

631.6

Г.П. ГЛУХОВА
Г.А. СТРЕЛЬНИКОВА

МИНЕРАЛИЗОВАННЫЕ ВОДЫ УЗБЕКИСТАНА КАК РЕЗЕРВ ОРОШЕНИЯ



М-554

1-554 631.6:631.4
АКАДЕМИЯ НАУК УЗБЕКСКОЙ ССР
ИНСТИТУТ ПОЧВОВЕДЕНИЯ И АГРОХИМИИ

55270
Т. П. ГЛУХОВА, Г. А. СТРЕЛЬНИКОВА

МИНЕРАЛИЗОВАННЫЕ ВОДЫ УЗБЕКИСТАНА КАК РЕЗЕРВ ОРОШЕНИЯ

Республиканская научная
сельскохозяйственная
библиотека

359086

ТАШКЕНТ ИЗДАТЕЛЬСТВО «ФАН» УЗБЕКСКОЙ ССР. 1983

Т. П. Глухова, Г. А. Стрельникова. Минерализованные воды Узбекистана как резерв орошения. Ташкент, Издательство «Фан» Узбекской ССР, 1983, с.—136.

В монографии описано влияние длительного (10—20 лет и более) бессменного орошения дренажными водами на почвы Голодной степи и Бухарского оазиса. Освещены изменения их химических и физических свойств при различной длительности орошения водами разного химического состава, влияние этих вод на всходы, рост, развитие, плодоношение и урожайность хлопчатника. Предложена шкала мелноративной оценки поливной воды.

Для почвоведов, гидротехников, мелиораторов и агрономов.

Ответственный редактор: канд. биол. наук О. К. Камилов

Рецензенты: доктор биол. наук К. П. Паганяс,
канд. биол. наук Х. А. Абдуллаев

Тереза Петровна Глухова, Галина Антоновна Стрельникова

МИНЕРАЛИЗОВАННЫЕ ВОДЫ УЗБЕКИСТАНА КАК РЕЗЕРВ ОРОШЕНИЯ

Утверждено к печати

Ученым советом Института почвоведения и агрохимии,
Отделением биологических наук АН УзССР

Редакторы А. Б. Чернишская, И. А. Лановская
Художник Е. И. Владимиров
Технический редактор Х. У. Вабамухамедова
Корректор Л. В. Дакаева

ИБ 2391

Сдано в набор 29.09.83. Подготовлено к печати 11.11.83. P07833. Формат 60×90/16. Бумага типографская № 1. Гарнитура литературная. Печать высокая. Усл. печ. л. 8,5. Уч.-изд. л. 8,7. Тираж 1700. Заказ 216. Цена 1 руб. 20 коп.

Издательство «Фан» УзССР, Ташкент, 100047, ул. Гоголя, 70.
Типографии Издательства «Фан» УзССР, Ташкент, проспект М. Горького, 79.

Г 3802020000—2408
М 355 (04)—83 218—83

© Издательство «Фан» Узбекской ССР, 1983 г.

ВВЕДЕНИЕ

Орошаемое земледелие — наиболее продуктивная форма ведения сельского хозяйства. Среднеазиатские республики на орошаемых землях производят 95% хлопка, 40% риса, 25% овощей и бахчевых культур, 35% фруктов и винограда, выращиваемых в нашей стране. Ведущая роль хлопководства в сельском хозяйстве этого региона сохранится и на ближайшую перспективу.

В последние 15 лет водохозяйственное и мелноративное строительство в Средней Азии получило большой размах. Бурное развитие ирригации и мелнорации привело к освоению новых массивов и росту продуктивности орошаемых земель. В результате значительно увеличилось водопотребление и стал ощущаться недостаток оросительной воды.

Узбекистан использует примерно 65% водных запасов Среднеазиатского региона, и водный дефицит ощущается здесь наиболее остро. В настоящее время недостаток поливной воды в республике составляет примерно 10 млрд м³. На ближайшую перспективу ожидается его увеличение. Напряженность водоснабжения усиливается неравномерностью расходов водных источников, сток в которых характеризуется цикличностью с резкими внутригодовыми колебаниями и затяжными периодами маловодья.

Узбекистан располагает большими площадями неорошаемых земель, но освоение их ограничивается недостатком оросительной воды. Земли перспективного орошения в большинстве своем засолены и требуют капитальных промывок. Однако ресурсы Сырдарьи и Амударьи, на которых базируется орошаемое земледелие Средней Азии, почти полностью использованы. Особенно тяжелая обстановка сложилась в бассейне Сырдарьи.

Острый недостаток оросительных вод осложняется резким ухудшением их качества, обусловленным интенсивным водопотреблением и увеличением поступления в реки инфильтрационного и дренажного стоков повышенной минерализации. В результате содержание солей в среднем течении Сырдарьи (в пределах Узбекистана) поднялось до 1,5—1,8 г/л. Заметно повысилось оно также в Амударье и Зарафшане. В связи с повышением минерализации изменился и химизм речных вод, который из гидрокарбонатного кальциевого стал гидрокарбонатно-сульфатным, натрие-

во-кальциевым или натриево-магниевым. Слабоминерализованными речными водами в Узбекистане орошается более 1 млн га.

Характерной особенностью водного хозяйства Средней Азии является возможность использования возвратных вод с полей орошения — сбросных и дренажных. Интенсивное дренирование орошаемых земель делает его актуальным. Годовой объем слабоминерализованных дренажных вод в Узбекистане в средние по водоносности годы достигает 10 млрд м³, снижаясь в период маловодья до 4 млрд. Предложено планировать их использование в зонах формирования, чтобы наряду с улучшением водообеспеченности земель сократить поступление дренажного стока в реки. Республика располагает также большими запасами подземных вод.

Дренажные и подземные воды часто характеризуются повышенной минерализацией и по химическому составу отличаются от речных. Вовлечение их в оборот может привести не только к соле накоплению в орошаемых почвах, но и к изменению мелиоративной обстановки на значительной территории. В случае использования вод с высоким содержанием натрия возможно развитие солонцеватости почв, что повлечет за собой сильное и длительное снижение почвенного плодородия.

Влияние на плодородие почв орошения пресной водой освещено достаточно полно. Изменения же, возникающие в почвах при использовании вод повышенной минерализации, стали предметом исследования лишь недавно, и изучены чрезвычайно слабо. Поэтому мы поставили перед собой цель всесторонне рассмотреть влияние минерализованных вод на почвы и определить допустимость длительного орошения их этими водами с точки зрения охраны почвенной среды от вредных процессов. В нашу задачу входило также уточнение на основании полевых опытов конкретных показателей и параметров для оценки минерализованных вод как поливных и выделение в пределах поливной зоны республики территорий, где перспективно использование дренажных и подземных вод.

Глава «Влияние длительного орошения дренажными водами на почвы» настоящей монографии написана Г. А. Стрельниковой при участии Т. П. Глуховой, остальные главы — канд. биол. наук Т. П. Глуховой.

ВЛИЯНИЕ ОРОШЕНИЯ МИНЕРАЛИЗОВАННЫМИ ВОДАМИ НА ПОЧВЫ (ОБЗОР ИССЛЕДОВАНИЙ)

В настоящее время широко практикуется использование дренажных и подземных вод на орошение. Необходимость в них диктуется тем экономическим ущербом, какой наносит недостаточная водообеспеченность полей. Подсчитано, что один неполноценный полив хлопчатника в период бутонизации снижает урожай на 5—10 ц/га, что выражается в сумме 200—400 руб/га (Печаткин, 1980). Недостаточная обеспеченность растений поливной водой приводит к большей потере урожая, чем при поливах минерализованной водой (Даштанов, 1978). Исследованиями СоюзНИХИ установлено, что при дефиците оросительной воды 51% оптимальной водоподачи использование дренажных вод в качестве дополнительного источника орошения экономически оправданно (Беспалов, 1978).

