележащих водоносных горизонтов.

Характер верхнего яруса подземных вод резко отличается в двух гидрогеологических зонах (табл. 1).

Первая зона характеризуется большими мощностями крупно-обломочных отложений, увеличением минерализации подземных вод от гор к равнине и к центру депрессий, а в последних — закономерным уменьшением минерализации вниз по профилю и увеличением в этом же направлении напоров.

Верхний ярус рассматриваемой зоны — крупный аккумулятор пресных подземных вод, образующихся в результате притока из горной области и инфильтрации поверхностных вод и атмосферных осадков в краевых частях предгорных равнин, котловин, долин.

Длительный процесс расходования подземных вод на суммарное испарение в центральных равнинных частях привели к накоплению солей в верхних частях почво-грунтовой толщи, тогда как глубинные подземные воды, питающие напорной фильтрацией верхние слои, пресные.

Вертикальный дренаж в этой зоне извлечет для орошения пресные подземные воды, ранее расходовавшиеся на испарение, тем самым снизит пьезометрические напоры глубинных водоносных горизонтов и создаст условия для рассоления почво-грунтов и грунтовых вод (орошение и промывки).

Классификация природных подземных водохранилищ верхнего яруса подземных вод Узбекистана

Гидрогеологические зоны	Бассейны 1-го порядка (типа)	Потоки и бассейны 2-го порядка (классы)	Потоки и бассейны 3-го порядка (виды)
I зона предгорных шлейфов, предгорных равнин, межгорных котловин и долин (складчатая область)	Межгорные (напр. Ферганский) $H \approx 1000$ м	Пролувиально-равнинные (подгорно-веерные) (напр. предгорные равнины южной и северной Ферганы)	Речные (напр. Сохский, Исфаринский) $q = 200 - 1000$; $K = 80 - 100$
		Аллювиально-равнинные (равнинно-долинные) (напр. Нарын-Карадарьинский аллювиальный бассейн)	Суходольные (напр. Гава-сайский) $q = 20 - 100$; $K = 2 - 20$
Нижняя граница верхнего яруса — глины континентального неогена $\frac{C}{H} > 1$	Предгорные (напр. Голодностепский) $H \approx 300 - 500$ м	Пролувиально-равнинные (подгорно-веерные) (напр. предгорная равнина Туркестанского хребта)	Речные (напр. Чирчик-Ангренский, Санзарский) $q = 200 - 1000$; $K = 50 - 100$
		Аллювиально-равнинные (равнинно-долинные) (напр. Голодностепский аллювиальный)	Суходольные $q = 20 - 100$; $K = 2 - 20$
II зона низменных пустынных равнин (платформенная область) Нижняя граница верхнего яруса — глины морского палеогена $\frac{C}{H} < 1$	Погребенные структурно-эрозионные $H \approx 50 - 200$ м	Аллювиально-равнинные (напр. Каракумский)	Аллювиальные равнины разного возраста $q = 10 - 50$; $K = 0,5 - 10$ Эолово-песчаные
		Дельтовые (напр. низовье Амударьи)	Дельты разного возраста (напр. Хорезмская, Сарыкамышская, современная) $q = 5 - 20$; $K = 0,2 - 5$ Эолово-песчаные

Примечание. C — подземный сток; H — суммарное испарение подземных вод; q — средний единичный (на 1 км) расход сечения потока верхнего яруса, л/сек; K — средний коэффициент фильтрации водоносных толщ, м/сутки; H — мощность верхнего яруса, м.

Вторая зона — зона равновесия подземного стока и испарения (по О. К. Ланге) — характеризуется малыми мощностями верхнего яруса (десятки метров), отсутствием крупнообломочного материала в разрезах, общей высокой минерализацией подземных вод по всему профилю, с опреснением их верхнего слоя в зоне действия поверхностных водотоков и искусственного орошения. Вертикальный дренаж здесь может применяться в основном как рассолительное мероприятие с откачиванием и сбросом соленых вод за пределы орошаемых оазисов.

В каждой зоне на основании структурно-геоморфологических, генетических и литологических признаков выделяются гидрогеологические бассейны 1, 2, 3-го порядков, являющиеся для систем вертикального дренажа своего рода подземными водохранилищами (табл. 1).

Водно-солевой баланс каждого гидрогеологического бассейна складывается своеобразно в процессе его геологического развития.

Все бассейны первой зоны находятся в настоящее время в стадии рассоления; вынос солей здесь уже длительное время направлен в сторону второй зоны — арены естественного соленакопления (табл. 2, 3).

Однако процесс рассоления идет очень медленно, а запасы солей, сосредоточенные в мощных верхних мелкоземистых толщах, измеряются тысячами т/га.

Таблица 2

Структура баланса подземных вод Ферганского гидрогеологического бассейна

Приход, млн. м³ в год		Расход, млн. м³ в год	
Приток подземных вод из горной области	3,800	Родниковое выклинивание (используемые внутри котловины)	2,055
Образование подземных вод внутри котловины за счет инфильтрации ирригационных вод, а также атмосферных осадков	9,180	Сток в Сырдарью: подземный	4,745
		по коллекторам	1,770
		Испарение и транспирация грунтовых вод	3,910
		Подземный сток	500
Итого	12,980		12,980

Таблица 3

Солевой баланс Ферганской котловины

Приход, тыс. т		Расход, тыс. т	
С поверхностным стоком	8,426	С поверхностным стоком	9,127
С подземным стоком	1,140	Потребление растениями	1,083
Сельскохозяйственные удобрения	50	Подземный сток	1,500
Итого	9,566		11,710

Частные солевые балансы отдельных бассейнов и потоков могут и в данном случае складываться положительно, как это наблюдается, например, в Центральном-Ферганском бассейне.

Для бассейнов второй зоны общие и частные солевые балансы, как правило, складываются положительно. Так, в структуре баланса подземных вод дельты Амударьи приход состоит из инфильтрации из Амударьи (русло) — 5—10%, инфильтрации вод разливов реки — 10—15%, ирригационных вод — 80%; расход — из подземного стока — 3—5%; транспирации и испарения — 95—97%.

Таким образом, в первой зоне задачей вертикального дренажа является исправление частных солевых балансов внутри бассейнов и одновременно извлечение пресных подземных вод на орошение; во второй — более сложная и трудная — исправление общего неблагоприятного солевого баланса. Конкретные решения должны быть предметом специальных проектно-исследовательских работ по каждому объекту.

Проектирование вертикального дренажа — это сложное комплексное исследование, базирующееся на всестороннем знании природы объекта и потому индивидуальное для каждого массива. В качестве основного способа изучения нами применяется метод встречных анализов (сочетание в определенном порядке приемов естественно-исторического анализа с инженерными водохозяйственными расчетами), со следующим порядком проектирования:

- а) установление гидрогеологической схемы расчета;
- б) анализ водного и солевого балансов и выявление взаимосвязи между отдельными элементами;
- в) выяснение деталей строения бассейна подземных вод, определяющих разную степень его природной дренированности;
- г) районирование начальных запасов солей в почво-грунтах и грунтовых водах;
- д) выбор и обоснование проектного мелиоративного режима;
- е) составление проектных водно-солевых балансов и определение комплекса оптимальных инженерно-мелиоративных устройств и агротехнических мероприятий для его поддержания (на основании проектного водно-солевого баланса выводится общая мощность дренажа или суммарная производительность откачек);
- ж) районирование территории по дренажному модулю (на основании проработок пунктов «в» и «г»);
- з) районирование территории по деталям литологического строения и определение конструкции и дебитов колодцев для выделенных районов;
- п) установление густоты дренажа и размещения колодцев в плане (по пунктам «ж» и «з»);
- к) составление проекта эксплуатации системы в соответствии с выбранным мелиоративным режимом в зависимости от режима орошения, промывок и пр.;
- л) проверка дренированности (проектной) по отдельным районам и составление прогнозных солевых балансов (суммарных) для покровных мелкоземов, зоны аэрации и корнеобитаемого слоя; если один из видов баланса или дренированность какой-либо части массива оказывается недостаточной, расчет повторяется при новом режиме откачки или увеличенной мощности дренажа; иногда достаточно откорректировать размещение колодцев. Подробно смотрите в работах [1, 2].

Попытки проектирования любого дренажа, тем более вертикального, основанные на одном-двух критериях (колебаниях уровня грунтовых вод, «критическом уровне», коэффициенте водопроводимости, «водном балансе») никогда не давали положительного эффекта из-за недоучета других, не менее важных факторов.

Проектный мелиоративный режим и вертикальный дренаж. Проектный мелиоративный режим, определяющий в дальнейшем весь ход проектирования системы мелиоративных и агротехнических мероприятий, в том числе основные параметры и режим работы вертикального дренажа, выбирается исходя из технических возможностей и экономической целесообразности в зависимости от конкретных природных условий объекта. Цель проектного мелиоративного режима — формирование или поддержание почвообразовательного процесса, который отвечает природным условиям данного района; одновременно он должен обеспечивать наиболее низкий коэффициент водопотребления, т. е. наименьший расход воды на единицу продукции сельскохозяйственных культур, при

оптимальном водно-солевом балансе корнеобитаемого слоя, зоны аэрации массива и орошаемой территории в целом.

Так, для одного из наиболее крупных массивов в Средней Азии — Голодной степи, где в настоящее время интенсивно развивается орошение на новой индустриальной базе, — перспективны три мелиоративных режима: сероземный (автоморфный), сероземно-луговой (автоморфно-гидроморфный) и луговой (гидроморфный).

При сероземном режиме требуется понижение уровня грунтовых вод, если они залегают близко, или поддержание их уровня на таких глубинах, откуда практически они не оказывали бы влияния на почвы. Технически подобный режим на орошаемых территориях (слабо дренированных или недренированных) может быть создан лишь на фоне вертикального дренажа.

На первично засоленных землях вертикальный дренаж в период капитальных промывок целесообразно сочетать с открытым густым временным горизонтальным дренажом. В последующем, при поддержании сероземного режима, дренажный сток должен составлять минимальную величину от водоподачи. Таким образом, в этом случае особенно необходим и оправдан комплекс антифильтрационных мероприятий и самый жесткий режим орошения.

250 тыс. га земель центральной равнины Голодной степи (рис. 1) — незасоленные с поверхности светлые, глубокосолончаковатые (с 1—1,5 м) сероземы с солеными грунтовыми водами, лежащими на глубине 15—20 м и глубже. Это стыковая зона подгорной равнины, расстилающейся к северу от Туркестанского хребта, и аллювиального бассейна р. Сырдарьи; сложена слоистой песчано-суглинистой толщей мощностью 300 м и более. Солевой профиль почво-грунтов свидетельствует о значительных накоплениях первичных запасов солей. В настоящее время (до развития орошения) природные поступления подземных вод на эту территорию со стороны предгорий ничтожны и измеряются десятками кубометров в год на осредненный гектар. Возможности подземного стока также крайне ограничены в связи с малыми коэффициентами фильтрации (0,5—5 м/сутки) и уклонами (до 0,0001).

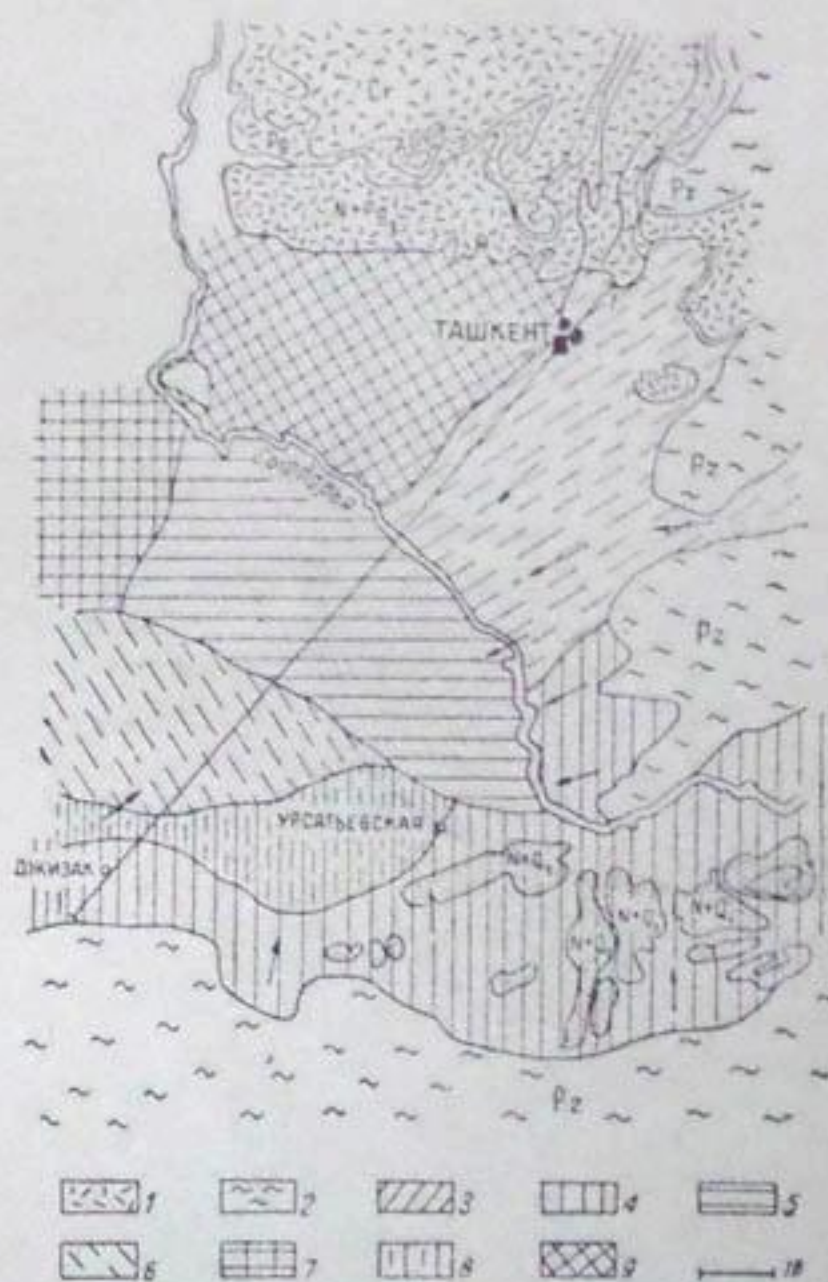


Рис. 1. Голодостепский гидрогеологический бассейн:

- 1 — область питания водоносных горизонтов Sr , Pd , N на площадях выхода этих пород на дневную поверхность; 2 — область питания всех водоносных горизонтов в местах контакта их с породами палеозоя, слагающими горные сооружения; 3 — Чирчик-Ангренский аллювиальный поток с расходом 75—100 м³/сек; 4 — потоки предгорных равнин с расходом 0,05—0,5 м³/сек на 1 км фронта; 5 — голодостепский аллювиальный бассейн; 6 — область рассеивания потоков предгорной равнины «Водораздел»; 7 — зона слабого стока подземных вод аллювиального бассейна в Кызылкумы; 8 — область частичного выклинивания и разгрузки подземных потоков предгорной равнины; 9 — область, бедная подземными водами в четвертичных отложениях; 10 — линия геологического разреза.

поступления подземных вод на эту территорию со стороны предгорий ничтожны и измеряются десятками кубометров в год на осредненный гектар. Возможности подземного стока также крайне ограничены в связи с малыми коэффициентами фильтрации (0,5—5 м/сутки) и уклонами (до 0,0001).

В таких условиях орошение земель, даже если в дальнейшем оно будет сопровождаться строительством горизонтального дренажа, может столкнуться с процессом вторичного засоления и необходимостью проведения сложных мелиораций (промывок грузными нормами, строительства временного густого дренажа и т. д.). Опыт начавшегося в Голодной степи освоения показывает, что в связи с быстрым темпом ввода орошаемых земель в сельскохозяйственный оборот, уровень грунтовых вод поднимается до 2 м в год. Поэтому приступили к строительству вертикального дренажа. Цель разрядки его в описанных условиях — поддержание естественного сероземного процесса почвообразования и сохранение соленых грунтовых вод на глубине более 10 м. В этом случае дренаж будет откачивать, по существу, только потери ирригационных вод; естественные притоки очень малы, в пределах точности расчетов.

Потери оросительной воды на фильтрацию, достигающие уровня грунтовых вод, по нашим подсчетам составят не более 1 тыс. $\text{м}^3/\text{га}$ в год, так как строится весьма совершенная оросительная система (закрытые трубопроводы и лотковая сеть, а на полях — новая техника орошения). Если даже коэффициент запаса принять за 2, модуль дренажного стока будет равен 0,06 л/сек., или на 100 га пашни потребуется одна скважина производительностью 6 л/сек. Практически получены дебиты от 15 до 50 л/сек и более. Таким образом, в этих условиях вертикальный дренаж (в сочетании с новой техникой орошения) позволяет избежать вторичного засоления земель, и при этом экономно используется оросительная вода.

Иная природная обстановка в зоне, прилегающей к Южному Голодностепскому каналу. Этот канал рассчитан на пропуск 300 $\text{м}^3/\text{сек}$ воды и должен орошать три больших массива общей площадью 350 тыс. га,

в том числе и те 250 тыс. га земель, о которых говорилось выше. Канал проходит по сазово-солончаковой зоне подгорной равнины Туркестанского хребта. Земли этой зоны еще до орошения были в той или иной степени первично засолены. Поэтому их освоение связано прежде всего со строительством дренажа и проведением промывок. В эту зону «разгрузки» подземных вод поступает со стороны предгорной равнины 1—3 тыс. $\text{м}^3/\text{га}$ в год воды с минерализацией в среднем 1,5 г/л, что составляет 1,5—4,5 тыс. т/га солей в год. Отток солей в виде концентрированного раствора (10—30 г/л) невелик, поэтому значительная масса солей аккумулировалась в рассматриваемой зоне (рис. 2).

В результате первичные запасы солей в почво-грунтах зоны аэрации достигают 300—1000 т/га (в толще 3 м), а в верхних 20 м — 5—6 т/га.

Здесь проектом предусмотрено создание сероземно-лугового режима с поддержанием грунтовых вод на «критической глубине» горизонтальным дренажом.

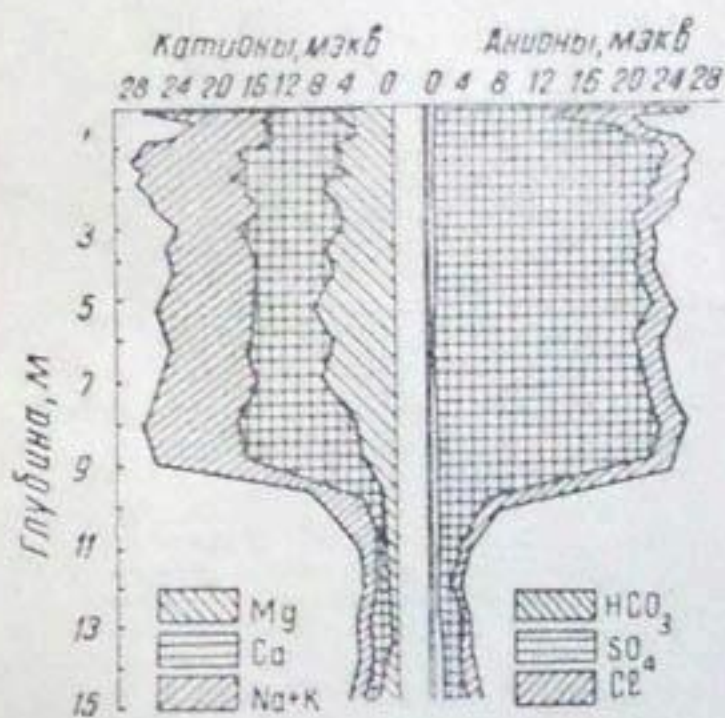


Рис. 2. Солевой профиль почво-грунтов южной части Голодной степи. Сазово-солончаковая зона, целина.

Строится и частично уже построен закрытый горизонтальный дренаж глубиной 3,5 м с удельной протяженностью 60—90 м/га и модулем 0,28 л/сек, который на период промывок усилен временным мелким (глубиной до 1 м) открытым дренажом густотой до 100 м/га. Дренажный модуль в период промывок достигает 1 л/сек с гектара, а иногда и более. Для выноса 1 т солей первичных запасов из почв верхнего метрового слоя при промывках приходится затрачивать до 100 м³ воды, или для опреснения только верхнего первого метра в зависимости от начальных солевых запасов — от 15—20 до 50 тыс. м³ и более воды на 1 га.

В дальнейшем, после опреснения первого метра, должен быть сохранен промывной режим орошения для отвода солей: 1) поступающих с грунтовыми водами (снизу из напорных пластов подгорной равнины); 2) оросительной водой и 3) первичных запасов с целью дальнейшего опреснения почво-грунтов и грунтовых вод. В связи с этим уточненным проектом предусмотрена водоподача на мелиоративный период в размере 12—14 тыс. м³/га, причем, одну треть этой воды должен отводить дренаж для поддержания промывного режима орошения. Однако и в этих условиях сероземный мелиоративный режим можно получить интенсивными откачками из системы скважин вертикального дренажа. В данном случае режим будет более экономным, так как для создания нисходящего движения солей по почвенно-грунтовому профилю допускаются потери воды на фильтрацию в размере 10—15%.

Луговой мелиоративный режим может быть создан в условиях высокого залегания опресненных грунтовых вод (1—2 м). Он достигается усиленной промывкой засоленных земель и при промывном режиме орошения на фоне дренажа (глубиной не более 2—3 м), отводящего до 50% от суммарной водоподачи. При слабой естественной дренированности земель и их значительном засолении, луговой режим, созданный на фоне мелкого открытого горизонтального дренажа, хорошо проверен в течение нескольких десятилетий в Вахшской долине (Таджикистан), где общая водоподача составляет 18 тыс. м³/га, а дренажный сток 9 тыс. м³/га.

Но не всегда выгодно строительство горизонтального дренажа для создания рассматриваемого режима. Так, в совхозе Пахтаарал (Голодная степь), расположенном в пределах аллювиальной части бассейна, где разрез представлен плавунными и пылеватыми покровными суглинками, подстилаемыми на глубине 20—25 м мощной толщей песков, оказалось целесообразным строительство системы вертикального дренажа для регулирования водно-солевого баланса этих покровных суглинков. Водно-солевой баланс сложился неблагоприятно в связи с широким развитием орошения в этой части Голодной степи в последние годы (с 1958 г.) и увеличившимся питанием грунтовых вод фильтрационными водами. В результате повысились пьезометрические напоры в подстилающих песках с преобладанием испарения над стоком в балансе грунтовых вод совхоза, и произошло накопление солей в верхних горизонтах почво-грунтов.

Совхоз Пахтаарал — один из лучших хлопковых хозяйств Советского Союза со сложившейся системой ведения орошаемого земледелия: плантации хлопчатника (более 5 тыс. га) в основном орошаются дождеванием (машинами ДДА-100М, оросительная норма 2000 м³/га). Кроме того, растения используют «пресную подушку» грунтовых вод, которая создается искусственно осенне-зимними поливами; она дает дополнительно 2—3 тыс. м³/га воды.

Если к этим величинам добавить осадки и потери на фильтрацию, то в сумме в период вегетации хлопчатником расходуется 5,5—6,5 тыс м³/га воды; урожай при этом более 35 ц/га. Обычно к осени грунтовые воды опускались на глубину 3—3,5 м и создавали свободную емкость для принятия запасного полива, а сохраняющаяся разность между уровнем грунтовых вод и пьезометрическим напором обеспечивала общее медленное нисходящее движение грунтовых вод и солей в покровных суглинках, под влиянием

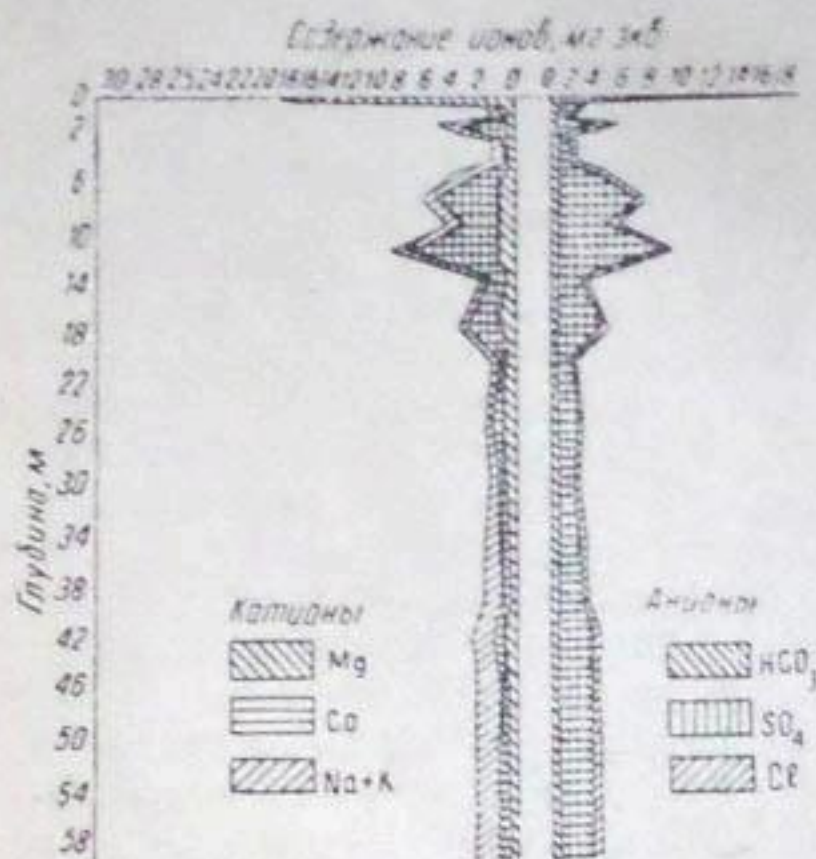


Рис. 3. Промытый солевой профиль почвогрунтов совхоза «Пахтаарал», светлый орошаемый серозем:

1 — супесь; 2 — суглинок; 3 — песок; 4 — глина.

атация его встречают большие затруднения; 3) стоимость строительства вертикального дренажа в два раза дешевле закрытого горизонтального; 4) при вертикальном дренаже можно регулировать откачку водно-солевого баланса земель совхоза. Поэтому была запроектирована и построена в 1963—1964 гг. система скважин (33 скважины; первая очередь) вертикального дренажа на площади 3,7 тыс. га. Скважины расположены относительно равномерно вдоль оросителей, которые в не-вегетационное время выполняют роль водоотводящих тракторов; по ним откачиваемая вода отводится в пограничные коллекторы. Скважины глубиной 50—60 м имеют дебит 50—120 л/сек; минерализация откачиваемой воды колеблется от 4 до 7 г/л.

Принят следующий режим для скважин: они включаются в работу с сентября, после окончания вегетационных поливов, и работают 2—2,5 мес. (период уборки урожая хлопка-сырца). За это время создается достаточная резервная емкость в верхней части покровных суглинков. Снижение уровня грунтовых вод в этот период и подсушка почвенного профиля откачками способствует быстрейшему созреванию и раскрытию коробочек хлопчатника.

К декабрю большую часть скважин в центре массива отключают, и начинается «влагозарядка». Краевые скважины при этом поддерживают пониженный пьезометрический напор в подстилающих песках. Далее, в зависимости от климатических особенностей года (количества и сроков выполнения зимне-весенних осадков) включают всю систему для обеспечения нормальной спелости почвы к сроку сева. Так, в 1964 г.

весна была затяжная с большим количеством поздних осадков (в апреле и мае). В результате из-за высокого стояния грунтовых вод, сев хлопчатника по всей области запоздал почти на месяц. В Пахтаараде же, где были подключены к работе скважины вертикального дренажа, сев удалось провести вовремя.

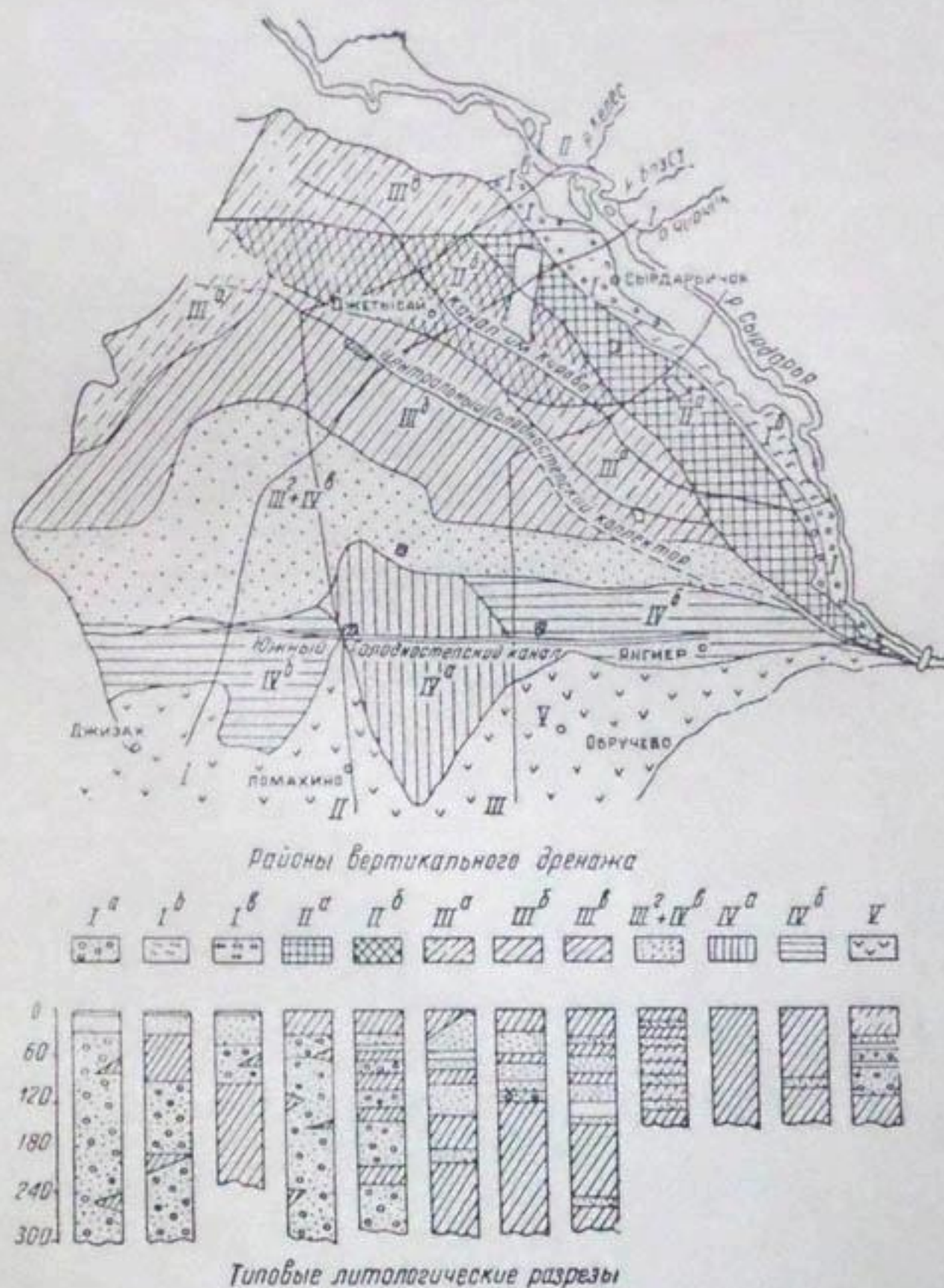


Рис. 4. Схема районирования Голодной степи по параметрам вертикального дренажа.

Важно также не пересушить почву, так как хлопчатник в значительной мере питается за счет искусственно созданной пресной подушки, а по мере роста и развития растений, корневая система как бы тянется вниз за опускающимся уровнем грунтовых вод.

Поэтому большую часть вегетационного времени систему вертикального дренажа не включают, за исключением краевых «сторожевых» скважин.

Будет ли такая система принята для остальных, аналогичных в гидрогеологическом отношении, территорий аллювиальной части Голодной степи, пока сказать трудно. В настоящее время здесь орошено око-

Результаты исследований вертикального дренажа на опытно-производственных участках в Узбекистане

Технические параметры	Голодная степь				
	совхоз «Социализм»	город Гулистан	совхоз «Пахтаараля»	Фергана, Кировский район	Бухарская область, Каганский район
Общая площадь, га	3000	300	3700	700	1800
Количество скважин, шт.	28	9	33	7	17
Мощность покровного мелкоземы, м	20—25	20—30	15—25	9—12	6—8
Мощность водоносного пласта, м	50—100	10—20	15—50	20—30	10—13
Глубина связи, м	65—80	40—60	50—70	35—40	35—40
Длина фильтра, м	25—40	10—17	20—36	13—18	8—10
Тип фильтра	Щелевой с гравийной обсыпкой	Дырчатый с гравийной обсыпкой	Щелевой с гравийной обсыпкой	Дырчатый	
Диаметр скважин, мм	700—900	500	900—1000	500	500
Диаметр фильтрового каркаса, мм	300	300	400	400	400
Связность, %	18—20	25	14—17	20	22
Результаты откачек:					
Дебит скважин, л/сек	100—200	60—80	60—80	25—50	25—40
Удельный дебит, л/сек на 1 м	10—15	5—8	5—8	3—4	4—5
Коэффициент фильтрации мелкоземы, м/сутки	0,07—0,1	0,03—0,07	0,3	0,3—0,5	0,5—0,7
Коэффициент фильтрации водоносного пласта, м/сутки	40—45	27—30	27—30	16,5	40—45
Скорость снижения уровня грунтовых вод, м/сутки	0,02—0,03	0,01—0,02	0,05	0,17—0,18	0,22
Радиус влияния, м	Q = 100 л/сек R = 700 м	Q = 50 л/сек R = 600 м	Q = 50 л/сек R = 650 м	Q = 20—25 л/сек R = 300—400 м	Q = 25—35 л/сек R = 400—450 м
	Q = 500 л/сек R = 1800 м	Q = 110 л/сек R = 1100 м	Q = 100 л/сек R = 1200 м	Q = 50—60 л/сек R = 700 м	Q = 40—45 л/сек R = 550—600 м

до 300 тыс. га (каналами в земляных руслах, способ полива бороздковый). Режим орошения резко отличается от описанного выше; для Пахтаарала максимальная ордината гидромодуля приходится здесь на июль и в вегетацию забирается 75% от всей водоподачи.

Еще в 1957—1960 гг. [1] проанализированы подробно строение, гидравлика и гидрохимия аллювиального бассейна, показана целесообразность регулирования мелиоративного режима вертикальным дренажом (рис. 4). Была составлена схема развития вертикального дренажа, проведено районирование его по типовым литологическим разрезам, конструкциям и прогнозным дебитам колодцев. Вместе с тем, на основании анализа водно-солевого баланса и при условии сохранения на территории бассейна лугово-сероземного мелиоративного режима была установлена общая мощность системы.

Для проверки расчетных параметров и прогнозных дебитов, а главное, для выяснения возможностей регулирования процессов расслоения почво-грунтов в условиях двухслойной среды, когда верхний пласт представлен суглинками мощностью 20—30 м и более, а нижний — плывунными мелкозернистыми песками, были построены опытно-производственные системы в различных частях аллювиального бассейна: г. Гулистан, в совхозах «Социализм», «Малек», «Пахтаарал».

Каждая система состояла из 20—30 скважин; однако вначале обычно строили первые пять скважин (конвертом), а после их испытания — остальные. Аналогичные исследования проведены в более сложных условиях в новой зоне орошения Голодной степи, а также в долине реки Вахш, в Ферганской долине, в Бухарском оазисе (табл. 4).

Результаты испытаний показали хорошую сходимость прогнозных расчетных дебитов с фактическими и подтвердили правильность принятой расчетной гидрогеологической схемы (рис. 5).

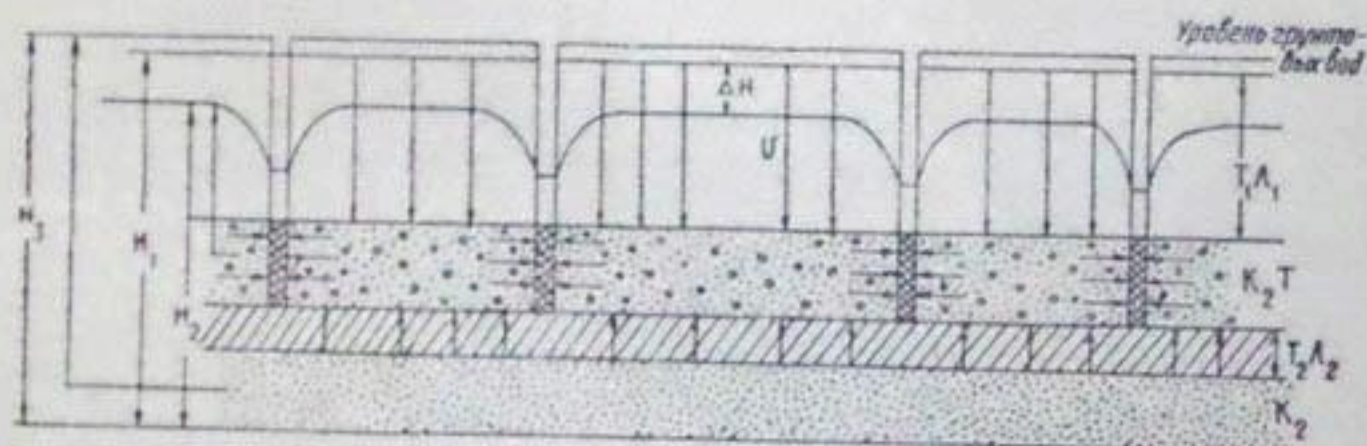


Рис. 5. Схема расчета опытно-производственной системы вертикального дренажа (на участке бассейна):

Нисходящая скорость опресняющих токов под влиянием орошения промывок

$$V = \frac{H_1 - H_2}{T_1} \cdot \Lambda_1 = \Lambda \frac{\Delta H}{T_1}$$
. Общий дебит откачек $\Sigma q = Q_1 + Q_2 + Q_3$, где q — расход одного колодца; Q_1 — приток по основному пласту по периметру участка; Q_2 — приток через слабопроницаемый пласт $Q_2 = \Lambda_2 \frac{H_3 - H_2}{T_2} F$; Q_3 — поступления сверху за счет фильтрационных вод от ирригации и осадков (определяется расчетами водного баланса).

Снижение уровня грунтовых вод в периоды практического отсутствия испарения и питания их подтвердило полученную ранее теоретическую зависимость, а нисходящая расселяющая скорость фильтрации (v) при поддержании уровня грунтовых вод промывным режимом орошения устанавливалась прямо пропорционально коэффициенту фильтрации (K) покровного суглинка (средневзвешенного по вертикали), и

разности в положении уровня грунтовых вод и пьезометрического напора подстилаемых песков (ΔH) и обратно пропорционально пути фильтрации — мощности покровных мелкоземов. Таким образом, практически доказана возможность регулирования интенсивности откачки и создания нужной рассоляющей исходящей скорости фильтрационных промывных и оросительных вод.