Подача дренажных вод может сказаться на их объемах, сбрасываемых в реки, что, несомненно, отразится на минерализации речной воды. Поэтому появилась идея частичного использования дренажного стока на орошение в пределах дренируемого оазиса (Ковда, 1971). Некоторые исследователи предлагают все дренажные воды использовать в местах их формирования (Киселева, 1974). Это означает, что на определенной территории создается замкнутый солевой баланс. В то же время соли будут перемещаться из глубоких слоев грунта в верхние почвенные, для которых солевой баланс станет положительным (Закиров и Глухова, 1978).

Н. Ф. Беспалов (1978) считает, что вопросы, связанные с повторным использованием дренажных вод на месте их образования, требуют всестороннего и тщательного изучения. Разделяя мнение о необходимости снижения минерализации речных вод, мы в то же время считаем достижение этого за счет использования всех дренажных вод на орошение в пределах дренируемого оазиса чреватым опасными последствиями для мелiorативного состояния территории. Значительно правильнее, с нашей точки зрения, использовать лишь часть дренажного стока, размер которого должен быть определен на основании балансовых расчетов.

Следует отметить, что в настоящее время солевой баланс почв, орошаемых минерализованной водой, изучен слабо, а способы его регулирования не отработаны. Необходимость в усилении исследо-

ваний в этом направлении очевидна, ибо с каждым годом расширяются площади земель, орошаемых минерализованными водами (Закиров и Глухова, 1978). Так, в Узбекистане в 1974 г. было подано на поля 2 млрд м³ дренажных вод, в 1975 и 1976 — более 2,5 млрд м³ ежегодно (Рустамов, 1978).

В нашей стране недостаток пресной воды наиболее остро ощущается в Средней Азии и Закавказье. Орошение минерализованными водами из родников и кяризов здесь практиковалось давно, но в небольших масштабах и изучением его никто не занимался. Только после создания систем искусственного дренажа началась экспериментальная проверка возможности применения дренажных вод для орошения.

Первые опыты осуществлены Б. Ф. Федоровым (1947) в Голодной степи и Б. С. Коньковым (1948) в Ферганской долине. Они показали допустимость орошения хлопчатника минерализованными водами и повышение при этом засоления почв. Была установлена зависимость соленакопления от степени минерализации поливной воды. Эксперименты проводились на хорошо опресненных почвах со слабоминерализованными грунтовыми водами. Хлопчатник частично использовал их, так как оросительные нормы были очень низкими (менее 2 тыс. м³/га). Это привело к высоким значениям допустимой минерализации поливной воды и концентрации хлора.

Указанные опыты были разведочными из-за слабого развития дренажа и долгое время оставались единственными в СССР, так как изучение орошения минерализованными водами в тот период не возобновлялось. На них ссылались, когда поднимался вопрос об использовании соленых вод (Розов, 1956).

Строительство дренажа в Узбекистане развернулось широким фронтом в начале 50-х годов. Тогда вновь был поставлен вопрос об использовании дренажных вод и возможности орошения ими сельскохозяйственных культур. Исследования проводились на всех опытных станциях СоюзНИХИ, где наблюдалось засоление. В тот период ставились преимущественно двухлетние полевые опыты с хлопчатником (Кабаев, 1954; Легостаев, 1956; Ибрагимов, 1959; Муслимов, 1960; Спикина, 1962). Возможность орошения риса дренажной водой и отмечающееся при этом рассоление почв изучались в Голодной степи (Калашников, 1961). Полученный материал был обобщен В. М. Легостаевым (1961). Исследования имели агрономический характер, причем слабо учитывалась природная обстановка, в том числе особенности почв. Почвенным процессам совершенно не уделялось внимания.

50-е годы — период опытной проработки вопроса использования минерализованных вод на орошение и промывки, период накопления материала. Внимание исследователей было сосредоточено в основном на зависимости урожая хлопчатника от степени минерализации поливной воды. Содержание в ней отдельных солей и их соотношение не учитывались, химизму воды и почвы

уделялось мало внимания. Об этом свидетельствует проведение анализов вод и водных вытяжек из почв по сокращенной схеме, не позволявшее судить о химическом составе вод, об изменении химических свойств почв, концентрации отдельных солей или ионов. Основным критерием пригодности воды для орошения, предложенным на основании указанных опытов, была минерализация, которая хорошо коррелировала с величиной урожая. Было установлено, что для орошения хлопчатника пригодна в основном вода с минерализацией до 4—6 г/л. Однако В. М. Легостаев (1961) считает возможным использовать дренажные воды с содержанием солей до 10 г/л. Нам кажется такое утверждение недостаточно обоснованным.

Почти во всех опытах минерализованные воды вызывали слабое засоление (Легостаев, 1961). Воды с минерализацией до 4 г/л мало влияли на урожай хлопка-сырца. Было отмечено даже незначительное его повышение (Легостаев, 1956). В дальнейшем сотрудники СоюзНИХИ несколько раз уточняли уровень предельной минерализации. Сначала ее приняли равной 5 г/л независимо от почвенных условий (Легостаев, Киселева, 1972; Беспалов, 1974; Сафаров, 1974). Позднее были выработаны градации в зависимости от механического состава почв. Сейчас предельная минерализация для легких и средних суглинков принимается равной 3—4 г/л, для тяжелых суглинков и глин — 2—2,5 г/л (Беспалов, 1978 а). Эти показатели несколько отличаются от предлагаемых нами (Глухова, 1975).

В последних рекомендациях СоюзНИХИ принято выдвинутое нами положение о необходимости учитывать концентрацию хлора в поливной воде. Однако в этих рекомендациях, в отличие от наших, принято одинаковое для всех почв предельно допустимое содержание хлора, равное 0,5 г/л (Беспалов, 1978 а).

Наиболее продолжительным в то время был 4-летний опыт орошения дренажной водой в Шурузском понижении Голодной степи (Киселева, 1964; Мирхаликов, 1968). В нем изучалась возможность сочетания для поливов и промывок минерализованных вод с оросительными. В опыте была использована вода с минерализацией 5,8 г/л и содержанием хлора 1,3 г/л. Несмотря на сокращение оросительной нормы хлопчатника до 2 тыс. м³/га, в почве шло накопление солей. Промывка оросительной водой вызывала лишь временное ослабление засоления. Ухудшение дренирования привело к сильному засолению почвы и резко снизило урожай хлопка. Все это дает нам основание считать, в отличие от С. Мирхаликова (1968), что использованная в опыте дренажная вода непригодна для орошения тяжелосуглинистых почв.

Аналогичный опыт, но с минерализацией дренажной воды 4—5 г/л проведен в сазово-солончаковой зоне Голодной степи (Мадиев, 1982). Он показал, что профилактическая промывка водой с таким плотным остатком снижает урожай хлопка-сырца на 12—14% по сравнению с промывкой речной водой, так как не обеспе-

чивает необходимого рассоления почвы даже при норме 6 тыс. м³/га. Эта вода оказалась непригодной для орошения хлопчатника на тяжелосуглинистой почве. Урожай хлопка снизился на 8,6—11,4 ц/га, а засоление почвы значительно повысилось. Поливы хлопчатника и других культур водой с плотным остатком 3—4 г/л на Янгирском дренажном участке дали неплохие результаты (Батыршин, 1964; Шамуков, 1966). При использовании минерализованных вод лучшим способом полива оказался бороздовый. Дождевание вызывало сильное засоление почвы и заметно снижало урожай.

В 1973—1976 гг. на областных сельскохозяйственных станциях под руководством СоюзНИХИ были проведены опыты с поливами хлопчатника дренажными водами. Они ставились в северо-западной части Голодной степи (Афанасьев, 1977; Даштанов, 1978; Умбетаев, Киселева, 1978) и зоне нового освоения (Мадиев, 1982; Тураханов, Ризаев, 1978), в Каршинской степи (Бобокулов, Малабаев, 1978), Шерабадской степи (Абдурахманов, Малабаев, 1978), Ферганской долине (Юсупов, 1978; Юлдашев, 1978), Бухарском оазисе (Хакбердиев, 1978).

Во всех перечисленных опытах, как и прежде, исследователи пытались найти предельно допустимую минерализацию поливной воды. Но в отличие от экспериментов более раннего периода в схемы опытов 70-х годов наряду с поливами по дефициту влаги включались варианты с промывным режимом орошения.

Положительная роль этого режима для засоленных почв, в том числе для почв, поливаемых минерализованными водами, показана во многих работах (Ковда, 1961, 1968; Егоров, 1974; Глухова, 1977). Сейчас рекомендуется увеличивать нормы поливов на 15—20% по сравнению с расчетными и повышать предполивную влажность до 75—80% от НВ (Беспалов, 1978).

Серия опытов 70-х годов подтвердила, что для орошения хлопчатника пригодны воды невысокой минерализации. Был получен экспериментальный материал для дифференциации показателей предельно допустимой минерализации по регионам республики. Однако такая дифференциация не была сделана. Н. Ф. Беспалов (1978) приводит лишь величины минерализации поливных вод для почв разного механического состава независимо от их региональной приуроченности.

Все перечисленные выше опыты продолжались не более 4 лет, что, по мнению Н. Г. Минашиной (1972), недостаточно для стабилизации почвенных процессов. Поэтому заложенный в 1971 г. на Центральной опытно-мелиоративной станции (ЦОМС) в Голодной степи и продолжающийся до настоящего времени многолетний опыт представляет большой научно-практический интерес. Полив на нем ведется водой с минерализацией 2,5 и 4,7 г/л и содержанием хлора 0,5 и 1,3 г/л (Сафаров, 1974, 1978).

Этот опыт показал, что ограничивающим показателем в оценке дренажных вод является не столько минерализация, сколько

концентрация хлора (Сафаров и Ходжаяров, 1978), что вполне согласуется с нашими рекомендациями по оценке минерализованных вод для целей ирригации (Глухова, 1975, 1977).

На основании своих исследований Е. Ш. Сафаров (1978) считает, что на орошение хлопчатника можно использовать воду с содержанием хлора 0,4—0,5 г/л и только при остром водном дефиците применять разбавленную в соотношении 1:1 воду, содержащую до 1 г/л хлора. По нашим подсчетам, в последней будет содержаться примерно 0,6 г/л хлора. Таким образом, рекомендации Е. Ш. Сафарова (1978) сводятся к допустимости орошения водой с 0,4—0,6 г/л хлора, независимо от свойств почв.

Чтобы завершить обзор работ по изучению орошения минерализованными водами в Голодной степи, следует указать на опыты, проведенные в ее восточной части (Антонова и Калашников, 1957; Дудкин, 1960), а также в северо-западной части в совхозе «Пахта-Арал» (Решеткина и др., 1972; Афанасьев, 1977). Поливы в первом случае проводились слабominерализованными подземными водами (1—2 г/л) и дали хороший урожай. Возможность орошения такими водами при сульфатном типе засоления сомнения не вызывает. В то время как перспективность использования среднeminерализованных вод (5—6 г/л), с которыми ставили опыты в «Пахта-Арале», требует тщательного изучения и серьезной проработки. Видимо, более рационально подавать такие воды на промывку засоленных почв (Карелис, 1968).

Возможность орошения водами с содержанием солей до 6 г/л выявлена для Ферганской долины (Коньков, 1948; Муслимов, 1960; Сурминский, 1965). Относительно высокая допустимая минерализация в этом регионе обусловлена преобладанием в дренажных водах сульфатов, в основном гипса, и низким содержанием хлора. Особенно убедительно это было доказано 12-летним производственным опытом по орошению дренажной водой, проведенным Г. А. Ибрагимовым (1973).

Из сказанного выше напрашивается вывод о влиянии природных факторов на показатели оценки минерализованных вод, а также о необходимости дифференциации их по отдельным орошаемым регионам.

Изучением дренажных вод в целях использования их в сельском хозяйстве занимались в Ферганской долине сотрудники САНИИРИ (Еременко и др., 1968; Усманов, 1968). А. У. Усманов (1968) при оценке вод Западной Ферганы использовал градации Стеблера, что мы считаем неудачным, ибо эти градации рассчитаны на воды с высоким содержанием солей натрия, а в водах Ферганской долины очень много солей кальция и магния. Поэтому в категорию вод сомнительного качества попали воды с минерализацией 3—6 г/л. Они, безусловно, пригодны для орошения в условиях Ферганской долины, что было показано в опытах (Коньков, 1948; Ибрагимов, 1959, 1967; Муслимов, 1960; Юлдашев, 1978; Юсупов, 1978). Нельзя без соответствующей проверки пере-

носить в наши условия показатели, полученные для других районов.

Большинство опытов по использованию минерализованных вод проводилось в центральной части Узбекистана (Голодная степь и Ферганская долина). В южной части республики до последнего времени отсутствовала развитая дренажная сеть и скважины вертикального дренажа. Сейчас южные районы республики (долины Кашкадарьи, Сурхандарьи и Шерабадарьи) усиленно дренируются. Опытов в этой части Узбекистана пока еще проведено мало.

Одни из них ставился на тапырной почве в низовьях Шерабадарьи (Абдирахманов, Малабаев, 1978). Было показано, что промывной режим с повышенной на 20—30% водоподачей увеличивает урожай хлопка на 3,5—4,5 ц/га, а повышение минерализации воды до 6 г/л снижает его на 2,7 ц/га.

Другой опыт был проведен на тапырной почве в Каршинской степи (Бобокулов, Малабаев, 1978). При 4-летнем орошении дренажной водой урожай хлопка-сырца уменьшился на 1,7—2,4 ц/га. Отмечено увеличение засоления и ухудшение физических свойств почвы.

В северной части поливной зоны Узбекистана опытов с орошением дренажными водами также очень мало (Легостаев, 1961; Рахимбаев, 1978).

Ценные исследования проведены Г. А. Ибрагимовым и М. Юлдашевым (1978) в Каракалпакии. Хороший результат получен при сочетании вегетационных поливов минерализованной водой с промывками пресной. Авторы рекомендуют для орошения средне- и тяжелосуглинистых луговых почв дренажные воды с минерализацией до 4 г/л.

Такая же предельно допустимая минерализация принята для Ташаузской области (Трапезников, 1974; Реджепов и др., 1978).

Для условий Хорезмского оазиса Ф. М. Рахимбаев (1978) допускает орошение водой с минерализацией до 5 г/л. Все исследователи отмечают заметное соленакопление при систематических поливах минерализованными водами в этих районах.

Перспективность использования дренажных вод в Туркмении, где их сбрасывается около 3 млрд. м³, была показана И. С. Рабочевым (1971), проводившим планомерное изучение орошения этими водами в различных районах республики. Такая постановка исследований диктовалась резким различием вод по минерализации на территории Туркмении. Если в Ташаузском и Чарджоуском оазисах она относительно невысока (3—5 г/л), то в Мургабском — значительно выше (9—13), а в Тедженском — очень высокая (30—40 г/л) (Реджепов, Юрашкевич, 1978). Большие объемы сильноминерализованных вод в республике натолкнули И. С. Рабочева на мысль использовать их на промывки солончаков. Была показана возможность применения вод с минерализацией 12—16 г/л для зимней промывки.

На промытых дренажной водой почвах рекомендуются посевы таких солеустойчивых культур, как джугара и хлопчатник (Оразгельдыев, 1968; Рабочев и др., 1973; Трапезников, 1974). На орошение их можно использовать дренажные воды с минерализацией до 4 г/л. При бессменном орошении этой водой в течение 3—5 лет отмечено повышение засоления почвогрунтов.

Сотрудники Туркменского института пустынь уделили много внимания использованию дренажных вод на промывки на фоне вертикального дренажа в Прикопетдагском и Мургабском оазисах (Овсянников, 1968; Рабочев, 1968). Промывки слабоминерализованными водами, проведенными без культуры и совмещенные с посевом риса, дали хорошее опреснение почвы (Рабочев и др., 1973). Опыты подтвердили данные, полученные ранее в Узбекистане (Калашников, 1951; Муслимов, 1960), о пригодности для возделывания риса только слабоминерализованных вод. В то же время орошение незасоленных почв этими водами приводит к засолению даже при промывном режиме, который применяется при культуре риса на фоне вертикального дренажа (Юрашкевич, 1972).