Исследованы также первичные запасы солей в покровных суглинках и установлена закономерность их распределения в зависимости от литологического строения и дренированности бассейна: количество со-

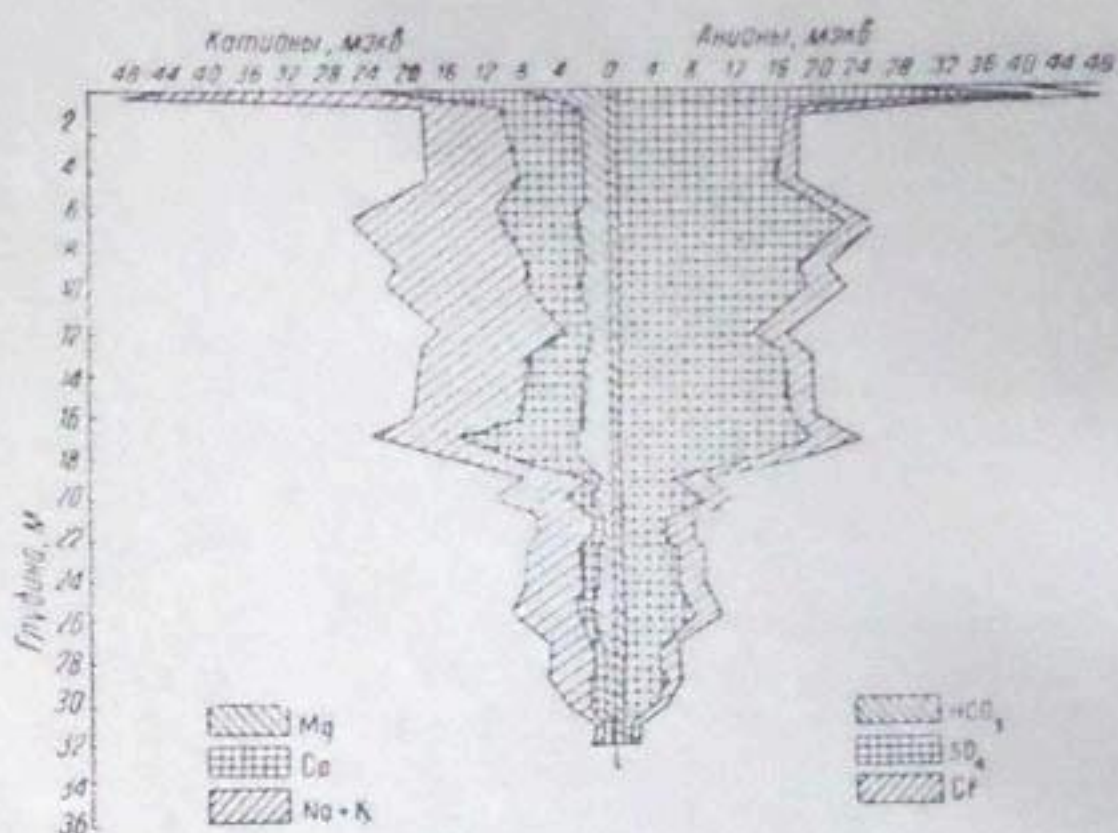


Рис. 6. Солевой профиль почво-грунтов водораздельного участка третьей террасы Голодной степи, светлый серозем, орошаемый:

1 — суглинок; 2 — песок с гравием.

лей нарастает у краевых, слабо-и непроточных частей бассейна (от нескольких десятков $t/га$ на второй террасе вблизи реки, до 3—5 тыс. $t/га$ в краевой зоне).

По характеру распределения солей по профилю также выявлена известная закономерность в зависимости от геоморфологических особенностей отдельных частей бассейна: в понижении, например, в зоне действия коллектора Шурузяк, соли смещены вверх по профилю и располагаются в верхних 2—4 м; остальной профиль на всю глубину пресный. На водораздельных участках, а частности в районе г. Гулистан у Кировского магистрального канала ($200 \text{ м}^3/\text{сек}$), солевой максимум растянут на 10—15 м (рис. 6).

Зная проектные рассоляющие скорости, распределение первичных запасов солей и имея опытные данные, на основании которых для разных зон устанавливается количество воды, необходимое для удаления 1 t солей, можно достаточно уверенно прогнозировать темпы рассоления земель для отдельных частей бассейна и всего почвенно-грунтового профиля, а также для грунтовых вод в покровных суглинках. Этот процесс можно регулировать изменением режима откачек.

Однако в каждом случае необходимо выдерживать определенный мелиоративный режим. Так, при дальнейшей разработке проекта внедрения вертикального дренажа в северо-восточной части Голодной степи на площади 210 тыс./га (восточная часть аллювиального бассейна) возникли предложения о кустовании скважин для использования

мощных толщ водоносных песков, получения из одной точки водозабора большого дебита и, в связи с этим, — об уменьшении числа точек водозабора и сокращения внешних коммуникаций (подъездных путей, линий электропередач, связи и пр.). Но тогда могут появиться осложнения: мелиоративный эффект окажется очень неравномерным по территории; неоднородным будет и мелиоративный режим; резко возрастут потери из земляных каналов и, следовательно, нарушится проектный водный, а вместе с ним и солевой балансы.

Поэтому было признано, что кустование скважин в данных условиях было бы оправдано, если бы был выбран сероземный проектный режим; но тогда потребовалось бы пересмотреть систему передачи воды (ирригационной сети), технику и режим орошения, а также основы агротехники в сложившихся хозяйствах. Такая перестройка на староорошаемых землях нецелесообразна.

Строительство вертикального дренажа. После утверждения проектного задания одновременно с рабочим проектированием начинается строительство вертикального дренажа.

Прежде всего решается вопрос о размещении скважин в зависимости от конкретной обстановки на месте. При этом небольшое перемещение скважины в плане на 100—200 м не имеет существенного значения. Однако располагать ее следует не в середине обрабатываемой карты, а так, чтобы к ней можно было свободно подъехать (при этом максимально используются внутрихозяйственные дороги) и чтобы она не усиливала фильтрацию из близлежащего канала; кроме того, необходимо продумать техническое выполнение отвода воды из скважины. Если минерализация откачиваемой воды велика, она должна отводиться в коллектор. При проектировании сероземного мелиоративного режима, как это намечается, например, для центрального массива Голодной степи, желательно предусмотреть отвод соленой воды (минерализация 20 г/л и более) закрытыми трубопроводами или летками.

Если откачиваемая вода пресная или слабоминерализованная и проектом предусматривается частичное или полное (для отдельных скважин) ее использование, то одновременно при расположении скважин на месте нужно учесть и этот вопрос.

После того, как скважина «закреплена» в натуре, уточняются типовые чертежи всех внешних коммуникаций — линий электропередач, связи и телеуправления, приемных гидротехнических сооружений, подъездных путей — и приступают к их строительству, включая необходимые подстанции. Только после этого можно приступить к бурению самой скважины и строительной откачке; производительность постепенно доводится до 1,2 проектных дебита. На скважине монтируется постоянное насосно-силовое оборудование, и она подключается в эксплуатацию.

Технико-экономические показатели и эффективность вертикального дренажа. Эффективность того или иного мероприятия определяется количеством капиталовложений на 1 га по видам затрат и сроками окупаемости дополнительных затрат; при этом выбирается наиболее дешевый вариант. Однако когда речь идет о сельскохозяйственном дренаже, следует кроме видов затрат учитывать еще и мелиоративный эффект. Различные типы дренажей нужно сравнивать на основании одних и тех же мелиоративных показателей, например, проектного дренажного модуля, обеспечивающего в данных условиях определенные темпы рассоления.

Так, оптимальный дренажный модуль для аллювиальной части голодной степи (зона Кировского магистрального канала) по проекту

«Средазгипроводхоза» составляет 0,25—0,35 л/сек с 1 га, в среднем 0,30 л/сек.

Фактический дренажный модуль для открытого дренажа в 3—4 раза, а для закрытого в два раза меньше проектного. Фактическая стоимость горизонтального открытого дренажа в пересчете на проектный дренажный модуль при строительстве составляет 570—590 руб/га, при эксплуатации — 20,0—27,0 (удельные затраты); горизонтального закрытого соответственно 1400—1450 и 7,65—10,0; вертикального — 200—300 и 30—50.

Для характеристики экономической эффективности вертикального дренажа небезынтересны подсчеты, сделанные руководством совхоза Пахтаарал. Именно в этом совхозе, где хозяйство ведется на высоком уровне, бросаются в глаза различия в урожайности между отделениями и бригадами, достигающими 20 ц/га (от 23 до 43 ц/га), связанные с разной степенью засоления земель.

Здесь подсчитано, что все капиталовложения в строительство вертикального дренажа можно окупить в течение двух лет при увеличении урожая только на 5 ц/га; для покрытия эксплуатационных расходов достаточно прибавка урожая всего в 1 ц/га. Полное рассоление земель позволит повсеместно повысить урожайность хлопка-сырца в совхозе до 38—40 ц/га.

ЛИТЕРАТУРА

1. Решеткина Н. М. Гидрогеологические основы проектирования вертикального дренажа в Голодной степи, Ташкент, Изд-во АН УзССР, 1960.
2. Решеткина Н. М. Основные положения к проектированию вертикального дренажа на примере старой зоны орошения Голодной степи, «Вопросы гидротехники», Ташкент, Изд-во АН УзССР, 1964, № 27.
3. Решеткина Н. М., Якубов Х. Эффективность вертикального дренажа в общем комплексе мелиоративных мероприятий на примере Голодной степи, Труды совещания по экономике вложений в ирригацию, Ин-т народного хозяйства, Ташкент, 1964.

З. П. ПУШКАРЕВА

РАЙОНИРОВАНИЕ ЗЕМЕЛЬ НОВОГО ОРОШЕНИЯ ГОЛОДНОЙ СТЕПИ ПО ПЕРВИЧНЫМ ЗАПАСАМ ЛЕГКОРАСТВОРИМЫХ СОЛЕЙ

Для составления водно-солевого баланса в целях определения объема и схемы мелиоративных мероприятий, а также изучения солевого режима прежде всего необходимо выяснить характер первичного засоления почво-грунтов и грунтовых вод.

Проводимые до настоящего времени почвенно-мелиоративные исследования по выявлению засоления почво-грунтов и грунтовых вод охватывали обычно лишь верхнюю 2—3-, реже 5-метровую толщу, не затрагивая более глубокие слои. Однако, зная характеристику только поверхностных слоев почво-грунтов, не всегда можно прийти к правильным выводам, так как часто от величины глубинного засоления в значительной мере зависит дальнейший процесс соленакопления на той или иной территории при освоении или орошении земель.

Поэтому мы довели исследуемую глубину до 20 м — именно до этой глубины отмечается заметное влияние орошения на засоление. Так, Н. В. Роговская [1] определила ряд зон в дельте р. Мургаб в зависимости от орошения: зона непосредственного активного влияния распространяется до 12 м толщи почво-грунтов; с 12 до 25 м — ослабевает, но продолжается до 30—35 м; ниже 30—35 м влияние орошения на изменение запасов солей снижается, что подтверждается исследованиями и нашими данными [3].

Исследованиями по глубинному засолению охвачена вся зона нового орошения Голодной степи с ее многообразием почвенно-гидрогеологических условий. В результате этих работ нами произведено районирование земель по глубинному засолению и выявлены следующие 4 зоны и подзоны.

I зона. Почво-грунты с близким залеганием уровня грунтовых вод. Они охватывают полосу вдоль ЮГК (занимают территорию совхозов № 4, 5, 6, 3, 8) и представляют периферийную часть конусов выноса предгорной равнины подножья Туркестанского хребта, или область разгрузки подземных вод (рис. 1).

Грунтовые воды вскрыты на глубине 1,0—5 м, вблизи ЮГС приближаются к поверхности земли; с удалением от него уровень залегания увеличивается и в периферии вышеуказанных совхозов достигает 5—10 м.

Амплитуда колебания уровня грунтовых вод при близком их залегании 1,5—2,0 м, при глубоком — 1,0—1,5 м.

По характеру засоления почво-грунтов эта зона подразделяется на две части.

1. Земли с засоленным почвенно-грунтовым профилем на глубину до 20 м и более и высокоминерализованными грунтовыми водами, расположенные вдоль ЮГК с вытянутой к северо-востоку частью, занимают территорию совхоза № 5, север-и северо-восточную часть совхоза № 4, юго-западную часть совхоза № 8, и тянутся полосой вдоль Джетысайского коллектора.

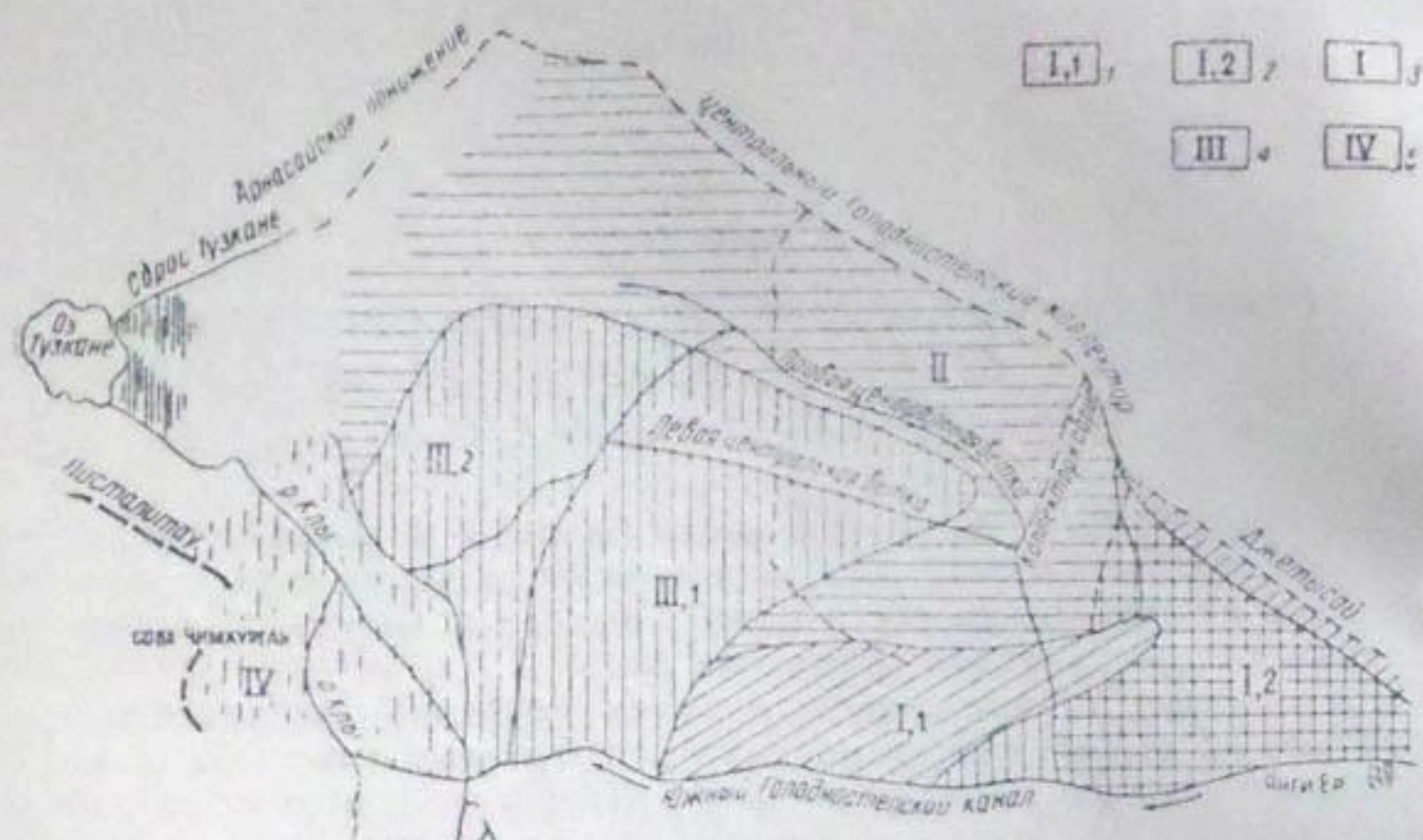


Рис. 1. Схема распределения первичных запасов солей на глубину 20 м в почво-грунтах новоорошаемой зоны Голодной степи.

Характерная черта для почво-грунтов этой зоны — высокая засоленность их с поверхности на всю исследуемую глубину. Величина плотного остатка с поверхностных горизонтов колеблется от 2 до

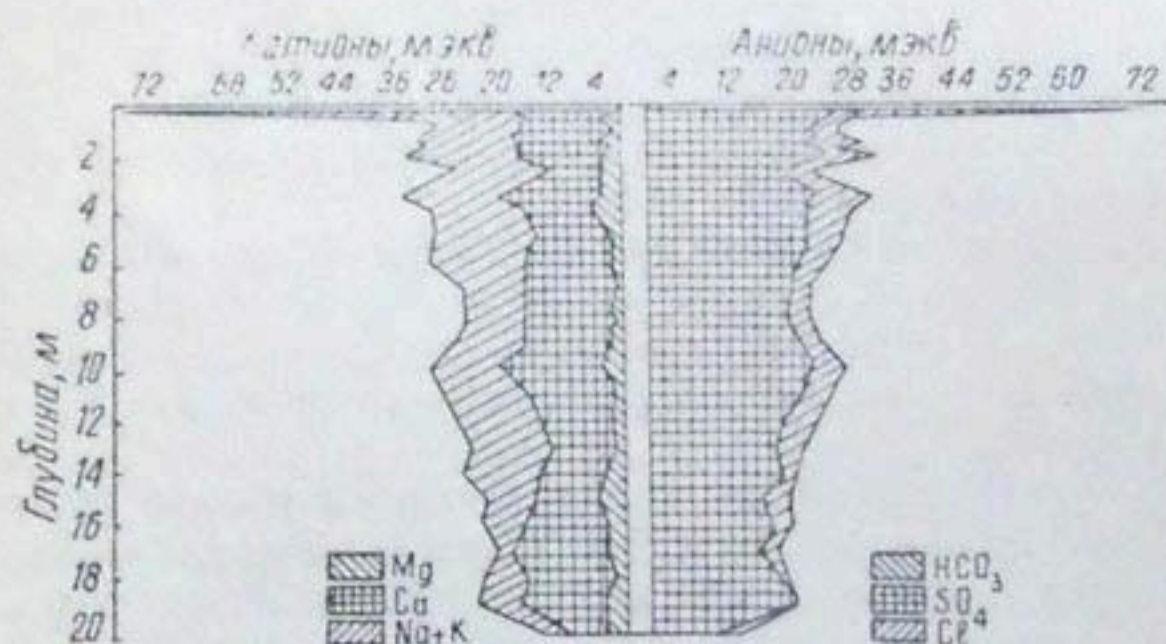


Рис. 2. График распределения легкорастворимых солей в почво-грунтах по точке Ю-5.

3—4%; с глубиной она почти не снижается и составляет 1.8—2.0% (рис. 2).

Общие запасы водно-растворимых солей для 3-метровой толщи равны 600—900 т/га; 5-метровой — около 1500; 15—4000—4770; 20—5277—6062 т/га (табл. 1). Наименее засолена точка Ю-4.

Послойные запасы солей в новоорошаемой зоне Голодной степи, т/га

Номер точки и совхоза	Содержание солей в слое				
	0—3 м	0—5 м	0—10 м	0—15 м	0—20 м
Зона I, 1					
Ю-5 (совх. 5)	911,6	1491,3	2906,1	4157,7	5277,0
Ю-4 (совх. 6)	283,3	374,0	969,1	1562,1	2691,1
Ю-9 (совх. 8)	886,2	1476,7	3218,2	4770,5	6066,2
Ю-34 (совх. 8)	600,2	1277,4	2710,0	3894,4	—
Зона I, 2					
Ю-7 (совх. 3)	723,9	990,7	2114,4	1366,4	1482,3
Ю-8 (совх. 3)	721,0	981,5	1304,8	—	—
Ю-35 (совх. 2)	829,7	911,6	1233,5	—	—
Ю-10 (совх. 8)	688,0	838,8	1088,5	1293,9	1861,6
Зона II					
Ю-3 (совх. 7)	350,4	589,1	1272,8	2128,2	3309,8
Ю-12 (совх. 1)	236,4	381,7	813,6	1158,2	1590,4
Ю-11 (совх. 9)	293,2	397,8	954,6	1630,3	2551,0
Ю-1 (совх. 17)	265,4	432,4	1040,6	2145,5	—
Ю-13 (совх. 18)	215,8	514,1	1383,8	1946,6	—
Ю-14 (совх. 19)	158,6	368,0	1022,7	1854,5	2738,7
Ю-15 (совх. 20)	154,3	404,3	1020,0	1872,4	3180,9
Ю-16 (совх. 22)	133,5	343,0	1036,6	1618,2	—
Ю-17 (совх. 23)	165,4	264,4	955,6	1956,1	—
Зона III					
Ю-2 (совх. 10)	445,5	661,0	1277,0	2240,0	—
Ю-18 (совх. 12)	232,9	434,3	1167,7	1667,0	—
Ю-19 (совх. 28)	129,4	283,5	686,6	1152,9	1924,2
Ю-20 (совх. 29)	151,4	322,9	675,4	1026,6	1176,5
Ю-21 (совх. 11)	577,2	878,3	527,0	2735,7	4118,2
Ю-22 (совх. 26)	31,9	83,5	500,6	1271,7	1973,7
Ю-37 (совх. 14)	224,4	342,9	718,6	1047,1	1357,4
Ю-38 (совх. 14)	235,0	361,2	772,3	1093,9	1277,2
Ю-39 (совх. 15)	253,0	400,4	721,0	918,6	1480,1
Зона IV					
Ю-23 (совх. 30)	664,0	900,2	1255,5	1584,6	1754,6
Ю-36 (совх. Чимкуртан)	455,2	733,2	1109,6	1314,6	—

В составе солей имеется большое количество хлористого натрия (0,2—0,4%); содержание хлор-иона превышает допустимое для развития растений более, чем в 10 раз. Кроме того, почво-грунты характеризуются значительным количеством серно-кислого натрия (0,5—0,7%) и гипса.

Соотношение $\frac{Cl}{SO_4}$ велико лишь на глубине 0—0,2 м (около 0,56), начиная с 0,2 м до 17 м изменяется в пределах 0,17—0,28, а ниже резко уменьшается — до 0,01—0,05; в толще 19—20 м оно опять увеличивается до 0,50.

К северо-востоку, т. е. к Джетысайскому понижению, отношение $\frac{Cl}{SO_4}$ резко возрастает. Так, по динамической точке Ю-9, расположенной на территории совхоза № 8, это соотношение до глубины 1,0 м изменяется в пределах 1,2—1,85, затем несколько снижается, и до 8 м оно колеблет-

Таблица 2

Результаты химического анализа грунтовых вод (по характерным точкам), г/л

Место взятия пробы	Глубина взятия пробы, м	Дата взятия	Плотный остаток	CO ₂ ^г	HCO ₃ ^г	Cl ^г	SO ₄ ^г	Ca ^г	Mg ^г	Na ^г +K ^г
Зона I, 1										
Ю-5 (совх. 5)	6	9/IX 62 г.	41,68	Отсутствует	0,567	10,550	17,107	0,517	1,372	9,730
	8		36,08	«	0,648	10,550	14,731	0,752	0,760	11,510
	10		38,41	«	0,621	10,050	14,731	0,658	0,855	11,428
	12		18,76	«	0,459	4,900	7,366	0,564	1,036	4,246
	14		18,27	«	0,324	5,150	7,840	0,611	0,644	5,317
	16		18,36	«	0,432	5,000	7,336	0,564	0,672	4,990
	18		18,52	«	0,378	4,900	7,841	0,611	0,452	5,508
	20		19,15	«	0,405	5,350	8,316	0,517	0,812	5,473
	2,5	20.VI 63 г.	64,01	«	0,268	27,545	14,045	0,900	2,760	18,630
	8		50,38	«	0,274	20,020	12,912	0,900	2,160	14,250
Ю-9 (совх. 8)	12		49,59	«	0,281	20,300	12,019	0,800	2,160	14,168
	14		50,72	«	0,293	19,600	13,930	0,800	1,980	14,260
Зона I, 2										
Ю-7 (совх. 3)	6	7.VI 63 г.	7,146	«	0,470	0,630	4,046	0,500	0,240	1,495
	8		6,112	«	0,439	0,630	3,398	0,300	0,300	1,265
	10		4,538	«	0,451	0,700	2,285	0,400	0,180	0,920
	12		4,068	«	0,342	0,630	1,982	0,300	0,180	0,805
	14		4,083	«	0,354	0,560	2,061	0,300	0,180	0,805
	16		3,198	«	0,312	0,550	1,430	0,300	0,060	0,690
	18		3,215	«	0,378	0,350	1,666	0,200	0,120	0,690

Ю-33 (совх. 2)	2,5	15.VIII 64 г.	15,120	€	0,518	3,500	6,480	0,600	0,840	3,289
	8		16,360	€	0,518	3,550	7,200	0,600	0,900	3,552
	10		6,880	€	0,335	1,850	2,620	0,350	0,390	1,440
	12		15,430	€	0,457	3,850	6,720	0,550	0,810	3,722
	16		3,340	€	0,335	0,600	1,580	0,400	0,240	0,406
	18		3,330	€	0,336	0,600	1,680	0,300	0,240	0,533

Зона II

Ю-13 (совх. 18)	11	4.VII 63 г.	18,093	€	0,171	6,160	5,578	0,500	0,720	4,600
	13		19,972	€	0,329	6,230	7,258	0,600	0,600	5,060
Ю-14 (совх. 19)	11	15.VII 63 г.	36,354	€	0,177	6,650	18,096	0,700	1,620	9,200
	13		29,106	€	0,171	6,650	13,056	0,600	1,080	7,135
Ю-15 (совх. 20)	15	18.VII 63 г.	30,910	€	0,140	6,650	14,060	0,600	1,020	8,510
	14		35,673	€	0,555	7,490	16,176	0,700	1,140	9,890
	16		37,576	€	0,177	7,560	17,568	0,700	1,080	10,580
	18		33,250	€	0,153	6,790	15,504	0,600	1,080	9,200
	20		30,829	€	0,170	6,790	13,824	0,600	1,020	8,510

Зона III

Ю-37 (совх. 14)	12	22.X 64 г.	6,156	€	0,128	0,630	3,360	0,450	0,240	1,094
	14		6,228	€	0,128	0,630	3,456	0,450	0,270	1,083
Ю-38 (совх. 14)	15	27.X 64 г.	8,048	€	0,152	0,980	4,224	0,400	0,348	1,597
	17		8,136	€	0,183	0,960	4,224	0,410	0,342	1,595
Ю-39 (совх. 15)	3,19	2.XI 64 г.	14,666	€	0,256	4,770	4,128	0,790	0,594	3,135

Зона IV

Ю-35 (совх. Цимкуртан)	10,5	15.X 64 г.	4,020	€	0,495	0,550	1,920	0,340	0,324	0,460
	14		3,640	€	0,372	0,500	1,920	0,260	0,276	0,563
	15		3,320	€	0,434	0,400	1,536	0,240	0,240	0,429

ся в пределах 0,65,—0,95, а в толще 8—14 м —0,5—0,7. С глубины 14—15 м и ниже это соотношение опять заметно увеличивается (до 0,8—1,5).

Грунтовые воды залегают на глубине 3—5 м с очень высокой минерализацией — до 40—60 г/л. Более южная часть, прилегающая непосредственно к Южному Голодностепскому каналу, имеет несколько меньшую минерализацию (табл. 2, точки Ю-4, Ю-6). Состав воды здесь хлоридно-сульфатный с соотношением $\frac{CL}{SO_4} = 0,4—0,6$; в катионном отношении воды натриевые. С продвижением к северо-востоку меняется не только минерализация грунтовых вод, но и состав их. Так, по точке Ю-9 минерализация грунтовых вод наибольшая, на глубине 2,5 м достигает 64 г/л. Увеличивается содержание хлора в воде и соотношение $\frac{CL}{SO_4}$ составляет 1,3 и даже 1,9. По-прежнему преобладающим катионом является натрий.

На землях, расположенных вблизи Джетысайского понижения, соотношение $\frac{CL}{SO_4}$ в почво-грунтах и грунтовых водах в 3—4 раза больше, чем на территории, прилегающей к ЮГК.

Резкое изменение состава солей в почво-грунтах и грунтовых водах и величины минерализации последних объясняется, видимо, тем, что северо-восточная часть зоны I, I является как бы продолжением Джетысайского и Сардобинского понижения, и часть высокоминерализованных грунтовых вод, стекая с юга и северо-востока, концентрируется в этих депрессиях. Грунтовые воды здесь застойные и расходятся в основном на испарение. Хлориды — наиболее растворимые и подвижные элементы, — раньше других солей концентрируются в местах затрудненного стока. Этим и объясняется увеличение в данном случае концентрации иона хлора (почти в 2 раза).

В задачу мелиорации этих земель входит рассоление верхнего 4—5-метрового слоя почво-грунтов и грунтовых вод и снижение уровня последних, что следует осуществить путем грузных промывок (нормами до 40—50 тыс. м³/га) на фоне мощного дренажа, который смог бы принять и отвести все вымытые солевые растворы. В противном случае создается опасность вторичного засоления, как это случилось на опытном участке ВНИИГиМ: весной 1963 г. промывкой здесь было достигнуто опреснение 2-метрового слоя почво-грунтов, а осенью вновь наблюдалась заметная реставрация засоления всего ранее опресненного слоя.

I, 2. Земли с засоленным верхним слоем на глубину до 4—5 м, опресненным глубинным профилем и относительно слабоминерализованными грунтовыми водами — восточная часть новоорошаемой зоны Голодной степи. Сюда относятся совхозы № 2, 3 часть совхозов № 4 и 8.

Характерная черта этих почво-грунтов — наличие ясно выраженного солевого максимума на глубину до 4—5 м с величиной плотного остатка 1,5—2,0%; глубже профиль практически опреснен, и величина плотного остатка составляет 0,35—0,40% (рис. 3).

Общие запасы легкорастворимых солей для 3-метровой толщи равны 688—829 т/га; 5-метровой — 838—990; 15 — около 1300; 20 — 1482—1862 т/га.

Засоление почво-грунтов хлоридно-сульфатное с преобладанием иона SO_4 (в 3—6—8 раз больше, чем хлор-иона).

По всему профилю с глубиной наблюдается увеличение соотноше-

ния $\frac{Cl}{SO_4}$. Так, если в поверхностных слоях (до 0,8 м) оно изменяется в пределах 0,02—0,1 то, начиная с 0,8—1,0 м, возрастает до 0,18—0,38. В катионном отношении засоление кальциево-натриевое, причем, в солевом максимуме содержание катиона кальция и натрия почти одинаково и лишь с 4—5 м отмечается увеличение натрия. Количество аниона HCO_3 почти по всему профилю и по всем точкам не превышает 0,05%, а катиона магния — 0,07—0,09% к весу сухого грунта.

Из легкорастворимых солей в почво-грунтах содержится большое количество сернокислого натрия — 0,5—0,8%, и сернокислого магния — 0,2—0,7%; немного хлористого натрия — 0,03—0,06%; очень много воднорастворимого гипса — до 0,7—0,9% (рассчитывался по водной вытяжке).

Грунтовые воды залегают на глубине 2,5—6 м. Минерализация их 7—16 г/л. По характеру засоления они сульфатно-натриевые. Соотношение $\frac{Cl}{SO_4}$ в грунтовых водах колеблется от 0,2 до 0,3; в северо-восточной части этой зоны — до 0,6—0,7. Причем, с продвижением на северо-восток к центру бессточной депрессии меняется не только состав солей, но и минерализация воды.

Так, в южной части она составляет 7 г/л, а к северо-востоку повышается до 16 г/л. Изменяется минерализация также и по глубине. В южной части она снижается до 3 г/л, а к северо-востоку остается почти неизменной по всей глубине (точка Ю-10).

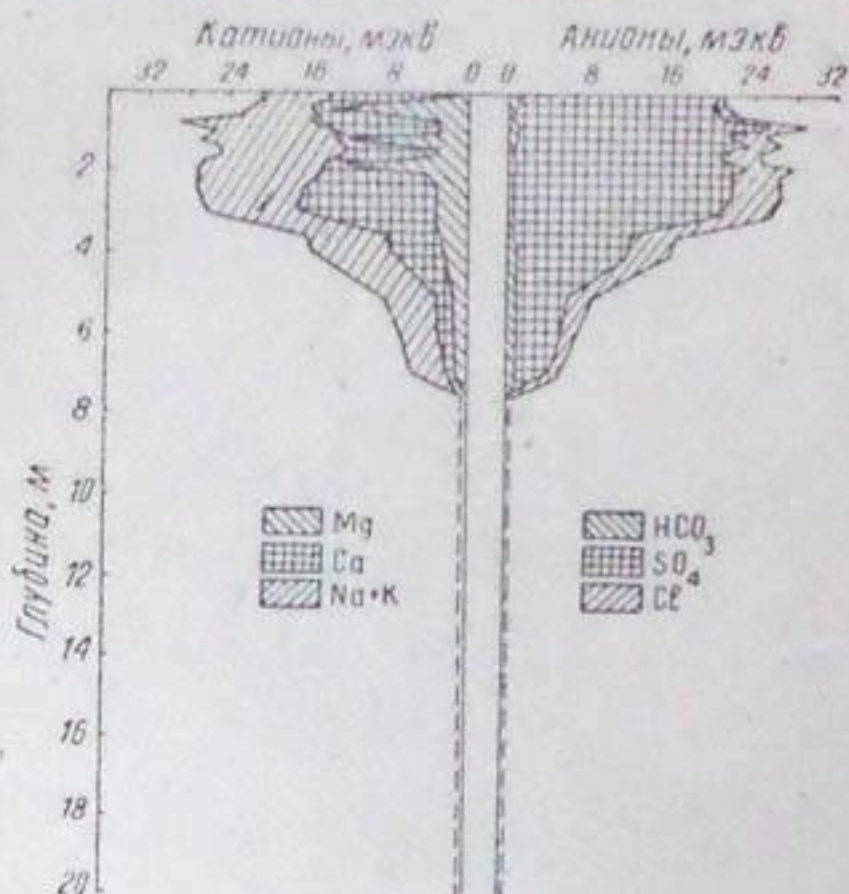


Рис. 3. График распределения легкорастворимых солей в почво-грунтах по точке Ю-7.

Увеличение минерализации грунтовых вод с повышением содержания хлора в ней можно также объяснить близостью Джетысай-Сардобинского понижения.

В мелиоративном отношении это более благоприятные земли, чем подзона I, I. Запасы солей на 20-метровую толщу здесь в 3—3,5 раза меньше, чем в вышеописанной подзоне, хотя в верхних слоях до 2—3, иногда 5 м содержание их почти одинаковое.

Основной задачей мелиорации этих земель является ликвидация поверхностного солевого максимума, т. е. рассоление почво-грунтов до глубины 4—5 м с помощью промывок нормой до 20—30 тыс. м³/га на фоне густого и хорошо работающего дренажа. В дальнейшем, после удаления начальных солевых запасов необходимо поддерживать промывной режим орошения.

Для этого в осенне-зимний период следует ежегодно проводить повторные промывки нормой 2—3 тыс. м³/га. При соблюдении этих мероприятий не создается опасности реставрации засоления, как это возникает в зоне I, I.

II зона. Почво-грунты с опресненным поверхностным (на глубину 1—3 м) и засоленным глубинным профилем. Земли эти приурочены к Центральному массиву, прилегающему к Центральному голодностеп-

скому коллектору, а также к юго-западному массиву новой зоны Голодной степи.

Характерный признак почво-грунтов этой зоны — наличие опресненного верхнего слоя мощностью 1—3 м. Величина плотного остатка здесь не превышает 0,15—0,30% к весу сухого грунта.

С 2,5—3,0 м засоление резко увеличивается и по всей глубине до 20 м составляет 0,8—1,5% (рис. 4).

Общие запасы солей на 3-метровую толщу равны 130—350 т/га; 5-метровую — 264—589, 15—1158—2146; 20—1600—3300 т/га.

Почво-грунты этой зоны имеют следующий состав солей.

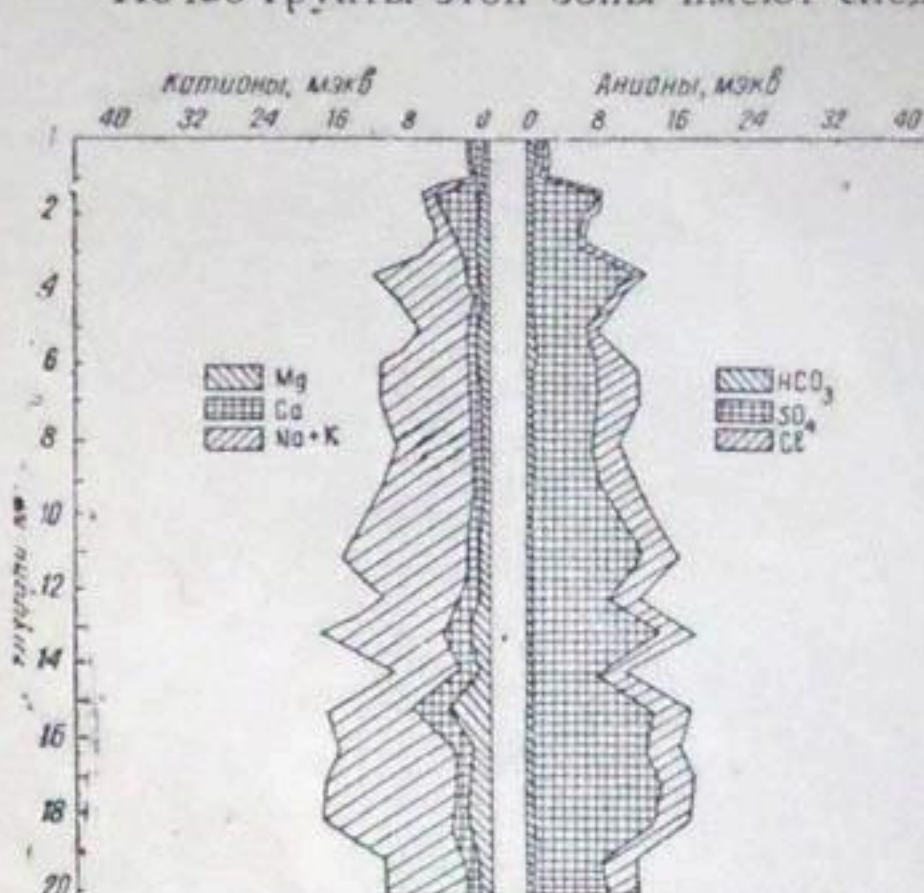


Рис. 4. График распределения легкорастворимых солей в почво-грунтах по точке Ю-14.

В юго-восточной части, где почвы в основном заняты под посевы хлопчатника, в верхней толще на глубину до 2,5 м преобладают сернокислые соли натрия (до 0,10—0,40%) и магния (до 0,14—0,25%). Количество хлористого натрия невелико лишь в верхних горизонтах — до 0,06—0,09%. Эта величина распространяется на глубину до 3 м. Ниже содержание NaCl увеличивается в 2—3 раза, и на глубине 13—17 м количество его достигает 0,23—0,28%.

Для север- и северо-западной части также характерно большое скопление сернокислых солей. Причем, до 2—3 м преобладает $MgSO_4$, количество его достигает 0,03—0,15%, глубже

этих горизонтов он уступает место Na_2SO_4 (0,12—0,36%). NaCl очень немного, в 1,5—2 раза меньше, чем в юго-восточной части. Так, на глубине верхних 6 м его содержится 0,006—0,35%, глубже — до 0,06—0,11%.

Подземные воды на этой территории отмечаются на глубине 8—14 м. Минерализация их различна, колеблется в пределах 18—36 г/л. При этом грунтовые воды юга и юго-восточной части Голодной степи минерализованы менее, чем северной и северо-западной. Меняется не только степень минерализации, но и характер засоления их (от хлоридно-сульфатных с отношением $\frac{Cl}{SO_4} = 0,3—0,5$ до сульфатно-хлоридных с $\frac{Cl}{SO_4} = 1,1$), что объясняется стоком подземных и грунтовых вод к северо-западу, т.е. в сторону Джетысайского и Арнасайского понижений.

В мелиоративном отношении это вполне благоприятные земли, но при освоении их без строительства искусственного дренажа может получить развитие процесс вторичного засоления: уровень грунтовых вод поднимается здесь со скоростью 2—3 м в год; следовательно, через 4—5 лет соли, находящиеся в глубинных слоях, могут подтянуться с грунтовой водой вверх и засолить весь «активный» слой почво-грунтов.