В ТуркНИИГИМе проведены лизиметрические опыты по определению оптимальной минерализации поливной воды. Шагом вперед в них был учет токсичности солей (Джуманазарова и др., 1978). Однако порог токсичности солей был взят по данным литературы и не откорректирован по результатам опыта.

Таджикистан обеспечен поливной водой лучше, чем Узбекистан и Туркмения. Поэтому здесь до последнего времени вопросом использования минерализованных вод не занимались. В связи со строительством вертикального дренажа и появлением при откачках большого количества дренажных вод у таджикских специалистов возник интерес к ним.

Первые опытные промывки дренажными водами с минерализацией 6—10 г/л проведены в Вахшской долине (Панкратов и др., 1969). Получено хорошее опреснение почв. В дальнейшем такие исследования осуществлялись в других районах Таджикистана (Бодрухина, 1976).

Стремление восполнить недостаток воды за счет подземных и дренажных вод наблюдается и в республиках Закавказья. Здесь издавна распространено кяризное орошение. В Азербайджане эти воды используются для орошения 35—40 тыс га земель. В настоящее время изучается возможность вовлечения в оборот дренажных вод (Оруджев, 1974).

Опыты в Ширванской степи по выявлению оптимальной минерализации воды для промывки земель показали, что можно использовать воды с содержанием солей до 5 г/л (Мамедов и Алиев, 1978). Снижение урожая хлопчатника составило в этом случае 2,8 ц/га.

Большое значение имеют подземные воды для обводнения пустынной зоны Средней Азии (Морозов и Иванов, 1968, 1969).

Эксплуатационные запасы подземных вод в пустынной зоне Узбекистана превышают 15 м³/с (Мирзаев, 1969). Для полного оводнения пастбищ необходимо 5 м³/с воды (Захритдинов, 1973). Значит, 10 м³/с подземных вод может быть использовано для оазисного орошения 25—30 тыс га (Морозов и Иванов, 1969). Сейчас идет подготовка пустынных земель под широкое оазисное орошение.

Первые участки оазисного орошения в пустынной зоне появились в начале 50-х годов, но изучались они очень слабо. Исследования имели преимущественно агротехнический характер (Кириллов и др., 1961). Данные об изменении почвенно-мелиоративной обстановки на орошаемых участках свидетельствуют об идущих в почве процессах засоления и осолонцовывания (Свинарев, Бурцева, 1964). Однако эти процессы не изучались. Имеются лишь данные о повышении щелочности почвы и ухудшении ее физических свойств (Кириллов, 1961; Свинарев, 1964).

Оазисное орошение за счет слабоминерализованных вод подробно изучалось в Кенес-Анархае. Внимание исследователей было направлено на определение состава культур, обработку агротехнических приемов, особенно режима орошения, на изучение свойств орошаемых почв (Бакало и др., 1966; Коваленко, Михайлов, 1967; Письменный, 1975). Исследования показали, что для орошения кормовых культур (ячмень, люцерна, суданская трава) воды сульфатно-натриевого типа с минерализацией 4—5 г/л пригодны только при промывном режиме орошения, с помощью которого можно регулировать содержание солей в почве. Источниками их являются поливные воды и засоленная подпочва. При поливах сульфатными водами в почве отмечено накопление гипса, в результате чего постепенно уменьшается количество натрия в поглощающем комплексе (Коваленко, Михайлов, 1967). Однако вопрос о самомелиорации почвы, осолонцованной первыми поливами сульфатно-натриевыми водами, не получил достаточного освещения.

Орошение солончаковых почв приводит обычно к перераспределению солей по почвенному профилю и вспышке поверхностного засоления (Ковда, 1946). Особенно осторожно следует орошать такие почвы минерализованными водами. Усиление засоления наблюдалось в свое время в Кенес-Анархае (Бакало, Письменный, 1973) при оазисном орошении соленой водой маломощных легких почв, подстилаемых соленосными отложениями. О трудности освоения аналогичных почв в Каракумах писали Д. Шерипов (1981) и П. Эсенев (1981).

Необходимо отметить широкое использование вод с повышенной минерализацией на юге европейской части Советского Союза. Оно стало практиковаться сравнительно недавно, но сразу приняло большой размах. Эти воды используются в производственных масштабах на рисовых системах в Крыму, Краснодарском крае, низовьях Волги и на Кубани (Нестерова, 1972). Для без-

опасного орошения больших площадей водами повышенной минерализации необходимы надежные экспериментальные данные. Поэтому на юге страны тщательно изучают возможность и последствия их использования.

Первые опыты проведены в конце 20-х годов. В Ростовской области была предпринята попытка орошения водой из Егорлыка, Маныча и Соленой Кубы (Лисовский, 1929; Лопато, 1932). Минерализация воды в них к осени достигала 4,5—6,5 г/л при содержании хлора до 1,5 г/л. Такая вода оказалась непригодной для орошения. При умеренном ее использовании за 1 год произошло сильное засоление, а местами и осолонцовывание почвы.

В последние годы изучается повторное использование сбросных вод рисовых систем (Алексеев, 1976). Предложены методы контроля качества воды, а также инженерное решение водооборота в этих системах. Предметом изучения стали также слабоминерализованные подземные воды Ростовской области (Чепилевская, 1975) и воды Таганрогского залива (Пищейко, 1975; Айдаров, 1976). При этом отмечено возникновение слабого засоления и солонцеватости. Получены данные о положительном влиянии на солевой режим поливов промывного типа.

В результате орошения предкавказских черноземов слабоминерализованными водами Веселовского водохранилища в условиях недостаточной дренированности в них увеличилось количество солей, поглощенных натрия и магния (Андреев и др., 1977).

На Украине интерес к минерализованным водам как источнику орошения впервые проявился в 50-е годы. М. Ф. Буданов (1956), изучавший влияние сульфатно-натриевых шахтных вод на черноземные почвы Донбасса, показал, что орошение слабоминерализованными водами можно практиковать длительное время. «Критическое» отношение натрия к кальцию, при котором развивается солонцеватость, по его данным (Буданов, 1965), весьма узкое — 2,2—2,4.

А. М. Можейко (1962) и Т. К. Вороник (1965) разработали подробную классификацию поливных вод. В нее вошли в качестве показателей не только степень минерализации и относительное содержание натрия в сумме катионов, но и отношение щелочно-земельных катионов.

Большие исследования проводились на Ингулецкой оросительной системе, в водах которой из-за сброса промышленных стоков минерализация достигает 1,5—2 г/л при преобладании солей натрия (Красутская, 1968; Болдырев, Сафонова, 1979). Слабая минерализация вод не вызывала заметного проявления засоления и солонцеватости, но тенденция к повышению содержания солей и поглощенного натрия была ясно выражена. Однако в условиях высокой культуры земледелия плодородие почв, орошаемых водами Ингулецкого канала, не снизилось. Как мера ослабления процессов засоления и солонцеватости, сопровождающих орошение

минерализованными водами, предлагается возделывание люцерны (Болдырев, Сафонова, 1979).

А. И. Болдырев (1976, 1981), основываясь на собственном экспериментальном материале и данных литературы, предложил свою классификацию и номограмму к ней. По построению она похожа на американскую, но отличается показателем предельной минерализации. В классификации А. И. Болдырева этот показатель выражается не в г/л, а в мг-экв/л. «Солонцовая опасность» определяется содержанием натрия от суммы катионов. Графический способ выражения классификации очень нагляден, но не позволяет использовать более двух показателей и поэтому, с нашей точки зрения, неперспективен. Оценка поливных вод должна быть всесторонней; ее удобнее давать в виде системы показателей, что было сделано нами для условий Средней Азии (Глухова, 1976, 1981).

Опытами, проведенными на юге Украины, показана возможность орошения водами с минерализацией 1,8—2,0 г/л в бездренажных условиях и 3 г/л — на фоне дренажа (Баер и Лютаев, 1981). Для борьбы с осолонцовыванием почвы рекомендуется один раз в 4—5 лет вносить 2—3 т/га гипса.

Обзор предложенных способов оценки минерализованных вод был бы неполным, если бы мы не остановились на графике И. Н. Угланова (1976). В нем использованы также 2 показателя: минерализация воды, выраженная в г/л, и отношение натрия к сумме кальция и магния. Первый показатель характеризует возможность развития засоления, второй — солонцеватости. График построен по данным литературы: преимущественно американским для оценки засоления и украинским — для прогнозирования солонцеватости.

Графиком И. Н. Угланова воспользовалась Г. Н. Дарымова (1981) для оценки дренажных вод на территории Туркмении. Это было сделано без обоснования пригодности данного графика для условий Средней Азии. А для них не подходят показатели оценки вод, разработанные для Украины и США.

Орошение резко меняет характер и направленность всех процессов, происходящих в почве. Нарушаются ее водный, тепловой, воздушный и питательный режимы, передвижение по почвенному профилю неорганических и органических соединений.

Орошение активизирует биологические и биохимические процессы, вследствие чего усиливается разрушение органических веществ. Этот процесс идет во всех орошаемых почвах независимо от их региональной принадлежности (Антипов-Каратаев, Филиппова, 1955; Азимова и др., 1976; Айдаров и др., 1976). Благодаря продолжительному тепловому балансу и регулярному увлажнению в орошаемых почвах Средней Азии он протекает особенно интенсивно. Однако процесс разрушения органических веществ постепенно замедляется, и в окультуренных давноорошаемых почвах содержание гумуса повышается и мощность гумусового гори-

зонта увеличивается (Рыжов и Ташкузиев, 1976). Окультуривание и орошение земель приводят также к образованию мощного пахотного горизонта и плужной подошвы (Азимова и др., 1976).

Из изложенного видно, что на свойствах почвы сильно отражается длительность орошения. Поэтому почвы делят по давности орошения (Кочубей и Сучков, 1969).

Орошаемые почвы выделены в самостоятельный почвенный тип (Орлов, 1937; Генусов и др., 1972). Наиболее сильно проявляется влияние длительного орошения при использовании мутных оросительных вод Амударьи, Сурхандарьи, Карадарьи, Зарафшана: мощные агроирригационные отложения достигают 1,5—3 м (Горбунов, 1957; Панков, 1957; Фелициант, 1969). Почвы, сформированные на этих отложениях, М. А. Орлов (1937) назвал оазисно-культурными.

При поливах осветленными водами Ахангарана, Чирчика агроирригационные горизонты не образуются, но весь профиль почвы подвергается резким изменениям. В условиях хорошей дренированности такие староорошаемые почвы характеризуются большой выщелоченностью (Балыбо, 1954).

При поливах дренажными и подземными водами на поля будут подаваться воды без взвесей. Следовательно, можно провести некоторую аналогию между почвенными процессами при орошении этими водами и прозрачными речными. Они будут сильно влиять на перемещение растворимых солей и других подвижных соединений почвы; скажутся на разрушении и накоплении гумуса, но механический состав почвы заметно не изменят.

Орошение в Средней Азии велось преимущественно пресными речными водами. О влиянии их на почвы имеется обширная литература. Почвенные же процессы при орошении минерализованными водами изучены очень слабо.

Орошение сопровождается перераспределением и вымыванием водорастворимых солей, изменением минерализации почвенных растворов и грунтовых вод, солевой режим почв определяется типом водного режима и гидрогеологической обстановкой (Ковда, 1946). В случае использования минерализованных вод приносимые ими соли частично вымываются, а частично размещаются в пределах зоны аэрации (Реджепов, 1981). Однако этот вопрос освещен недостаточно.

При слабой дренированности территории орошение обычно приводит к неглубокому вымыву легкорастворимых солей и гипса (Ковда, 1946; Кац, 1963). Солевой режим почв характеризуется чередованием процессов засоления—рассоления. В этом случае наиболее четко проявляется противоречивость влияния орошения на почвы, заключающаяся в усилении биогенных процессов за счет улучшения водного режима и ослаблении их вследствие засоления (Ковда, 1961).

При орошении целинных или богарных земель минерализованными водами резко изменяются все почвенные процессы, что свой-

ственно орошению вообще, но в данном случае изменения протекают на фоне засоления. Если минерализованные воды применяются на орошаемых почвах, где эти изменения уже произошли, влияние этих вод сказывается на формировании специфических почвенных процессов: засоления, солонцеватости и стилизации. Влияние вод повышенной минерализации на почвы наиболее ярко проявляется именно в этих процессах и на них в первую очередь следует сосредоточить внимание при изучении влияния орошения минерализованными водами. Так поступало большинство исследователей, работавших в данной области, в том числе и мы (Глухова, 1977).

Из специфических почвенных процессов, сопровождающих орошение минерализованными водами, наиболее часто встречается засоление. Оно лучше изучено, так как наблюдалось почти во всех опытах, проводившихся в Средней Азии. Однако большинство исследователей уделяло внимание лишь зависимости засоления от степени минерализации поливной воды (Коньков, 1948; Кабаев, 1953; Кац, 1958; Легостаев, 1961; Киселева, 1964; Мирхаликов, 1968; Ибрагимов, 1973; Бобокулов, Малабаев, 1978; Хакбердиев, 1978; Мадиев, 1982). Такой подход позволил найти корреляционную связь между ними, но при этом остались совершенно не изученными влияние на процесс соленакопления отдельных компонентов воды, почвенных условий, дренажированности земель, характера орошения, а также передвижение, трансформация и аккумуляция солей в зависимости от химизма воды и почвы.

Однако уже в настоящее время предпринимаются попытки создать формулы для расчета допустимой минерализации воды. Необходимость в них диктуется стремлением унифицировать обширный экспериментальный материал, приложимость выводов из которого из-за многообразия почвенно-мелиоративных условий и различий в химизме вод имеет узко региональный характер.

Определение необходимых для оценки минерализованных вод параметров, в том числе предельно допустимой минерализации, опытным путем для конкретных условий сложно и трудоемко, а получаемые при этом результаты зависят от климатических, агротехнических и прочих условий. Рациональнее на основании теоретических положений или специально поставленных экспериментов вывести формулы, позволяющие рассчитывать эти показатели.

Формул для оценки поливных вод предложено несколько, но все они страдают односторонностью. Так, формула Израэльсена (1956) построена только на учете степени минерализации воды и рассчитана на бездренажные условия. В формулах Стеблера (Владыченский, 1960) химизм воды отчасти нашел отражение, но в них учитывается только токсичность солей натрия. Принятое соотношение величин этой токсичности требует проверки применительно к карбонатным и гипсованным почвам.

Формулы Стеблера и Израэльсена не учитывают почвенные и мелиоративные условия орошаемой территории. Чтобы исправить

это положение, Б. В. Федоров (1947) ввел в свою формулу показатель полевой влагоемкости, отражающий особенности типа почвы и ее механический состав. Однако такие важные показатели, как степень дренажированности почвы и характер орошения, не нашли отражение в формуле.

Расчетный путь определения величин допустимой минерализации поливной воды предложен Н. Г. Милашиной (1970), которая использовала для этой цели уравнение солевого баланса в почвенных растворах. В формуле учтены влажность почвы и поступление солей с оросительной и грунтовой водой при непромывном режиме орошения и выведена зависимость допустимой минерализации поливной воды от глубины грунтовых вод и дренажированности территории. Полученная расчетным путем предельно допустимая минерализация близка к экспериментальной.

Дансен (по Бехбутову и Сейидову, 1979) предложил оценивать поливные воды по величине потенциальной солености, представляющей собой сумму концентраций $Cl + 1/2SO_4$. Она зависит от водопроницаемости почв. Однако положение автора о токсичности лишь половины сульфатов можно принять, скорее, как частный случай, а не как правило. Кроме того, предлагаемые градации вод по этому показателю занижены, в результате чего некоторые воды, вполне пригодные для орошения, попадают в категорию плохих (Еременко и др., 1968).