Поэтому для этих земель важно сохранить естественный незасоленный фон почвенного покрова и глубокие грунтовые воды. Почвенно-грунтовая толща сложена более легкими разностями. Это краевая часть аллювиального бассейна, характеризующаяся мощными прослойками песка, супеси и легкого суглинка. Поэтому наиболее эффек-

тивным приемом предотвращения подъема уровня грунтовых вод является строительство вертикального дренажа до начала орошения этих земель, в сочетании с новой техникой полива (при минимальных потерях воды в системах).

III. Зона. Почво-грунты с засоленным глубинным профилем и грунтовыми водами на глубину 15—20 м занимают центральную часть новоорошаемой зоны Голодной степи, для которой характерно глубокое залегание грунтовых вод (15—20 м и более).

Почво-грунты этой зоны подразделяются на две подзоны (рис. 1): восточная часть (III, 1) имеет более высокую степень засоления, чем западная (III, 2).

Для восточной части характерно наличие опресненного поверхностного профиля в 1—2, а иногда 4—5 м, где величина плотного остатка не превышает 0,1—0,2% к весу сухого грунта; почво-грунты имеют повышенную засоленность (1,0—1,5%) глубже этого опресненного слоя (рис. 5).

По характеру засоления почво-грунты хлоридно-сульфатные. Соотношение $\frac{Cl}{SO_4}$ по всей глубине не превышает 0,15—0,40. В катионном отношении до 8—10 м преобладает Na, глубже он уступает место Ca и Mg.

В западной части описываемой зоны такой большой засоленности с глубиной не наблюдается. В почво-грунтах — укороченный опресненный горизонт, растянутый на глубину 1—1,5 м, с засоленностью, аналогичной для восточной части этой зоны. Глубже этого горизонта засоленность почво-грунтов повышается до 0,4—0,6, и лишь в единичных случаях она равна 1%. До 6—7 м преобладающим катионом является кальций, глубже — натрий.

В анионной части преобладает ион CO_3 . Соотношение $\frac{Cl}{SO_4}$ по всему профилю варьирует в пределах 0,04—0,35. Причем, наибольшая величина этого соотношения приходится на глубину 0,6—1,4 м.

Абсолютные запасы солей в почво-грунтах восточной части для 3-метровой толщи составляют 445—577 т/га, 5-метровой — 878—903, 15—2240—2736, 20—2750—4118 т/га; в западной соответственно для 3-метровой толщи — 151—235 т/га, 5-метровой — 322—361; 15—1094—1047, 20— до 1360 т/га.

Грунтовые воды залегают на глубине 15—20 м и более и лишь по точке Ю-37 (совхоз 14) они вскрыты на глубине 12 м. Минерализация грунтовых вод невысокая — 6—7 г/л, соотношение $\frac{Cl}{SO_4}$ не превышает 0,2—0,3. В катионном отношении воды смешанные с преобладанием натрия.

К северо-западной части этой зоны (точка Ю-39, совхоз 15) минерализация грунтовых вод возрастает до 14 г/л на глубине 19,3 м; при этом меняется характер засоления (хлоридно-натриевое). Соотношение $\frac{Cl}{SO_4}$ достигает здесь 1,57.

В задачу мелиоративных мероприятий этой зоны входит поддержание и дальнейшее увеличение опресненного поверхностного профиля. Для этого необходим вертикальный дренаж, препятствующий подня-

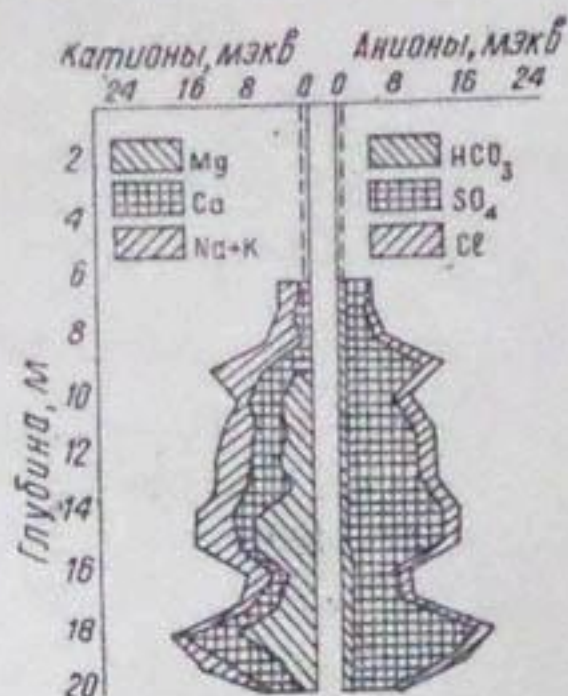


Рис. 5. График распределения легкорастворимых солей в почво-грунтах по точке Ю-22.

тию грунтовых вод и, следовательно, обеспечивающий слабый промывной режим орошения. При этом должна быть применена наиболее совершенная техника орошения, обеспечивающая минимум фильтрационных потерь.

IV Зона. Почво-грунты имеют увеличенный солевой максимум, растянутый на глубину до 7—8 м. Земли эти занимают небольшую территорию юго-западной части Голодной степи. Характеризуются ясно выраженным солевым максимумом на глубину до 7—9 м, с содержанием плотного остатка 1,5—2,5%. Глубже 9 м профиль опресняется, и величина плотного остатка колеблется в пределах 0,4—0,5% (профиль аналогичен рис. 3).

Запасы солей в этих почво-грунтах варьируют в пределах 455—664 т/га для 3-метровой толщи; 733—900—для 5-метровой; 1315—1585—15-метровой и доходят до 1755 т/га для 20-метровой. По данным УзГГТ, общие запасы легкорастворимых солей на 20-метровую толщу составляют 2655 т/га.

По составу солей почво-грунты сульфатно-натриевые.

Грунтовые воды залегают на глубине 3—5 м, хлоридно-сульфатные с соотношением $\frac{Cl}{SO_4} = 0,3$ и с минерализацией 20 г/л и более.

Мелиоративные мероприятия на этих землях должны быть аналогичны зоне I, I.

ГЕНЕЗИС И УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ГЛУБИННОГО ЗАСОЛЕНИЯ ПОЧВО-ГРУНТОВ ГОЛОДНОЙ СТЕПИ

Таким образом, изложенный выше краткий обзор солевых профилей, характерных для выделенных нами зон, показывает, что первичные запасы солей на территории новоорошаемой зоны Голодной степи очень разнообразны. Разнообразие форм засоления связано с историей формирования этой обширной межгорной котловины, которую представляет собой Голодная степь.

Кроме того, на процессе соленакопления прежде всего сказывается влияние подземных и грунтовых вод.

До последних поднятий, предгорий и молодого вреза р. Сырдарьи центральная часть Голодной степи, была, видимо, органически связана с аллювиальным бассейном и имела хорошо выраженный сток подземных вод, направленный к Арнасаю и в Кызылкумы. При этом грунтовые воды получали питание из вышерасположенных восточных частей аллювиального бассейна, а уровень их был настолько близок к поверхности, что, расходуясь на испарение, они накопили солевые горизонты в верхних слоях почво-грунтов.

Новые поднятия предгорий и соответствующий им врез долины р. Сырдарьи вызвал изменение базиса эрозии и стока подземных вод. В связи с этим, Центральная часть Голодной степи перестала видимо, получать достаточное питание из грунтовых вод, как это было возможно ранее. Подземный сток бассейна перераспределился, и реликтовые грунтовые воды постепенно опустились к новому уровню базиса стока.

Так как в течение длительного периода Центральная часть Голодной степи существовала как краевая часть аллювиального бассейна, была очень слабо дренирована и расхождение подземных вод осуществлялось главным образом на испарение, на всем протяжении четвертичного времени в этой части бассейна шло накопление солевых запасов в грунтах и грунтовых водах.

Описанная выше палео-гидрогеологическая характеристика дает лишь общую картину соленакопления этой части Голодной степи. Из

сказанного видно, что этот процесс шел дифференцированно: в одних частях сосредоточены большие запасы солей и на всю глубину, в других их очень мало, и они расположены на глубине 3—5 м. Это прежде всего связано с условиями местного оттока подземных вод, с конкретным литологическим строением почво-грунтов отдельных участков бассейна, в частности с наличием дренирующих пластов.

Остановимся несколько подробнее на литологическом строении и гидрогеологических условиях отдельных зон и связи их с характером глубинного соленакпления.

Зона I, 1. К этой зоне относятся совхозы № 5, 6, южная часть совхоза № 8 и западная часть совхоза № 4. Это наиболее тяжелая в мелиоративном отношении зона. Она принадлежит к периферийной части Зааминского и Санзарского конуса выноса. Сложена разнородными в литологическом отношении породами; сверху средними и тяжелыми суглинками с прослойками иловатой глины и довольно редкими прослойками мелко- и тонкозернистого глинистого песка в форме отдельных языков мощностью 3—5 м и редко до 10 м. Кроме того, встречаются и такие разрезы, где полностью отсутствуют дренирующие прослойки.

Почво-грунты слабопроницаемые. Коэффициент фильтрации покровных мелкоземов (по данным САННИРИ) составляет 0,02—0,5 м/сутки и по глубине изменяется в этих же пределах.

Подземные воды, поступающие со стороны Туркестанского и Нура-тинского хребтов, в этой сазово-солончаковой зоне до 97% расходуются на испарение и имеют напорный характер. Пьезометрический напор превышает уровень грунтовых вод на 0,4—0,5 м. В связи с тем, что поступающий сюда подземный поток уже обогащен в какой-то мере солями (до 2 г/л, по данным А. С. Хасанова [4]), при испарении грунтовые воды откладывали эти соли в почво-грунтах. Процесс этот протекал очень длительное время и таким образом засолилась огромная толща почво-грунтов и грунтовых вод.

Зона I, 2. Как в литологическом, так и мелиоративном отношении это более легкая зона, чем I, 1. Почво-грунты здесь сложены суглинками, супесями. Наряду с небольшими прослойками глин мощностью от 3 до 12—15 м, встречаются и прослойки песков. Мощность их также невелика — 2—8 м. Иногда глинистые пески переслаиваются с мелким гравием, реже галечником. Эти песчаные прослойки проникают вглубь в сторону Джетысайского и Сардобинского понижений. Коэффициент фильтрации покровных мелкоземов составляет 1—2 м/сутки. Средний коэффициент фильтрации грунтов (по данным САННИРИ), залегающих ниже покровных мелкоземов (от 15 до 70 м), составляет 2—3 м/сутки.

Эта зона относится к периферийной части Зааминского конуса выноса. Подземный поток здесь расходуется не только на пополнение запасов грунтовых вод, но и часть его (хотя и небольшая) передвигается по хорошо проницаемым песчаным прослойкам дальше на север и северо-запад в сторону Джетысайского и Сардобинского понижений.

Таким образом, песчаные прослойки являются как бы естественным дренажом для разгрузки части подземных вод, притекающих со стороны Туркестанского хребта. Поэтому здесь нет тех огромных запасов солей, которые наблюдаются в зоне I, 1. Верхний солевой максимум образовался за счет перераспределения солей из грунтовых вод при их испарении, так как последние залегают близко к поверхности (2,5—5 м) и имеют минерализацию 7—15 г/л.

Наличие же опресненного профиля с глубины 3—5 м до 20 м и более с величиной плотного остатка 0,2—0,3% объясняется тем, что подземный поток по дренирующим пластам, продвигаясь в сторону Джеты-

сай-Сардобинского понижения, увлекал за собой легкорастворимые соли или пресные подземные воды, имеющие напорный характер (пьезометрический напор устанавливается намного выше поверхности земли, что подтверждает самоизлив воды из скважин), в процессе восходящего движения и испарения они отложили большое количество солей в толщу, где распространяется влияние испарения и транспирации.

Зона II. Территория этой зоны относится к Центральной части Голодной степи. В литологическом отношении она сложена более легкими породами, чем вышеописанные зоны.

Разрезы скважин на глубину до 100—150 м показывают чередование мелкозернистых аллювиальных песков мощностью до 20—30 м и более, переслаивающихся супесями и суглинками мощностью 6—10 м. Причем с продвижением на запад глубина залегания и мощность песков увеличивается, верхняя толща покровных суглинков снижается иногда до 5 м и менее, а в совхозах № 22 и 23 они вообще выходят на поверхность.

Питание подземных вод этой части Голодной степи осуществляется как со стороны Туркестанского хребта (хотя эта цифра небольшая и, по данным УзГГТ, составляет всего 0,22—0,27 м³/сек), так и с востока, со стороны Чирчик-Ангренского бассейна (по аллювиальным пескам).

Средний коэффициент фильтрации покровных мелкозернистых песков, по данным САНИИРИ, определяется величиной 0,03—0,04 м/сутки, а первого, хорошо проницаемого, водоносного пласта—10—11 м/сутки (по совхозу № 20).

За последнее время, в связи с понижением уровня грунтовых вод, под влиянием осадков (почвы эти использовались лишь под богарные посевы и выпас скота) шло медленное выщелачивание солей из верхних горизонтов вниз по профилю, в результате чего во всех точках этой зоны наблюдается опресненный поверхностный профиль на глубину 1,5—2 м. Сравнительно высокая степень минерализации вод, откачиваемых вертикальным дренажом до 4,8 г/л (совхоз № 20),—результат выщелачивания солей из верхних горизонтов почво-грунтов вниз в подстилающие пески, а также приноса солей с подземным потоком.

Зона III. Литологическое строение этой территории представлено более тяжелым составом, чем в вышеописанной зоне II, хотя грунты также очень слоисты.

Для восточной (особенно северо-восточной) части этой зоны наряду с прослойками супесей и песков мощностью 10—15 м имеются толщи глин, достигающие 50—60 м. По данным УзГГТ, коэффициент фильтрации для верхней 5-метровой толщи составляет 0,5—1,0 м/сутки.

Западная (особенно северо-западная часть) сложена более слоистыми легкими грунтами. Плохо проницаемые прослойки глин отсутствуют вообще или имеют очень незначительную мощность—10—30 м, причем, они залегают на глубине 80—90 м. Мощность песчаных прослоек невелика (5—6 м), но они расположены близко к поверхности (иногда от 5 до 8 м). Мелкими прослойками встречаются галечники. Коэффициент фильтрации верхней 5-метровой толщи характеризуется величиной 1—2, а иногда и 3 м/сутки (УзГГТ).

Из описания этой зоны по характеру глубинного засоления видно, что восточная часть ее имеет более высокую засоленность почво-грунтов по всем горизонтам, чем западная. Связано это, видимо, с тем, что движению подземного потока даже при очень малой величине его с северо-восточной части препятствуют мощные слабопроницаемые прослойки. В результате замедляется скорость потока, и он расходуется здесь в основном на пополнение грунтовых вод. Соли, приносимые с подземным притоком, откладываются в местах замедленного стока и засоляют поч-

во-грунты и грунтовые воды. А в связи с тем, что западная часть этой зоны более дренирована, естественно, подземный поток здесь мало задерживался и, продвигаясь все дальше на север и северо-запад, уносил растворенные в себе соли в сторону Арнасайского понижения. Поэтому здесь и наблюдается слабое засоление почво-грунтов.

Зона IV. Почво-грунты этой зоны представлены прослойками суглинков мощностью не более 8 м, супесей, песков. На глубине 8—12 м встречаются прослойки галечника с песком. Мощность этих прослоек 2—7 м. Прослойки песков, галечников (хотя они и маломощные) располагаются близко к поверхности.

Коэффициент фильтрации — 1—2 м/сутки (на 5-метровую толщу). Часть подземного потока здесь расходуется на пополнение грунтовых вод, часть его по дренирующим пластам продвигается дальше на северо-запад, к Арнасаю. Поэтому в глубинном профиле (с глубины 10 м) не наблюдается больших скоплений солей.

Образование же солевого максимума, растянутого иногда до 10 м, объясняется результатом испарения грунтовых вод, залегающих здесь близко к поверхности (3—5 м).

Выводы

В результате наших исследований характера глубинного соленакопления на землях нового орошения Голодной степи установлено большое разнообразие в распределении первичных запасов легкорастворимых солей и их химическом составе как в почво-грунтах, так и грунтовых водах. Это связано с палео-гидрогеологической историей и условиями формирования четвертичных отложений Голодной степи, т. е. с изменяющимися в геологическом времени условиями питания и расходования грунтовых вод, а также общей естественной дренированностью территории и ее отдельных частей.

Следовательно, при освоении засоленных земель такой большой территории, как Голодная степь, нельзя решать вопросы мелиорации стандартно для резко различных по природным условиям зон. Выбор объема и схемы мелиорации должен базироваться на глубоком изучении разнообразия процессов формирования комплекса природных условий, в том числе и распределении запасов легкорастворимых солей в верхней части четвертичных отложений. Именно эти соли, как показывает опыт, при орошении легко перемещаются по профилю почво-грунтов и засоляют земли.

ЛИТЕРАТУРА

1. Роговская Н. В., Морозов А. Т. Статистический и гидродинамический анализ влияния орошения на грунтовые воды, Изд-во «Недра», М., 1964.
2. Панков М. А. Процессы засоления и рассоления почв Голодной степи, Ташкент, 1962.
3. Решеткина Н. М., Пушкарева З. П. Наблюдения за солевым профилем покровных суглинков и минерализацией откачиваемых вод на опытно-производственном участке вертикального дренажа в совхозе «Социализм», «Вопросы гидротехники», вып. 9, Ташкент, Изд-во АН УзССР, 1962.
4. Хасанов А. С. Зональное распределение грунтовых вод Голодной степи по их химическому составу, Материалы по производительным силам Узбекистана, вып. 15, Ташкент, Изд-во АН УзССР, 1960.
5. Решеткина Н. М. Закономерности глубинного засоления почво-грунтов и подземных вод и их роль во вторичном засолении почв при орошении, В кн. «Влияние орошения на вторичное засоление, химический состав и режим подземных вод», М., Изд-во «Наука», 1964.

А. П. ВАВИЛОВ, Э. И. ГРИНЕВ, Р. И. ПАРЕНЧИК

**ВОДНЫЙ БАЛАНС ОРОШАЕМОГО УЧАСТКА
В ГОЛОДНОЙ СТЕПИ**

Анализ водного баланса — основа проектирования мелиоративных мероприятий. Особенно важно изучить водный баланс на орошаемых землях с затрудненным подземным оттоком, где избыточная подача воды вызывает подъем уровня грунтовых вод. При высокой минерализации грунтовых вод и отсутствии естественного дренажа нарушение оптимального режима орошения неизбежно приводит к засолению почвы.

Для правильного определения состава сельскохозяйственных культур, режима орошения, к. п. д. оросительной системы и земельного использования, предупредительных и активных мер борьбы с засолением почвы нужно знать не только величины слагаемых водного баланса, но и уметь составлять прогноз его в различных вариантах переустройства оросительной сети или орошения новых земель.

Если главные принципы составления водного баланса в основном известны, то техника установления отдельных слагаемых все еще несовершенна или слишком сложна для применения в производственных условиях. Для завершения разработки методики определения мелиоративных мероприятий на основе анализа водного баланса важно накопление фактического материала по балансовым исследованиям при сочетании природных и искусственных факторов режима грунтовых вод.

В настоящей статье приводятся данные расчетов водного баланса на опытном участке закрытого горизонтального дренажа в совхозе «Фархад». Использовались результаты полевых наблюдений, проведенных в 1959—1960 гг.

Опытный участок расположен восточнее г. Янгиера, на левом берегу Южного голодностепского канала. Уклоны поверхности земли в пределах участка значительны — 0,006—0,007.

К югу от участка они увеличиваются, а к северу уменьшаются. Почвогрунты опытного участка до глубины 50 м сложены преимущественно перемежающимися слоями средних и тяжелых суглинков с небольшими прослойками глин и песков.

Водоносный горизонт, вскрытый на глубине 50 м, имеет мощность 8 м и представлен галечником с суглинком в виде слабо сцементированного конгломерата. Ниже водоносного горизонта до глубины 200 м залегает суглинок с редкими включениями гальки и небольшими прослойками супеси, глины и песков.

До орошения глубина грунтовых вод на опытном участке составляла 5—10 м. С началом орошения грунтовые воды стали подниматься, и в 1957 г. в северной части участка уровень их достиг 2—3 м от поверхно-

сти земли. Для борьбы с подъемом грунтовых вод и засолением в 1958—1959 гг. был построен закрытый дренаж. Наблюдения показали, что сток воды по дренам определяется режимом грунтовых вод, который непосредственно связан с режимом работы оросительной системы и величиной водоподачи. Подъем уровня грунтовых вод и сток воды по дренам начинались почти одновременно с заполнением оросительных каналов, а после закрытия оросительной системы, примерно через один—два месяца, уровень грунтовых вод возвращался в исходное положение и сток воды по дренам почти прекращался.

По мере возрастания коэффициента земельного использования продолжительность работы дрен увеличивалась. В 1959 г. отдельные дрены работали 1—6 месяцев, а в 1960 г. соответственно 3—8 мес.

Коэффициент фильтрации грунтов, подсчитанный по дебиту дрен и депрессионным кривым, оказался очень высоким для условий Голодной степи (в среднем 3 м/сутки).

МЕТОДИКА ПОДСЧЕТА ВОДНОГО БАЛАНСА И ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Для анализа принята наиболее простая схема полного водного баланса по уравнению, предложенному А. П. Вавиловым:

$$Z_n + O + B + П = И + Д + Z_k \quad (1)$$

где — Z_n и Z_k запасы влаги в расчетном слое к началу и концу расчетного периода;

O — осадки, впитавшиеся в почву за расчетный период;

B — разность притока и оттока воды по поверхности земли;

$П$ — разность подземного притока и оттока воды;

$Д$ — количество воды, отведенной дренами за пределы балансового участка.

Величины подсчитывали на 1 га валовой площади, м³. Запасы влаги устанавливали для слоя толщиной 5 м от поверхности земли. Уровень грунтовых вод в период наблюдений никогда не опускался ниже расчетного слоя и, следовательно, разностью $Z_k - Z_n$ выявляли полное приращение количества влаги в расчетном слое. Изменение запасов влаги на поверхности земли не учитывали ввиду незначительности этой величины.

Из всех слагаемых водного баланса наиболее точно определяли поступление воды по поверхности земли (B) и сток по дренам ($Д$). С меньшей точностью вычислялись запасы влаги, но они так же, как и величины B , O , $Д$ подсчитывались независимо от других слагаемых водного баланса, хотя и с уточнением по результатам расчетов.

Величину испарения и транспирации ($И$) рассматривали как разность величин, входящих в уравнение (1), и сравнивали с размерами испарения¹, принятыми Средазгипроводхлопком при расчете дренажа на целинных землях Голодной степи.

Прямого определения разности подземного притока и оттока не проводилось. Имеющиеся материалы по гидрогеологии показывают, что пьезометрический напор в водоносном горизонте до орошения был ниже уровня грунтовых вод. Трудно предполагать, что с развитием орошения пьезометрический напор увеличится, хотя можно ожидать некоторого его возрастания в связи с подъемом уровня грунтовых вод на вышерасположенной территории.

¹ Ниже испарение и транспирация сокращенно именуются испарением.

Значительные уклоны поверхности земли и зеркала грунтовых вод будут способствовать транзитному движению грунтовых вод по территории опытного участка, при этом часть воды может затрачиваться на испарение.

Изучая график колебания уровня грунтовых вод на опытном участке после орошения, приходим к выводу о возможности подземного оттока, особенно в вегетационный период, но он также не может быть велик, так как поливы начинаются примерно в одно время и подъем уровня грунтовых вод на нижележащих землях происходит с неменьшей скоростью, чем на опытном участке.

Учитывая трудность определения подземного водообмена, тем более, что это очень незначительная величина, в расчетах приняли $\Pi = 0$. В действительности при орошении опытного участка правильнее ожидать в вегетационный период отток, а в невегетационный период — приток подземных вод. Таким образом, отказ от учета подземного водообмена завышает испарение в вегетационный период и снижает его в невегетационный период.

Вероятна ошибка в пределах 5—10% величины испарения за 1 мес. Ошибка в установлении годовой суммы испарения меньше, так как знак величины « Π » меняется в течение года.

Рассчитывали водный баланс всего опытного участка и отдельных его частей (табл. 1).

Таблица 1

Основные данные по балансовым участкам

Номер участка	Дрены, к которым подвешены участки	Площадь участков, га			Удельная протяженность дренажа, м/га	
		длина дрены, м	брутто	посевная	на валовую площадь	на орошаемую площадь
1	Д-1	400	34,4	28,5	11,6	14,0
2	Д-2	740	38,3	32,5	19,3	22,8
3	Д-3	924	31,4	23,9	29,4	38,7
4	Д-4	924	37,3	28,2	24,8	32,8
5	Д-5	924	48,6	42,2	19,0	21,9
6	Д-1—Д-5	3912	190	155,3	20,6	25,0
7	Д-1—Д-7	6023	295	183,6	20,4	32,8

Сначала определяли величину испарения при запасах влаги, равных предельной полевой влагоемкости. Затем вносили правку в данные величины испарения и запасов влаги. Выявив новую закономерность связи запасов влаги и глубины залегания грунтовых вод, производили подсчет вторично.

За расчетный период был принят 1 мес.

Определение слагаемых водного баланса

Кривая связи запасов влаги и глубины залегания уровня грунтовых вод (рис. 1) составлена по результатам вычисления влажности в разных горизонтах зоны аэрации.

Кривая на рис. 2 указывает на предельно максимальные запасы влаги. В действительности их может быть и меньше, что подтвердилось данными расчетов.

По скважинам велись систематические наблюдения за колебанием уровня грунтовых вод. На каждую дату замера вычерчены гидроизогипсы.

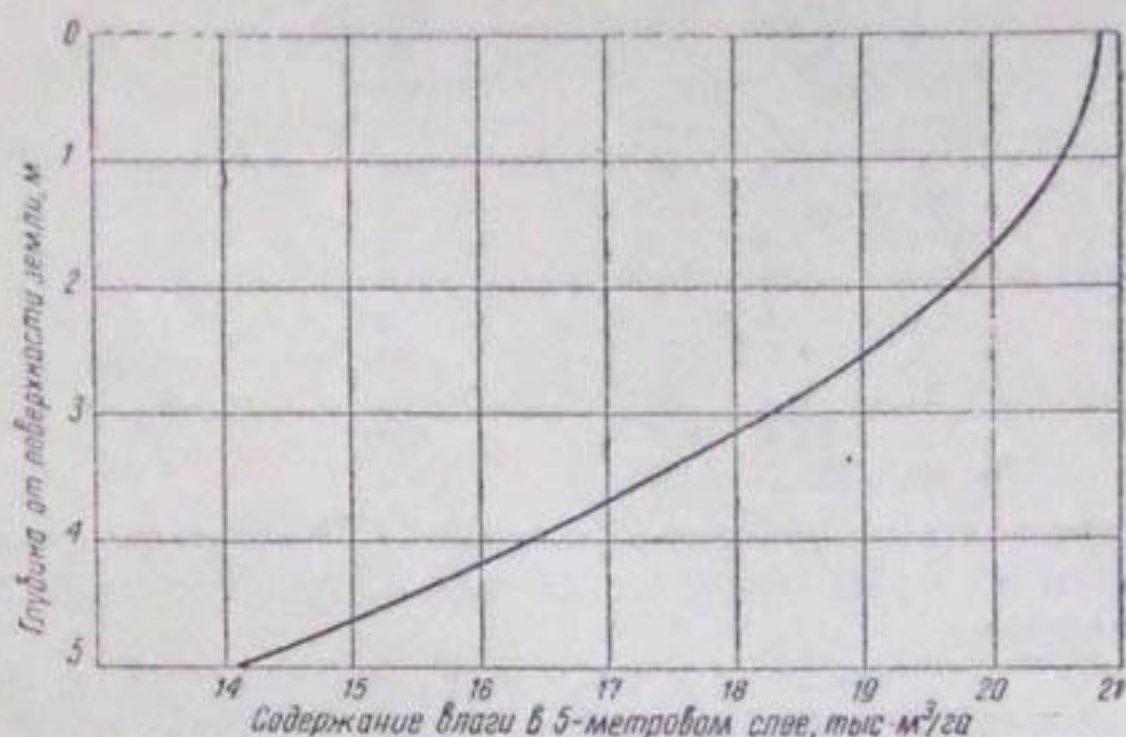


Рис. 1. Запасы влаги в верхнем 5-метровом слое почво-грунтов при разных глубинах залегания уровня грунтовых вод.

Планиметрированием контуров в пределах каждого балансового участка найдена средневзвешенная глубина залегания уровня грунтовых вод, для которой по рис. 2.

$$Z_{\text{ср}} = \frac{\sum Z\omega}{\sum \omega},$$

где Z — запас влаги, $\text{м}^3/\text{га}$ при средней глубине грунтовых вод в контуре;

ω — площадь контура, га ;

$\sum \omega$ — площадь балансового участка, га .

Для каждого балансового участка построена кривая изменения средневзвешенных глубин по времени. По этой кривой определяли расчетные глубины залегания уровня грунтовых вод в начале и в конце каждого месяца, а запасы влаги соответственно этим глубинам вычисляли по кривой на рис. 2.

Учет количества осадков на участке не производили. Величина «О» принята по наблюдениям на ближайшей метеорологической станции Ур-

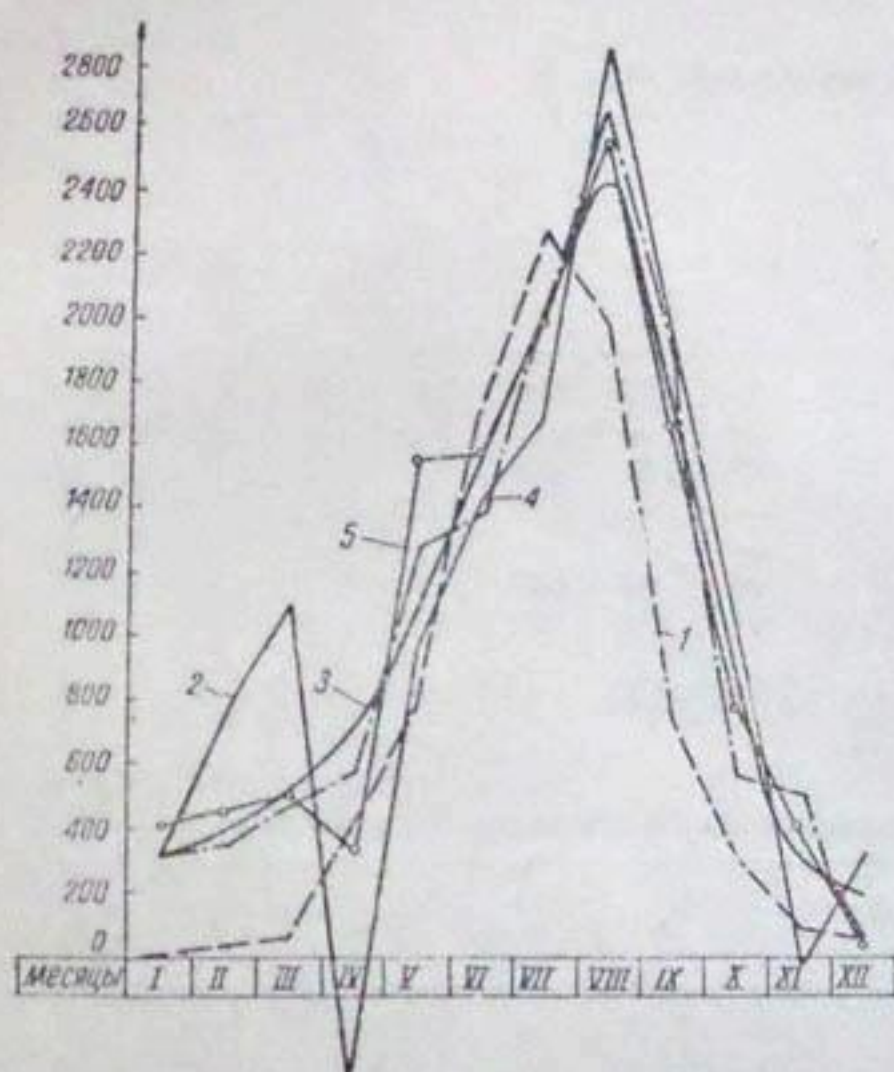


Рис. 2. Испарение и транспирация на балансовом участке № 2:

1 — табличная кривая испарения и транспирации; 2 — кривая испарения и транспирации, вычисленная по балансовому уравнению; 3 — исправленная кривая испарения и транспирации; 4 — кривая испарения и транспирации по первому методу; 5 — то же по второму методу

сатьевская с некоторым уменьшением. Часть осадков испаряется с наземных предметов, не изменяя влажности почвы. Ниже приводим количество осадков за 1959 г.

Месяц	мм	м ³ /га	Принято к расчету, м ³ /га
I	12,6	126	120
II	58,9	589	580
III	101,1	1011	1000
IV	46,4	464	400
V	5,5	55	30
VI	11,2	112	0
VII	0	0	0
VIII	0	0	0
IX	0	0	0
X	9,7	97	90
XI	5,7	57	50
XII	43,4	434	430
За год	294,5	2945	2700

Поступление воды по поверхности земли (*B*) приравнивали к стоку воды по отводам из магистрального канала. Сток учитывали непосредственными замерами.

Иногда оросительную воду сбрасывали в Западный и Восточный коллекторы, проходящие по северной границе участка, но сброс был невелик и нерегулярен. Точное измерение его было технически невозможно, и в расчетах за его величину приняли 10% от общего стока.

Сток по дренам (*D*) подсчитали по систематическим замерам устьевых расходов каждой дрены (табл. 2). Расходы измерялись объемным способом. Для определения величины «*D*» был составлен график изменения устьевых расходов дрен в течение всего периода их работы.

Таблица 2

Водоподача и дренажный сток

Номер балан- сового участка	Водоподача м ³ /га						Дренажный сток, м ³ /га						
	май	июнь	июль	август	сен- тябрь	за весь период	май	июнь	июль	август	сен- тябрь	ок- тябрь	за весь период
1	1823	1991	2372	2689	1378	10253	31	227	234	193	38	—	721
2	1867	2037	2431	2754	1412	10501	129	—	243	349	304	57	1082
3	1678	1831	2182	2471	1268	9430	390	341	952	1066	373	97	3219
4	1668	1815	2166	2456	1260	9365	—	—	807	1052	723	656	3238
5	1914	2078	2490	2819	1444	10745	—	—	—	224	14	—	238
6	1890	1962	2342	2654	1360	10118	96	97	407	546	275	156	1577
7	1416	1546	1850	2099	1075	7985	71	104	323	407	212	39	1155

Подсчет величины испарения по уравнению (1) дан в табл. 3 на примере балансового участка № 2.

Таблица 3

Подсчет величины испарения и транспирации по балансовому участку 2, м³/га

Месяц	h_n	$З_n$	O	B	$З_n + O + B$	h_k	$З_k$	D	$З_k + D$	I	I_m
I	3,50	17370	120	—	17490	3,60	17174	—	17174	316	16
II	3,60	17174	580	—	17754	3,69	16998	—	16998	756	29
III	3,69	16998	1000	—	17998	3,75	16880	—	16880	1118	49
IV	3,75	16880	400	—	17280	3,32	17698	—	17698	—418	364
V	3,32	17698	30	1867	19595	2,85	18508	129	18637	958	812
VI	2,85	18508	—	2037	20545	2,44	19120	—	19120	1425	1709
VII	2,44	19120	—	2431	21551	2,07	19616	243	19859	1692	2275
VIII	2,07	19616	—	2754	22370	2,42	19147	349	19496	2874	2000
IX	2,42	19147	—	1412	20559	3,00	18280	304	18584	1975	753
X	3,00	18280	90	—	18370	3,59	17194	57	17251	1119	306
XI	3,59	17194	50	—	17244	3,55	17272	—	17272	—28	92
XII	3,55	17272	430	—	17702	3,50	17370	—	17370	332	53
За год	—	—	2700	10501	—	—	—	1082	—	12119	8458

В той же таблице вычислена предполагаемая расчетная величина испарения по формуле:

$$I_T = I_X \cdot P_X + I_T \cdot P_T + I_H \cdot P_H \quad (3)$$

где I_X , I_T , I_H — испарение с одного гектара хлопчатника, трав и неорошаемой площади, принятое Средазгипроводхлопком при расчете дренажа в условиях Голодной степи;

P_X , P_T , P_H — доля соответствующей культуры в пределах валовой площади.

Итоги подсчетов величины испарения на всех балансовых участках приведены в табл. 4.

Таблица 4

Расчетные и табличные значения испарения и транспирации по балансовым участкам

Месяц	Номера балансовых участков					
	1		2		3	
	$I_{расч.}$	$I_{табл.}$	$I_{расч.}$	$I_{табл.}$	$I_{расч.}$	$I_{табл.}$
I	257	15	196	16	176	23
II	698	30	176	29	756	43
III	1098	51	1118	49	1164	73
IV	-272	359	-418	364	-508	251
V	2200	798	958	812	55	529
VI	840	1472	1425	1709	730	965
VII	1196	1867	1692	2275	560	1368
VIII	4597	1458	2874	2000	1606	1270
IX	545	689	1975	753	1896	563
X	1625	300	1098	306	1405	272
XI	-525	91	-28	92	266	96
XII	-119	53	332	53	685	49
За год	12140	7183	11398	8458	8791	5502

Продолжение таблицы 4

Месяц	Номера балансовых участков							
	4		5		6		7	
	$I_{расч.}$	$I_{табл.}$	$I_{расч.}$	$I_{табл.}$	$I_{расч.}$	$I_{табл.}$	$I_{расч.}$	$I_{табл.}$
I	143	23	2	16	159	18	100	18
II	580	43	445	30	698	34	422	34
III	1047	73	961	51	1019	58	980	57
IV	-450	250	106	368	-305	323	204	283
V	190	529	443	821	778	710	451	609
VI	1420	998	1673	1740	1273	1404	804	1080
VII	1218	1245	2540	2094	1639	1816	1243	1411
VIII	1712	1076	3195	1826	2358	1592	2088	1187
IX	1160	535	2066	750	1815	658	1725	522
X	273	272	1372	312	1031	294	1178	238
XI	579	95	266	94	207	94	-87	83
XII	955	49	626	54	479	52	312	47
За год	8827	5188	13695	8156	11151	7053	9420	5568

Для исправления величины испарения составлены графики (рис. 2). Для большого числа балансовых участков испарение, вычисленное по уравнению (1), явно велико в марте и слишком мало (иногда меньше нуля) в апреле. Вероятно, это результат ошибки в определении запасов влаги.

Для проверки этого предположения вычерчена плавная кривая испарения, которая дает такую же годовую сумму испарения, что и подсчет по уравнению (1) (графа «И» в табл. 3 и 4). В то же время исправленная кривая (3 на рис. 3) проводится возможно ближе к значениям испарения, вычисленным по балансовому уравнению.

Принимая исправленные значения испарения, по уравнению (1) находим новые значения запасов влаги (Z_n и Z_k) для каждого месяца, а также наибольшее отклонение в сторону увеличения по сравнению с кривой на рис. 2, и все значения «3» уменьшаем на эту величину (табл. 5 и 6).