Если процесс соленакопления при орошении минерализованными водами можно описать одной формулой (Аверьянов, 1978), то единые градации оценки вод по опасности осолонцовывания и стилизации из-за разнообразия природных условий создать, видимо, нельзя. Эти градации всегда будут иметь региональный характер. Для каждого региона необходима специальная оценочная шкала, учитывающая специфику его природно-хозяйственной обстановки и особенности химизма вод.

Другой специфический почвенный процесс, протекающий при орошении минерализованными водами, — солонцеватость. Он возникает реже, чем засоление, и обусловлен поступлением в почвенный поглощающий комплекс натрия, приносимого с поливной водой.

Реакции обмена между натрием почвенного раствора и кальцием поглощающего комплекса изучали К. К. Гедройц (1928), Е. Н. Гапон (1933), И. Н. Антипов-Каратаев (1939, 1947), Б. П. Никольский (1940), Н. И. Горбунов (1948). Они разработали основные положения катионного обмена в почвах, выявили его закономерности, вывели формулы обменного процесса. Найденные опытным путем константы обмена оказались применимыми в природной обстановке.

Большее распространение получила формула Гапона. Ее использовали сотрудники Лаборатории засоленных почв США при выведении коэффициента потенциального ~~катионного~~ содержания натрия, являющегося одним из основных показателей агрохимической клас-

сификации поливной воды (Richards, 1954). Этот коэффициент хорошо теоретически обоснован, но имеет существенный недостаток: он учитывает противодействие солонцовому процессу лишь кальция воды, и, следовательно, верен только при орошении почв, лишенных растворимых соединений кальция. Для почв, располагающих большими резервами этих соединений, показатель SAR будет давать искаженные (преимущественно завышенные) результаты. Для таких почв, а к ним относятся все почвы Средней Азии, следует выводить свои критерии прогнозирования солонцеватости.

В нашей стране пользуются коэффициентом потенциального поглощения натрия (Усманов, 1968; Угланов, 1976; Рабочев, 1981). При прогнозе солонцового процесса чаще учитывают соотношение натрия и кальция в растворе (Лобанова, 1955; Антипов-Каратаев и Кадер, 1959). То соотношение, при котором начинается осолонцовывание почвы, названо «критическим». Такой подход использован и для оценки поливных вод (Буданов, 1956, 1965; Ковалев, 1958; Можейко и Воротник, 1958; Антипов-Каратаев и Кадер, 1959, 1961).

Для оценки натриевых вод И. Н. Антипов-Каратаев и Г. М. Кадер (1959) поставили лабораторные опыты с искусственными смесями хлоридных солей, на основании которых выведена зависимость «критической» концентрации натрия и минерализации, а также дан эмпирический коэффициент для расчета этой концентрации. Им обычно пользуются при оценке поливной воды (Еременко и др., 1968). Однако предложенный коэффициент вряд ли универсален, так как он выведен для солевой системы $\text{NaCl} + \text{CaCl}_2$. Кроме того, опыты по изучению обменных процессов и влиянию натриевых минерализованных вод на развитие солонцеватости проводились в основном с бескарбонатными почвами. Результаты этих опытов нельзя использовать для условий Средней Азии, почвы которой отличаются высокой карбонатностью, а часто и гипсоносностью, а дренажные воды — повышенной сульфатностью.

Аналогичная работа проделана для содовых вод (Антипов-Каратаев и Кадер, 1961). Зависимость содержания обменного натрия от минерализации оросительной воды оказалась более сложной. Авторы приводят эмпирическую формулу, пригодность которой для карбонатных почв Узбекистана никто не проверял.

«Критические» соотношения солей натрия и кальция в воде на основании полевых опытов разработаны лишь для территории Украины. По данным М. В. Буданова (1956), солонцеватость в бескарбонатных черноземах Донбасса, поливавшихся шахтными водами, возникала при соотношении $\text{Ca}:\text{Na}=1:2,2$, а при $\text{Ca}:\text{Na}=1:4,4$ развивался солонец. Неосолонцевывающими были лишь равные концентрации натрия и кальция.

На каштановых почвах Украины в случае 2—4-кратного преобладания натрия над кальцием наблюдалась слабая и, реже, средняя солонцеватость, а при больших количествах натрия она

становилась сильной (Буданов, 1956; Баер, Лютаев, 1981). Опыты показали, что солонцовый процесс не развивался при содержании натрия менее 66% от суммы катионов (Буданов, 1965; Болдырев, 1981). Много внимания уделялось борьбе с солонцовым процессом, ибо на юге Украины при орошении минерализованными водами часто отмечается осолонцовывание почв. Против солонцеватости предлагается гипсование почв (Чепилевская, 1975). Гипс может быть заменен глиногипсом (Пищейко, 1975). Определенные нормы гипсования проводилось и в Донецкой области (Ренетун, 1975). Установлено, что в черноземах и каштановых почвах, лишенных запасов кальциевых солей, существует тенденция к замещению кальция на натрий даже при узких отношениях этих катионов. Гипс рекомендуется вносить в профилактических целях. Осолонцовывание почв при поливах слабоминерализованными шахтными и оросительными водами было отмечено и в других опытах (Можейко, Воротник, 1958; Воротник, 1965; Корж, 1967; Красутская, 1968, 1981; Болдырев, 1979, 1981).

Для почв Средней Азии вопрос об осолонцовывании солями натрия до недавних пор не был практически решен, так как долгое время ставилась под сомнение возможность возникновения солонцеватости в зоне карбонатных почв (Димо, 1925). Да и сейчас некоторые исследователи считают, что обогащенность почв Средней Азии кальцием почти исключает опасность их осолонцовывания (Минашина, 1971).

Развитие природной солонцеватости по географическим зонам различно (Виленский, 1954). Впервые солонцы проявляются в черноземной зоне, а максимального развития достигают в каштановой и бурой. В сероземном поясе Средней Азии типичных структурных солонцов практически нет, но здесь наблюдается выраженная в той или иной степени солонцеватость. Она обнаружена в Голодной степи (Козлов, 1932; Пудовкин, Сучков, 1939; Панков, 1956; Федорова, 1957), Ферганской долине (Розов, 1928, 1934; Горбунов, 1957), Дальверзинской степи (Кудрин и Розанов, 1935), в западной части Нуратинской долины (Бабаходжаев, 1961). Содовые солонцы описаны в Джизакской степи (Масленников, 1971) и на подгорной покатости Каратау (Калинин, 1969). Все отмеченные случаи проявления солонцеватости приурочены к поясу светлых сероземов. В почвах, расположенных выше в пределах вертикальной поясности, ее, видимо, нет.

Солонцы сероземного пояса отличаются от солонцов северных районов более высоким содержанием поглощенного натрия ($>30\%$) и отсутствием иллювиальных гумусовых горизонтов (Почвы УзССР, 1949). Они характеризуются большей плотностью, трещиноватостью и глыбистостью (Козлов, 1932; Кудрин и Розанов, 1935). Солонцовый процесс в них сочетается с солончаковым. В пустынной зоне Средней Азии солонцеватость встречается чаще. Солонцеватыми могут быть все почвы зоны, кроме пустынных песчаных, но изучены они недостаточно (Лобова, 1960; Кимберг, 1973).

Возможность возникновения солонцеватости в карбонатных почвах Средней Азии доказана. Основное условие — преобладание в почвенном растворе солей натрия над солями кальция и магния. Оно может возникнуть, в частности, при орошении почв с малым количеством кальция водами с высоким содержанием натрия.

До настоящего времени использовали преимущественно воды горизонтального дренажа, в большинстве своем содержащие гипс. Часто он находился и в орошаемой почве. Естественно, что в этих условиях солонцеватость не возникала. Подземные воды, которые все более широко применяются, имеют разнообразный химический состав, что делает реальной возможность проявления солонцового процесса. Практика их использования подтвердила это. Зафиксировано возникновение солонцеватости при орошении подземными водами в Хорезме (Фимкин, Махно, 1974), Бухарской области (Свищарев, Бурцева, 1964), низовьях Сырдарьи (Кириллов, 1961). Во всех случаях осолонцовыванию подвергались почвы пустынной зоны. И всегда в поливных водах доминировали соли натрия. Влияние таких вод на карбонатные почвы изучено слабо.