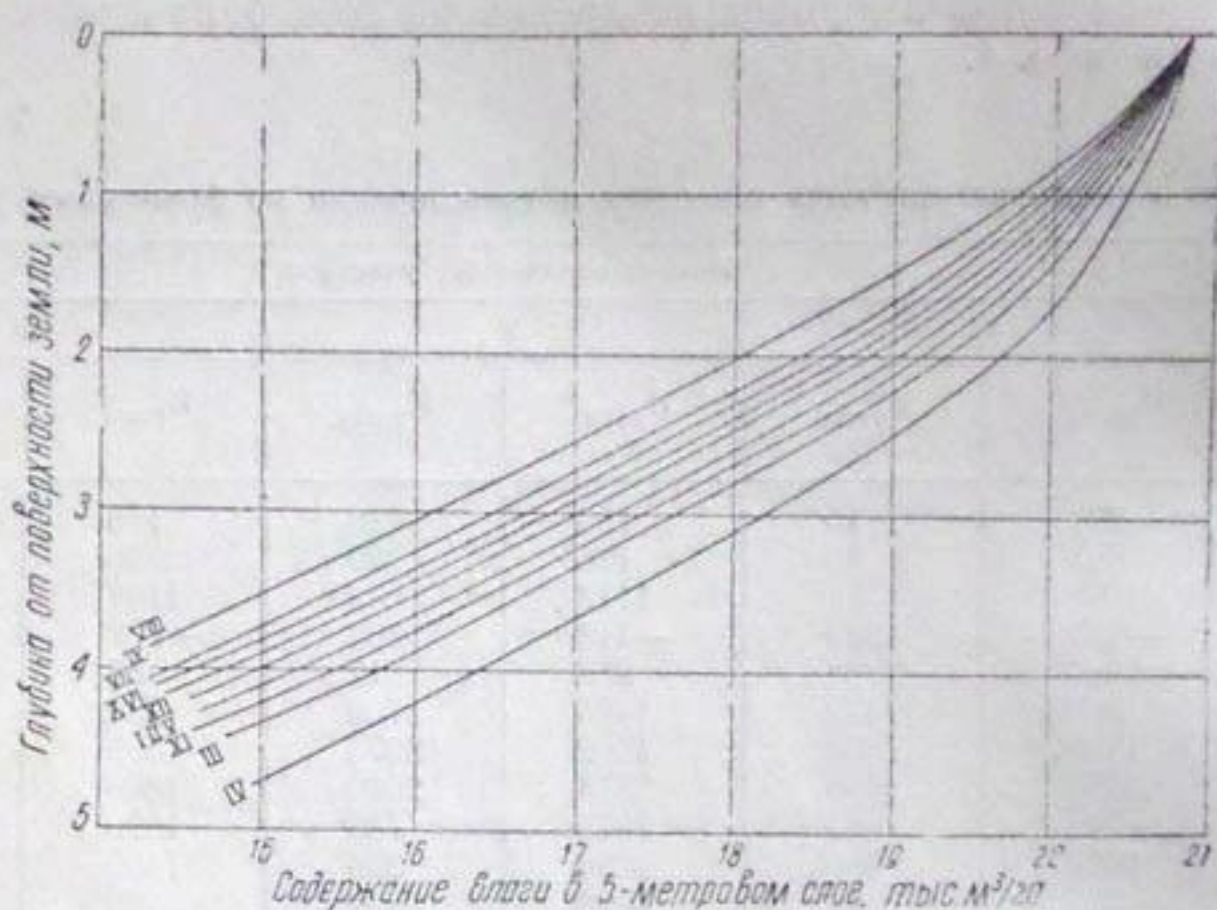


Рис. 3. Запасы влаги в верхнем 5-метровом слое почво-грунтов при разных глубинах уровня грунтовых вод за каждый месяц.

По данным табл. 6 составлен график (рис. 3) и уравнение:

$$Z = Z_{\text{пр}} - \Sigma at, \quad (4)$$

где Z — расчетная величина запаса влаги, $\text{м}^3/\text{га}$;

$Z_{\text{пр}}$ — величина запаса влаги, определенная по кривой на рис. 2 (предельно наибольшая величина);

a — приращение запасов влаги за одни сутки, $\text{м}^3/\text{га}$;

t — время, сутки.

Таблица 5

Запасы влаги по балансовому уравнению для участка

Месяц	$I_{\text{испр}}$	h_n	Z_n	h_k	Z_k	Исправленные значения Z_n
I	320	3,50	17370	3,60	17170	16410
II	400	3,60	17170	3,69	17350	16210
III	510	3,69	17350	3,75	17840	16390
IV	700	3,75	17840	3,32	17540	16880
V	1080	3,32	17540	2,85	18228	16580
VI	1540	2,85	18228	2,44	18725	17268
VII	2000	2,44	18725	2,07	18913	17765
VIII	2440	2,07	18913	2,42	18878	17953
IX	1730	2,42	18878	3,00	18256	17918
X	900	3,00	18256	3,59	17389	17296
XI	300	3,59	17389	3,55	17139	16429
XII	200	3,55	17139	3,50	17370	16179
За год	12120	—	—	—	—	—

При составлении графика на рис. 3 были внесены все точки, координаты которых имеются в табл. 6. По этим точкам вычерчены кривые запасов влаги для каждого месяца. Закономерность изменения запасов влаги определяли и другим способом. Сравнивая для балансового участка

Таблица 6

Исправленные значения запасов влаги по всем балансовым участкам

Месяц	Балансовые участки					
	1		2		3	
	<i>n</i>	<i>З</i>	<i>n</i>	<i>З</i>	<i>n</i>	<i>З</i>
I	3,57	15909	3,50	16410	3,88	15269
II	3,64	15829	3,60	16210	3,97	15189
III	3,70	16149	3,69	16390	4,05	15589
IV	3,75	16789	3,75	1688	4,12	16109
V	3,40	16589	3,32	16580	3,68	15989
VI	3,60	17141	2,85	17268	3,00	16647
VII	3,10	17235	2,44	17765	2,50	17287
VIII	2,50	17343	2,07	17953	2,00	17437
IX	2,72	17439	2,42	17918	2,15	17462
X	3,30	17019	3,00	17295	2,85	16837
XI	4,12	16109	3,59	16429	3,64	15790
XII	3,85	15719	3,55	16179	3,75	15240

Продолжение таблицы 6

Месяц	Балансовые участки							
	4		5		6		7	
	<i>n</i>	<i>З</i>	<i>n</i>	<i>З</i>	<i>n</i>	<i>З</i>	<i>n</i>	<i>З</i>
I	4,04	15213	3,91	15950	3,77	15785	3,75	15918
II	4,05	15190	3,84	15940	3,81	15745	3,74	15938
III	4,05	15546	3,77	16280	3,85	16085	3,71	16318
IV	4,07	16226	3,75	16880	3,86	16665	3,70	16978
V	3,65	16106	3,60	16680	3,50	16305	3,60	16848
VI	2,80	17004	2,74	17564	2,97	16899	3,10	17423
VII	2,54	17679	2,47	17742	2,58	17264	2,70	17665
VIII	2,44	17638	2,50	18137	2,37	17259	2,52	17592
IX	2,65	17442	2,60	17667	2,55	17307	2,78	17384
X	3,05	16819	3,01	16567	3,08	16872	3,29	16747
XI	3,51	16473	3,60	16077	3,67	16026	3,78	15998
XII	3,78	15063	3,80	15777	3,75	15656	3,81	15678

№ 2 (табл. 7) в конце каждого месяца предельные запасы влаги ($Z_{пр}$) с соответствующими исправленными величинами ($З$), отметили, что в конце марта $Z_{пр} = З$. Приняв 1 апреля за начало иссушения почвы, вычислим алгебраическую сумму потери влаги на испарение и иссушение почвы в течение месяца, как разность суммы иссушения в последующий и предыдущий месяцы:

$$\Delta Z = \Sigma \Delta Z_n - \Sigma \Delta Z_{n-1}.$$

Затем установим величину иссушения почвы за одни сутки:

$$a = \frac{\Delta Z}{t},$$

где t — количество суток в месяце.

По формуле (4) последовательным суммированием произведений af нашли величину «З». Подсчет вели с 1 апреля. Величину «а» можно вычислять и по формуле

$$a = \frac{H_{\text{исп}} - H}{t} \quad (5)$$

Рассчитав величину «а» по всем балансовым участкам, определили ее среднюю величину: в январе она равна 0, в феврале—10 м³/сутки·га, марте—20, апреле+25, мае+20, июне+5, июле+10, (5) августе—10, сентябре—10, октябре—15, ноябре+15 и декабре—10 м³/сутки·га.

Результаты определения величины испарения с помощью графика на рис. 3 приведены в табл. 8, а по уравнению (4) с использованием средней величины иссушения—в табл. 9 (рис. 2).

Первый метод—составление сетки кривых $Z = f(h)$ на рис. 3—дал лучшие результаты, чем второй метод—использование уравнения (4).

Таблица 7

Иссушение почвы на балансовом участке 2

Месяц	$Z_{\text{пр}}$	Z	$\Sigma \Delta Z$	ΔZ	a
IV	17698	16580	1118	1118	37,2
V	18508	17268	1240	122	4,06
VI	19120	17765	1355	115	3,84
VII	19616	17953	1663	308	10,50
VIII	19147	17918	1229	—434	—14,40
IX	18280	17296	984	—245	—8,20
X	17194	16429	765	—219	—7,30
XI	17272	16179	1093	328	10,90
XII	17370	16410	960	—133	—4,42
I	17174	16210	964	4	0
II	16998	16390	608	—356	—11,80
III	16880	16880	0	—608	—20,20

Таблица 8

Определение величины испарения и транспирации для участка 2

Месяц	h_n	Z_n	h_k	Z_k	H
I	3,50	16340	3,60	16140	320
II	3,60	16140	3,69	16360	360
III	3,69	16360	3,75	16880	480
IV	3,75	16880	3,32	16720	560
V	3,32	16720	2,85	17220	1269
VI	2,85	17220	2,44	17880	1377
VII	2,44	17880	2,07	18040	2028
VIII	2,07	18040	2,42	17780	2665
IX	2,42	17780	3,00	16920	1968
X	3,00	16920	3,59	16380	573
XI	3,59	16380	3,55	15900	530
XII	3,55	15900	3,50	16340	—10
За год	—	—	—	—	12120

Испарение и транспирация с учетом иссушения почвы по уравнению (4) для балансового участка 2

Меснцы	h_n	z_n	h_k	z_k	$И$
I	3,50	16470	3,60	16274	416
II	3,60	16274	3,69	16398	456
III	3,69	16398	3,75	16880	518
IV	3,75	16880	3,32	1694	332
V	3,32	16948	2,85	17158	1558
VI	2,85	17158	2,44	17620	1575
VII	2,44	17620	2,07	17816	1992
VIII	2,07	17816	2,42	17647	2574
IX	2,42	17647	3,0	17080	1675
X	3,00	17080	3,59	16444	669
XI	3,59	16444	3,55	16072	422
XII	3,55	16072	3,50	16470	32
За год	—	—	—	—	12219

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО УТОЧНЕНИЮ РАСЧЕТОВ ВОДНОГО БАЛАНСА

На небольших участках нужно применять все способы прямого определения запасов влаги приходных и расходных статей водного баланса. Основным для установления запасов влаги является весовой метод, но параллельно с ним можно применять и другие методы (тензиометры, измерение электропроводимости). Изучение динамики запасов влаги не ограничивается задачей точного расчета водного баланса на опытном участке. Более важно раскрыть зависимость

$$Z = f(h, B_0, И, D),$$

где h — глубина залегания уровня грунтовых вод;

$B_0 = O + B + П$ — поступление воды;

$И, D$ — расход воды.

Обработку результатов изучения динамики запасов влаги лучше начинать с построения графиков по типу рис. 5 с подробным описанием условий. Эти графики нужно объединять в альбомы и стремиться составить уравнения кривых связи запасов влаги и глубины от поверхности земли до уровня грунтовых вод.

При детальном исследовании водного баланса обязателен учет непосредственно на балансовом участке не только количества выпавших осадков, но и их впитывания в почву, температуры и влажности воздуха, силы ветра. Измерение уровня воды в скважинах и пьезометрах, расход воды, поступающей по оросительным каналам и уходящей по дренам и сбросам, должно быть автоматизировано с тем, чтобы величина $O + B - D$ определялась ежедневно в период наблюдений с ошибкой не более 5%. Счетчики стока на каналах и дренах уже разработаны, а самописцев, учитывающих уровень воды в скважинах и пьезометрах, еще нет. Необходимо ускорить разработку этих конструкций.

В большинстве случаев на малых участках подземный водообмен через вертикальные грани балансового слоя незначителен по сравнению с вертикальным (через нижнюю границу балансового слоя), и величину «П» можно учесть наблюдениями в пьезометрах. При этом основная трудность заключается в определении коэффициента фильтрации грунтов. Лучше всего расположить пьезометры выше и ниже слоя грунта с низкой водопроницаемостью. Тогда разность уровней воды в пьезомет-

рах, даже близко расположенных по вертикали, будет большой, и для последующих расчетов достаточно измерить коэффициент фильтрации в пределах выделенного плотного слоя. Способы измерения коэффициента фильтрации при движении воды по вертикали требуют дальнейшей разработки. При большой мощности слоя плотных грунтов вполне надежен метод подлива воды в шурф или скважину, опущенных несколько ниже верхней постели плотного слоя и отдающих воду только через дно. Успех опыта решается надежностью водопроницаемости стенок шурфа или скважины.

В случае отсутствия явно выраженных плотных прослоек следует испытать следующую схему опыта.

На поле валиками ограждается участок площадью 100—400 м², а также его центральная часть площадью 4—10 м².

В пределах всего пространства, огражденного валиками, длительное время поддерживается постоянный слой воды на поверхности земли. При этом учитывается поступление воды во внутренний, центральный участок. Потери воды на испарение с водной поверхности определяют расчетом или путем установки испарителей. При достаточной длительности опыта в центре участка, где опущены пьезометры, установится постоянная фильтрация; коэффициент фильтрации можно вычислить по формуле:

$$K = \frac{V}{i}.$$

Скорость фильтрации (V) определяют по учету впитывания воды на центральном участке, а гидравлический градиент (i) — по показаниям любой пары пьезометров центрального вертикального луча. Описанный метод позволяет установить коэффициент фильтрации любой прослойки грунта в пределах толщи, в которой удастся создать постоянную вертикальную фильтрацию воды.

На малых балансовых участках испарение вычисляют как разность по уравнению водного баланса, измеряют в лизиметрах, подсчитывают по эмпирическим формулам на основании учета факторов испарения.

На участках крупнее 100 га определение каждого слагаемого водного баланса — мероприятие слишком дорогое и замедленное. Нужны способы быстрого решения уравнений водного баланса. В данной статье рассмотрены только подсчеты полного водного баланса как наиболее простые.

Для расчета водного баланса нужны следующие материалы: 1) план участка с горизонталями, на котором показаны все каналы и дрена, размещение сельскохозяйственных культур, наблюдательные скважины, пьезометры, гидрометрические посты и др.; 2) сведения о водно-физических свойствах почвы, а также об атмосферных осадках и испарении; 3) данные гидрометрии о стоке воды по каналам и дренам; 4) данные по гидрогеологии, позволяющие примерно рассчитать величину подземного притока; 5) прогноз возможных изменений размера подачи оросительной воды и состава сельскохозяйственных культур.

При отсутствии плана с горизонталями местности для больших участков составляются карты глубин залегания уровня грунтовых вод, а для малых — вычисляется среднеарифметическая глубина грунтовых вод.

Анализ водного баланса удобнее начинать с установления величины испарения по уравнению (1) и вычерчивания кривой по форме рис. 4. Выравнивание полученной кривой испарения можно произвести путем изменения запасов влаги или величины подземного притока и оттока воды. Мы ограничились корректированием запасов влаги. Изучая ко-

лебания уровня грунтовых вод и изменение слагаемых водного баланса (табл. 4), замечаем, что на 1 апреля исправленный запас влаги равен предельно наибольшей величине и, следовательно, до этой даты наблюдалось увеличение влажности в зоне аэрации, а позже — иссушение почвы. В апреле оросительная вода не подавалась и дрены не работали. Согласно сделанным расчетам в этом месяце произошло иссушение почвы, но уровень грунтовых вод поднялся на значительную величину — 0,43 м, что объясняется притоком подземных вод. Предельно максимальная величина этого притока определяется величиной иссушения почвы на 1 апреля: $17698 - 16720 = 978 \text{ м}^3/\text{га}$ (табл. 3 и 8).

Расчеты для других месяцев сведены в табл. 10 и 11.

В табл. 10 запасы влаги вычисляли по рис. 5, а в табл. 11 по уравнению (4).

Величина «П» (табл. 10 и 11) получена из предположения, что каждый месяц влажность почвы предельно наибольшая.

Принимая то же условие, можно установить возможную величину притока по формуле.

$$П = I_{\text{испр}} - I, \quad (6)$$

где величина $I_{\text{испр}}$ берется из табл. 6, а I из табл. 3. По уравнению можно найти значение $П$, равное величине ΔZ в табл. 7.

ВЫВОДЫ

Расчет водного баланса опытного участка в совхозе «Фархад» показал, что максимальное испарение наблюдается в августе, а не в июле, как это принято по кривым, составленным САНИИРИ. Годовая сумма испарения при этом сильно занижена (табл. 4). Особенно велико различие в невегетационный период.

Таблица 10

Элементы водного баланса

Месяц	O+B	D+И	$n_n - n_k$		Сведения об иссушении почвы		$I_{\text{испр}}$	Z	$\Sigma П$	П
			+	-	по табл. 9	по рис. 5				
IV	400	560	0,43		И	И	17698	16720	978	+978
V	1897	1398	0,47		И	И	18508	17220	1288	+310
VI	2037	1377	0,41		И	И	19120	17880	1240	-48
VII	2431	2271	0,37		И	И	19616	18040	1576	+336
VIII	2754	3014		0,35	И	И	19147	17780	1367	-209
IX	1412	2272		0,58	И	И	18280	16920	1360	-7
X	90	630		0,59	И	И	17194	16380	814	-546
XI	50	530	0,04		И	И	17272	15900	1372	+558
XII	430	-10	0,05		И	И	17370	16340	1030	-342
I	120	320		0,10	—	И	17174	16146	1034	+4
II	580	360		0,09	И	—	16998	16360	638	-396
III	1000	480		0,06	И	И	16880	16880	0	-638

Примечание. И — иссушение почвы; И — накопление влаги в почве.

При анализе водного баланса в существующих условиях нельзя вычислять запасы влаги по предельной полевой влагоемкости. При колеблющемся уровне грунтовых вод действительные запасы влаги в зоне аэрации могут быть значительно меньше. Это объясняется медленной передачей влаги по капиллярам почвы, а также быстрым изменением

Таблица 11

Подсчет разности подземного притока и оттока при размерах испарения, взятых из табл. 9

Месяц	$\Sigma_{\text{пр}}$	Σ	$\Sigma \Pi$	Π
IV	17698	16948	750	+750
V	18508	17158	1350	+600
VI	19120	17620	1500	+150
VII	19616	17816	1800	+300
VIII	19147	17647	1500	-300
IX	18280	17080	1200	-300
X	17194	16444	750	-450
XI	17272	16072	1200	+450
XII	17370	16470	900	-300
I	17174	16274	900	0
II	16998	16398	600	-300
III	16880	16880	0	-600

величины пьезометрического напора при перемене условий питания грунтовых вод на смежных землях.

Вычерчивание кривой испарения, подсчитанного по уравнению водного баланса, дает хорошую корректировку всех расчетов, так как ошибка в определении запасов влаги почти не влияет на величину годовой суммы испарения, и это позволяет уверенно исправить кривую испарения.

Для проектирования дренажа на орошаемых землях важное значение имеет обработка материалов по установлению влажности почвы во всех точках, в которых известно положение уровня грунтовых вод. Используя эти материалы, нужно составить графики, аналогичные рис. 5, и описать условия определения влажности почвы. Особенно важно знать, в какой день после полива брались пробы на влажность.

Требуется систематическая обработка результатов вычисления испарения различными методами. Испарение составляет около 90% всего расхода воды на орошаемом поле.

Ошибка в 10% при определении испарения влечет за собой ошибку в определении необходимого стока по дренам до 100%.

При изучении причин засоления почвы нужно производить расчеты водного баланса. Даже при малой точности определения прихода и расхода влаги такие расчеты полезны.

Х. А. КАДЫРОВ

ИНЖЕНЕРНОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ВОДНО-СОЛЕВОГО БАЛАНСА БУХАРСКОГО ОАЗИСА НА БАЗЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Бухарский оазис — один из древнейших очагов орошения Юго-Западного Узбекистана — располагается в нижнем течении р. Зарафшан и занимает около 245 тыс. га земли, из них 163 тыс. га орошаемые. До 30-х годов, когда источник орошения — р. Зарафшан с ее неравномерным стоком — еще не был зарегулирован, приходилось вести борьбу с избытком влаги и солями в многоводные годы и с недостатком воды в маловодные.

Экстрааридный климат с незначительным количеством осадков (125 мм), большой испаряемостью (2075 мм) и среднегодовой температурой воздуха 14,2—15,1°C определяет развитие земледелия только при искусственном орошении. В гидрогеологическом отношении — это полураскрытая мульда, выстланная морскими глинами палеогена, которые погружены в центральных частях на глубину до 500 м и более и представляют региональный водоупор для заполняющих ее континентальных толщ. Последние насыщены подземными водами (верхний ярус), отделенными от нижележащих слоев водоупорными глинами палеогена мощностью 180—250 м.

Бухарская мульда сложена с поверхности покровными мелкоземами. В верхней части оазиса они подстилаются на глубине 1—2 м мощными (до 45 м и более), хорошо проницаемыми галечниково-конгломератовыми отложениями. Вниз по течению реки и от центра к периферии отмечается механическая дифференциация — толщина покровных отложений увеличивается до 10—12 м с одновременным уменьшением мощности галечниковых отложений вплоть до выклинивания. Последние повсеместно подстилаются песчаниками мощностью 95—500 м.

Рассмотренные отложения водоносны и гидравлически связаны между собой. Коэффициент фильтрации мелкоземов 0,5—4,0 м/сутки, галечников и конгломератов соответственно 25—65 и 11—28 м/сутки, песчаников — 1,3—2,0 м/сутки.

Режим грунтовых вод в рассматриваемом оазисе изучается более 30 лет гидрогеологической станцией Узбекского гидрогеологического треста Главгеологии УзССР. Обобщения результатов наблюдений сделаны в работах Д. М. Каца [6], А. А. Худайбердыева [8] и др. Основными источниками питания грунтовых вод являются фильтрация из каналов и инфильтрация воды с орошаемых полей. Инфильтрация атмосферных осадков незначительна — 16—20%, или 20—25 мм от годовой суммы (Д. М. Кац). Подземный приток мал (0,575 м³/сек). Глубина грунтовых вод, по многолетним данным, в среднегодовом разрезе составляет 2—3 м,

однако в зависимости от характера гидрологического года она может меняться в пределах 1,2—2,3 м (в многоводные годы).

Высокое положение уровня грунтовых вод наблюдается весной, низкое осенью при годовой амплитуде 1—2,5 м. Грунтовые воды в мелкоземах имеют минерализацию 2—5,5—10 и реже 30—40 г/л, в галечниках они слабоминерализованы (0,8—2 г/л, реже —3 г/л) и в песчанниках вода соленая (9—15, 15—40 г/л и более).

В оазисе широкое развитие получили луговые почвы (80% земель). Из общей площади оазиса (245 тыс. га) слабозасоленные земли составляют 63 %, средnezасоленные — 18%, сильнозасоленные и солончаки — 19%. Засоление их поверхностное; содержание солей на большей части территории не превышает 0,5—1,0%, причем 50—70% их сосредоточено в верхнем (0,2—0,5 м) слое почво-грунтов. Отмечается сезонная динамичность солевого режима, требующая промывных поливов почти на 60—70% орошаемых земель.

За последние 30 лет в оазисе проведен большой комплекс работ по повышению водообеспеченности и мелиоративному улучшению орошаемых земель. Так, строительство открытой коллекторно-дренажной сети (КДС) протяженностью 1273,3 км (5,2 пог. м/га на валовую площадь) способствовало некоторому оздоровлению земель. Но существующая сеть с дренажным модулем 0,01—0,05 л/сек/га (в 5—10 раз меньше запроектированного) еще не справляется с задачей мелиорации орошаемых земель.

Несмотря на большие успехи проведенных работ по регулированию стока реки, реконструкции оросительных систем и мелиоративному оздоровлению, многие массивы Бухарской области и до настоящего времени находятся в мелиоративно неблагоприятном состоянии. Это объясняется многими факторами, основными из которых являются:

- 1) засоленность почво-грунтов, требующих ежегодных профилактических промывных поливов почти на 60—70% орошаемых земель;

- 2) слабая естественная дренированность покровной толщи, в особенности левобережья Бухарского оазиса, обусловленная геологическим и литологическим строением ее, по сравнению с правобережьем, где условия подземного стока более благоприятны из-за наличия мощного хорошо проницаемого галечникового горизонта, служащего отличной дренажной постелью покровных отложений.

- 3) не вполне удовлетворительная дренирующая способность открытой коллекторно-дренажной сети по всему оазису как во времени, так и в пространстве;

- 4) отсутствие стабильности режима грунтовых вод и минерализации их в годовом и многолетнем разрезе. В данных гидрогеологических условиях на фоне экстрааридного климата с жарким и сухим летом и незначительными осадками это — решающий фактор, определяющий направление процессов почвообразования и их плодородие. Основными факторами в формировании режима грунтовых вод оазиса являются фильтрационные и инфильтрационные воды из ирригационной сети и с орошаемых полей, величина которых зависит от водоносности р. Зарафшан; этому способствует также гидрогеологическая структура самого оазиса;

- 5) относительно слабый подземный отток за пределы оазиса через толщу четвертичных отложений, особенно левобережья. В маловодные годы здесь, как правило, не хватает оросительной воды, а в многоводные отмечается засоление.

Намеченные мероприятия по водообеспеченности (Аму-Бухарский машинный канал и др.) еще более остро ставят вопрос о борьбе с засолением земель. При этом особое значение приобретает применение вертикального дренажа для рассоления и использования пресных подземных вод на орошение.

Еще в 30-е годы строительство вертикального дренажа в правобережной части оазиса не вызывало сомнений у Б. Д. Коржавина, Н. М. Решеткиной, а также М. В. Макридина [7]. Однако с мелиоративной точки зрения наибольший интерес представляло левобережье. Поэтому первые опытные скважины были заложены на южной окраине оазиса. Ограниченные технические возможности в то время не позволили довести эти работы до завершения. В дальнейшем этот же вопрос поднимался в 1952 г. и только в 1958 г. был выбран опытно-производственный участок примерно там же, где и в 1930 г., и первая очередь строительства была закончена к 1961 г.; с этого момента нами продолжаются исследования.

Опытный участок площадью около 2,5 тыс. га расположен на юго-западной окраине оазиса. Грунтовые воды в среднемноголетнем разрезе залегают на глубине 1—2 м. Минерализация их колеблется от 1,5—5 до 20—40 г/л. Почвы луговые и лугово-сероземные, занимают 80,6% земель; засоление от слабого до сильного и солончаков. Построенная до 40-х годов КДС открытого типа, удельной протяженностью 9,7 пог. м/га, в основном сыграла осушительную роль и в настоящее время не справляется с мелиорацией участка.

Гидрогеологические условия таковы: покровный мелкозем мощностью 8—12 м подстиляется галечником (4—6 м до 12 м), коэффициент фильтрации мелкоземов равен 0,5—4,0 м/сутки, галечников — 25—65. Проектом «Узгипроводхоза» на этом участке (площадь 1830 га) было предусмотрено строительство 28 скважин, построено 9, из которых эксплуатируется в настоящее время 8.

В ходе опытно-производственных исследований мы доказали возможность получения дебита из каждой скважины 30—35 л/сек против 22,5 л/сек по проекту.

Установлена принципиальная сторона рассоляющего эффекта вертикального дренажа. Опыты показали, что в процессе откачек увеличивается минерализация откачиваемых вод как при длительном, так и при повторно-кратковременном режиме работы установок вертикального дренажа. В последнем случае минерализация откачиваемых вод возрастает намного быстрее и по величине в 1,5—2 раза больше, чем при длительном режиме. Так, если при длительной откачке за час одной скважиной выносятся 150 кг солей, то при повторно-кратковременной — 380 кг (табл. 1).

Процесс рассоления протекает быстрее и ощутимее вблизи скважины. С удалением от нее степень концентрирования солевых растворов уменьшается и переходит в зону, где отмечается опресняющее влияние скважины [1].

Материалы наблюдений за процессом передвижения солей в почвогрунтах показали, что под влиянием откачек рассоление ярко выражено на некотором расстоянии от скважин (150—500 м), а не вблизи.

Сравнивая солевые съемки на всей площади участка, проведенные нами в октябре 1961 — 1962 гг. со съемками института «Узгипроводхоз» (август 1960 г.), мы установили, что на территории участка идет процесс рассоления: площади, отнесенные к типу слабозасоленных земель, увеличились в 1,2 раза. Примерно то же наблюдалось и в отношении среднезасоленных земель, при одновременном уменьшении сильнозасоленных

Таблица 1

Показатель	1960 г.			1961 г.			1962 г.		
	месяцы								
	IX	X	XI	IX	X	XI	IX	X	XI
Количество рабочих часов	676	728	530	405	121	192	376	284	179
Объем откаченной воды, м³	38 938	62 942	47700	27 891	7 090	16505	38128	30 672	18 000
Минерализация, г/л	2,70	2,68	2,70	2,99	3,03	3,59	3,17	3,58	2,97
Вынесено солей, т	105	163,5	129	83,3	34,2	59,3	120,8	110	53,5
Вынесено солей за 1 час, т	0,155	0,225	0,243	0,206	0,283	0,309	0,321	0,387	0,299

и солончаковых. В среднем общие запасы солей в 3-метровой толще почво-грунтов участка уменьшились на 37,8 т/га

Необходимое условие для ускорения рассоления земель — создание устойчивого водообмена путем дренирования при обязательной подаче воды сверху. Для этого можно непосредственно использовать откачиваемые на участке воды (при минерализации до 2—2,5 г/л), а также в смеси с оросительной водой (при минерализации 3—5 г/л). Возможность создания хорошего водообмена в условиях участка вполне реальна, так как нами установлена тесная гидравлическая связь грунтовых вод покровных мелкоземов с водами подстилающих, хорошо проницаемых пластов [2]. Любая откачка из эксплуатируемого горизонта довольно скоро (через 1 сутки) оказывала влияние на уровень грунтовых вод; среднесуточная скорость понижения ее при откачках из скважин составила 17—20 см [3].

Значительное влияние откачек на режим уровня грунтовых вод отмечалось по всем скважинам. Так, на расстоянии 200—250 м при работе скважины с КИВ, близким к 1, уровень грунтовых вод был понижен на 2,1—2,3 м по сравнению с контрольным (естественным) уровнем на расстоянии 900 м от скважины; при этом динамика уровня грунтовых вод в этой зоне находилась в полной зависимости от откачек на скважине. С удалением от нее понижение уменьшалось и кривая депрессии смыкалась с естественным уровнем.

Опытные откачки и расчеты по соответствующим зависимостям показали, что радиус влияния скважин составляет 400—500 и 550—600 м при дебитах соответственно 25—35, 40—45 л/сек. Коэффициент фильтрации эксплуатируемого горизонта, определенный нами по данным опытных откачек, составил в среднем 50 м/сутки [4].

Возможность регулирования уровня грунтовых вод на территории участка по заданному режиму — бесспорно большое достоинство системы вертикального дренажа перед другими видами его.

Итак, система вертикального дренажа или одиночная скважина позволяют сделать необратимым процесс вторичного засоления не только вблизи скважины (в радиусе 100—150 м), но и в зоне эффективного ее влияния (500—600 м) при откачке из одной скважины и обязательной водоподаче сверху, а также при работе системы скважин на всей территории.

Анализ условий формирования грунтовых вод опытного участка до строительства установок вертикального дренажа и современного состояния этой системы после 3-летней (1961—1962 гг.) эксплуатации показал, что на данной территории в условиях маловодных лет произошли изменения в распределении площадей с различной глубиной грунтовых вод. Если в марте 1957 маловодного года при наличии коллекторно-дренажной сети 1—2-метровая глубина грунтовых вод занимала площадь около 2170 га, то в апреле 1962 г. при работе скважин вертикального дренажа и существующей КДС, удельная протяженность которой почти не изменилась к этому времени, эта площадь уменьшилась до 1025 га, т. е. почти в 2 раза.

Осенью 1962 г. почти на всей территории грунтовые воды залегали примерно на глубине 3 м. Несмотря на это, следует отметить слабую дренированность орошаемых земель участка — дренажный модуль обеих систем в среднем равнялся 0,063 л/сек/га вместо 0,22 по проекту, что в 3,5 раза меньше последнего.

По данным опытов мы определили необходимый объем воды, подлежащей откачке скважинами вертикального дренажа, и их оптимальное число, обеспечивающее проектную глубину грунтовых вод (2,5 м). Оказалось, что на площади в 1830 га достаточно иметь 17 скважин вместо 28 по проекту.

В итоге проведенных работ и исследований на опытном участке нами были выделены четыре гидрогеолого-мелиоративных подрайона, позволяющих более правильно подойти к решению мелиоративных задач. Для улучшения мелиоративного состояния исследуемого участка на всей площади его нами рекомендуется вертикальный дренаж. Но в юго-западной части площадью около 300 га (подрайон 2-III-A) на мелиоративный период (2—3 года) необходим временный дренаж глубиной 0,6—0,7 м с междренним расстоянием 70—100 м. Для освоения же отдельных солончаковых понижений необходимо проводить промывку усиленными нормами (8—10 тыс. м³/га), что вполне возможно при откачке из скважин вертикального дренажа.

В связи с положительными результатами действия системы установок вертикального дренажа на левобережье оазиса мы, опираясь на имеющиеся гидрогеологические и водохозяйственные исследования, предлагаем применять систему вертикального дренажа в целом по оазису.

Для улучшения мелиоративного состояния орошаемых земель оазиса нами проанализированы и обобщены материалы новейших исследований многих организаций по геологии, гидрогеологии и ирригационно-хозяйственной обстановке оазиса. На основании этого сделаны следующие проработки.

1. Выявлена полураскрытость Бухарской мульды. Эта мульда окружена цепью разобренных брахиантиклинальных поднятий, между которыми расположены ярко выраженные открытые участки, служащие «воротами» для регионального подземного стока за пределы мульды через толщу континентальных отложений.

2. Установлена пропускная способность континентальных отложений. Расчеты показали, что приток подземных вод в оазис незначителен — 0,575 м³/сек., отток же превышает его в 5 раз (2,59 м³/сек.), что не учитывалось ранее расчетами А. А. Худайбердыева. Наличие региональных путей подземного стока несомненно способствует естественному регулированию водно-солевого баланса.

3. В связи с отмеченным выше, рассчитаны и определены типы и характер водно-солевого баланса оазиса.

Расчеты	Годы	Приходные статьи			Сумма
		приток по р. Зарафшан (Хазаринский г/м пост)	подземный приток	атмосферные осадки	
Водный баланс,					
Автора А. А. Худайбер- дыева	Многоводный (1958)	3122,06	18,10	490,42	3630,58
	Маловодный (1962)	1926,18	16,2	266,39	2208,77
	Среднемноголетний	2469,22	18,10	356,58	2843,90
	Среднемноголетний	2617,49	6,31	85,15	2708,95
Солевой баланс,					
Автора А. А. Худайбер- дыева	Многоводный (1958)	1748,354	11,937	—	1760,291
	Маловодный (1962)	1078,66	10,56	—	1089,22
	Среднемноголетний	1382,763	11,937	—	1394,7
	1952 — 1953 гг.	1731,704	10,405	—	1742,109

За период с 1956 по 1962 год (табл. 2) в многоводном году отмечается солевой баланс типа засоления. Объясняется это тем, что пропускная способность континентальных отложений все-таки ограничена и отток по этой толще незначителен, в связи с чем уровень грунтовых вод поднимается. Тут вступает в силу испарение грунтовых вод, в результате чего соли остаются в верхних слоях почво-грунтов оазиса. В маловодные годы наблюдается рассоление, а в среднемноголетнем разрезе солевой баланс складывается по типу слабого рассоления, склонного к стабильному.

Однако под влиянием испарения и в маловодные годы соли перемещаются в верхние 0,2—0,5-метровые слои почво-грунтов, хотя солевой баланс в эти годы в целом по оазису складывается по типу рассоления.

Прекратить процесс соленакопления в верхних слоях почво-грунтов можно путем усиления дренированности орошаемых земель и создания устойчивой солевой вентиляции в толще покровных мелкоземов при одновременном улучшении водообеспеченности оазиса.

Расчеты водного баланса показали, что из оставшейся в оазисе воды за среднемноголетний год ($63 \text{ м}^3/\text{сек}$) около 54%, или $34 \text{ м}^3/\text{сек}$, идет на создание урожая возделываемых культур; $29 \text{ м}^3/\text{сек}$ расходуется на бесполезное испарение, способствуя засолению земель. Эту воду целесообразно каптировать откачками, сохранив при этом существующий подземный отток ($2,59 \text{ м}^3/\text{сек}$), регулирующий общий солевой баланс. Кроме того, есть еще огромные статические запасы подземных вод в галечниково-конгломератовых отложениях ($8,5 \text{ млрд. м}^3$) с минерализацией 0,8—2 и реже 2—3 г/л.

Принимая во внимание динамику стока р. Зарафшан за ряд лет, в перспективе, особенно когда войдут в строй Аму-Бухарский и Аму-Каракульский машинные каналы, можно будет использовать не менее 10% статических запасов подземных вод, или ежегодные эксплуатационные расходы довести до $50 \text{ м}^3/\text{сек}$.

ского оазиса

Расходные статьи				Сумма	Баланс
отток по р. Зарафшан (Каракульский г/м пост)	сброс в Махандарью, Куюмазарское и Тудаккульское водохранилища	подземный приток	отвод по коллекторно-дренажной сети		
млн. м ³					
393,69	578,00	81,64	127,16	980,49	+2650,09
300,96	259,50	75,3	75,16	710,92	+1497,85
304,61	303,03	81,64	138,58	827,86	+2016,04
379,43	208,13	16,27	122,66	726,49	+1982,46
тыс. т					
393,69	378,0	466,931	381,48	1620,101	+140,190
300,96	259,50	430,72	225,48	1216,66	-127,44
304,61	303,03	466,931	415,861	1490,332	-95,632
502,778		36,929	396,191	935,898	+806,211

В настоящее время воды подземного водохранилища используются крайне слабо. В 1962 г. нами были обследованы все эксплуатационные скважины в оазисе, построенные в 1957—1962 гг. в целях борьбы с маловодьем. Из более 500 скважин работали около 270 с дебитом 5—120 л/сек. Удельный дебит их составил 3,1—13 л/сек/м. Эти данные указывают на реальную возможность эксплуатации подземного водохранилища с дебитом не менее 25—80 л/сек при правильном подборе насосно-силового оборудования, а в северо-восточной части оазиса (в Гиждуванском, Шафриканском и Вабкентском районах) дебиты могут достигать 150—200 л/сек.

Анализируя и обобщая материалы по геологии и гидрогеологии района, мы установили границы распространения и мощности хорошо проницаемых горизонтов. Так, галечниково-конгломератовая толща мощностью до 45 м и более распространена на площади около 200 тыс. га.

Нами проведено районирование орошаемой территории оазиса по условиям литологического строения, конструкциям и дебитам вертикального дренажа. При этом по мощности покровного мелкозема и водоносных хорошо проницаемых пластов, средневзвешенному коэффициенту фильтрации водовмещающих пород, условиям подземного оттока, возможным дебитам скважин и пределам экономических понижений, соответствующих наиболее выгодным дебитам выделены девять гидрогеолого-литологических зон (рисунок).

Для применения вертикального дренажа мы рекомендуем восемь зон. Мелиорация девятой зоны, где емкость подземного водохранилища падает, принята по «Схеме» института «Узгипроводхоз» (1961 г.).

Для каждой зоны, исходя из анализа опытных данных:

1) рекомендованы расчетные схемы притока воды к скважинам и определяющие их зависимости в соответствии с гидрогеологическими условиями выделенных районов;

2) даются пределы экономически наиболее выгодных понижений при откачке и дебиты, им соответствующие, на основании графиков $Q=f(S)$, полученных расчетом и натуральными наблюдениями;

3) разработана методика определения объема воды, подлежащей откачке при заданных граничных условиях, и предложена определяющая его зависимость.

В основу этих расчетов положен водный баланс и баланс грунтовых вод, при этом нами были предъявлены следующие требования:

а) поддержание уровня грунтовых вод на глубине 2,8—3,3 м. при которой достигается резкое сокращение бесполезных потерь их на испарение и создаются условия для протекания переходного (полуавтоморфного) процесса почвообразования (фильтрационные потери ирригационной сети практически остаются на прежнем уровне);

б) сохранение существующего среднегодовоего подземного оттока, регулирующего водно-солевой баланс оазиса.

Удовлетворение этих условий может быть достигнуто при каптировании подземных вод в количестве $29 \text{ м}^3/\text{сек}$, что позволит поддерживать солевой режим почво-грунтов по типу устойчивого равновесия, при максимальном использовании откачиваемых вод на орошение.

В этих условиях общая мощность дренажа не превышает динамических запасов грунтовых вод, определенных по балансу грунтовых вод при современных размерах фильтрационных потерь из каналов и инфильтрации с орошаемых полей ($23,6 > 28,85 \text{ м}^3/\text{сек}$). Если за последние годы к. п. д. сети повысится, то, несомненно, увеличится КЗИ и общая водоподача на поля, т. е. условие для каптирования ($29 \text{ м}^3/\text{сек}$) сохранится. Причем, по нашим расчетам, каптажу подвергается $23,6 \text{ м}^3/\text{сек}$, или 82%, и незатронутыми остаются 18% динамических запасов грунтовых вод; таким образом, роль региональных путей подземного стока солей в солевом балансе не ущемляется.

Нами разработан режим откачек для систем вертикального дренажа по выделенным районам Бухарского оазиса. В основу составления режима откачек положен постатейный анализ водного баланса и баланса грунтовых вод, сложившийся на фоне ирригационно-хозяйственного использования водных и земельных ресурсов с учетом их мелиоративного состояния. Расчетный режим откачек укомплектован с учетом вышеупомянутых требований, в результате проектная мощность дренажа составила $26 \text{ м}^3/\text{сек}$. Учтены также характер годового и суточного потребления электрической энергии.

В итоге было определено оптимальное число скважин, обеспечивающих как заданный режим, так и региональный метод мелиорации в противоположность локальному, не всегда дающему должный эффект.

Критерием для установления наименьшего числа скважин для отдельных гидрогеолого-литологических зон принят максимальный дебит скважины, соответствующий экономически наиболее выгодному понижению. В целом в оазисе на площади 198 050 га система вертикального дренажа представлена 655 скважинами с диаметром стрелера 16—12" [5].

За 10 месяцев работы в году (по режиму откачек) системой извлекается 744,6 млн. м^3 воды, или около $26 \text{ м}^3/\text{сек}$, из которых примерно 700 млн. м^3 пресных (0,8—2 г/л) подземных вод, или $22 \text{ м}^3/\text{сек}$, могут быть использованы на орошение и промывки, а также на освоение 70 тыс. га внутриоазисных земель.

Расчеты показывают, что строительство и эксплуатация системы вертикального дренажа на площади 198 050 га — экономически более выгодное решение по сравнению с проектом института «Узгипроводхоз», которым предусмотрен вертикальный дренаж на площади 157—440 га и горизонтальный — на площади 40 610 га.

Аналогичные расчеты на всю площадь оазиса (244 331 га) показали преимущество нашего предложения. Установлена также целесооб-

разность строительства вертикального дренажа на площади 198 050 га при существующих к. п. д. оросительных систем (0,5); менее выгодным оказалось повышение к. п. д. до 0,7 и 0,8 с целью сокращения фильтрационных потерь и соответственно уменьшения числа скважин.

В результате проведенных исследований и проработок можно сделать следующие основные выводы.

В целом сухую дельту р. Зарафшан, в пределах которой располагается Бухарский оазис, можно отнести к одному из безнапорных аллювиальных бассейнов Узбекистана со значительным подземным водохранилищем, динамические и статические запасы в основном пресных подземных вод которого равны соответственно 909,3 и 8535 млн. $\text{м}^3/\text{год}$.

Такое водохранилище позволяет осуществить многолетнее регулирование переменного стока р. Зарафшан на базе использования подземных вод для орошения путем строительства системы вертикального дренажа на площади около 198 тыс. га, рассчитанного на динамические запасы воды, не затрагивая на данном этапе статических и выполняя главное условие мелиоративного благополучия — достижение и поддержание оптимальной структуры водно-солевого баланса оазиса.

Предлагаемая схема использования подземных вод позволяет в короткие сроки улучшить мелиоративное состояние сравнительно небольшого слоя покровных мелкоземов (мощность их составляет 1—2 м в верховьях и до 10—12 м в низовьях оазиса) и в перспективе поддерживать оптимальный водно-солевой режим почво-грунтов оазиса. Эта задача в значительной степени облегчается, если учесть, что засоление почво-грунтов носит поверхностный характер: основная масса солей сосредоточена в 0,2—0,5 и реже 0,0—1,0-метровом слое.

Если принять во внимание возможность автоматизации и телемеханизации системы вертикального дренажа на примере уже действующей установки опытно-производственного участка в Каганском (ныне Бухарском) районе, то упомянутая задача еще более облегчается, и создаются реальные условия для получения высоких и устойчивых урожаев выращиваемых культур, в частности хлопка-сырца, занимающего более 70% всей орошаемой площади Бухарского оазиса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кадыров Х. А. Влияние вертикального дренажа на минерализацию грунтовых вод, «Изв. АН УзССР», техн. серия, 1964, № 1.
2. Кадыров Х. А. Вертикальный дренаж и его роль в динамике уровня грунтовых вод, «Вопросы гидротехники», Ташкент, АН УзССР, 1965, № 29.
3. Кадыров Х. А. Перспективы применения вертикального дренажа в Бухарском оазисе, «Вопросы гидротехники», Ташкент, АН УзССР, 1965, № 25.
4. Кадыров Х. А. Вертикальный дренаж в Бухарском оазисе, «Хлопководство», 1965, № 1.
5. Кадыров Х. А. Об исчислении количества подземной воды, подлежащей откачке при вертикальном дренаже, «Изв. АН УзССР», техн. серия, 1965, № 1.
6. Кац Д. М. Режим грунтовых вод в орошаемых районах и его регулирование, М., Сельхозиздат, 1963.
7. Макридин Н. В. Дренажные насосные колодцы и их применение в СССР, «Вестник ирригации», Ташкент, 1929, № 4.
8. Худайбердыев А. А. Регулирование водно-солевого режима почв Бухарского оазиса на базе использования подземных вод на орошение, «Сельское хозяйство Узбекистана», 1949, № 1.

Н. П. ДУБИНСКАЯ, Г. И. РАБОЧЕВ

ОПЫТ СТРОИТЕЛЬСТВА ВЕРТИКАЛЬНОГО ДРЕНАЖА В ПРИКОПЕТДАГСКОЙ ЗОНЕ ТУРКМЕНСКОЙ ССР

Водами Каракумского канала орошается около 100 тыс. га главным образом посевов хлопчатника, кормовых и других сельскохозяйственных культур. Дальнейшее развитие орошаемого земледелия здесь невозможно без проведения комплекса мелиоративных мероприятий.

В республике проводились работы по изучению промывок и горизонтального дренажа в основном в условиях среднего течения Амударьи и начаты исследования в Мургабском оазисе.

С приходом амударьинской воды в Прикопетдагский оазис появилась возможность в ближайшее время освоить под орошение около 30 тыс. га новых земель.

Орошение новых массивов повлияет на изменение их гидрогеологических и мелиоративных условий, в связи с чем возникает необходимость постановки опытов по регулированию водно-солевого режима почво-грунтов.

В 1962 г. был заложен опытный участок вертикального дренажа на периферии предгорной равнины Копетдага, в низовьях Ашхабадского конуса выноса. Участок расположен на землях совхоза Карадамак, валовая площадь которого составляет 3430 га. На севере земли примыкают к пескам пустыни Каракум, южная их граница проходит по Каракумскому каналу, а у юго-восточной границы сооружено водохранилище объемом 6,25 млн. м³. На этом участке Южно-Каракумской геологической экспедицией Государственного геологического комитета ТуркмССР были начаты работы по исследованию эффективности применения вертикального дренажа. Поставлена задача изучить типы и конструкции фильтров, режим откачек и их влияние на уровень грунтовых вод.

После первых положительных результатов по строительству скважин в работу включились мелиораторы САНИИРИ для определения влияния этого типа дренажа на рассоление почв, а также выявления закономерности движения солей в толще грунтов под действием промывок и орошения.

В 1963 г. Туркменгипроводхоз составил для территории данного совхоза проект систематического вертикального дренажа, по которому намечено пробурить 25 скважин. Проектный дебит каждой скважины — 25 л/сек, минимальное понижение уровня грунтовых вод на участке — 2,5 м. Расчетный радиус действия скважины — 500 м, что должно создать нормальные мелиоративные условия на площади

74 га. Скважины оборудуются насосом АТН-10. Проектом предусмотрено строительство системы отводящих коллекторов.

Оборудование скважин проводится Южно-Каракумской экспедицией и строительной организацией «Бурвод».

Опытный участок по природным условиям характерен для периферии предгорной равнины Копетдага, сформированной пролювиальными отложениями четвертичного возраста мощностью до 300 м. Толща четвертичных отложений подстилается слабОВОдопроницаемыми алевроли-

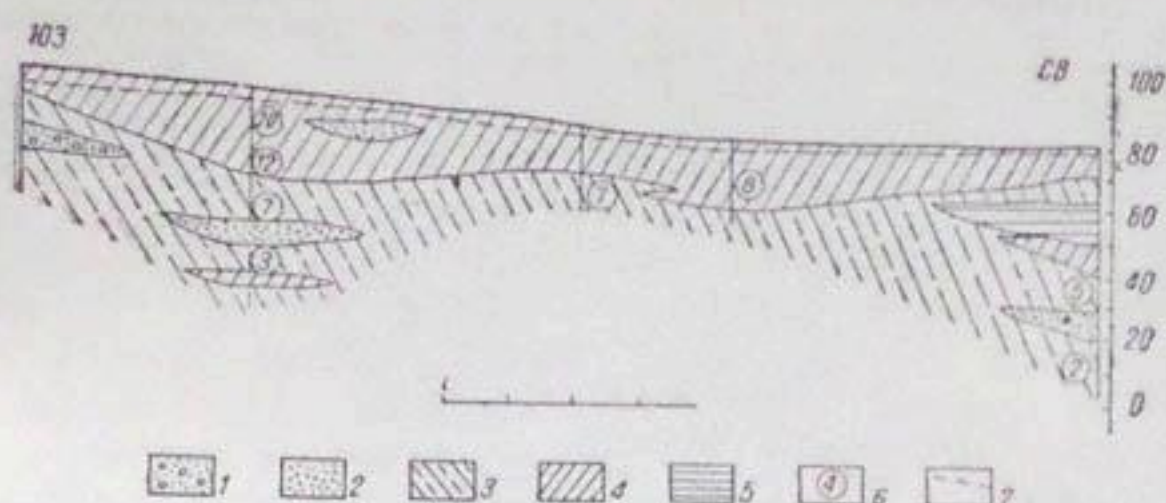


Рис. 1. Литолого-гидрогеологический разрез периферии предгорной равнины Копет-Дага на участке вертикального дренажа:

1 — гравий мелкий; 2 — песок тонкозернистый; 3 — супесь; 4 — суглинок; 5 — глина; 6 — минерализация воды, г/л; 7 — уровень грунтовых вод.

тами Кешиньбаирской свиты неогена и представлена частым нереслаиванием невыдержанных слоев супесей, суглинков и песков. Гравийно-галечниковые отложения, имеющие большую мощность в верхней части конуса выноса, здесь встречаются редко, в виде отдельных «языков» выклинивания мощностью 1—3 м (рис. 1).

Вскрытые скважинами разрезы показывают большую пестроту литологии. Можно выделить следующий типовой разрез участка: от 0 до 25—30 м — чередование слоев супесей и суглинков от легких до тяжелых разностей с прослоями тонкозернистого песка мощностью до 3 м; от 30 до 80 м в разрезе преобладают супеси, переслаивающиеся песками и суглинками, реже встречаются линзы глин мощностью не более 2—5 м.

Условия для строительства вертикального дренажа на рассматриваемой территории значительно сложнее, чем в большинстве районов Бухарского оазиса и Ферганской долины, где в разрезе присутствуют хорошо дренирующие гравелисто-песчаные слои. По литологии рассматриваемый участок близок к массивам в зоне Южного голодностепского канала на предгорной равнине Туркестанского и Нуратинского хребтов.

Весь комплекс четвертичных отложений представляет единый водоносный горизонт. Прослой суглинков и глин играют роль местных водоупоров и придают грунтовым водам в песках напорный характер.

Проведенные ранее на территории Ашхабадского конуса выноса гидрогеологические исследования показали, что основным источником питания грунтового потока является инфильтрация поверхностных вод, в избытке поступающих на эту территорию. Грунтовый поток имеет северо-восточное направление с уклоном от 0,004—0,005 в средней части и до 0,0006 в низовьях конуса выноса. На периферии конуса отток грунтовых вод затруднен в связи с повышением глинистости разреза водовмещающих пород. В то же время интенсивное орошение, филь-

трация вод из Каракумского канала и атмосферных осадков привели здесь к быстрому подъему грунтовых вод.

Близкое стояние практически бессточных минерализованных грунтовых вод способствовало систематическому накоплению солей в почве. Так, по данным лизиметрических опытов, при содержании в грунтовых водах 5 и 15 г/л плотного остатка и залегании их на глубине 1 м, за один сезон в метровом слое накапливается от 0,065 до 0,158‰ солей.



Рис. 2. Солевой профиль:

1 — Na + K; 2 — Mg; 3 — Ca; 4 — HCO_3 ; 5 — Cl; 6 — SO_4 .

На опытном участке грунтовые воды залегают на глубине 1,0—2,5 м, а минерализация их колеблется от 8 до 20, местами до 50 г/л. В таких условиях происходило засоление почв, в результате около 70% пахотно-пригодных земель имеют повышенную засоленность.

Для характеристики участка по степени засоленности почв приводим данные химического анализа по трем скважинам. Первая из них заложена на орошаемом, хорошо промытом участке; вторая — на недостаточно промытом, а третья характеризует фон высокой степени засоленности (рис. 2).

На хорошо промытой почве в слое до грунтовых вод содержится 0,17—0,74‰ плотного остатка, а на недостаточно промытой—0,50—1,33‰. Результаты анализов водных вытяжек показывают, что в неорошаемой почве содержание плотного остатка доходит до 1,10—3,77‰. Максимальное количество солей находится в верхнем полуметровом слое. Общее содержание солей в покровной толще для первого метра колеблется в пределах 150—410 мг/га. По всей глубине преобладает Ca над Mg, причем это соотношение резко возрастает с поверхности и до 0,8 м; максимум преобладания наблюдается на глубине 0,2—0,4 м. Далее это соотношение постепенно уменьшается. Несколько иная закономерность отмечается для соотношения $\frac{\text{Cl}}{\text{SO}_4}$. С поверхности и до глубины 0,6 м SO_4 преобладает над Cl, далее с глубины 0,6 и до 1,4 м содержание Cl превышает SO_4 , а с 1,4 м и до 2,8 м SO_4 вновь преобладает над Cl.

Соотношение поглощенных щелочно-земельных оснований (Ca и Mg) и щелочных (Na и K) по глубине меняется следующим образом. Отношение $\frac{\text{Ca} + \text{Mg}}{\text{Na} + \text{K}}$ больше 1,0 с поверхности, далее оно меньше 1,0 и достигает 0,20—0,30, т.е. щелочные основания преобладают над щелочно-земельными.

Содержание гипса в горизонтах 0,20—0,60 максимальное и доходит до 29%, а с глубины 0,60—1,40 м оно уменьшается до 7,2%.

При строительстве вертикального дренажа в мелкозернистых грунтах особое внимание следует уделить конструкции фильтра. Он должен обеспечить минимальное сопротивление при входе воды в скважину, получение максимально возможных расходов воды, но при этом не допускать усиленного выноса частиц гравийной засыпки и грунта, что может привести к проседанию почвы вокруг скважины и увеличению расхода гравия.

По гранулометрическому анализу водоносные породы участка сложены в основном песчаными частицами с диаметром $0,1-0,05$ мм. Подбирая гравийную засыпку по соотношению диаметра частиц засыпки к диаметру водоносного грунта и, принимая структурный коэффициент S равным $10-20$, приходим к выводу, что диаметр частиц гравийной засыпки не должен превышать $0,5-1$ мм [9]. Тогда и размеры отверстий перфорированного каркаса соответственно равны $0,5-1$ мм.

Условие это трудно выполнимо и нецелесообразно, так как такие отверстия быстро зарастут. Кроме того, получить гравийную засыпку данного состава не всегда возможно. Поэтому для формирования необходимого в данных условиях многослойного фильтра нами была увеличена толщина гравийной засыпки до 400 мм. В ее пределах за период строительной откачки происходит вынос частиц, перераспределение фракций вокруг каркаса фильтра, в результате создается обратный фильтр.

С помощью станка УШБ-16 и колодезкопателя (конструкция В. Я. Беспалова [1]) на участке были пробурены скважины диаметром 1200 мм, глубиной 50 м. Для закрепления стенок скважин использовали глинистый раствор, который по желобной системе по мере их проходки заливали в скважины. После окончания бурения глинистый раствор осветляли, и в скважину опускали подготовленную фильтровую колонну диаметром 350 или 400 мм. Для центровки фильтрового каркаса в стволе скважины необходимо по ее длине установить ряд фонарей. Все пространство вокруг колонны заполняли гравием. Рабочая часть фильтра в зависимости от литологии имела длину $16-23$ м (рис. 3).

Чтобы обеспечить относительно равномерный вынос грунта из околофильтровой зоны, строительную откачку начинали с небольших расходов — $15-20$ л/сек. Откачка велась эрлифтной установкой при диаметре водоподъемных труб 127 мм. По мере осветления воды расход увеличивали и доводили до 50 л/сек, при этом водоподъемные трубы $\varnothing-127$ мм, заменялись восьмидюймовой колонной (таблица).

Наиболее интенсивный вынос частиц породы, отмечаемый в первые дни откачки ($0,7-1\%$ от объема откачиваемой воды), продолжался $2-5$ суток. При увеличении дебита скважины в период строительной откачки пескование возобновлялось, но продолжалось от нескольких часов до одних суток.

Для формирования фильтра в данных условиях особенно необходимо наличие в гравийной засыпке фракций диаметром $7-10$ м. Чем больше содержание этих фракций, тем скорее прекращается пескование.

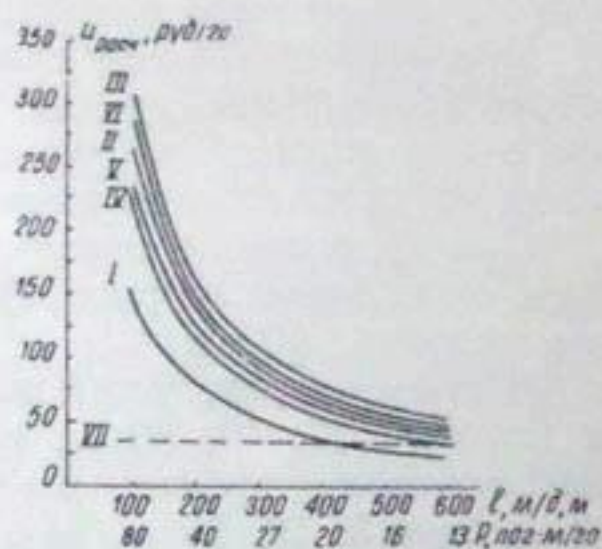


Рис. 3. Литологический разрез и конструкция опытной скважины вертикального дренажа:

1 — суглинок; 2 — супесь; 3 — песок; 4 — гравийная засыпка.

С помощью пьезометров на участке ведутся наблюдения за распределением напоров в водоносной толще в естественных условиях и при проведении откачки из скважин вертикального дренажа. Два створа пьезометров заложены между скважинами для изучения их взаимодействия. Третий створ протягивается от одной из скважин к Каракумскому каналу, с тем чтобы проследить за его влиянием на уровень грунтовых вод.

Таблица 7

Номер скважины	Глубина скважины, м	Диаметр фильтра, мм	Длина фильтра, м	Тип фильтра	Скважность, %	Максимальный расход воды, л/сек	Понижение, м	Удельный дебит, л/сек
1	56	350	21	Дарчатый	15	42	18	2,33
2	51	350	22,5	«	15	39	21	1,85
3	50	400	15	«	15	50	12	4,16

Кусты пьезометров состоят из шести, трех и двух скважин, заложенных равномерно на разные глубины — от 50 до 5 м.

Учитывая литологическое строение толщи, приняли следующую конструкцию пьезометров. Диаметр обсадной трубы 32 мм; перфорированную часть ее длиной 0,5 м обматывали двумя слоями сетки квадратного плетения с размером клеток 0,5×0,5 мм. Между слоями сетки засыпали крупнозернистый песок. Толщина образующегося слоя засыпки составляла 25—30 мм. Бурили скважину диаметром 112 мм до нужной глубины, и в нее опускали подготовленную колонну. Оставшееся над-фильтровое затрубное пространство тампонируют глинистым грунтом. В кусте пьезометры располагают на расстоянии 1,5—2 м друг от друга.

При первых наблюдениях, проведенных в течение шести месяцев, отмечено превышение уровня грунтовых вод над пьезометрическим напором в песчаном слое. Только на отдельных участках пьезометрический напор устанавливается выше уровня грунтовых вод на 0,4—0,8 м.

При проведении откачки из опытной скважины вертикального дренажа ее влияние на распределение напоров в пласте распространялось на расстояние 600 м.

В пьезометрах, установленных в зоне фильтра опытной скважины на глубине 30, 40, 50 м, снижение напора происходит быстрее и на большую величину, чем в пьезометрах, фильтры которых расположены на глубине 5, 10, 20 м. Так, через два месяца после начала откачки в пьезометрах глубиной 40—50 м на расстоянии 25 м от опытной скважины снижение напора составляло 11 м, а на расстоянии 200 м от скважины — 3 м. В пьезометрах глубиной 5—10 м на тех же расстояниях от скважины снижение уровня грунтовых вод шло медленнее и к названному сроку достигло соответственно 2,5 и 1 м.

Первые результаты по строительству скважины и наблюдениям за их работой говорят о возможности применения вертикального дренажа в данных условиях.

Современные знания мелиоративных процессов и технические средства позволяют в течение короткого времени добиваться рассоления почво-грунтов в больших толщах. До последнего времени при районировании типов дренажа преимущество отдавалось горизонтальному. Горизонтальный дренаж, рассоля активную толщу грунтов, отводит за год с орошаемых земель до 40 т/га, а с солончаков до 120 т/га [8] солей. При этом удаляются соли, содержащиеся в верхних горизонтах почво-

грунтов, а солевые массы из глубоких слоев вытесняются под соседние массивы.

Предотвратить перемещение солей под орошаемые поля можно с помощью вертикального дренажа, благодаря которому соли поднимаются на поверхность также и из глубоких слоев и сбрасываются в коллекторную сеть. Емкость грунтов, освобожденная от минерализованных вод, заполняется пресной оросительной водой. Для ежегодного опреснения 2—3-метрового слоя грунтов необходимо отводить 6—9 тыс. $\text{м}^3/\text{га}$ воды, что осуществимо при модуле дренажного стока 0,2—0,3 л/сек с гектара дренируемой площади и работе дренажа в течение 250—300 дней в году.

Таким образом, основное значение вертикального дренажа заключается в понижении уровня минерализованных грунтовых вод для обеспечения успешного проведения промывок засоленных земель; в откачке и отводе минерализованных вод в процессе промывок и орошения с целью поддержания оптимального водно-солевого баланса в верхних слоях почво-грунтов и в дренировании по возможности всей водосодержащей толщи потока подземных вод, т. е. ликвидируется восходящее движение солей в верхние слои почво-грунтов.

Дренаж, горизонтальный или вертикальный, сам по себе не в состоянии рассолить земли. Опреснение почв происходит в результате вытеснения солей промывками в грунтовые воды и отвода их за пределы орошаемого массива. Обычно на промывку повышенно засоленных почв в наших условиях требуется количество воды, соответствующее величине, превышающей наименьшую влагоемкость.

Материалы обобщенных опытов (В. М. Легостаев, В. С. Малыгин, И. С. Рабочев, Н. М. Решеткина и др.) показали, что на вытеснение из мертвого слоя почвы 1 т/га солей требуется 70—100 м^3 воды. В нашем опыте до промывки предусмотрена планировка, вспашка на глубину 25—27 см, а также нарезка временных оросителей. В зависимости от засоленности почвы промывка проводится в 3—5 приемов нормами по 1200—1400 $\text{м}^3/\text{га}$ за каждый полив.

В результате выполнения всего комплекса исследований будут освещены следующие вопросы.

1. Конструкции колодцев и фильтров, способы их строительства и глубина скважин.

2. Определение дебита скважин при различных режимах откачки и радиуса их действия.

3. Проверка и уточнение параметров, положенных в основу расчета вертикального дренажа.

4. Влияние дренажа на водный и солевой баланс почво-грунтов.

5. Условия рассоления почв при различной глубине стояния грунтовых вод (расход воды на удаление солей, продолжительность периода промывок, глубина вмыва солей и др.).

Все эти данные необходимы для регулирования процесса солевого режима почв и грунтов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Беспалов В. Я. Бурение скважин большого диаметра колодезкопателем конструкции В. Я. Беспалова, Ашхабад, Туркмениздат, 1964.
2. Легостаев В. М. Промывные поливы засоленных почв, М., Сельхозгиз, 1953.
3. Малыгин В. С. Глубокий закрытый дренаж, Ташкент СоюзНИХИ, 1939.
4. Материалы по производительным силам Узбекистана, вып. 15, Ташкент, Изд-во АН УзССР, 1960.

5. Рабочев И. С. Промывка засоленных почв. В кн. «Результаты изучения мелиорации засоленных почв в Туркменистане», Ашхабад, 1953.
 6. Решеткина Н. М. Вертикальный машинный дренаж и его роль в борьбе с засолением, Сб. «Применение дренажа при освоении засоленных земель», М., Изд-во АН СССР, 1958.
 7. Федоров Б. В. Некоторые практические вопросы по мелиорации засоленных почв, Ташкент, Изд-во АН УзССР, 1951, № 3.
 8. Якубов Х. Опыт устройства гравийных фильтров для вертикальных скважин в мелкозернистых песках, Сб. «Вопросы энергетики, гидротехники и горного дела», Ташкент, Изд-во АН УзССР, 1961.
-

М. ИШЧАНОВ

ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ОРОШАЕМОЙ ЗЕМЛИ В ХОРЕЗМЕ И ИХ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ЗНАЧЕНИЯ

Важным средством интенсификации сельского хозяйства, особенно в засушливых районах, является развитие орошаемого земледелия. Площади поливных земель составляют около 9 млн. га. На ближайшее 20-летие намечена задача довести орошаемые земледельческие площади до 28 млн. га. Во многих районах страны недостаточно эффективно используются поливные земли. Необходимо в районах орошаемого земледелия, наряду с дальнейшим развитием хлопководства и возделыванием других технических культур, выращивать рис, кукурузу, пшеницу, фрукты, ягоды, виноград и т. д. Орошение полей в сочетании с применением минеральных удобрений и комплексной механизации может дать дополнительный урожай зерна в размере 1,5—2 млн. пудов в год, а также намного повысить урожайность хлопка и других сельскохозяйственных культур.

Важное хозяйственное значение имеет поливное земледелие в Хорезмской области — высокоинтенсивном районе хлопководства Узбекской ССР. Жаркий и сухой климат создает необходимость поливного земледелия, а наличие многоводной р. Амударьи — возможность широкого орошения полей (важнейшее условие для успешного развития хлопководства).

Современные мелиоративно-ирригационные системы Хорезмской области представлены следующими типами.

1. Межреспубликанские системы; к ним относятся крупные Ташсакинская и Клычбайская. Они обслуживают Хорезмскую область и часть территории Туркменской ССР.

2. Межхозяйственные областные системы; к ним относятся небольшие самостоятельные системы Питнякарна, Ургенчарна, Октябрьарна. Они обслуживают только Хорезмскую область.

3. Внутрихозяйственные оросительные и осушительные системы, заключенные внутри хозяйственных границ.

Некоторая технико-экономическая характеристика систем первых двух типов дана в табл. 1.

Данные табл. 1 показывают, что самая крупная и мощная магистральная оросительная система района — Ташсакинская. Она орошает примерно 60%, или 185,7 тыс. га территории Хорезмского оазиса, а по расходу воды более чем в два раза превышает расход воды в остальных системах. Эти оросительные системы обслуживают всю территорию Хорезмской области.

Ирригационные системы Хорезмской области

Название ирригационной системы	Характер системы	Длина системы, км	Расход, м ³ /сек	Орошаемая площадь, тыс. га	В том числе по Хорезмской обл.	
					тыс. га	в процентах к итогу
Ташсаке	Межреспубликанская система (УзССР и ТуркмССР)	140	220,0	185,7	111,2	60,0
Клычбай	Межреспубликанская система УзССР и ТуркмССР)	60	80,0	56,5	22,3	37,0
Питнякарна	Внутрихозяйственная система (Хазараспский район)	24	3,5	3,0	3,0	100
Октябрьарна	Межхозяйственная система (Шаватский район)	17	10—12	10,8	10,8	100
Ургенчарна	Межхозяйственная система (Шаватский район)	15	10—12	11,0	11,0	100

Особенности Ташсакинской системы определяют и важность ее значения. Эта система была построена в 1939—1941 гг. и объединила реконструированные старые ирригационные системы — Палван-Газоватскую, Шаватскую, Ханко-Арнинскую и др. До перестройки эти старые оросительные системы были очень несовершенны, на них отсутствовали водорегулирующие сооружения. Забор воды в каждую ирригационную систему производился в нескольких точках водозабора.

В оазис подавалось много лишней воды, которая сбрасывалась в периферийные и внутренние озера и низины. Это приводило к подъему грунтовых вод, что в сочетании с другими факторами вызывало засоление и заболачивание почвы. Одновременно происходило заиление каналов насосами мутной амударьинской воды.

С перестройкой Ташсакинской системы произошло коренное изменение технического состояния оросительных систем и водного хозяйства области. Эта система, имеющая водозаборный узел, головной отстойник, ряд головных регуляторов и распределительных узлов, обеспечивала самотечное орошение, предохраняла каналы от заиления и препятствовала засолению почвы.

Однако один из важных вопросов усовершенствования магистральных ирригационных систем — нормирование водозабора — полностью еще не освещен.

Все системы испытывают затруднения с забором воды в весенний период с 1 февраля по 15 апреля, когда требуется большой расход воды для выполнения промывных поливов, что происходит из-за низких горизонтов воды в реке. Для преодоления острого маловодья используется машинный водозабор (сотни мелких насосных установок с расходами воды каждой до 0,2 м³/сек), кроме того, открываются заброшенные подпитывающие головы. Но этот способ нерациональный и экономически неэффективный.

Как показывает опыт развития орошения, в верхней и средней частях бассейна р. Амударьи (Нурекский комплекс, Каракумский канал, Амубухарский канал и т. п.) лучшим и рациональным способом забора воды в системах южного Хорезма является плотинный водозабор. Но для его организации необходимо построить (срок—5—7 лет) гидроэнергетический узел в урочище Туямуяна. Введение в строй такого гидроузла обеспечит создание единой системы с плотинным водозабором. К тому же

появится возможность устранения разрушительного действия такого явления, как «дейгиш», которое угрожает головным участкам Ташсакинского и Клычбайского магистральных каналов.

Заслуживает серьезного внимания проект Узгипроводхоза, предусматривающий на период строительства плотины создание бесплотного подпитывающего канала от урочища Туямуюн.

Важное значение для орошаемого земледелия и усовершенствования ирригации имеет состояние межхозяйственных оросительных систем. Технический уровень этих оросительных систем, особенно внутрихозяйственных, низок; плановая схема не отвечает условиям организации территории в крупномеханизированных хозяйствах, не имеет водораспределительных сооружений и т. д.

Так, суммарная протяженность основных магистральных каналов равна только 256 км, протяженность дополнительных межхозяйственных каналов — 1786 км, а постоянных каналов внутрихозяйственных оросительных систем — 1314 км¹.

В расчете на 1 га орошаемой площади удельная протяженность коллекторно-дренажной сети орошаемых земель составляет 20 пог. м, в отдельных хозяйствах достигает 95—100 пог. м. Такая большая протяженность постоянной внутрихозяйственной оросительной сети отрицательно влияет на орошаемое земледелие. Возникают затруднения с водораспределением в низовые звенья, возрастают эксплуатационные и фильтрационные потери воды из каналов, создается исключительная дробность площади на большое количество мелких участков (0,2—2 га). Между тем, условия рельефа и мелиоративное состояние орошаемых районов позволяет в подавляющих случаях иметь участки площадью не менее 10—15 га.

Серьезным недостатком оросительной системы Хорезмской области является также низкий технический уровень ее организации; отсутствуют инженерно-технические регулировочные сооружения и организационная служба эксплуатации.

В связи с вышеизложенным, вопрос о коренном переустройстве внутрихозяйственной сети колхозов области приобретает особо важное значение для развития орошаемого земледелия.

Борьба с заилением оросительной системы — важное условие рационального водоиспользования и развития орошаемого земледелия. Источником орошения земель Хорезмской области является р. Амударья — самая мутная река в Средней Азии. Ежегодно она несет около 13 млн. м³ ила, из которых на орошаемые поля выносятся до 5 млн. м³. Основная часть (около 70%) речного наноса, поступающего с водой, откладывается в каналах. В результате заиляются головные участки магистральных каналов (здесь откладывается 20—30% всего ила), а также внутрихозяйственная сеть. Заиление каналов уменьшает их сечение и пропускную способность.

По данным В. В. Пославского, в ирригационных системах Южного Хорезма до их переустройства (1939—1941 гг.) 19% поступивших в систему наносов откладывалось в магистральных каналах, 60% — в межхозяйственной и внутрихозяйственной оросительной системе и около 21% выносилось на поля.

В Ташсакинскую ирригационную систему в среднем за 1962—1963 гг. через головное сооружение поступило 54,2 м³/га наносов, из них

¹ Передовой опыт хлопкоробов Хорезмской области, Ташкент, Госиздат УзССР, 1962, стр. 17.

на поля вынесено 18%, отложилось в головном отстойнике 19,8%, во внутрисистемных отстойниках—21%, в межхозяйственных оросительных системах—25,5% и во внутривоспользовательных—15,8%.

Отложения наносов в ирригационных системах замедляют пропускную способность и создают условия для зарастания каналов сорной растительностью.

Наиболее эффективным средством борьбы с заилением является строительство отстойников в головных частях систем и их механизированная очистка.

Почти во всех магистральных оросительных системах (90%) имеются отстойники с механизированной очисткой, но конструкция и особенно эксплуатация их не соответствуют современным требованиям техники. Следует их перестроить на основе автоматики и телемеханики и полностью механизировать их очистку. Особенно большую работу предстоит проделать в межхозяйственной и внутривоспользовательной системе орошения. Здесь нет отстойников, и поэтому заиление происходит на всем протяжении каналов; пропускная способность их уменьшается. Очистка каналов, которую необходимо проводить ежегодно, осуществляется вручную.

Необходимы полная техническая реконструкция внутривоспользовательной системы, создание отстойников и механизация их очистки.

Орошение. Благодаря сухому и жаркому климату все посевные площади Хорезмской области (155 тыс. га) поливные. Природные особенности Хорезмской области определяют 2 типа поливов—промывные на всей обрабатываемой площади (кроме полей под рис) и вегетационные.

Промывные поливы необходимы потому, что земли Хорезмской области подвержены засолению, которое наносит значительный ущерб сельскому хозяйству. Существует 2 способа промывных поливов.

Способ пассивный. Поливные воды растворяют соли, которые, уходя в нижние горизонты, опускаются на такую глубину, что не могут влиять на жизнь растения в период вегетации. Этот способ применяется при условии залегания грунтовых вод на глубинах 2,5—3 м и при плохой их отточности. Однако по истечении некоторого времени соленакопление отмечается снова, и требуются многократные повторные промывные поливы.

Способ активный. Промывная вода с растворенными солями отводится по каналам дренажной сети за пределы орошаемых земель. Этим методом пользуются при условии неглубокого залегания грунтовых вод и плохой их отточности. Это наиболее эффективный и рациональный метод, так как способствует рассолению почвы, мешает ее соленакоплению и создает условия для отвода дренажных и грунтовых вод за пределы оазиса.

Одним из основных вопросов повышения эффективности промывных и вегетационных поливов является установление режима (сроков и норм) полива, что определяется по мелиоративному состоянию земель, степени засоления и уровню залегания грунтовых вод и предельной влагоемкости.

Почвы посевных площадей в Хорезмской области обычно промываются весной, т. е. в период наиболее высокого уровня залегания грунтовых вод и самого сжатого срока перед севом хлопчатника. Это приводит к резкому повышению уровня грунтовых вод, так как естественный отток их практически отсутствует. В результате в этот период почвы обладают очень незначительной свободной емкостью для вмещения поступающих вод от промывки полей.

Опыты А. А. Рачинского (1961—1963 гг.), проведенные по вопросам режима и норм орошения посевных площадей Хорезмской области (с учетом мелиоративного состояния) дают следующие результаты.

Для слабозасоленных почв норма промывных поливов равна 2000—2400 $\text{м}^3/\text{га}$ (1—2 полива); для средnezасоленных—3500—4500 (2—3 полива); сильнозасоленных—4500—6000 $\text{м}^3/\text{га}$ (3—4 полива).

Эффективность применения предложенных А. А. Рачинским промывных норм заключается в том, что здесь учтен весь комплекс природно-хозяйственных условий (типы почв, уровень залегания грунтовых вод, окультуренность земли), от которых зависят качество и число промывок почв посевных площадей.

Промывки производятся с учетом степени засоления отдельных участков 2—4 раза нормой 1500—2000 $\text{м}^3/\text{га}$ каждый полив, а всего от 3500 до 5000—6000 $\text{м}^3/\text{га}$, что почти в 1,5 раза меньше применяемых норм при составлении планов водопользования.

Данные полевых исследований А. А. Рачинского, а также многолетних опытов Ташаузской сельскохозяйственной станции доказывают необходимость перехода к осенним промывным поливам почв посевных площадей. Эффективность таких поливов заключается в том, что в этот период уровень залегания грунтовых вод орошаемых земель Хорезмской области находится в критическом состоянии. Поэтому в этот период года на орошаемых землях области имеется большая свободная емкость почво-грунтов. Однако до настоящего времени практически нет возможности перейти к осенне-зимним промывкам посевных площадей. Это связано с поздним созреванием хлопчатника (сорт 108-Ф) и с рядом хозяйственно-организационных мероприятий.

Применяемые в области ранневесенние многократные промывные поливы не только хорошо опресняют почву, но и создают большой запас влаги. В результате семена хлопчатника заделываются во влажную почву и обеспечивается появление полноценных всходов без подпитывающих поливов.

Правильное и своевременное проведение вегетационных поливов играет решающую роль в развитии растений, а также в улучшении мелиоративного состояния земель.

Вегетационный полив в Хорезмской области, как правило, отличается более поздними сроками проведения: первые поливы ежегодно проводятся с 15—20 июля вместо 20—25 мая. Причина—запаздывание сроков промывки полей.

Каждый очередной полив, кроме обработки поля после его выполнения, состоит из 3—4 последовательных напусков в поливные борозды, каждый напуск составляет 375—500 $\text{м}^3/\text{га}$ воды, или в сумме за один полив от 1200 до 1800—2000 $\text{м}^3/\text{га}$ (табл. 2).

Соблюдение норм вегетационных поливов оказывает решающее влияние на опреснение почвы и успешное созревание хлопчатника.

Приведенные нормы соответственно уровню залегания грунтовых вод (табл. 2) могут быть применимы для всей орошаемой площади Хорезмской области, так как грунтовые воды с глубиной ниже 3—4 м встречаются крайне редко.