Я. А. Ковалев (1963), осуществивший лабораторные исследования, пришел к выводу, что CaCO_3 может подавить солонцовый процесс лишь при концентрации солей натрия до 0,25 г/л. В его опытах энергия солонцового процесса возрастала от хлорида к сульфату и далее к бикарбонату натрия, что автор связывает с реактивностью продуктов обмена. Установленные «критические» отношения натрия и кальция зависели от концентрации солей натрия. С повышением содержания натрия в растворе «критическое» отношение его к кальцию становилось уже. Это положение отметили также Т. А. Лобанова (1955), И. Н. Антипов-Каратаев и Г. Н. Кадер (1959).

Возникновение солонцеватости при воздействии на карбонатные почвы натриевых вод продемонстрировано в лабораторных опытах. Полученные данные трудно применить для прогнозирования обменных процессов в природных условиях. В производственных посевах хлопчатника отношение воды и почвы уже, чем в лабораторных экспериментах, а, следовательно, промывной режим значительно слабее. В результате происходит соленаккумуляция.

Изменение водного режима при поливах должно сказаться на течении обменных процессов. Поэтому нужно изучать этот вопрос в условиях, приближенных к существующим в почвах под посевами хлопчатника. Для этой цели более подходят вегетационные опыты, которые мы осуществили в сосудах Вагнера и Митчерлиха (Глухова, 1977).

В этих опытах было оценено осолонцовывающее влияние различных солей натрия, выявлена «защитная» роль гипса в обменных процессах, определены «критические» соотношения натрия и кальция, минимальные концентрации гипса, сдерживающие осо-

лонцовывание почв, при разном химизме поливной воды. Эти исследования вскрыли особенности солонцового процесса в карбонатных почвах и позволили вывести показатель оценки «солонцовой» опасности для почв Средней Азии (Глухова, 1971).

В последнее время в исследованиях, проводимых СоюзНИХИ и СНИИРИ, наметился сдвиг в сторону изучения изменений, происходящих в почве при орошении минерализованной водой. Г. Юлдашев (1978) изучал изменения химических и физико-химических свойств луговых почв Ферганской долины и лугово-сероземных почв Голодной степи при поливах дренажными водами. Опыты проводились в зонах гипсоаккумуляции. При этом отмечено заметное вымывание гипса на фоне накопления легкорастворимых солей (Беседин, Юлдашев, 1978), что установлено и нашими исследованиями. В почвах с невысоким содержанием гипса оно заметно не изменялось (Беспалов, 1978).

Необходимо указать и на выщелачивание карбонатов, особенно карбоната магния. Как и следовало ожидать, прогноз Г. Юлдашева (1978) о развитии солонцеватости в изучавшихся им почвах не подтвердился (Беседин, Юлдашев, 1978). С увеличением давности орошения содержание поглощенного натрия стабилизировалось, приближаясь к 5% от емкости обмена. В гипсоносных почвах при слабом засолении не может быть значительного количества обменного натрия. Это поглощение вытекает из теории обменных процессов (Гедройц, 1928). Однако некоторое увеличение емкости обмена в основном за счет поглощенного магния происходит при длительном орошении слабominерализованной водой (Беспалов, 1978).

Влияние магния на химические и физические свойства почвы изучено слабее, чем влияние натрия. Многие исследователи отмечают довольно высокое содержание поглощенного магния в солонцах черноземной и каштановой зон (Буйлов, 1955; Гришин, Ломако, 1972). Большая слитость, плохая водопроницаемость, вязкость во влажном состоянии, свойственные почвам с повышенным содержанием поглощенного магния, дали основание некоторым авторам говорить о магниевой солонцеватости почв (Брешковский, 1937; Соколов, 1963). Изучение влияния различного количества поглощенного магния на свойства почв дало противоречивые результаты, что, видимо, связано с различной подготовкой образцов (Сушко, 1933, 1934; Шаврыгин, 1935; Усов, 1936). Отмечалась или слабая диспергирующая роль поглощенного магния, или отсутствие ее (Антипов-Каратаев и др., 1935; Шаврыгин, 1936). Многие исследователи пришли к выводу о двойном действии этого катиона, выступающего как диспергатор при замещении кальция в несолонцеватых почвах и как коагулятор — при вытеснении натрия из солонцеватых почв (Усов, 1936; Брешковский, 1937).

Однако признаки солонцеватости, вызванные поглощенным магнием, были все же выражены слабее, чем при действии погло-

щенного натрия (Шаврыгин, 1935). Роль магния в солонцовом процессе не выяснена. Одни исследователи считают, что он усиливает солонцовые свойства почвы (Антипов-Каратаев и др., 1935; Усов, 1936), другие отрицают такое влияние (Панин, Аристархов, 1962).

В полевых описаниях почв с высоким содержанием поглощенного магния отмечались сильная уплотненность, трещиноватость и глыбистость (Гришин, 1959; Лобова, 1960; Буйлов, 1965). Это объясняют цементацией, связанной с действием поглощенного магния и образованием вторичных минералов (Брешковский, 1937; Соколов, 1963; Гришин, Ломако, 1972), а также осолодением солонцеватых почв, диспергация в которых была осуществлена поглощенным натрием, вытесненным магнием (Прасолов, Антипов-Каратаев, 1930). Эти почвы стали называть «малонатриевыми» солонцами (Кожевников, 1972). Генезис уплотненных горизонтов в них еще не ясен.

Значительное повышение содержания поглощенного магния наблюдалось в обыкновенном черноземе при поливах шахтными сульфатно-магниевыми водами, которые привели к слитости и глыбистости почвенного профиля. Этот процесс был назван магниевым осолонцовыванием почвы (Бойко, 1981).

Процесс замещения поглощенных катионов на магниевый активен и в карбонатных почвах. Источником магния в этом процессе может быть карбонат или сульфат (Гедройц, 1955; Кугучков, 1957). Повышенное содержание поглощенного магния в карбонатных почвах часто связывают с процессом соленакопления (Кудрин и Розанов, 1938). Эти почвы обладают большой слитостью и плотностью (Кугучков, 1953; Узakov, 1963).

Влияние вод с высоким содержанием магния на почвы изучено очень слабо. Szabolch, Darab (по Ковде, 1968) считают концентрацию магния одним из важнейших критериев при оценке воды. В качестве показателя они предлагают отношение содержания магния в воде к сумме щелочноземельных катионов. Если это отношение выше 50%, то воды оказывают вредное действие на почвы. Аналогичное соотношение магния и кальция принято Т. К. Воронниковом (1965) в классификации оросительных вод Украины. Влияние орошения магниевыми водами на карбонатные почвы не исследовалось.

Из приведенного обзора видно, что влияние солей натрия и, особенно, магния на карбонатные почвы Средней Азии изучено очень слабо, а систематическое использование повышенных норм минерализованных дренажных и подземных вод, в которых данные соли преобладают, диктует необходимость усиления исследований в этом направлении.

Проявление при орошении минерализованными водами такого отрицательного явления, как засоление, требует разработки приемов по его ослаблению. Активное воздействие на процесс соленакопления при поливах этими водами может оказать промывной

режим орошения (Ковда, 1961), который возможен лишь на фоне хорошо работающего дренажа.

Влияние дренажа на соленакопление при поливах минерализованными водами хорошо прослеживается по данным Г. И. Рабочева и М. Оразгельдыева (1978). При промывках водой с 5–6 г/л солей в слабодренированных условиях происходила активная аккумуляция токсичных соединений, а при поливах водой с содержанием 6–7 г/л на фоне вертикального дренажа — рассоление почв.

Интенсивность промывного режима зависит от водопроницаемости почв и дренированности (Ковда, 1968). Промывной характер орошения, когда достигается исходная концентрация почвенного раствора, возможен только на песках и супесях при больших нормах. В суглинистых почвах нельзя обеспечить полное удаление солей при каждом поливе (Мишина, 1970). Действительно, промывной режим орошения, практикуемый в производственных условиях, приводит лишь к частичному удалению солей, что обычно достаточно для получения 25–35 ц/га хлопка.