На высоко расположенных, легких по механическому составу, почвах вегетационные поливы в области начинают в начале бутонизации 10—15 мая, на землях с высоким стоянием грунтовых вод и тяжелых по механическому составу—на 10—15 дней позже, а в ряде случаев лишь в начале цветения—5—10 июля. Такое распределение поливов позволяет избежать большого напряжения в период первого полива и повышает его эффективность. В среднем по области в 1963 г. хлопчат-

Т а б л и ц а 2

Нормы вегетационных поливов на различных почвах

Почво-грунты	Глубина залегания грунтовых вод в вегетационный период, м	Максимальная поливная норма, м ³ /га
Легкие суглинистые и супеси	1—2	800
	2—3	1100
	3	2400
Среднесуглинистые	1—2	1000
	2—3	1200
	3	1400
Тяжелосуглинистые	1—2	1100
	2—3	1300
	3	1800

ник получил 4 вегетационных полива, которые заканчивались к 20 сентября.

Хлопкоробы Хорезма постоянно внимательно следят за внешними признаками хлопчатника и влажностью почвы. До цветения необходимость полива определяют по окраске листьев (их тургору) или влажности почвы; в период цветения—по высоте растения; в период созревания в большинстве случаев полив не требуется.

После первого сбора хлопка, независимо от потребности хлопчатника в воде, для смыва скопившихся на гребнях борозд вредных солей практикуется полив грузными нормами (1200—1500 м³/га) с затоплением гребней борозд.

Важным условием улучшения мелиоративного состояния земли и повышения урожайности является борьба с засолением почвы. Как известно, процесс засоления почв и его интенсивность зависят от глубины залегания грунтовых вод и их минерализации, степени испарения, капиллярных свойств и структурного состояния почв, качества ее обработки, уклона поверхности и состояния дренажной системы.

Природные особенности земель Хорезмской области—небольшой уклон, почти полное отсутствие стока дренажных вод, близость грунтовых вод к поверхности, мощность мелкозернистых отложений, лишенных хорошо дренируемых слоев, высокое испарение, а также недостаточно благоустроенная ирригационная система—способствовали развитию засоления почв.

Важную роль в процессе засоления почв Южного Хорезма играет р. Амударья, содержащая в своих водах 700 мг солей по плотному остатку в 1 м³ воды в зимний (меженный) период и еще большее количество в летний период. По ориентировочным подсчетам, воды реки несут в оазис около 7—8 млн. т солей. Наиболее засоленные земли и солончаки, а также соленые озера расположены в понижениях (отток грунтовых вод отсутствует); наименее засоленные—вдоль реки и каналов оросительной системы, где залегают пресные грунтовые воды или имеются хорошие отточники.

Переход на самотечное орошение (с 1942 г.) и расширение площади орошаемых земель, особенно за последние годы, вызывали необходимость увеличения водозабора из реки. Это приводило к повышению уровня грунтовых вод. В условиях слабого уклона поверхности и отсутствия естественной отточности усиливалось засоление почвы. Грунтовые воды расходовались путем интенсивного испарения, что обуславливало подтягивание солей в верхние слои почвы. Происходило накопление

большого количества избыточных дренажных вод, которые сбрасывались во внутриоазисные понижения и периферийные озера. Таким образом, происходило интенсивное соленакопление почв, которое сопровождалось в низинах заболачиванием.

Засоление почвы наносит большой ущерб сельскому хозяйству. При слабом засолении урожайность с 1 га хлопчатника снижается на 20%, а при среднем на 40—60. К тому же сильнозасоленные почвы и солончаки занимают огромную площадь—53% территории Хорезмской области, а средне- и слабозасоленные—47%.

Следовательно, при ликвидации засоления можно получить огромный дополнительный фонд земельной площади и значительно повысить урожайность. Вот почему для дальнейшего улучшения орошаемого земледелия и освоения новых земель (примерно 130—140 тыс. га на ближайшее 20-летие) требуется ликвидация засоления, с одной стороны, и усиление факторов рассоления—с другой.

Одним из таких факторов рассоления является снижение уровня грунтовых вод. Для правильного решения этого вопроса необходимо определить «критический уровень» грунтовых вод, что даст возможность эффективно построить дренажную систему.

Некоторые исследователи (А. Г. Владимиров и др.) полагали, что «критическая» глубина равна максимальной высоте капиллярного поднятия грунтовых вод плюс мощность активного слоя почвы, равная 0,6—1,0 м. Однако капиллярные свойства различных грунтов неодинаковы. Для суглинков и глин капиллярное поднятие воды гораздо больше, чем для песков и супесей. Именно поэтому при определении «критической» глубины грунтовых вод необходимо учитывать и литологические разности пород отдельных районов, участков и полей, от которых зависит величина капиллярного поднятия воды.

Эффективным средством борьбы с засолением почвы, а также снижением уровня грунтовых вод является создание коллекторов и дрен.

Гидрологические условия и рельеф местности Хорезмской области позволяют осуществить проведение горизонтального дренажа, так как отсутствует вертикальный напор грунтовых вод.

Мелиоративное состояние земель в связи с близким залеганием уровня грунтовых вод создавало необходимость отвода избыточных вод за пределы культурных земель. Однако в прошлом нельзя было осуществить строительство магистральных коллекторов и пришлось ограничиться созданием ряда районных межхозяйственных коллекторов с водоприемниками в виде озер (низин).

В 1960 г. на границах оазиса построен Большой озерный уравнительный коллектор длиной 342 км. Он связал отдельные озера-водоприемники Хазараспского, Янгиарыкского и Хивинского районов. Благодаря созданию этого коллектора на некоторое время улучшилось положение с отводом воды орошаемых земель.

Важным фактором коренного улучшения мелиоративного состояния земель Хорезмской области явилось строительство в 1962 г. Дарьялыкского межреспубликанского коллектора (длина 259 км), проходящего по староречью того же названия и соединенного за пределами Хорезмской области с Озерным уравнительным коллектором. Это позволило производить отвод сбросных и грунтовых вод за пределы области в Сарыкамышскую впадину пустыни.

В 1961—1962 гг. годовой сток сбрасываемых за пределы области дренажных вод составил 330—390 млн. м³. Это количество воды при средней минерализации около 2—2,5 г/л (плотного остатка) выносило

ежегодно 760—900 тыс. т солей или в среднем около 5—7 т с одного гектара пашни.

Отвод грунтовых вод равен 15—17% от всего водозабора, объем которого выражается в размере 2200—3400 млн. м³*

Намного возрос сток дренажных вод; в 1963 г. на 1 декабря он составил 675,4 млн. м³. Такое увеличение стока обусловлено повышением пропускной способности Главного озерного и Дарьялыкского коллекторов.

Успешная работа коллекторов способствовала также и некоторому понижению уровня залегания грунтовых вод во всех районах области. Так, в 1955 г. они залегали на уровне 165 см; в 1959—1960 гг. — на уровне 173—177 см, а в 1961—1963 гг. — 195 см**. В результате улучшено мелиоративное состояние земель и ускорен процесс рассоления почвы. Так, за период 1950—1963 гг. произошло рассоление почвы на площади около 40 тыс. га, и часть сильно- и средnezасоленных земель стала слабозасоленной¹.

Однако современное состояние коллекторно-дренажной системы Хорезмской области таково, что нельзя полностью решить задачи по дальнейшему развитию орошаемого земледелия и освоению новых земель; необходимо провести ряд важных организационно-технических мероприятий по ее реконструкции.

Большое значение для улучшения мелиоративного состояния орошаемых земель имеет осуществление лесомелиоративных мероприятий, в частности насаждения лесов для укрепления подвижных внутриозисных и каракумских песков. Одновременно лесонасаждения служат мощным барьером против сухих пустынных ветров. На пойменных террасах реки создание лесных массивов предохраняет от вымывания и затопления береговой линии и земли.

В первую очередь необходимо максимально увеличить площади лесопосадок путем освоения мелопродуктивных песков, тугаев, а также провести озеленение неудобных участков — засоленных неиспользуемых земель, пойменных террас Амударьи, берегов каналов, коллекторов.

Для решения проблемы ирригации и улучшения мелиоративного состояния земель Хорезмской области необходимо провести следующие мероприятия.

Освоить все пахотно-пригодные земли и довести площадь орошаемых земель до 300—320 тыс. га; создать плотинный водозабор в оросительной системе Южного Хорезма. Все это связано с необходимостью строительства Туямуюнского гидроузла.

Обеспечить переустройство внутрихозяйственной сети и оснащение ее необходимыми гидротехническими сооружениями на основе современных средств автоматики и телеуправления. Механизировать все работы по очистке каналов. Удельную протяженность коллекторно-дренажной системы довести до 35—40 пог. м/га. Для увеличения производительности труда, механизации сельскохозяйственных работ и уменьшения эксплуатационных расходов лучше применять закрытые горизонтальные дрены вместо примитивных открытых.

Довести поливные участки до оптимальных размеров, т. е. до 10—15 га, для чего необходимо провести большие работы по капитальной планировке полей и уничтожению межей.

* Передовой опыт хлопкоробов Хорезмской области, Ташкент, Госиздат УзССР, 1962, стр. 17.

** Там же, стр. 17—18.

¹ Там же.

Для объективной оценки изменений в состоянии земель и правильного планирования мелиоративных мероприятий организовать работу эксплуатации и мелиоративного контроля.

Внедрять новые способы орошения, в частности искусственное дождевание, применение гибких шлангов, а также применять простейшую механизацию, например сифоны, трубочки, щитки и т. д. Стремиться к максимальной механизации полива—одного из самых трудоемких процессов в орошаемом земледелии.

Строго придерживаться планов водопользования, не допускать сбросов лишней воды в коллекторную сеть, низины и озера.

Совершенствовать методы борьбы с заилением оросительных систем путем устройства внутрисистемных отстойников, а также механизировать очистки внутрихозяйственной и оросительной сети; содержать коллекторно-дренажную сеть в рабочем состоянии, в полном порядке.

Осуществлять постепенный переход к осенним промывкам засоленных земель.

Проводить научные исследования по вопросам освоения песков, тугайных земель, солончаков, болот; установления оптимального режима орошения, значения дренажного модуля; увеличить коэффициент полезного действия систем; рационализировать конструкции дренажей.

К. И. БЕЛОЦЕРКОВСКИЙ

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЗАТРАТ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДАХ МЕЛИОРАТИВНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

Борьба с мелиоративным неблагополучием земель в зоне существующего орошения и своевременное проведение мелиоративной подготовки земель новых массивов орошения — один из актуальнейших вопросов современности.

В настоящее время только в Узбекистане площадь мелиоративно-неблагополучных земель в зоне существующего орошения составляет свыше 1 млн. га, а из земель, подлежащих освоению в республике к 1975 г., около 1,2 млн. га подвержены процессам засоления. Мелиоративно-неблагополучны целинные земли основных массивов перспективного орошения — Голодной и Каршинской степей.

Нетрудно представить, какой ущерб наносит государству недобор сельскохозяйственной продукции с засоленных земель. Так, при различной степени засоления поливных земель урожайность хлопчатника понижается от 10 до 30% и больше.

Практика рассоления поливных земель подтвердила целесообразность дренирования как одного из наиболее эффективных методов борьбы с засолением. Но по вопросу о том, какой метод дренажа и в каких конкретных условиях более эффективен, единого мнения нет. Сторонники того или иного вида дренажных устройств достаточно аргументированно доказывают технические и мелиоративные преимущества рекомендуемого ими вида дренажа.

Таким образом, дискуссия о применении дренажа перешла в стадию вариантного сравнения. И только в одном объединились почти все мелиораторы — в несостоятельности открытой дренажной сети и в необходимости замены ее более прогрессивным и эффективным видом дренажных устройств.

Широко распространенная открытая дренажная сеть, имеющая наиболее древнюю историю, проста по устройству, но обладает существенными недостатками: до 8% понижается коэффициент земельного использования, затрудняется механизация сельскохозяйственных работ, искусственно занижаются размеры поливных участков, особенно в случаях, когда по мелиоративным условиям требуется большая плотность дренажа. Открытые дрены быстро заиляются, в результате снижается эффективность их действия и требуются большие затраты на поддержание их в рабочем состоянии и т. д.

Закрытый горизонтальный или вертикальный дренаж практически лишен этих недостатков. Закрытый горизонтальный дренаж применяется в отечественной практике в основном при проведении осушительных мели-

ораций; в условиях орошаемой зоны до последнего времени он использовался недостаточно. То же можно сказать и о вертикальном дренаже.

В настоящее время наметился значительный сдвиг в деле внедрения этих прогрессивных видов дренажа.

Закрытый горизонтальный дренаж построен и функционирует в хозяйствах Голодной степи (в совхозах «Фархад», «Дружба» и др.) и Центральной Фергане (колхоз «Большевик»). Проектными организациями предусмотрено применение закрытого дренажа на десятках тысяч гектаров новых целинных земель.

Расширяются масштабы применения вертикального дренажа — в Голодной степи, Центральной Фергане, Бухарской области.

Значительный вклад в дело внедрения прогрессивных видов дренажа внесли и научно-исследовательские организации. Созданы и изучены различные конструкции дренажа, средства механизации строительства дренажных систем; исследован мелиоративный эффект от применения дренажных устройств, сконструированы насосы для вертикального дренажа и т. д.

И все же до настоящего времени не разрешены проблемы, связанные с применением прогрессивной дренажной техники, в частности, сравнительная экономическая эффективность различных видов дренажных устройств. В данной статье делается попытка осветить этот вопрос, на материалах исследований, проведенных в Голодной степи.

На опыте строительства и эксплуатации закрытой дренажной сети в совхозах «Фархад» и «Дружба» Голодной степи проанализированы фактические размеры капитальных затрат и издержек по эксплуатации дренажных устройств, а также определена сравнительная экономическая эффективность новых видов дренажа.

КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТОВ

Совхоз «Фархад» расположен в юго-восточной части Голодной степи. Земельный массив совхоза делится на две зоны: верхнюю и нижнюю. Земли северо-западной части нижнего массива засоленные. Грунтовые воды до начала освоения массива находились на глубине 10 м; освоение началось в 1955 г. Гидрогеологические исследования в 1957—1958 гг. показали, что средний уровень грунтовых вод поднялся на 5—8 м.

Строительство закрытой дренажной сети осуществлено на площади 500 га механизированным способом — дреноукладчиком Д-251. Плотность дренажа — 24,8 пог. м/га. Глубина дрен — 2,8—3,0 м. Трубы асбоцементные, $d=141$ мм, $l=330$ мм. Материал фильтра — гравий. Устья дрен сделаны в виде консоли из труб $d=189$ мм. Откос ниже трубы вымощен. На дренах установлены контрольные и смотровые колодцы.

Совхоз «Дружба». Участок закрытого горизонтального дренажа совхоза «Дружба» расположен в зоне влияния Южного Голодностепского канала. Площадь участка 250 га; литология — мощные толщи суглинков, перемежающиеся с прослойками и линзами глин, супесей и песков. Уровень залегания грунтовых вод 3—5 м. Почвенный состав — сероземы солончаковые, суглинистые и глинистые.

Для поддержания нужного уровня грунтовых вод построены закрытые дрены глубиной 3,2—3,5 м. Плотность дренажа на 1 га 26,7 м. Конструкция дренажных устройств принята в нескольких вариантах.

В табл. 1 приведена характеристика основных конструктивных элементов и технология производства работ по строительству закрытого горизонтального дренажа.

Таблица 1

Объект	Номер вариан-та	Характеристики конструктивных элементов									Плот-ность дрена-жа, пог. м/га
		траншея			трубы				фильтр		
		способ отрыва-ки	глуби-на, м	шири-на, м	способ укладки	материал	длина звена, м	диаме-тр, мм	способ засыпки	матери-ал	
Совхоз «Фархад»	I	Дрено-уклад-чиком	3,0	0,6	Дрено-уклад-чиком	Асбоце-ментные	0,33	147,0	Дрено-уклад-чиком	Гравий	24,8
Совхоз «Дружба»	II	Много-ковше-вым экска-ватором	3,2	0,6	Вруч-ную	Гончарные	0,33	150,0	Вруч-ную	Камыш	26,7
	III	«	3,2	0,6	«	Асбоце-ментные	3,0	141,0	«	Гравий	26,7
	IV	«	3,2	0,6	«	Гончарные	0,33	150,0	«	Гравий	26,7
	V	«	3,2	0,6	«	Керами-ческие	0,94	150,0	»	Гравий	26,7

Как видно из приведенных данных, на двух объектах Голодной степи построен закрытый горизонтальный дренаж, различный по технологии производства работ и по конструктивным элементам дренажной сети.

Укладка труб, засыпка фильтра и другие работы выполнялись вручную, только отрывку траншей проводили многоковшовым экскаватором.

В соответствии с проектом при строительстве применены четыре варианта конструктивных решений, материалов труб и фильтров.

Разная технология производства работ, наличие вариантов конструктивных решений и применение труб и фильтров из разных материалов дали возможность провести экономическое сопоставление видов закрытого горизонтального дренажа.

Фактические капиталовложения на строительство закрытого горизонтального дренажа и размер годовых эксплуатационных расходов определены на основании подсчетов затрат труда и материалов, постановки хронометража производственных процессов и использования данных строительных и хозяйственных организаций.

В качестве эталона для сопоставления показателей капитальных затрат и издержек на эксплуатацию закрытого дренажа расчетным путем и методом аналога установлены объемы и стоимость работ по открытой дренажной сети. При этом соблюдался ряд условий: параметры открытых дрен соответствовали потребности поддержания грунтовых вод на заданном уровне, плотность и протяженность дрен принимались исходя из условия обеспечения нужного оттока грунтовых вод, откосы открытых дрен закладывались с учетом физико-механических свойств грунтов и др.

Размер капитальных затрат на строительство закрытого горизонтального дренажа определен по основным конструктивным элементам дрены:

$$\Sigma K_{\text{закр.}} = K_1 + K_2 + K_3 + K_4, \quad (1)$$

где ΣK — суммарные капитальные затраты на строительство закрытой дрены;

K_1, K_2, K_3, K_4 — капитальные затраты соответственно на отрывку траншеи, на укладку труб, на засыпку фильтра, на строительство наблюдательных и смотровых колодцев.

Ежегодные издержки, связанные с эксплуатацией закрытой дренажной сети, определялись по следующей структуре:

$$\Sigma I_{\text{закр}} = I_{\text{ам}} + I_{\text{сод.}}$$

Здесь $\Sigma I_{\text{закр}}$ — суммарные годовые затраты на эксплуатацию;

$I_{\text{ам}}$ — затраты на амортизацию дрен;

$I_{\text{сод.}}$ — затраты, связанные с содержанием дрены в рабочем состоянии.

Показатели по варианту открытой сети определены по фактическим расходам и расчетным путем.

Полученные величины фактических затрат по различным вариантам закрытого и открытого дренажа для сопоставления сведены в табл. 2.

Таблица 2

Объект исследования	Номер варианта	Закрытый дренаж				Открытый дренаж			
		удельные капитальные затраты		затраты на эксплуатацию		удельные капитальные затраты		затраты на эксплуатацию	
		руб. пог. м	руб. га	руб. пог. м	руб. га	руб. пог. м	руб. га	руб. пог. м	руб. га
Совхоз «Фархад»	I	7,6	188,7	0,69	17,1	8,5	210,8	1,97	48,8
Совхоз «Дружба»	II	12,5	333,8	0,81	21,6	8,5	227,0	2,34	62,5
	III	14,6	391,8	0,95	25,3	8,5	227,0	2,34	62,5
	IV	15,3	408,5	0,98	26,1	8,5	227,5	2,34	62,5
	V	16,7	445,9	1,14	30,4	8,5	227,0	2,34	62,5

Минимальные капитальные затраты по закрытому дренажу отмечаются в совхозе «Фархад» по первому варианту, т. е. при производстве работ дреноукладчиком — 7,6 руб/пог. м или 188,7 руб/га (при плотности дренажа 24,8 пог. м/га). Этому же варианту соответствовали и наименьшие годовые издержки по эксплуатации — 0,69 руб/пог. м или 17,1 руб/га.

По остальным вариантам закрытого дренажа (II—V) капитальные затраты превысили расходы по открытому дренажу и составили 12,5—16,7 руб/пог. м против 8,5. Однако ежегодные эксплуатационные затраты здесь значительно меньше, чем при открытом дренаже и составляют 0,81—1,14 руб/пог. м против 2,34.

Соотношение роста капитальных вложений при строительстве закрытого дренажа и экономии текущих издержек на эксплуатацию дренажных устройств характеризуется в табл. 3.

Удельные капитальные затраты на строительство вариантов закрытого дренажа составляют 89,4—196,4% от размера капитальных вложений на открытый дренаж, а годовые текущие издержки на эксплуатацию закрытого дренажа сокращаются до 30—50%.

Однако определения этих показателей недостаточно для суждения об экономичности применения того или иного вида дренажных устройств.

Прежде всего рассмотрим структуру капитальных затрат на закрытый дренаж по основным конструктивным элементам.

Таблица 3

Показатель	Тип дренажа					
	открытый горизон- тальный	варианты закрытого горизонтального				
		I	II	III	IV	V
Удельные капитальные затраты, <i>руб.</i> <i>пог. м</i>	8,5	7,6	12,5	14,6	15,3	16,7
Рост капиталовложений, %	100,0	89,4	147,0	171,7	180,0	196,4
Удельные годовые издержки по эксплуатации, <i>руб.</i> <i>пог. м</i>	2,3	0,69	0,81	0,95	0,98	1,14
Экономия годовых текущих из- держек, %	100,0	30,0	35,2	41,3	42,6	50,0

Данные табл. 4 дают возможность выявить удорожающие конструктивные элементы в различных вариантах, а также резервы снижения затрат на строительство закрытых дрен.

Таблица 4

Объект исследова- ния	Номер вариан- та	Конструктивные элементы									
		траншея		трубы		фильтр		наблюдат. и смотровые ко- лодцы		всего	
		<i>руб.</i> <i>пог. м</i>	%	<i>руб.</i> <i>пог. м</i>	%	<i>руб.</i> <i>пог. м</i>	%	<i>руб.</i> <i>пог. м</i>	%	<i>руб.</i> <i>пог. м</i>	%
Совхоз «Фар- хад»	I	1,48	19,5	1,65	21,7	4,05	53,1	0,43	5,7	7,60	100,0
Совхоз «Дружба»	II	10,0	80,1	1,4	11,2	0,2	1,5	0,9	7,2	12,5	100,0
	III	10,0	68,9	1,1	7,4	2,6	17,5	0,9	6,1	14,6	100,0
	IV	10,0	65,8	1,8	11,8	2,6	16,7	0,9	5,7	15,3	100,0
	V	10,0	60,5	3,2	18,7	2,6	15,3	0,9	5,4	16,7	100,0

При механизированном производстве работ дрепоукладчиком Д-251 (вариант I) самым капиталоемким конструктивным элементом является фильтр — 53,1% всех затрат. Естественно, в этом варианте может быть достигнуто снижение стоимости строительства за счет сокращения затрат на фильтр.

При производстве основных строительных работ в совхозе «Дружба» (варианты II—V) основным капиталоемким элементом оказалась траншея — 60,5—80,1% всех затрат. Здесь резервом снижения стоимости строительства дрен является сокращение затрат на рытье траншей.

Как уже было сказано, экономическая эффективность внедрения закрытого горизонтального дренажа не может быть определена сравнением показателей капитальных затрат и текущих издержек с аналогичными показателями варианта открытого дренажа.

В данном случае, так как речь идет о внедрении новой мелиоративной техники, необходимо выявить сравнительную экономическую эффективность дополнительных капиталовложений, связанных со строительством закрытого горизонтального дренажа. Для этого мы устанавливали срок окупаемости дополнительных капитальных вложений или его об-

ратной величины — коэффициента эффективности, отдельно по всем вариантам.

Формула срока окупаемости или коэффициента эффективности:

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_{\text{закр}} - K_{\text{откр}}}{I_{\text{откр}} - I_{\text{закр}}} = \frac{\Delta K_{\text{закр}}}{\Delta I_{\text{откр}}}; \quad E = \frac{\Delta I_{\text{откр}}}{\Delta K_{\text{закр}}}, \quad (2)$$

где $T_{\text{ок}}$ — срок окупаемости дополнительных капиталовложений при варианте закрытого дренажа;

E — коэффициент эффективности; размеры капиталовложений при закрытом и открытом дренаже;

$K_{\text{закр}}$ и $K_{\text{откр}}$
 $I_{\text{закр}}$ и $I_{\text{откр}}$ — текущие издержки по закрытому и открытому дренажу.

Подставляя в формулу (2) соответствующие значения отдельно по всем вариантам закрытого дренажа (табл. 2), получим:

1) вариант I. минимальные капиталовложения соответствуют меньшим текущим издержкам.

Вариант бесспорно эффективен;

2) вариант II — $T_{\text{ок}} = \frac{12,5 - 8,5}{2,3 - 0,81} = 2,7 \text{ года} = 0,37$;

3) вариант III — $T_{\text{ок}} = \frac{14,6 - 8,5}{2,3 - 0,95} = 4,5 \text{ года} = 0,22$;

4) вариант IV — $T_{\text{ок}} = \frac{15,3 - 8,5}{2,3 - 0,98} = 5,0 \text{ лет} = 0,20$;

5) вариант V — $T_{\text{ок}} = \frac{16,7 - 8,5}{2,3 - 1,14} = 7 \text{ лет} = 0,14$.

При подсчете фактического срока окупаемости и коэффициента эффективности установлено, что дополнительные капиталовложения по вариантам закрытой дренажной сети в совхозах «Фархад» и «Дружба» окупаются за счет экономии годовых текущих издержек при эксплуатации до 7 лет. Нормативный срок окупаемости дополнительных капиталовложений для ирригационно-мелиоративных мероприятий — 5, 9 лет и коэффициент эффективности соответственно равен 0,17.

По этому условию строительство всех вариантов закрытого горизонтального дренажа, за исключением V (керамические трубы в гравийном фильтре), для указанных и аналогичных объектов экономически эффективно.

Обобщение материалов по опыту строительства и эксплуатации закрытого горизонтального дренажа позволило сделать экономические расчеты, характеризующие эффективность применения различных вариантов закрытого дренажа в зависимости от требований, предъявляемых мелиорируемыми землями к плотности и конструкциям дренажных устройств.

Прежде чем приводить указанные расчеты, следует отметить, что в них экономический эффект вариантов закрытого горизонтального дренажа сопоставляется с эффектом от применения другого прогрессивного вида дренажа — вертикального.

За последние годы вертикальный дренаж приобретает все большее производственное значение.

В староорошаемой зоне Голодной степи строительство вертикального дренажа ведется на двух участках: в совхозе «Социализм» на площади 3,0 тыс. га и в совхозе «Пахтаарал» — 7,6 тыс. га.

В совхозе «Пахтаарал» запроектировано 59 скважин с общим дебитом 4,63 м³/сек. Глубина скважин в среднем 60 м. Проектный дебит скважины — 50—60 л/сек. Обслуживаемая скважиной площадь — 110—140 га. В 1962 г. в совхозе построено 27 скважин.

В совхозе «Социализм» запроектировано 28 скважин, построено 14. Средняя глубина скважины 75 м. Площадь обслуживания в среднем 110 га.

Ранее делались попытки определить экономическую эффективность внедрения вертикального дренажа, но авторы при этом ограничивались только расчетом размеров капитальных и текущих затрат.

Отделом мелиорации САНИИРИ капиталовложения на строительство вертикального дренажа определены в размере 50—100 руб/га; издержки 7,5—15 руб/га. Эти показатели, по нашему мнению, несколько занижены.

По анализу ряда материалов и производственным расчетам установлены средние величины затрат по вертикальному дренажу в следующих размерах (при $H=60$ м): капиталовложения 185,0 руб/га; текущие издержки 36,0 руб/га. Эти средние показатели приняты нами при расчетных сравнениях экономичности различных методов дренажа.

Мы попытались рассчитать для условий Голодной степи затраты на строительство и эксплуатацию дренажа при различной плотности его и разном междренном расстоянии; определить сравнительную экономическую эффективность разнообразных вариантов дренажа (табл. 5).

Таблица 5

Вид дренажного устройства	Номер варианта	Капитальные затраты на 1 га, руб. дренаж (К), руб.	Текущие издержки на 1 га, руб. дренаж (И), руб.	Капитальные затраты и текущие издержки					
				$\frac{1000^*}{80}$		$\frac{200}{40}$		$\frac{300}{27}$	
				к	и	к	и	к	и
Закрытый	I	7,6	0,7	608,0	56,0	304,0	28,0	203,0	19,0
	II	12,5	0,8	1000,0	64,0	500,0	32,0	333,0	21,0
	III	14,6	0,9	1168,0	72,0	584,0	36,0	388,0	24,0
	IV	15,4	1,0	1232,0	80,0	616,0	40,0	411,0	26,0
	V	16,7	1,1	1336,0	88,0	668,0	44,0	445,0	29,0
Открытый	VI	8,5	2,3	680,0	184,0	340,0	92,0	226,0	61,0
Вертикальный	VII	Капитальные затраты — 185,0 руб/га, текущие издержки — 36,0 руб/га							

Вид дренажного устройства	Номер варианта	Капитальные затраты на 1 га, руб. дренаж (К), руб.	Текущие издержки на 1 га, руб. дренаж (И), руб.	на 1 га, руб/га					
				$\frac{100}{20}$		$\frac{100}{16}$		$\frac{600}{13}$	
				к	и	к	и	к	и
Закрытый	I	7,6	0,7	152,0	14,0	152,0	11,0	101,0	9,0
	II	12,5	0,8	250,0	16,0	200,0	13,0	166,0	10,0
	III	14,6	0,9	262,0	18,0	236,0	14,0	194,0	12,0
	IV	15,4	1,0	308,0	20,0	246,0	16,0	205,0	13,0
	V	16,7	1,1	334,0	22,0	267,0	18,0	223,0	14,0
Открытый	VI	8,5	2,3	170,0	46,0	136,0	37,0	113,0	30,0
Вертикальный	VII	Капитальные затраты — 185,0 руб/га, текущие издержки — 36,0 руб/га							

* В числителе — расстояние между дренажами, м, в знаменателе — плотность дренажа, пос. м/га

По капиталоемкости наиболее экономичен вариант вертикального дренажа, с которым закрытый дренаж может конкурировать только при междренном расстоянии 350—600 м и плотности дренажа 13—20 пог. м/га. Этому условию отвечает только I вариант закрытого дренажа и открытая дренажная сеть (рис. 1).

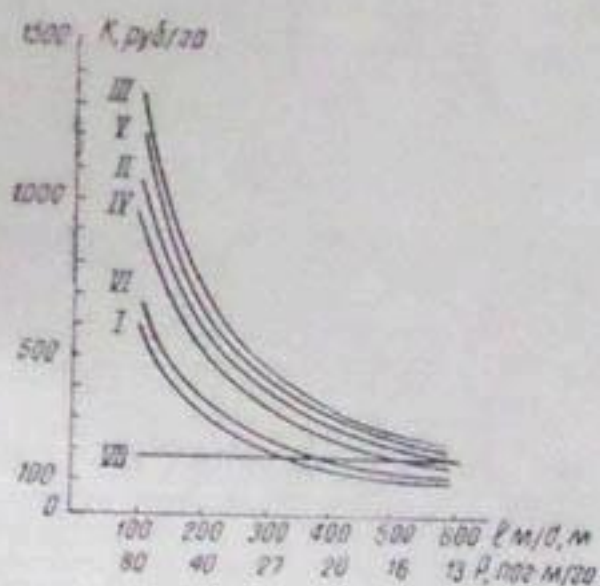


Рис. 1. Капиталовложения по вариантам дренажных устройств.

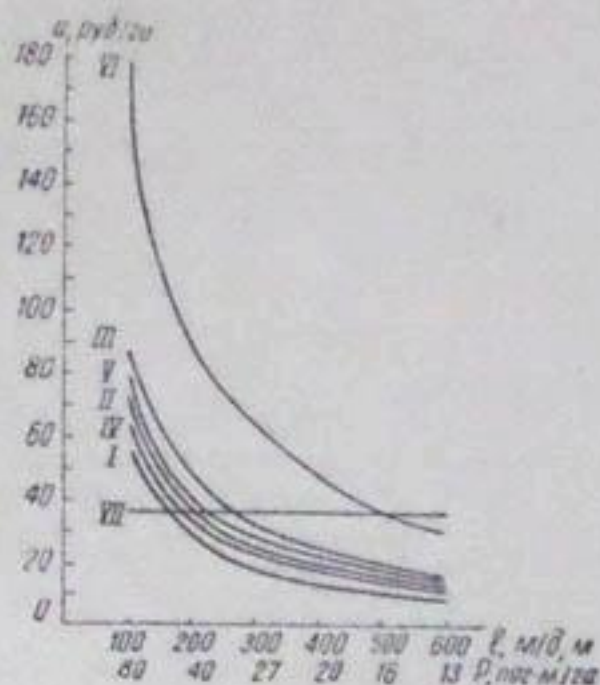


Рис. 2. Издержки по эксплуатации вариантов дренажных устройств.

По ежегодным затратам, связанным с эксплуатацией дренажной сети, положение иное. Почти все варианты закрытого горизонтального дренажа при междренном расстоянии 150—600 м и плотности дренажа 13—50 пог. м/га требуют меньшей суммы годовых издержек, чем вертикальный дренаж (рис. 2).

Однако окончательного вывода об экономической эффективности применения того или иного варианта дренажных устройств по приведенным показателям сделать нельзя. Заключение возможно при применении метода минимума расчетных затрат:

$$I_{\text{расч}} = I + EK = \min, \quad (3)$$

где $I_{\text{расч}}$ — минимум расчетных затрат;
 I — годовые текущие издержки;
 E — нормативный коэффициент эффективности (0,17);
 K — капиталовложения.

Из полученных по этой формуле числовых значений по вариантам (рис. 3) видно, что минимум расчетных затрат соответствует варианту вертикального дренажа.

В качестве примера сделан расчет (табл. 6) сравнительной экономической эффективности внедрения различных видов и вариантов дренажных устройств на массиве земель, требующих мелиорации (междреннее расстояние для вариантов горизонтального дренажа принято 200 м; плотность дренажа 40 пог. м/га).

Применение закрытого горизонтального дренажа на указанном массиве, по сравнению с открытым вариантом, дает

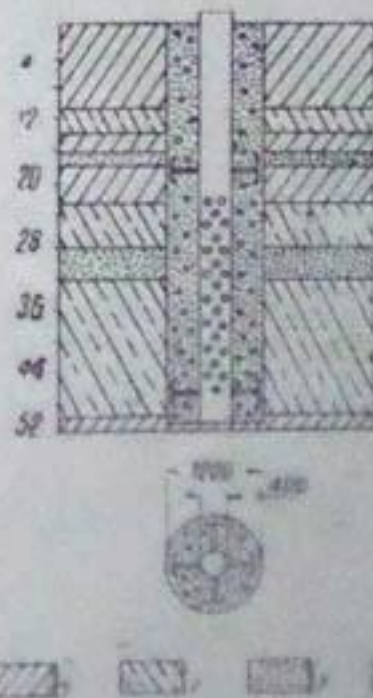


Рис. 3. Капиталовложения по вариантам дренажных устройств.

Таблица 6

Показатель	Тип дренажа						верти- каль- ный
	открытый горизон- тальный	закрытый горизонтальный					
		варианты					
		I	II	III	IV	V	
Расчетная площадь дренирования, га	7500	7500	7500	7500	7500	7500	7500
Плотность горизон- тального дренажа, пог. м/га	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	—
Капитальные затра- ты на 1 га, руб/га	340,0	304,0	500,0	584,0	616,0	668,0	185,0
Текущие издержки на 1 га, руб/га	92,0	28,0	32,0	36,0	40,0	44,0	36,0
Расчетные суммарные издержки на 1 га, руб/га	150,0	80,0	117,0	135,0	145,0	158,0	31,5
Всего капитальных затрат, тыс. руб.	2550,0	2280,0	3750,0	4380,0	4620,0	5010,0	1388,0
Всего годовых теку- щих издержек, тыс. руб.	690,0	210,0	240,0	270,0	300,0	330,0	270,0
Всего расчетных сум- марных затрат, тыс. руб	1125,0	600,0	888,0	1012,0	1088,0	1185,0	236,0

экономии расчетных затрат до 525 тыс. руб.; вертикального до 890 тыс. руб.

Обязательное условие применения отдельных видов дренажных устройств — создание определенного водно-солевого режима почв. При выборе того или иного варианта необходимо исходить прежде всего из этого условия, для чего следует районировать мелиорируемые террито-
рии.

К. И. БЕЛОЦЕРКОВСКИЙ, А. А. ГОЛЬЦЕВ

ОРГАНИЗАЦИЯ И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ТРУДА ПРИ ПРИМЕНЕНИИ НОВОЙ ТЕХНИКИ ОРОШЕНИЯ В СОВХОЗАХ ГОЛОДНОЙ СТЕПИ

Применяемые способы увлажнения почвы при орошении обладают, как известно, серьезными недостатками, основными из которых являются непроизводительные расходы оросительной воды и значительные затраты средств и труда, связанные с необходимостью активного регулирования водного режима растений.

Совершенствованием основных элементов техники полива поверхностным током и внедрением в производство различных поливных устройств колхозы и совхозы республики снизили затраты труда на единицу работы, повысили производительность труда поливальщиков.

Если в 1933 г. средняя производительность труда поливальщиков по хозяйствам республики не превышала 0,3 га, то уже в 1961 г. эта цифра возросла до 1,1 га. Однако и до настоящего времени производительность труда поливальщиков в семь раз ниже производительности тракториста на культивации и в пять раз ниже производительности тракториста на подкормке.

Поливы хлопчатника существующими методами поглощают значительную долю (до 20%) ресурсов труда в хлопководческих хозяйствах республики.

Это объясняется тем, что поливы существующими способами проводятся на низком техническом уровне. Примитивные и малопродуктивные методы и средства поливов приводят к растягиванию сроков проведения поливных работ, снижению их качества, а тем самым, к нарушению поточности и ритмичности хода всего годового цикла работ на хлопковом поле.

Механизация и автоматизация орошения—основа решения проблемы снижения совокупных затрат труда на производство хлопчатника. В связи с этим исследователи стремятся улучшить способы увлажнения почвы, привести их в соответствие с достигнутым уровнем агрономической технологии и организации сельскохозяйственного производства.

Совершенствование методов полива осуществляется, как известно, двумя способами: путем разработки и испытания различных конструкций и приспособлений для механизации поливов дождеванием, а также применением средств малой автоматизации самотечного орошения.

Дождевание сельскохозяйственных культур — новый, еще недостаточно проверенный способ полива. Однако по опыту дождевания хлопчатника в условиях совхоза «Пахтаарал» можно сделать вывод о положительном воздействии этого способа полива на экономию затрат труда.

По расчетам совхоза при поливе 5,5 тыс. га хлопка дождеванием с помощью агрегата ДДА-100М экономия составляет около 20 тыс. чел-дней ручного труда в год.

Нетрудно представить, какое огромное значение будет иметь экономия затрат труда на поливы во вновь создаваемых хозяйствах Голодной степи, куда привлекается значительная масса рабочей силы.

По средним расчетам внедрение дождевания в республике на площади 260 тыс. га к 1970 г. позволит сэкономить более 900 тыс. чел-дней.

Производственной проверкой установлено, что самыми благоприятными условиями для применения агрегатов ДДА-100М являются мелiorативно благополучные территории с близким залеганием пресных или слабоминерализованных грунтовых вод (опыт совхоза «Пахтаарал»).

Считается, что применение отмеченных агрегатов возможно и на землях с глубоким залеганием грунтовых вод. Однако опыт полива дождеванием, а также организация и производительность труда при использовании агрегатов ДДА-100М на землях данной категории изучены в меньшей степени. Эти вопросы исследованы в 1961 г. на опыте внедрения дождевания в совхозе 4, в зоне нового орошения Голодной степи.

Опытный участок расположен в юго-западной части совхоза (бригада 1). Почвы массива участка сероземно-луговые, солончаковые и солончаковатые. Грунтовые воды залегают на глубине 2—3 м. Водоподача на массив бригады осуществляется участковым распределителем в земляном русле. Для питания дождевальных агрегатов водой на площади участка нарезано 30 временных оросителей протяженностью по 670—680 м.

Агротехника возделывания хлопчатника и сроки проведения всех производственных процессов на участке дождевания были такими же, как и в других бригадах совхоза.

При осуществлении в совхозе разработанного комплекса приемов ухода за хлопчатником наблюдалось запаздывание с началом основных работ; растягивание сроков производства работ; недостаточное число обработок; низкое качество работ.

В начале поливного периода составлен план производства поливов. Предусматривалась 2,5—3,0-сменная работа агрегатов. Соответственно был намечен и состав обслуживающего персонала (табл. 1).

Таблица 1

Номер агрегата	Бригада 1				Бригада 2				Бригада 3			
	ст. тракторист агрегата	тракторист — сменщик	подсобный рабочий	регулирующий	ст. тракторист агрегата	тракторист — сменщик	подсобный рабочий	регулирующий	ст. тракторист агрегата	тракторист — сменщик	подсобный рабочий	регулирующий
2									1	1	1	1
4												
5	1	1	1	1								
6	1	1	1	1								
7					1	1	—	1				
8	1	1	1	1								
10									1	1	1	1
13					1	1	—	1				
14												
15					1	1	—	1				
Итого	3	3	3	3	3	3	—	3	2	2	2	2

Показателем производительности труда на поливах является объем работы в единицу рабочего времени или количество затраченного рабочего времени на единицу работы.

Для получения сравнительных данных о фактических условиях индивидуальной производительности труда на поливах дождеванием агрегатами ДДА-100М и бороздковых поливах был проведен хронометраж работ при помощи прибора-самописца СПС-58 (конструкция САНИИ-РИ), а также собраны и проанализированы соответствующие данные первичного производственного учета.

Результаты исчисления показателей эффективности труда на поливах хлопчатника разными способами и сопоставление их с аналогичными показателями, полученными в других хозяйствах, сведены в табл. 2.

Таблица 2

Объект исследования	Полиго за 1 чел-день, га			
	полив по бороздам		полив дождеванием	
	га/пол	абс. %	га/пол	абс. %
Совхоз «Фархад» (1960 г.)	0,8	100,0	1,30	159,0
Совхоз 4 (1961 г.)	0,9	100,0	1,50	167,0
Бригада 1	0,8	100,0	1,40	175,0
Бригада 2	0,9	100,0	1,70	189,0
Бригада 3	0,9	100,0	1,30	144,0

Указанное соотношение остается в силе и при сопоставлении методов полива по их трудоемкости. Так, в совхозе 4 затраты труда на 1 гектарополив по бороздам составляют 1,1 чел-день (100%); дождеванием — 0,68 чел-дней (62%); в совхозе «Фархад» соответственно 1,2 чел-дней (100%) и 0,8 чел-дней (67%).

Как видно из приведенных данных, механизация поливов на основе внедрения агрегата ДДА-100М способствует снижению затрат труда на единицу работ и повышает его производительность в 1,6—1,7 раза.

Уровень производительности труда в совхозах 4 и «Фархад» мало отличается от уровня, достигнутого в других хозяйствах, в которых поливы осуществлялись с помощью агрегатов ДДА-100М. Если в совхозе 4 (1961 г.) производительность труда при поливе дождеванием равна 1,5 га/чел-дней, а в совхозе «Фархад» (1960 г.) 1,3, то в совхозе «Пахтаарал» (1959 г.) она составляет 1,3 га/чел-дней; совхозе «Водяное» Запорожской области — 1,8; Магнитогорском молочно-овощном совхозе — 1,4 га/чел-дней.

Полученные показатели характеризуют экономический эффект от механизации процесса полива только в области снижения прямых затрат живого труда. Этих данных недостаточно для утверждения степени интенсивности использования дождевальных машин в конкретных условиях, т. е. для ответа на вопрос, является ли фактический уровень индивидуальной производительности труда максимально возможным или имеются еще значительные резервы для его дальнейшего роста. Необходимо учитывать и то, что применение агрегатов ДДА-100М, обеспечивая значительно меньшую оросительную норму, требует однако большей кратности поливов. Следовательно, внедрение дождевания должно обеспечивать такое снижение трудоемких работ, которое покрывало бы дополнительные трудовые затраты, обусловленные (при этом способе) необходимостью проведения большего числа поливов.

Одним из условий, характеризующих экономическую целесообразность внедрения дождевания агрегатами ДДА-100М, должно быть соблюдение следующего, наиболее общего выражения:

$$AP'T' \leq AP'T,$$

где A — площадь полива, га (предполагаются равные площади при разных способах увлажнения);

P и P' — кратность при бороздковом способе полива и при дождевании;

T и T' — трудоемкость единицы работ при поливе по бороздам и дождевании.

Интересно проследить, насколько достигнутый уровень производительного использования агрегатов ДДА-100М удовлетворяет данному требованию, например, в совхозе 4.

Рабочим планом для всех поливов дождеванием предусматривались одинаковые поливные нормы — $500 \text{ м}^3/\text{га}$. Сменная производительность при данном расходе равна $3,8 \text{ га}$. Фактический же средний расход воды для всех поливов составил $850 \text{ м}^3/\text{га}$. Нормативная сменная выработка агрегата при указанном расходе должна была соответствовать $2,3 \text{ га}$. Фактическая сменная выработка агрегата ($3,8 \text{ га}$) превысила нормативную на 65% (при $m=850 \text{ м}^3/\text{га}$). При этом соответственно изменялась и производительность труда.

Если по нормативам (при сложившемся расходе воды) выработка на 1 отработанный чел-день определялась в $0,9 \text{ га}$, то по фактическим данным она составила $1,5 \text{ га}$.

Прирост объема выполненных работ за счет повышения сменной выработки агрегатов вычислен по формуле

$$W_g = (P_1 - P_0) \cdot T_m.$$

Здесь W_g — прирост объема работ в гектарополивах;

P_0 и P_1 — сменная производительность по нормативам и фактическая;

T_m — количество машино-смен.

Подставляя в эту формулу приведенные выше величины, получаем:

$$W_g = 884 \text{ га/пол.}$$

Следовательно, при условии выполнения агрегатами сменной выработки в пределах установленных норм общий объем работ за сезон был бы на 884 гектарополива меньше.

Очень важным является вопрос, насколько достигнутый уровень производительности труда при дождевании обеспечивает возможность эквивалентной замены общих затрат ручного труда, необходимого при поливе хлопчатника поверхностным током (табл. 3).

Таблица 3

Показатель	Способ полива		Разница	
	полив по бороздам	полив дождеванием	больше +	меньше —
Посевная площадь, га	554,5	554,5	—	—
Число поливов по плану	6	12	6	—
Объем работ, га/пол	3327	6654	3327	—
Фактические затраты труда на 1 га/пол, чел-дни	1,1	0,7	—	0,4
Затраты труда на весь объем работ, чел-дни	3660	4658	998	—

Итак, при сложившейся трудоемкости поливов выполнение агрегатами запланированного объема работ привело бы не к сокращению рабочего времени на орошение хлопчатника, а наоборот, потребовало бы дополнительного привлечения рабочих. Следовательно, несмотря на то, что средний уровень производительности труда при дождевании в совхозе 4 на 67% выше, чем при поливах по бороздам, этого все же явно недостаточно для экономии рабочего времени.

Чтобы затраты труда при дождевании соответствовали затратам при бороздковом поливе (с учетом кратности поливов), необходимо довести выработку на 1 отработанный чел-день минимум до 2 га.

Важно выяснить вопрос о том, способствует ли дождевание агрегатами ДДА-100М экономии затрат живого труда при проведении всего комплекса рабочих операций по поливу хлопчатника.

В табл. 4 приведен перечень рабочих операций, связанных с подготовкой и заключением работ по поливу, и расходы по ним рабочего времени.

Таблица 4

Вид операции	Полив по бороздам		Полив дождеванием	
	затрачено всего, чел-дней	в том числе на 1 га/пол	затрачено всего, чел-дней	в том числе на 1 га/пол
Планировка полей (механизированная)	10,3	—	11,7	—
Планировка полей (ручная)	116,4	—	127,6	—
Нарезка временных оросителей	—	—	16,0	0,007
Планировка временных оросителей	—	—	4,0	0,002
Нарезка ок-арыков (механизированная)	53,0	0,03	—	—
Нарезка ок-арыков (ручная)	178,0	0,09	—	—
Планировка ок-арыков	242,0	0,1	—	—
Планировка дорог (механизированная)	—	—	25,0	0,01
Планировка дорог (ручная)	—	—	65,0	0,03
Перегоны дождевальных агрегатов	—	—	176* (час)	0,01
Тренировочные поливы	—	—	59,0	0,03
Нарезка борозд	83,0	0,04	—	—
Вегетационные поливы	2308,0	1,1	1534,0	0,7
Простои дождевальных агрегатов	—	—	57,0	0,03
Прочие	565,3	0,3	684,7	0,24
Итого	3566,0	1,7	2609,0	1,2

* Затраты времени на перегоны дождевальных агрегатов выражаются в часах.

Удельные затраты труда при проведении всего комплекса работ по поливу хлопчатника дождеванием составляют 70% от затрат на бороздковый полив. Указанное соотношение в затратах почти не изменится, если произвести перерасчет их на 1 га посевов. В этом случае удельные затраты труда при поливе по бороздам составили 6,4 чел-дня, дождеванием—4,7 чел-дня. Такой результат получен только потому, что число поливов как дождеванием, так и по бороздам практически было одинаковым. При точном соблюдении числа поливов, предусмотренных режимом орошения, затраты труда определяются следующим образом. При поливе по бороздам на 1 гектарополив они составляют 1,9 чел-дня, а при поливе дождеванием — 1,0. Затраты труда на 1 га посевов при поливе по бороздам равны 11,5 чел-дня, при поливе дождеванием — 12,6.

Отсюда видно, что при сложившемся уровне организации механизированных поливов и производительности агрегатов ДДА-100М в совхозе 4 дождевание хлопчатника в полном объеме потребовало бы большего расхода рабочего времени, чем полив по бороздам.

Для снижения затрат труда при поливе дождевальными агрегатами существенное значение имеет мобилизация резервов, обеспечивающих более полное использование агрегатов в течение рабочего дня. При изучении опыта внедрения дождевания обнаружены значительные потери рабочего времени. Для всестороннего изучения процесса труда на поливе по отдельным составляющим элементам в совхозе 4 проведены хронографические наблюдения. В ходе производства поливов мы отмечали продолжительность всех операций и выявляли их содержание, причину и последовательность.

В табл. 5 приводятся систематизированные итоги фактического суточного режима работы дождевальных агрегатов ДДА-100М в совхозе 4 и сравнительные данные по совхозу «Фархад».

Таблица 5

Показатель	Элементы рабочего времени, %	
	совхоз «Фархад»	совхоз 4
Подготовительные работы	1,7	5,5
Переезды на другие оросители		3,0
Простои по техническим причинам	24,9	5,2
Простои технологические	5,9	3,9
Простои организационные	39,2	10,6
Чистое время работы	28,3	71,8
Технологическое время работы (1+2+4+6)	35,9	82,4
Общее время работы	100,0	100,0

Время эффективной работы (чистое время) агрегатов в совхозе 4 составило 71,8%, а в совхозе «Фархад» — всего 28,3% (табл. 5).

По данным наблюдений за поливами дождеванием в совхозе «Пахтаарал» (1959 г), чистое время полива агрегатом ДДА-100 М равна 59,5%.

Определившийся в совхозе 4 коэффициент эффективного использования рабочего времени на поливе близок к нормативному (0,76). Это еще раз подтверждает обоснованность мнения специалистов о том, что в условиях надлежащей организации механизированных поливов коэффициент использования агрегатов ДДА-100М на эффективной работе практически можно довести до 0,80.

При сложившемся в совхозе режиме рабочей смены агрегатов их средняя выработка (при 11 проходах) за один час общего времени работы составила 0,3 га; за один час технологического времени работы — 0,4 га; за один час чистого времени работы — 0,5 га.

В пересчете на 7-часовой рабочий день (смену) выработка агрегата определилась в 2,5 га, т. е. на 19% выше нормативной. Соответственно этому выработка на одного рабочего составляет в среднем 1,3 га, т. е. на 86% выше нормативной и на 44% больше фактической выработки поливальщика при ручном поливе.

Анализ хронографических наблюдений показывает, что имеются значительные резервы дальнейшего увеличения времени эффективной

работы агрегатов ДДА-100М, а следовательно, и повышения их сменной эффективности.

Больше половины времени всех простоев падает на потери времени по техническим и организационным причинам, в частности из-за перебоев с подачей воды.

При сокращении простоев даже наполовину технологическое время работы агрегатов определится в 92,1%, а чистое—в 80%. В этом случае выработка агрегатов в смену составит уже 2,8 га, т. е. на 33% выше нормативной.

Перечисленные факторы не исчерпывают всего комплекса причин, оказывающих неблагоприятное влияние на продолжительность времени эффективной работы агрегатов ДДА-100М, а следовательно, и их сменную выработку. Однако и этого достаточно для утверждения того, что дождевальная техника в совхозе 4 использовалась не в полной мере.

Сопоставление коэффициентов чистого времени работы агрегатов с их суточной выработкой и производительностью труда не выявляет прямой зависимости между этими величинами.

Коэффициент чистой работы агрегатов ДДА-100М в совхозе «Фархад» составил 0,28%, а в совхозе 4—0,72, т. е. в 2,5 раза больше.

Между тем, суточная выработка агрегатов в совхозе 4 превышает фактическую среднесуточную выработку, полученную в совхозе «Фархад», только в 1,4 раза.

Возникает вопрос, в чем причины столь незначительных различий в суточной выработке агрегатов при существенно различных показателях интенсивности их работы.

Средний уровень выработки агрегатов и, следовательно, производительности труда находится, как известно, не только в прямой, но зачастую и в обратной связи с целым рядом условий и факторов.

Размер площади, которую агрегат может полить в течение рабочего дня, зависит, в частности, от поливной нормы или от количества проходов. Эта зависимость положена в основу разработанных норм выработки на полив хлопчатника дождеванием (табл. 6).

Таблица 6

Нормы выработки на поливе хлопчатника дождеванием					
при четном числе проходов агрегата			при нечетном числе проходов агрегата		
норма полива, $\text{м}^3/\text{га}$	число проходов на 1 га	физическая норма выработки за смену, га	норма полива, $\text{м}^3/\text{га}$	число проходов на 1 га	физическая норма выработки за смену, га
340	4	5,2	255	3	7,7
510	6	3,8	425	5	4,6
680	8	2,9	595	7	3,3
850	10	2,3	765	9	2,6
1020	12	1,9	935	11	2,1

Плановым режимом орошения в совхозе «Фархад» предусматривалось полить: нормой $300 \text{ м}^3/\text{га}$ (4 проходы) 212 га—18%, нормой $400 \text{ м}^3/\text{га}$ (5 проходов) 530 га—45,5%, $500 \text{ м}^3/\text{га}$ (6 проходов) 424 га—36,4%. В совхозе 4 все 12 поливов нормой в $500 \text{ м}^3/\text{га}$.

Выполнение указанных нормативов планового режима орошения обеспечило бы и надлежащую эффективность затрат труда.

Фактически объем работ по поливам дождеванием отличался от планового. Приведенные цифры (табл. 7) вскрывают не только причи-

ны относительно низкого уровня суточной выработки агрегатов ДДА-100М в указанных хозяйствах, но и дают ответ на вопрос, возникший при сопоставлении средней выработки дождевальных агрегатов с показателями интенсивности их работы.

Таблица 7

Объект исследования	Удельный вес объема работ по дождеванию, %					
	проходки					
	5	7	8	9	10	11
Совхоз 4	—	24,3	7,3	2,7	10,0	52,7
Совхоз «Фархад»	11,0	27,0	—	39,0	—	23,0

Из вышесказанного очевидно, что дождевание агрегатами ДДА-100М может способствовать сокращению затрат рабочего времени на единицу работы и повысить производительность труда на поливах. Вместе с тем фактическая средняя выработка агрегатов и, следовательно, уровень производительности труда не обеспечивают эквивалентного (с учетом кратности поливов) расхода рабочей силы.

Технико-экономическая характеристика агрегата ДДА-100М и опыт поливов дождеванием как в совхозе 4, так и в других хозяйствах свидетельствуют о том, что эти показатели работы могут быть значительно улучшены. Этого можно достичь при нормальных условиях эксплуатации дождевальной техники.

Как отмечалось выше, реальные условия эксплуатации дождевальных машин в совхозах Голодной степи были весьма неблагоприятными.

Не задаваясь целью перечислять в статье все причины, отрицательно повлиявшие на результаты опытного применения дождевальных агрегатов ДДА-100М в совхозе 4, ограничимся указанием на важнейшие из них.

1. Эффективное использование агрегатов ДДА-100М возможно только на подготовленных землях. Между тем в совхозе земли, отведенные под дождевание, капитально не были спланированы и предварительно не промыты. Невыравненность микрорельефа приводила к неравномерному увлажнению, т. е. большому стоку воды на повышениях и скоплению ее в понижениях, что отрицательно сказывалось на росте и развитии хлопчатника. Это в совокупности с другими факторами потребовало поливов большим числом проходов, что естественно снизило эффективность затрат труда.

2. Для высокопроизводительного использования труда и машин на поливах дождеванием большое значение имеет укомплектованность поливных звеньев постоянными и квалифицированными кадрами механизаторов. Однако в совхозе в сезон поливов нужное количество механизаторов, способных успешно работать на агрегатах ДДА-100М, отсутствовало. Освоение же дождевальной техники в процессе поливов снижало эффективность ее использования. Даже к концу отчетного года на все 16 агрегатов в совхозе имелось только 10 трактористов, подготовленных к правильной эксплуатации машин.

3. Отрицательно повлияло на эффективное использование труда при поливах дождеванием и отсутствие материально-технической базы для ремонта дождевальных машин. В период работы агрегатов в совхозе отсутствовала стационарная ремонтная мастерская. Имевшаяся передвижная мастерская не в состоянии была своевременно обслуживать весь наличный парк машин хозяйства.

4. Выше отмечалось, что оросительная сеть участка полива рассчитана на подачу воды дождевальным агрегатом. Между тем, строительство ее не было закончено, а отдельные элементы построены с отклонением от проекта; временные оросители нарезаны поспешно и имели невыравненные продольные уклоны.

При известных недоделках в течение поливного сезона на внутрихозяйственной сети наблюдались многочисленные повреждения и прорывы дамб. Все это приводило к частым и продолжительным простоям дождевальных машин.

5. К числу неблагоприятных факторов следует отнести также использование в качестве перемычек брезентовых салфеток. Вследствие размыва слоя земли, прижимающего концы салфетки к откосам оросителя, перемычку часто сносило. На восстановление и оправку ее затрачивалось довольно много времени. Для повышения производительности агрегатов следует пользоваться усовершенствованными металлическими перемычками. Наиболее совершенной была бы самоустанавливающаяся перемычка, перемещающаяся вместе с агрегатом. Это позволило бы ликвидировать соответствующие потери времени и облегчило создание регулирующей емкости в оросителях.

6. На рациональное и высокопроизводительное использование дождевальных машин неблагоприятно влияло низкое качество послеполивных обработок. Не выдерживался должным образом и календарь их проведения. Поэтому глубина промачивания почвы при поливах дождеванием была незначительной, и большое количество влаги из почвы (при частых и сильных ветрах) терялось на испарение. В этих условиях было признано необходимым увеличить число проходов и, следовательно, поливную норму.

7. Наряды на полевые работы, как правило, выписывались по окончании работ и в большинстве случаев за несколько дней сразу.

Таков далеко не полный перечень недостатков в подготовке и проведении поливов дождеванием, отрицательно сказавшихся на производительности труда при поливах.

Дальнейшее расширение применения дождевальных агрегатов ДДА-100М, как и дождевальных машин других марок, должно происходить в условиях, исключающих указанные недостатки в проведении поливов. Только в этом случае можно получить надлежащий эффект в экономии затрат общественного труда на производство работ по поливам, а следовательно, и сокращение всех затрат труда на производство хлопчатника.

Л. Л. КОРЕЛИС

ДАННЫЕ О МЕЛИОРАТИВНОМ ЭФФЕКТЕ ВЕРТИКАЛЬНОГО ДРЕНАЖА В СОВХОЗЕ «ПАХТААРАЛ»

Совхоз «Пахтаарал» — одно из самых урожайных хозяйств хлопкосеющих республик Средней Азии; урожай хлопчатника достигают здесь в среднем 30—35 ц/га на площади 6000—7000 га. Однако урожайность хлопчатника, несмотря на общий высокий уровень агротехники, сильно меняется в пределах совхоза: если в нижних (северных) его отделениях с наиболее благоприятными почвенно-мелиоративными условиями (земли этих отделений прилегают к современной долине Сырдарьи и естественно дренированы последней) урожаи достигают высоких показателей — 35—40 ц/га, то в верхних отделениях, где земли в той или иной степени подвержены засолению, они колеблются в пределах 20—30 ц/га. Так, в 1963 г. на площади 1110 га (отделение им. Дзержинского) получен урожай 40 ц/га, а на площади 814 га (отделение им. 1 Мая) — 26 ц/га.

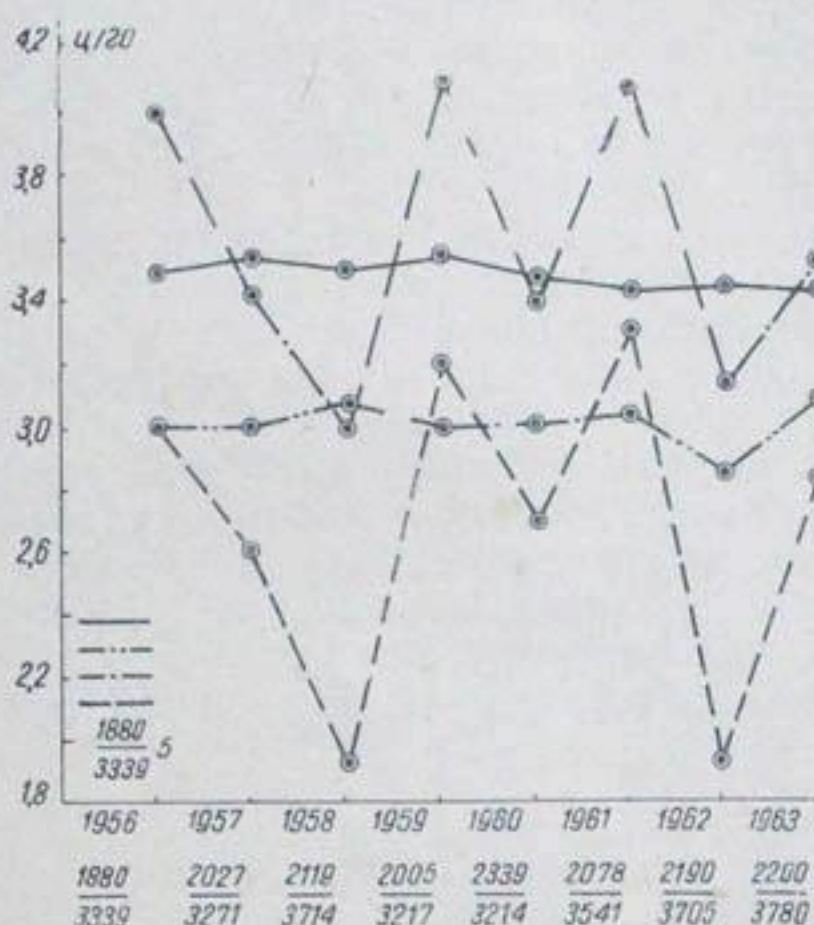


Рис. 1. Урожайность хлопчатника за 1956—1963 гг.

1 — по плану двух нижних (1) и четырех верхних (2) отделений; 3 — фактическое выполнение (среднее) по двум нижним отделениям; 4 — то же по четырем верхним отделениям; 5 — посевная площадь хлопчатника; в числителе площадь хлопчатника двух нижних отделений, га, в знаменателе — четырех верхних.

Из рис. 1 видно, что изменение мелиоративного состояния земель, связанное с изменением гидрогеологических и хозяйственных условий, отражается сильнее в верхних четырех отделениях, где естественный отток грунтовых вод почти отсутствует. В неблагоприятные годы в нижних отделениях в среднем на площади 2200 га урожай составил 31,4 ц/га; в верхних на площади 3700 га — 19,6 ц/га, т. е. в нижних отделениях урожайность упала на 10 ц/га, а в верхних — на 14 (рис. 1). Отсюда видно, какой ущерб ежегодно приносит хозяйству прогрессивное вторичное засоление земель.

На землях одного и того же отделения и даже одного и того же отвода наблюдается большая пестрота в урожайности хлопчатника — от

10 до 50 ц/га, что затрудняет проведение единого комплекса агротехнических мероприятий (схема посева, внесение удобрений, обработка, сроки и нормы поливов и т. д.).

Земли совхоза «Пахтаарал» в начале освоения считались незасоленными; в 1932 г. засоленных земель в четырех верхних отделениях совхоза было 10,7% от общей площади, в том числе в отделении им. Ильича 3,4% и им. XII партсъезда — 8,2% [1]. В 1939 г., по данным А. Н. Розанова [2], количество их составило 20,5%, причем главным образом в отделениях Октябрьской революции и 1 Мая (концевые карты отводов 2, 8, 12, 14, 17, 19, 34, 36). Позднее вторичному засолению подверглась еще большая площадь земель совхоза: оно широко распространилось к нижним отделениям, охватив часть земель отделения им. Коминтерна.

По материалам исследований, средне- и сильнозасоленные почвы занимали уже 31,1% от общей площади четырех верхних отделений совхоза, это составляет 2100 га. С течением времени процессы вторичного засоления как по степени, так и по охватываемой территории прогрессируют.

Результаты наших наблюдений показывают, что за последние годы (1960—1963) процессы вторичного засоления резко углубились. Так, в 1962 г. солончаковые пятна, на которых растения полностью погибли, составляли 18% от общей посевной площади; примерно на такой же площади хлопчатник находился в угнетенном состоянии. В связи с этим густота стояния растений резко уменьшилась — до 55—65 тыс. га вместо 75—80 тыс. га.

Содержание легкорастворимых солей в пахотном горизонте солончаковых пятен составляло 1,5—2,5% от веса почвы в июле — августе. Запасы солей на территории четырех верхних отделений совхоза характеризуются цифрами, изменяющимися в довольно широких пределах: в верхнем метровом слое — 50—200 т/га и больше; пятиметровом — 190—500 т/га. Общие запасы солей всей толщи покровных суглинков (20—25 м) составляют 950—1500 т/га. Засоление хлоридно-сульфатное с большим преимуществом сульфатов (75—85% от общего количества легкорастворимых солей). В катионном отношении преобладают магний и натрий. Распределение солей по профилю почво-грунтов характеризуется, кроме почвенного максимума, вторым максимумом соленакопления на глубине 7—12 м, который является источником вторичного засоления при данном режиме орошения.

Мелиоративное состояние земель характеризуется высоким залеганием минерализованных грунтовых вод при плохой естественной дренированности. Весной 1960—1961 гг. уровень грунтовых вод после осенне-зимних промывок и атмосферных осадков отмечался на глубине 1,4—1,6 м, а осенью в связи с усиленным испарением и транспирацией опускался до 3,0—3,2 м. Амплитуда колебания уровня грунтовых вод составляет 1,4—1,6 м.

Сравнительно глубокое залегание уровня грунтовых вод осенью создавало наилучшие условия для проведения промывки земель нормами 3500—4000 м³/га (в почве имелась определенная свободная емкость грунта для приема воды), а также давало возможность проводить промывку в два приема: первый осуществлялся нормой 2000—2500 м³/га; второй — 1000—1500 м³/га. В процессе проведения первого полива соли, накопившиеся в летний и осенний период в верхних горизонтах, растворялись и выщелачивались промывкой вниз, а второй полив создавал «подушку» пресных вод на слабозасоленных землях, которой в дальнейшем пользовались растения в первое время их развития.

До 1956—1960 гг., т. е. до усиленного освоения окружающих земель, территория совхоза была достаточно дренирована за счет растекания грунтовых вод за ее пределами. В связи с этим «бугор» уровня грунтовых вод, созданный после промывки, к началу сева опускался на глубину 1,4—1,6 м, что благоприятствовало успешному проведению весенних предпосевных мероприятий и посевов.

В последние годы (1960—1964) в связи с усилением освоения окружающих земель мелиоративное состояние территории резко изменилось:

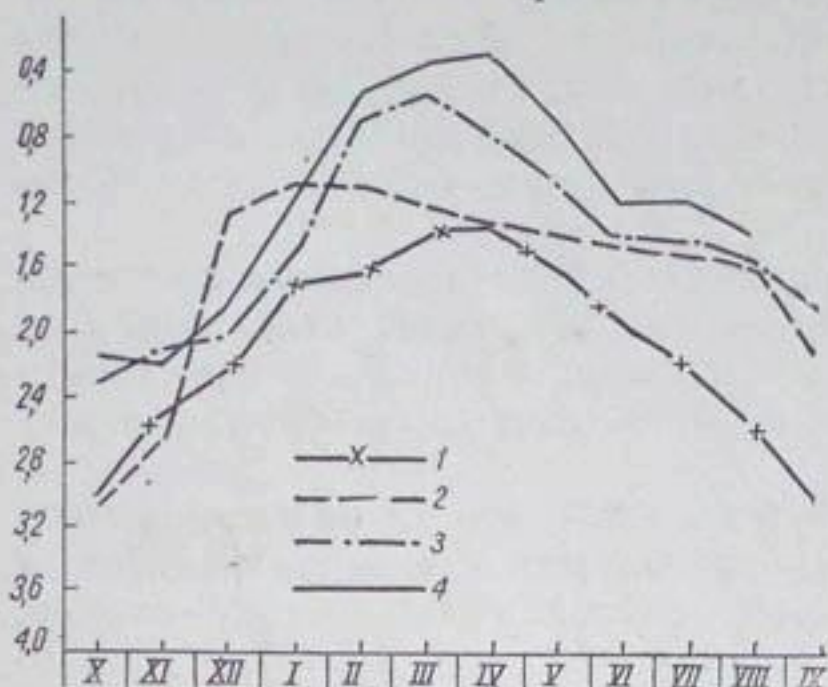


Рис. 2. График залегания средних глубин уровня грунтовых вод за:

1—1960—1961 гг.; 2—1961—1962 гг.; 3—1962—1963 гг.; 4—1963—1964 гг.

уменьшилась дренированность песчаного горизонта, что вызвало подъем уровня грунтовых вод. Так, если в конце сентября 1961 г. грунтовые воды залегали в среднем на глубине 3,1 м от поверхности земли, то в 1962 г.—на глубине 2,20 м, 1963 г.—1,92 и в 1964—1,80 м (рис. 2).

В марте—апреле 1964 г. грунтовые воды отмечались на глубине 0,3—0,4 м от поверхности земли. Величина подъема их уровня за три года (1961—1964) составляет 1,0—1,2 м. В результате такого близкого залегания грунтовых вод к поверхности земли резко увеличилось суммарное значение испарения и транспирации, величина которых за

5 месяцев вегетационного периода составила 5500—6000 м³/га, в связи с этим усилился процесс реставрации засоления земель. Кроме того, резко сократилась свободная емкость почво-грунтов для промывки земель, что вызвало уменьшение норм поливов до 2000—2500 м³/га и, следовательно, снижение их опресняющего эффекта.

После проведения промывки даже при отмеченной норме уровень грунтовых вод поднимается к поверхности земли, и такое высокое положение их продолжается до наступления усиленного испарения и транспирации. Это затягивает срок подготовки земель к посеву и угнетает сельхозкультуры, а на некоторых участках приводит к выпадению растений. В последние годы, особенно 1963—1964 гг., совхоз был вынужден откачивать промывные воды с некоторых полей обратно в оросители, так как нельзя было приступить к посеву.

Горизонтальная открытая дренажная сеть, даже при достаточной протяженности (6—8 пог. м³/га), из-за оплывания и зарастания грунтов и по своим конструктивным недостаткам в условиях напорных подземных вод не дает достаточного эффекта. Характерное доказательство — мелиоративное состояние земель 33 отвода отделения им. Ильича площадью 160 га, окруженных с трех сторон дренай глубиной 2,5—3,0 м. В настоящее время эта площадь полностью вышла из сельхозоборота.

Одним из мероприятий, проводившихся в последние годы в совхозе для улучшения мелиоративного состояния земель, является переход от бороздкового полива к дождеванию. Одно из преимуществ этого способа — сокращение вегетационных норм полива до 2000—2500 м³/га против 3500—4000 м³/га при бороздковом поливе, т. е. на 25—30% меньше. Наши выборочные наблюдения показали, что непосредственно на полив

расходуется 1400—1500 $\text{м}^3/\text{га}$ (при трех вегетационных поливах соответственно по 470,520 и 480 $\text{м}^3/\text{га}$; данные 1964 г. по отводам 27 и 31), а остальную часть составляют потери на фильтрацию из оросительных каналов (к. п. д. = 0,65—0,70), что способствует подъему уровня грунтовых вод.

Анализ водоподачи в совхозе за 1951—1964 гг. показывает, что несмотря на уменьшение норм вегетационных поливов при дождевании средняя годовая оросительная норма остается неизменной, даже несколько увеличивается. Так, средняя оросительная норма с 1955 по 1960 г. колеблется в пределах 5432—6646 $\text{м}^3/\text{га}$, а с 1961 по 1963 г. соответственно 6243—7257 $\text{м}^3/\text{га}$ (усредненные данные для верхних четырех отделений совхоза). Такая картина объясняется увеличением площади под хлопчатник и кукурузу за счет уменьшения площадей многолетних трав, сокращения мелиоративного поля и частичного освоения перелогов. Величина уменьшения посевной площади многолетних трав составляет 900 га, сокращение мелиоративного поля — 468 га и освоение перелогов — 140 га. Таким образом, в 1959 г. площадь, находящаяся под промывкой, составляла 3475 га, а в 1964 г. — 4729, что соответственно увеличило водоподачу в невегетационный период.

При дождевании в почвах пахотного и подпахотного горизонтов уменьшения запасов солей не наблюдается.

По данным М. В. Преображенской [3], для 68 и 70 отводов отделения им. Коминтерна в 1957 г. запасы солей в однометровом слое составляли соответственно 112 и 126 т/га, а в 1962 г. — 114 и 158 т/га. В этом отношении трудно провести сравнение земель 68 и 70 отводов с землями верхних отделений совхоза, где запасов солей намного больше и земли в более тяжелом мелиоративном состоянии.

Таким образом, для коренной мелиорации земель совхоза сокращение водоподачи (путем применения поливов дождеванием) недостаточно, оно требует усиленного оттока грунтовых вод при помощи дренажа.

Литологические и гидрогеологические условия территории (мощность хорошо проницаемого водоносного пласта, напорность подземных вод) позволяют применять вертикальный дренаж как мощное средство для усиления ее дренированности.

Для мелиорации земель верхних четырех отделений совхоза общей площадью 7600 га Ташкентской проектно-изыскательской партией «Казгипроводэлектрo» совместно с САНИИРИ (научный руководитель — доктор наук Н. М. Решеткина) запроектирована система вертикального дренажа, состоящая из 59 скважин общим дебитом 4,62 $\text{м}^3/\text{сек}$. Причем, приток воды по каптируемому пласту составляет 2,11 $\text{м}^3/\text{сек}$, из покровного мелкозема — 1,73 $\text{м}^3/\text{сек}$, из нижнего слоя — 1,04 $\text{м}^3/\text{сек}$.

При таком распределении дебита по пластам дренажный модуль (количество воды, поступающее с 1 га покровного мелкозема) составляет 0,23 л/сек.

САНИИРИ осуществляет наблюдения и исследования в процессе строительства и опытной эксплуатации.

К сентябрю 1964 г. построены и пущены в эксплуатацию 33 скважины на площади 4000 га. Глубина скважин колеблется в пределах 50—70 м, диаметр бурения — 700—1000 мм, диаметр обсадных труб равен 426 мм, длина фильтра — 20—35 м, дебиты — 60—100 л/сек при динамическом понижении в скважинах 14—18 м.

Для определения скорости снижения уровня грунтовых вод заложен створ наблюдательных колодцев между работающими скважинами 5 и 7 в количестве 11 шт. (табл. 1).

Таблица 1

Номер колодца	Расстояние между колодцем и скважиной, м	Уровень грунтовых вод, м			Снижение за сут кп, см	Средняя скорость снижения, см/сутки	
		в начале откачки 17. IV 1964 г.	в конце откачки 30. IV 1964 г.	снижение за 14 суток		без учета естественного подъема	с учетом естественного подъема
	Скв. №7						
1	40	0,30	1,23	0,93	6,6		
2	111	0,57	1,10	0,53	3,8		
3	204	0,77	1,32	0,55	3,9		
4	328	0,80	1,27	0,47	3,4		
5	429	0,03	0,70	0,67	4,9		
6	530 (470)*	0,76	0,93	0,17	1,2	2,4	3,1
7	371	0,86	0,97	0,11	0,8		
8	270	0,61	0,95	0,34	2,4		
9	192	0,31	0,80	0,49	3,5		
10	110	0,16	0,86	0,70	5,5		
11	47	0,29	1,23	0,94	6,7		

* Расстояние от скв. 5.

Данные табл. 1 показывают, что величина снижения уровня грунтовых вод за 13 суток откачки с дебитом 60—70 л/сек изменяется (в зависимости от расстояния до скважины) от 6,5 см/сутки до 1,5—2,0 см/сутки в центре между двумя скважинами. Средневзвешенная скорость снижения за сутки равна 2,4 см. Причем, такая скорость снижения наблюдалась при общем естественном подъеме уровня грунтовых вод в связи с выпадением обильных атмосферных осадков.

Величина естественного подъема уровня грунтовых вод за 7 суток (среднее по пяти колодцам, расположенным вне действия откачек) составляла 4—7 см при скорости подъема 0,7 см/сутки. Следовательно, средневзвешенная скорость убывания уровня грунтовых вод с учетом естественного подъема его — 3,1 см/сутки. Скважина 5 за этот период работала всего 5 суток.

При совместной работе двух скважин средняя скорость снижения уровня грунтовых вод в 1,5 раза больше и без учета естественного снижения составляет 7,35 см/сутки, а с учетом — 6,25 см/сутки (табл. 2).

Таблица 2

Номер колодца	Расстояние между колодцем и скважиной, м	уровень грунтовых вод, м			Снижение за 1 сутки, см	Средняя скорость снижения, м/сутки	
		в начале откачки 12. V 64 г.	в конце откачки 15. V 1964 г.	снижение за 3 суток		без учета естественного снижения	с учетом естественного снижения
	Скв. 7						
1	40	1,50	1,83	0,33	8,2		
2	111	1,39	1,58	0,19	4,8		
3	204	1,58	1,78	0,20	5,0		
4	328	1,55	1,75	0,20	5,0		
5	429	0,99	1,11	0,12	3,0		
6	530 (470)	1,18	1,33	0,15	3,8	5,48	4,38
7	371	1,24	1,38	0,14	3,5		
8	270	1,30	1,58	0,28	7,0		
9	192	1,13	1,35	0,22	5,5		
10	110	1,54	1,76	0,22	5,5		
11	47	2,01	2,41	0,40	10,0		

Естественное снижение уровня грунтовых вод во второй декаде мая, среднее по пяти колодцам, расположенным вне зоны влияния откачек, колеблется в пределах 1,1—1,2 см/сутки.

Таким образом, средняя скорость снижения уровня грунтовых вод при работе двух скважин равна 3,1—4,4 см/сутки, и следует ожидать, что при работе системы она увеличится. Даже при такой скорости снижения дренажный модуль будет изменяться, если принять водоотдачу грунта за 0,08—0,1, в пределах 0,30—0,45 л/сек, т. е. в 2 раза больше, чем проектный и в 5—6 раз больше, чем дренажный модуль закрытого горизонтального дренажа в ЦОМСе. Такая скорость снижения дает возможность быстро понизить уровень грунтовых вод до проектной глубины перед промывкой, а также после ее проведения и своевременно подготовить земли к посеву.

Из вышеизложенного видно, что вертикальный дренаж в условиях совхоза «Пахтаарал» является эффективным средством мелиорации, позволяющим форсировать процесс рассоления земель за короткий срок и поднять урожайность сельхозкультур до уровня урожайности, получаемой в нижних отделениях совхоза.

ЛИТЕРАТУРА

1. Петров Е. Г. Опыт изучения засоления и меры борьбы с ним в совхозе «Пахтаарал», Бюллетень № 3, М., Сельхозгиз, 1964.
2. Розанов А. Н. Развитие и современное состояние вторичного засоления почв в совхозе «Пахтаарал», Труды почвенного ин-та им. В. В. Докучаева, т. XXIX, М., 1948.
3. Преображенская М. В. Водно-солевой баланс почв при дождевании хлопчатника в близком залегании грунтовых вод, «Вестник сельскохозяйственной науки», ежедневный научный журнал, М., 1964.
4. Решеткина Н. М., Якубов Х., Барон В. А. Строительство вертикального дренажа в совхозе «Пахтаарал», журн. «Хлопководство», 1962, № 5.
5. Решеткина Н. М., Якубов Х., Барон В. А. Перспективы применения вертикального дренажа в Голодной степи, журн. «Сельское хозяйство Узбекистана», 1962, № 6.
6. Решеткина Н. М., Барон В. А., Корелис Л. Водно-солевой баланс совхоза «Пахтаарал» и его регулирование вертикальным дренажом. В кн. «Научное совещание по комплексному использованию земельных и водных ресурсов республик Средней Азии и Южного Казахстана», Ташкент, доклады и тезисы Изд-ва АН УзССР, 1962.

Д. М. РЫСКУЛОВ

ВОЗМОЖНОСТИ ПЕРСПЕКТИВНОГО РАЗВИТИЯ ГИДРОАККУМУЛИРУЮЩИХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ (ГАЭС) В СРЕДНЕЙ АЗИИ

Перспективное развитие народного хозяйства Средней Азии, сопровождающееся созданием Единой энергосистемы, объединяющей гидро-электрические и тепловые станции, строительством грандиозных ирригационных магистральных каналов и мощных насосных станций, требует скорейшего развития таких важных проблем, как оптимальное использование оборудования тепловых электростанций, насосных станций и ГАЭС без регулирования.

Применение ГАЭС в энергосистеме поможет экономично решить перечисленные выше задачи и надежно покрывать пики графиков нагрузки. Некоторые авторы (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7,) исследовали возможность использования ГАЭС в Средней Азии. Несмотря на то, что в этих работах основное внимание уделено поиску природных условий без энерго-экономического обоснования конкретных ГАЭС, авторы требуют внимательного отношения к проблеме покрытия пика. Анализируя электропотребление сегодняшнего и перспективного дня, мы убеждаемся в справедливости этого требования.

Объединенная энергосистема (ОЭС) Средней Азии включает Ташкентскую, Самаркандскую и Ферганскую энергосистемы Узбекской ССР, Чимкентскую энергосистему Казахской ССР, Ленинабадский энергоузел Таджикской ССР и энергосистему Юга Киргизской ССР. Вследствие того, что она расположена на границе двух часовых поясов, режим рабочего дня промпредприятий (начало, перерыв и окончание работы) практически одинаков для составляющих ее энергосистем, и нагрузочный эффект обуславливается только осветительной нагрузкой из-за разницы местного времени, составляющей для противоположных в широтном направлении районов Средней Азии около часа. Поэтому величина нагрузочного эффекта незначительна.

Главными факторами, определяющими конфигурацию суточных графиков нагрузок энергетических систем, в том числе их переменные части, являются структура электропотребления, внутрисуточное регулирование потребления электрической энергии, удельный вес коммунально-бытовой нагрузки.

Быт, сельское хозяйство и предприятия, имеющие одно- и двухсменное производство, составляют малый удельный вес в общей электрической нагрузке ОЭС Средней Азии и незначительно влияют на общую конфигурацию графика нагрузки.

Из-за дефицита мощности в зимний период по отдельным республикам в Объединенной энергосистеме Средней Азии проводятся мероприятия по регулированию графиков нагрузки, что дает эффект в энергосистеме в пределах 7—10% от вечернего максимума.

При проведении пересчета применительного к условиям без каких-либо ограничений, дефицит мощности по системе составляет 10% от максимума. Несмотря на регулирование потребителей в час прохождения максимума, суточные графики характеризуются невысокими коэффициентами для таких условий.

В будущем режим потребления электроэнергии существенно изменится. Социально-экономические мероприятия — сокращение рабочего дня, повышение удельного веса потребления электроэнергии в коммунальном хозяйстве и быту в связи с улучшением материальных условий, ликвидацией разницы между городом и деревней — приведут к значительному разуплотнению графика электрической нагрузки. Плотность графика снизится от 0,88 до 0,70, отношение ночной нагрузки к дневной — до 50%. Переход от абсолютных величин мощности системы в тыс. кВт к абсолютным величинам в млн. кВт создает условия, требующие внимательного подхода к проблеме покрытия неравномерной зоны графика нагрузки.

Затруднения, вызываемые неравномерностью графиков нагрузки энергосистем, можно устранить регулированием режима потребления, а также включением в систему высокоманевренных электростанций.

Уменьшение пиков нагрузки путем ограничения на присоединение к энергосистеме новых потребителей, использования малоэкономичных ТЭС, полного или частичного отключения некоторых предприятий в часы максимума или перенос их работы на ночные часы или воскресные дни связано с возникновением ущербов в самой энергосистеме и, главным образом, у потребителей и не может рассматриваться как нормальный путь разрешения затруднений системы. Другой вариант — строительство электростанций обычного типа, а также специализированных пиковых (гидро- и тепловых), или увеличение установленных мощностей проектируемых, строящихся и действующих станций.

Учитывая это, в «Схеме развития ЕЭС Средней Азии» Саогидро-проектом было уделено большое внимание проблеме покрытия пика перспективных графиков нагрузки. В результате выявлены и обоснованы технико-экономическими расчетами возможности строительства в Средней Азии и Южном Казахстане свыше 30 крупных ГЭС суммарной мощностью около 20 млн. кВт.

Но энергетическое использование — это не единственная задача намеченного водохозяйственного строительства.

В условиях орошаемого земледелия основные отрасли водного хозяйства — ирригация и энергетика, требования которых к режиму водотока противоречивы. В то время как ирригация заинтересована в увеличенных расходах воды (вегетационный период), интересы энергетики требуют аккумулялирования летнего стока.

Исходя из экономических и естественно-исторических условий, интересы ирригации имеют ведущее значение, а энергетическое использование водотока — подчиненное, несмотря на местоположение гидроэлектростанций. Гидравлическая энергия в большинстве районов орошаемого земледелия обеспечивается за счет строительства ГЭС на ирригационных каналах и их сбросах, а также на реке.

Ввиду того, что часть орошаемых или намеченных к орошению земель удалена от водных источников, приходится строить ирригационные каналы. Многочисленные перепады на них позволяют использовать

водноэнергетические ресурсы. Так как режим ирригационного потребления воды в течение года неравномерен, работа гидростанций на каналах также будет неравномерной.

Такое положение энергетики приводит или к резкому ограничению использования водотоков, или к необходимости создания значительной сезонной мощности.

Строительство водохранилищ и осуществление регулирования стока не изменяют сезонного характера работы ГЭС на водотоке. Сезонность выработки ГЭС не ликвидируется даже при осуществлении многолетнего регулирования, так как с увеличением площадей орошения прибавятся потребности ирригации, удовлетворение которых возможно только в результате аккумуляирования паводкового и зимнего стоков реки.

Ввиду того, что сезонная выработка является обязательной составляющей выработки энергосистем орошаемых районов, целесообразно развивать установки, режим потребления которых близок к режиму работы сезонных ГЭС. К ним относятся энергопотребление ирригационно-мелиоративных систем, холодильная промышленность и кондиционирование воздуха на промпредприятиях, в жилых и общественных помещениях (хладоснабжение).

Средняя Азия характеризуется также наличием протяженных ЛЭП и магистральных газопроводов. По экономическим соображениям необходима по возможности полная их загрузка. Потребление энергии и топлива, как правило, отличается от жесткого (постоянного) режима передачи. Возникает необходимость создания на приемном конце хранилищ топлива или аккумуляторов энергии. Указанные предпосылки явились основой для энергоэкономического обоснования ГАЭС в Средней Азии.

Для оценки возможностей энергетического использования ГАЭС произведено покрытие перспективных зимних суточных графиков нагрузки ЕЭС Средней Азии в условиях маловодного года на трех расчетных уровнях (1970, 1975, 1980 гг.).

Результаты расчетов показали, что в перспективе минимум графика нагрузки значительно превышает допустимый минимум нагрузки тепловых электростанций (табл. 1.). Это объясняется сравнительно плотными графиками нагрузки и уменьшением доли ТЭЦ. На первых двух расчетных уровнях вся пиковая часть графиков нагрузки покрывается гидростанциями в основном за счет уже строящихся.

Таблица 1

Показатель	Расчетные уровни		
	I	II	III
Технический минимум нагрузки тепловых электростанций, %	34	36	36
Минимум суточного графика нагрузки, %	59	55	54

На третьем перспективном уровне при принятом составе гидроэлектростанций и очередности их ввода в соответствии с 20-летним планом электрификации народного хозяйства СССР часть пика графика нагрузки остается непокрытой. Исходя из благоприятной для ГАЭС зоны работы, их мощность к этому уровню может быть доведена до 3 млн. квт.

В период оросительного сезона ГЭС загружены ирригационными расходами, и возможности их участия в пике ограничены. В этих усло-

виях сооружение специальных пиковых электростанций, таких как ГАЭС, может быть оправдано улучшением режима ГЭС и, в особенности, режима ЛЭП, идущих в отдаленные от крупных ГЭС районы.

Предварительное камеральное обследование территории Средней Азии позволило выявить ряд удобных площадок для сооружения ГАЭС (табл. 2.) Потенциальные возможности этих площадок значительно

Таблица 2

Республики	Количество выявленных площадок, шт.	Напоры, м	Мощность, тыс. квт	Суммарная мощность, тыс. квт
Узбекская ССР	6	60—280	114—741	2890
Таджикская ССР	5	90—621	178—855	1240
Киргизская ССР	11	60—966	142—1000	5240
Итого	22			9370

превышают энергетическую потребность в гидроаккумулирующих электростанциях. Поэтому следует проводить более детальные обследования с тем, чтобы выявить самые эффективные из них.

Предлагаемые Гидропроектом площадки расположены в восточной части Средней Азии рядом с эффективными створами перспективных гидроэлектростанций, а острая необходимость в пиковых станциях ощущается в западной части Туркменской ССР. Перспективное развитие энергетики этого района, бедного гидроресурсами, предусматривается за счет строительства тепловых электростанций на природном газе и передачи энергии из ОЭС Средней Азии.

Присоединение Туркмении к ОЭС Средней Азии намечается лишь после первого расчетного уровня, а дефицит мощности Мары-Ашхабадского энергорайона к первому уровню уже составляет около 15% от максимума.

В начале 1963 г. Саогидропроект приступил к изучению энергетических, инженерно-технических условий строительства ГАЭС в Туркменской ССР.

Относительно большая величина абсолютных значений максимума перспективных суточных графиков нагрузок, сравнительно низкая их плотность (0,75—0,78 в Мары-Ашхабадской и 0,87 в Красноводской энергосистемах), а также то, что эти нагрузки будут покрывать, практически только тепловые электростанции определяют необходимость ввода экономических пиковых электростанций.

Проведенная нами работа показала, что на обширной территории Туркмении (от Мары до Красноводска), в частности на северных склонах Копет-Дага, есть множество площадок под строительство гидроаккумулирующих установок. Несколько ГАЭС комплексного назначения можно построить на трассе Каракумского ирригационного канала на участке Ашхабад — Небит-Даг.

Предварительно выявлено шесть створов ГАЭС, суммарная мощность которых составляет 600 тыс. квт. Наибольший интерес из них представляют Арчманская ГЭС-ГАЭС и Красноводская ГАЭС. Первая располагается на перепаде Каракумского канала, вторая — на берегу Каспийского моря.

Некоторые площадки возможного строительства ГАЭС названы в настоящей работе пока предположительно.

Необходимо систематически обследовать территорию республик Средней Азии с тем, чтобы полнее определить инженерно-технические условия для создания ГАЭС.

В ЕЭС Средней Азии ГАЭС могут участвовать как для суточного (ТуркмССР), так и сезонного цикла регулирования (УзССР, КиргССР), но имея в виду, что для работы ГАЭС с сезонным циклом регулирования отбирается от ирригации в вегетационный период значительный объем воды (сотни млн. м³), необходимо подбирать створы с исключительно высокими напорами.

Имеется возможность приспособить оросительные насосные станции для покрытия пиков нагрузки [4]. Не исключено, что установка обратимых агрегатов на ступенях каскадов ГЭС (Чирчикских) и перепадах ирригационных каналов даст экономический эффект.

Таким образом, в районах поливного земледелия, к которым относится Средняя Азия, имеются благоприятные условия для перспективного развития гидроаккумулирования в составе водохозяйственного комплекса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Захаров В. П. Перспективное развитие гидравлического аккумулирования в генплане Средней Азии, «Среднеазиатский энергетический сборник», т. II, Москва—Ташкент, САГИЗ, 1933.
2. Каминский И. Я. ГАЭС в энергосистемах, В сб. «Научная сессия АН УзССР», Ташкент, Изд-во АН УзССР, 1947.
3. Захидов А. З. Насосно-аккумулирующие электростанции сезонного цикла, Ташкент, Изд-во АН УзССР, 1959.
4. Полинов С. А. К вопросу покрытия пиков нагрузки в энергосистемах в районах орошаемого земледелия, «Вопросы энергетики, гидротехники и горного дела», Ташкент, АН УзССР, 1961.
5. Методы покрытия пиков электрической нагрузки, М., Изд-во АН СССР, 1962.
6. Коваленко Б. Г., Дружинин М. П. О возможности сооружения насосно-аккумулирующих ГЭС в Киргизии, «Изв. АН КиргССР», серия естественных и технических наук, т. V, вып. 2, 1963.
7. Дискуссия к проблеме пиковой мощности в Узбекской энергосистеме, «Изв. АН УзССР», серия технических наук, 1963, № 4.

В. Я. КОЗИКОВ

ГРАФОАНАЛИТИЧЕСКИЙ МЕТОД ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПЛАНИРОВОК

Известен ряд методов проектирования планировок (по профилям, под наклонную плоскость, под полив затоплением рисовых полей, на основе расчета с применением способа наименьших квадратов, метод движущейся струи и др.) под различные поверхности — от плоской до топографической.

Существующие методы основаны на использовании цифрового материала, полученного инструментальным нивелированием участка планировки по квадратам 20×20 м.

Есть попытки применения счетно-решающей техники. На любом этапе развития проектирования с помощью счетно-решающих средств останутся такие операции, как программирование, подготовка материалов для машины, анализ полученных данных и графика. Опыт покажет, на сколько этот метод эффективнее других, но не вызывает сомнений то, что самые трудные работы — полевые и камеральные по топосъемке под планировку — при этом автоматизированы быть не могут.

Мы предлагаем графоаналитический метод проектирования — использование графического материала, полученного от устройства, автоматически записывающего профиль рельефа по следу прохода или по профилям, построенным по точкам нивелирования вдоль створов.

Опытное проектирование этим способом проводилось по профилям с горизонтальным масштабом 1:2000 и вертикальным 1:10, построенным с использованием материалов инструментальной нивелировки через 20 м на участках 6, 13, 23, 75, 76, 77, 78, 79, 80, расположенных на территории совхоза 29—5-й агроучасток в целинной части Голодной степи. Расположение профилей было таким, каким было бы при автоматической съемке с помощью записывающего устройства, т. е. после конца предыдущего створа через интервал, соответствующий расстоянию между створами, был конец последующего, а после начала — начало (рис. 1).

Такая картина будет наблюдаться при работе записывающего устройства челночным способом.

Совмещенный профиль вдоль створов — единственный документ для проектирования соответствующей проектной поверхности. Вдоль профилей створов, на сантиметр-полтора выше их, проводится линия горизонтальной плоскости сравнения; обозначаются точки начала и конца профилей створов (началом являются точки, лежащие на верхней поперечной грани участка); проставляются отметки земли в начальной точке (командная точка проектной поверхности), а также линии горизонтальной плоскости сравнения. Если считать оформление профилей камераль-

ной обработкой полевых материалов, то первая операция проектирования заключается в проведении на профилях створов средних

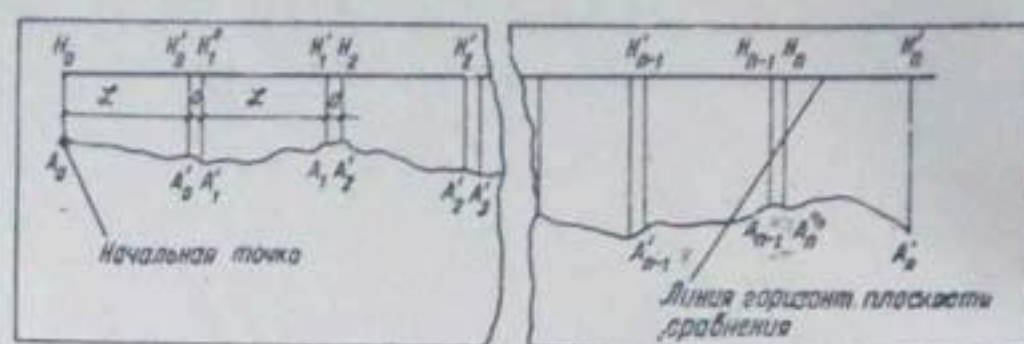


Рис. 1. Продольный профиль, построенный по створам (М вертикальный 1:10, горизонтальный 1:2000):

$A_0, A_1, A_2, \dots, A_n$ — точки начал створов; $A'_0, A'_1, A'_2, \dots, A'_n$ — концов створов; L — длина профиля; α — расстояние между створами; $H_0, A_0, H_1, A_1, \dots, H_n, A_n$ — ординаты начал профилей створов от плоскости сравнения; $H'_0, A'_0, H'_1, A'_1, \dots, H'_n, A'_n$ — ординаты концов профилей створов от плоскости сравнения.

линий, т. е. линий, которые дают баланс срезок и подсыпок при минимальности их значений.

Средняя линия проводится через две точки, находящиеся в плановом положении в середине половин профиля, а в высотном определяется



Рис. 2. Профили, построенные по точкам начал и концов средних линий профилей створов: $A_0, A_1, A_2, \dots, A_n$ — точки начал средних линий профилей створов; $A'_0, A'_1, A'_2, \dots, A'_n$ — точки концов средних профилей створов; $H_0, A_0, H_1, A_1, \dots, H_n, A_n$ — ординаты средних линий; $H'_0, A'_0, H'_1, A'_1, \dots, H'_n, A'_n$ — ординаты концов средних линий; HQ — средняя ордината начал средних линий; HR — средняя ордината концов средних линий; HO — ордината центра поля (средняя ордината начал и концов средних линий); $ABCD$ — проектная поверхность, представленная в вертикальной плоскости;

$i'_{нач}$ — проектный уклон начальной поперечной линии;

$i'_{кон}$ — проектный уклон конечной поперечной линии;

$i_{нач}$ — уклон начальной продольной линии;

$i_{кон}$ — уклон конечной проектной линии;

Z — ширина планируемого участка.

оптимальной поверхности. Они могут быть приняты за проектные, если их знаки и величины удовлетворяют требованиям проектирования. Уклоны оптимальной поверхности вычисляются по формулам 1—4, элементы которых определяются графически из чертежа 2.

величиной стороны (другая сторона равна половине длины створа) прямоугольника, площадь которого равна площади, заключенной между профилем и линией горизонтальной плоскости сравнения для данной половины створа. Для профилей, построенных по материалам точечного нивелирования, высотное положение искомым двух точек находится путем арифметического осреднения отметки соответствующей половины створа.

Вторая операция проектирования — установление проектных уклонов участка планировки.

По точкам начал и концов средних линий (горизонтальный 1:2000, вертикальный 1:10) строятся профили (рис. 2), на которых проводятся средние линии (способ проведения тот же, что и для профилей створов).

Уклоны по периметру участка являются уклонами

Значения уклонов по границам оптимальных поверхностей участков планировки приведены в табл. 1.

Выбор значений проектных уклонов на обособленных участках, т. е. участках, вид и проектное положение которых не зависит от соседних участков (6, 13, 23), проводится в зависимости от величины и знака уклонов в оптимальной поверхности. При отрицательном знаке уклон изменяют до горизонтального, а уклон больше критического — до критического. Новое положение грани наносится на профиль начальных или конечных точек средних линий (рис. 2). Проектное положение грани считается удовлетворительным, если суммы ординат срезки и подсыпки для обоих профилей равны. Поэтому изменение положения одной грани может повлечь изменение грани противоположащей. Но почти во всех случаях ордината центра поля остается неизменной.

Таблица 1

Номер участка	Уклоны оптимальной поверхности					
	продольный			поперечный		
	начального створа, $i_{нач}$	конечного створа, $i_{кон}$	$i_{ср}$	начальной грани $i'_{нач}$	конечной грани $i'_{кон}$	$i'_{ср}$
6	0,00193	0,00211	0,00202	0,00170	0,00189	0,00179
13	0,00381	0,00115	0,00248	0,00344	0,00078	0,00211
23	0,00213	0,00289	0,00251	—0,00073	0	—0,00037
75	0,00224	0,00109	0,00167	0,00026	—0,00089	—0,00036
76	0,00250	0,00307	0,00278	0,00035	0,00091	0,00063
77	0,00403	0,00450	0,00426	0,00091	0,00139	0,00115
78	0,00334	0,00277	0,00306	0,00063	0,00009	0,00037
79	0,00233	0,00254	0,00243	—0,00052	—0,00028	—0,00040
80	0,00152	0,00241	0,00196	—0,00176	—0,00087	—0,00131

$$i'_{нач} = \frac{H_n B - H_0 A}{L' \cdot 100} \cdot Mb; \quad (1) \quad i'_{кон} = \frac{H_n C - H_0 D}{L' \cdot 100} \cdot Mb; \quad (2)$$

$$i_{нач} = \frac{H_0 D - H_0 A}{L \cdot 100} \cdot Mb; \quad (3) \quad i_{кон} = \frac{H_n C - H_n B}{L \cdot 100} \cdot Mb, \quad (4)$$

где $i_{нач}$, $i_{кон}$ — уклоны начального и конечного створа оптимальной поверхности;

$i'_{нач}$, $i'_{кон}$ — уклоны начального и конечного поперечника;

L , L' — длины вдоль и поперек участка, м;

Mb — вертикальный масштаб профиля;

$H_n B$, $H_0 A$, $H_n C$, $H_0 D$ — ординаты углов поверхности до линии горизонтальной плоскости, см.

В связи с изложенным, уклоны сторон оптимальных поверхностей для участков 6 и 13 принимаются за проектные, а на участке 23 отрицательный уклон начальной поперечной грани заменяется горизонтальным. Так как суммы ординат срезки и подсыпки для обоих профилей оказались равными, противоположащий горизонтальный уклон, а также ординаты HQ и HR не изменились. Вид проектной поверхности для участка 23 — плоскость.

Проектные уклоны для взаимозависимых участков, положение которых находится в тесной связи с соседними участками (например, для участков 75—80 по схеме орошения получено из гибких трубопроводов, следовательно между ними не должно быть встречных поливов, а на границах — ступеней), устанавливаются следующим образом.

На миллиметровой бумаге в том же масштабе, что и все профили, делается чертеж положения линий поперечных граней оптимальных поверхностей относительно общей линии горизонтальной плоскости сравнения.

Таблица 2

Номер участка	Отметка линии горизонт. плоскости		Переводная величина к общей линии горизонтальной плоскости	Ординаты точек участка								
	для каждого участка	общая для всех участков		начальная точка		начало конечного створа		конец начального створа		конец конечного створа		центр поля
				пересечение створа 277 и поп. на ПК	от своей горизонт. линии от общей горизонт. линии	пересечение створа 254 и поп. на ПК	от своей горизонт. линии от общей горизонт. линии	пересечение створа 277 и поп. на ПК	от общей горизонт. линии	пересечение створа 254 и поп. на ПК	от своей горизонт. линии от общей горизонт. линии	
75	8,60		0,0	0+20	4,2	0+20	5,4	4+80	14,5	4+80	10,4	8,66
76	7,90		7,0	5+00	4,2 2,3	5+00	5,4 3,9	9+60	14,5 13,8	9+60	10,4 18,0	8,66 9,50
77	6,71		18,9	9+80	9,3 2,9	9+80	10,9 7,1	14+40	20,8 21,4	14+40	25,0 27,8	16,50 14,80
78	4,63	8,60	39,7	14+60	21,8 3,8	14+60	26,0 6,7	19+00	40,3 18,5	19+00	46,7 18,9	33,70 12,00
79	3,20		54,0	19+40	43,5 5,8	19+40	46,4 3,4	24+00	58,2 16,5	24+00	58,6 15,2	51,70 10,25
80	2,40		62,0	24+20	59,8 10,9	24+20	57,4 2,8	28+80	70,5 17,9	28+80	69,2 13,9	64,25 11,37
					72,9		64,8		79,9		75,9	73,37

* Цифры получены в результате вычитания из значений отметки линии горизонтальной плоскости, общей для всех участков; значения отметки для каждого участка.

Для этого пересчитывают ординаты начал и концов линий поперечных граней оптимальных поверхностей (табл. 2). При откладывании от линии горизонтальной плоскости полученных ординат по всем участкам получается картина расположения оптимальных поверхностей взаимозависимых участков (рис. 3), представленных в виде проекции на вертикальную плоскость, проведенную перпендикулярно створам.

Исправление положения смежных линий поперечных граней производится без изменения или с изменением положения точек Q и R (рис. 2), но во всех случаях ордината центра оптимальной поверхности (конец ординаты $h_{ц.п.}$) постоянная. Исправляются грани с отрицательным и критическим уклонами и смежные грани, расположенные ступенью по отношению друг к другу.

На рис. 3 даны грани в первом приближении. Проектное положение граней оптимальной поверхности для каждого из взаимозависимых участков окончательно устанавливается на профилях, построенных по точкам начал и концов средних линий створов (рис. 2).

Проектное положение считается выбранным, если сумма ординат срезки для профилей начал и концов средних линий будет равна сумме ординат подсыпки.

Уклоны проектных поверхностей по границам балансовых участков даны в табл. 3.

Третья операция проектирования — проведение линии проектной поверхности на профилях створов и подсчет объемов земляных работ.

Графически или через известную ординату центра поля находим ординату начальной точки по следующей формуле

$$h_{н.т.} = h_{ц.п.} - \frac{L}{2 \cdot Mb} \cdot i_{ср} \cdot 100 - \frac{L'}{2 Mb} \cdot i_{нач} \cdot 100,$$

где Mb — вертикальный масштаб профиля.

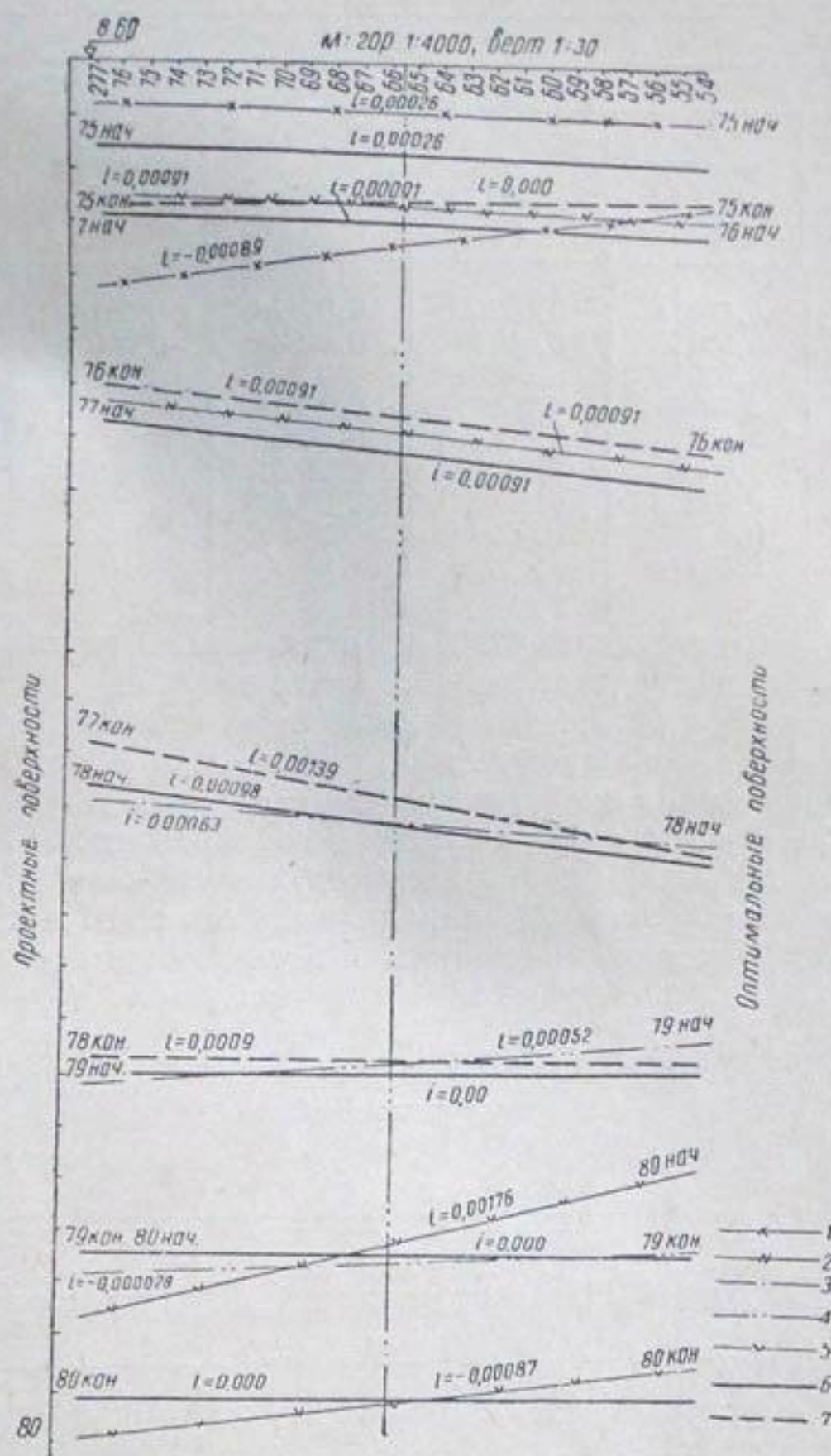


Рис. 3. Контуры оптимальной и проектной поверхностей участков 75—80 в 25-м совхозе Голодной степи:

1 — линия створов (254—277) оптимальной поверхности на планшете 75; 2 — то же на планшете 76; 3 — 78; 4 — 79; 5 — 80; 6 — проектная линия начальных поперечных контуров участка; 7 — то же конечных поперечных контуров участка.

Проектные поверхности каждого участка имели следующие значения $h_{\text{пр}}$: участок 6—2,30 см на профиле; 13—1,23; 23—2,95; 75—6,70; 76—3,20; 77—2,87; 78—3,00; 79—5,10; 80—7,30 см;

Разность отметки линии горизонтальной плоскости и ординаты начальной точки, выраженной в метрах на местности, даст отметку проектной поверхности в этой точке; а отметки земли и проектной поверхности — величину рабочей отметки в начальной точке.

Для нахождения точек начала и конца линии проектной поверхности по каждому створу определяется ордината конца проектной линии $h_{\text{кон}}$ на первом створе, которая складывается из ординаты начала и превышения на данном створе h . Ордината начала последующего створа вычисляется

Таблица 3

Номер участка	Уклоны проектной поверхности					
	продольный			поперечный		
	начального створа, $i_{\text{нач}}$	конечного створа, $i_{\text{кон}}$	$i_{\text{ср}}$	начальной грани, $i'_{\text{нач}}$	конечной грани, $i'_{\text{кон}}$	$i'_{\text{ср}}$
6	0,00193	0,00211	0,00202	0,00170	0,00189	0,00179
13	0,00381	0,00115	0,00248	0,00344	0,00078	0,00211
23	0,00213	0,00289	0,00251	0	0	0
75	0,00072	0,00046	0,00059	0,00026	0	0,00013
76	0,00211	0,00268	0,00239	0,00035	0,00091	0,00063
77	0,00402	0,00450	0,00426	0,00091	0,00139	0,00115
78	0,00352	0,00259	0,00306	0,00098	0,00009	0,00053
79	0,00222	0,00222	0,00222	0	0	0
80	0,00178	0,00178	0,00178	0	0	0

через сумму $h_{\text{нач}}$ предыдущего створа и превышения между началом предыдущего и последующего створов— Δh ; ордината конца следующего створа—соответственно суммой ординаты конца предыдущего и превышения Δh_k .

Таким образом, по каждому створу для каждого участка выявлены ординаты начала и конца проектной линии (табл. 4).

Откладывая эти точки на профилях и соединяя их линией, мы получаем положение проектной поверхности на данном створе. Объемы срезов и подсыпок для полосы устанавливаются обмером с помощью планиметра площадей срезки и подсыпки и последующим умножением на ширину полосы, или по формуле

$$V_{\text{срез}} = \frac{\Sigma h_{\text{срез}} \cdot a \cdot b}{Mb} \cdot 100 \text{ м}^3. \quad (9)$$

Таблица 4

Номер участка	$h = \frac{i_{\text{нач}} \cdot L}{Mb} \cdot 100, \text{ см}$	$\Delta h_{\text{нач}} = \frac{i'_{\text{нач}} \cdot 20}{Mb} \cdot 100, \text{ см}$	$\Delta h_{\text{кон}} = \frac{i'_{\text{кон}} \cdot 20}{Mb} \cdot 100, \text{ см}$
6	8,490	0,340	0,378
13	17,500	0,688	0,157
23	11,546	0	0
75	3,310	0,050	0
76	9,710	0,070	0,180
77	18,490	0,182	0,278
78	15,488	0,196	0,018
79	10,210	0	0
80	8,190	0	0

Примечание. $Mb=10$ —вертикальный масштаб профиля; 20—расстояние между профилями, м.

где $\Sigma h_{\text{срез}} / \text{подс.}$ —сумма ординат срезки или подсыпки на данном профиле, см;

b —расстояние между ординатами (20) м;

a —ширина полосы (20 м);

Mb —вертикальный масштаб.

если $\Sigma h_{\text{срез}} / \text{подс.}$ по всем профилям участка привести в метры на местности, помножить на площадь элементарного квадрата (20×20 м), то получим проектные объемы срезов и подсыпок (табл. 5).

Таблица 4

Номер участка	Σ $h_{\text{срез}}, \text{ см}$	Σ $h_{\text{подс.}}, \text{ см}$	Объем, м ³		Объем срезки на 1 га планированной площади	
			срезки	подсыпки	графоаналитический метод	способ ОГС
6	296,6	266,3	10784	10652	555	524
13	533,8	509,0	21352	20360	1010	1156
23	437,9	429,7	17516	17188	793	720
75	586,1	589,9	23444	23596	1127	575
76	423,5	423,7	16940	16928	814	445
77	585,5	590,9	23420	23636	1138	1026
78	327,7	312,0	13108	12420	840	565
79	364,0	374,0	14560	14960	700	490
80	558,4	545,0	22336	21836	1073	862

Примечание ОГС — отдел Голодной степи Средазгипроводхлопка, где для данных участков уже выполнены проекты планировок.

Несмотря на то, что объемы по графоаналитическому методу определялись с точностью до 1 см, а способу ОГС — 5 см, для участков 6, 13, 23 они почти одинаковы.

Участки 75—80 рассматривались как взаимозависимые. Однако удельные объемы срезки при проектировании графоаналитическим методом значительно превышают полученные в ОГС по двум причинам: в первом случае объемы высчитывались с точностью до 1 см; во втором — до 5 см; кроме того, вид проектной поверхности в нашем случае — плоскость с одним уклоном вдоль и одним уклоном поперек участка, и оптимальная поверхность с четырьмя различными уклонами по периметру участка; в проекте ОГС уклоны как вдоль, так и поперек участка имеют разные значения по длине (кроме отрицательных).

ВЫВОДЫ

1. Графоаналитический метод может быть положен в основу проектирования в случае, когда данные топографической съемки представлены в виде профилей. Этот метод позволяет вести проектирование как на обособленных, так и на взаимозависимых участках.

2. Вид проектной поверхности — плоскость (горизонтальная, наклонная в одну и обе стороны) и линейчатая поверхность (четыре различных уклона проектной поверхности по периметру участка).

3. В процессе проектирования выявляются проектные уклоны участка, положение поверхности (через начальную реперную отметку, которая выдается совместно с профилями створов), объемы срезки и подсыпки.

4. Полученных в результате проектирования описанным методом данных достаточно для организации и производства строительных планировок с помощью устройства для вождения планировочного агрегата с заданным уклоном.

ЛИТЕРАТУРА

1. «Временные технические указания по проектированию и производству работ на оросительных системах», М., 1962.
2. Козиков В. Я. К вопросу об автоматизации планировок, «Вопросы гидротехники», вып. 15, Ташкент, Изд-во АН УзССР, 1963.

СОДЕРЖАНИЕ

Владимир Дмитриевич Журин (к 75-летию со дня рождения) . . .	3
А. А. Рачинский. Вопросы организации водохозяйственных исследований в современных условиях ирригационно-мелиоративного строитель- ства	6
Г. С. Чекулаев. К вопросам регулирования водного и солевого режимов актив- ного слоя поливных земель Средней Азии	12
Н. М. Решеткина. Вертикальный дренаж на орошаемых землях аридной зоны	23
З. П. Пушкарёва. Районирование земель нового орошения Голодной степи по первичным запасам легкорастворимых солей	37
А. П. Вавилов, Э. И. Гринев, Р. И. Паренчик. Водный баланс ороша- емого участка в Голодной степи	50
Х. А. Кадыров. Инженерное регулирование водно-солевого баланса Бухар- ского оазиса на базе использования подземных вод	63
Н. П. Дубинская, Г. И. Рабочев. Опыт строительства вертикального дре- нажа в Прикопетдагской зоне Туркменской ССР.	72
М. Ишчанов. Технические проблемы орошаемой земли в Хорезме и их эконо- мические значения.	79
К. И. Белоцерковский. Сравнительная экономическая эффективность затрат при различных методах мелиоративных мероприятий	88
К. И. Белоцерковский, А. А. Гольцев. Организация и производитель- ность труда при применении новой техники орошения в совхозах Голодной степи.	97
Л. Л. Корелис. Данные о мелиоративном эффекте вертикального дренажа в совхозе «Пахтаарал».	106
Д. М. Рыскулов. Возможности перспективного развития гидроаккумулиру- ющих электростанций (ГАЭС) в Средней Азии.	112
В. Я. Козиков. Графоаналитический метод проектирования планировок. . .	117

Вопросы гидротехники, выпуск, 30.

Редактор *И. Бутко*
Технический редактор *Р. Рузиева*
Корректор *Н. В. Хазова*

Р05330. Сдано в набор 12/VII-1966 г. Подписано к печати 22/I-1969 г. Формат 70×108¹/₁₆=3,87 бум. л.
Печ. л. 10,85. Уч. изд. л. 10,3. 1 вкл. Изд. № 338. Тираж 650. Цена 1 р. 03 и

Отматрицировано в Ташкентской типографии № 3 Государственного Комитета Совета Министров УзССР
по печати. Ташкент, ул. Навои, 30. Заказ № 70.

Отпечатано в Типографии Издательства «Фан» УзССР.
Ташкент, ул. Черданцева, 22. Заказ № 62.