Поэтому проводить аналогию между концентрацией почвенного раствора и допустимой минерализацией поливной воды можно только для песков. В остальных случаях содержание солей в воде должно быть ниже предельной концентрации их в почвенных растворах.

При поливах минерализованными водами степень обновления почвенного раствора за счет поливных вод зависит от фильтрационных свойств почвы, физико-химических реакций и повторной миграции солей из нижележащих слоев и грунтовых вод (Ковда, 1968). Интенсивность промывного режима должна определяться минерализацией поливной воды (Ковда, 1961). Таким образом, существует взаимосвязь между минерализацией воды и поливным режимом почвы. Эта взаимосвязь требует тщательного изучения.

Установлено, что для успешного использования минерализованных вод необходимо усилить отток солей. Это можно осуществить проведением промывных поливов. По промывкам засоленных почв существует обширная литература, освещающая как теоретические вопросы, так и экспериментальные данные (Ковда, 1946, 1947; Волобуев, 1948; Легостаев, 1951; Розов, 1956 и др.). Разработаны принципы и способы промывок, предложены формулы расчета промывных норм, даны рекомендации по промывке отдельных регионов. Очень хорошо изучена солесодатча почвогрунтов (Панин, 1968).

Вся экспериментальная проработка проводилась с использованием пресной воды. Вопросом о возможности замены ее минерализованной занимались Л. П. Розов (1931) и Б. В. Федоров (1947), но реальная необходимость в такой замене появилась лишь недавно в связи с острым водным дефицитом.

Минерализованную воду рекомендуют в первую очередь ис-

пользовать для промывки солончаков (Коньков, 1948; Легостаев, 1961). Высокое содержание в них солей делает рациональной подачу на промывку соленых вод.

Б. В. Федоров (1947), проведя рекогносцировочный опыт по промывке солончаков минерализованной водой, продемонстрировал большую промывную способность ее. Позднее опыты с большим набором вариантов были поставлены Л. П. Розовым (1931).

Допустимые пределы минерализации промывной воды для почв разного химизма не изучались. В некоторых опытах пользовались сильноминерализованными (12—18 г/л) водами (Федоров, 1947; Кравчук, 1971; Рабочев и др., 1973). Такие воды, видимо, пригодны для промывки только солончаков. При этом достигается определенный промывной эффект, но почвы все же остаются засоленными, причем тем сильнее, чем выше содержание солей в воде.

В связи со строительством вертикального дренажа стали изучать возможность использования откачиваемых вод на промывку засоленных земель (Рабочев, 1968; Панкратов и др., 1969; Бодрухина, 1976). Большинство опытов было проведено с водами, содержащими 6—10 г/л солей. Оказалось, что эти воды применимы для промывки преимущественно средне- и сильнозасоленных почв, так как при слабом засолении обычно не дают нужного опреснения (Панкратов и др., 1969; Решеткина и др., 1972).

Для промывки слабозасоленных почв, видимо, пригодны воды с минерализацией до 6 г/л. Об этом свидетельствует 4-летний опыт по использованию воды с 5,6 г/л солей для промывных поливов в Голодной степи (Киселева, Мирхаликов, 1969), а также практика применения для тех же целей вод с 4—5 г/л в Хорезмском оазисе. Промывка слабоминерализованными водами дает хороший промывной эффект (Калашников, 1961).

Согласно рекомендациям СоюзНИХИ, для промывки засоленных почв можно использовать воды с минерализацией до 6 г/л. Общая промывная норма при этом увеличивается на 35—40% (Беспалов, 1978). Однако опыт В. А. Молодцова (1978) по промывке засоленных почв показал, что для этой цели можно использовать лишь воды с минерализацией до 3—4 г/л при хлоридно-сульфатном типе ее. Таким образом, в вопросе о допустимой величине минерализации промывной воды нет ясности.

Еще слабее проработан вопрос о предельных концентрациях отдельных компонентов засоления, в частности хлора. В. Н. Кравчук (1971) считает, что морские воды, используемые для промывки супесчаных почв, должны содержать менее 1 г/л хлора. Более низкую его концентрацию называет Н. Ф. Беспалов (1978 а).

Иногда летние промывки засоленных земель дренажной водой совмещают с посевом риса, используя для этого преимущественно воды, содержащие 1,5—4 г/л солей (Муслимов, 1960; Калашников, 1961; Мирхаликов, 1968). Поливы риса водами с 4—6 г/л приводили к гибели посевов или снижали урожай на 40—50%

(Рабочев и др., 1973). Однако в опыте, проведенном в низовьях Сырдарьи, поливы риса водой с минерализацией 2,5—3 г/л снизили урожай на 50%, а засоление при этом повысилось в 2—2,5 раза (Розу, Токарева, 1976). Следовательно, вопрос о допустимой концентрации солей в воде при совмещении посевов риса с летней промывкой требует дальнейших исследований.

Из сказанного выше ясно, что данных о промывках засоленных почв минерализованными водами мало. Используя для поливов и промывок минерализованные воды, человек активно вмешивается в естественный геохимический процесс миграции и дифференциации солей. Создание дренажа диктуется необходимостью отвода солей с определенной территории. Включение дренажных вод в ирригацию ведет к пространственному перераспределению солевого стока и сосредоточению солей, сносимых с дренируемых земель, на орошаемых этими водами массивах. Орошение минерализованными подземными водами вызовет подъем со значительных глубин на земную поверхность солей, временно выведенных из активного солеобмена. Перераспределение солей в этом случае будет происходить в основном в вертикальном направлении. При неумеренном, без учета почвенно-мелиоративных условий использования минерализованных вод может измениться направление солевого процесса. Наиболее опасен замкнутый солевой баланс.

Следует отметить, что анализ солевого баланса почв как метод оценки процесса солеаккумуляции широко применяется в мелиоративном почвоведении (Ковда, 1946; Розов, 1956). Он позволяет получить четкое представление о направленности данного процесса и путях его регулирования. Этот метод очень полезен и при анализе влияния орошения минерализованными водами на солевую обстановку в почвах. Однако работ в этом направлении еще мало (Минашина, 1970).

При использовании вод повышенной минерализации составление солевого баланса, видимо, станет обязательным звеном в оценке допустимости и перспективности орошения этими водами. А пока приходится констатировать, что солевой баланс почв, орошаемых минерализованной водой, изучен слабо, а способы его регулирования не отработаны. Необходимость в усилении исследований в указанном направлении очевидна, ибо с каждым годом увеличиваются площади земель, орошаемых водами повышенной минерализации.

Морские воды — разновидность минерализованных вод. Моря являются конечным пунктом транзита солей, и воды их обычно сильноминерализованы. Использование морских вод имеет локальный характер (Тагаев, 1972). Практическую значимость могут иметь опресненные речным стоком прибрежные воды. Так, нашли применение воды Балтийского моря и Таганрогского залива (Швейкина, 1971; Пищейко, 1975; Айдаров и др., 1976). Особенностью морских, даже опресненных, вод является повышенная хлорид-

ность (Кравчук, 1971). Если при орошении дренажными водами происходит перераспределение солей, уже имеющихся в почвенно-грунтовой толще, то при поливах морскими — дополнительный привнос солей и тем больший, чем выше их минерализация. Отсюда следует, что орошение морскими водами наиболее сильно влияет на солевой баланс орошаемой территории. Поэтому изменять их следует локально.

Итак, установлены возможность использования минерализованных вод на орошение и необходимость разработки региональных систем показателей для оценки этих вод.

Анализ источников литературы вскрыл крайне слабую изученность почвенных процессов, протекающих при орошении минерализованными водами. Опыты с этими водами имели преимущественно гидротехнический или агротехнический характер. Они продолжались не более 3 лет, чего недостаточно для стабилизации возникших в почве изменений (Минашина, 1970).

Наиболее распространенным и мобильным процессом в этих условиях является засоление почв, которое изучено весьма односторонне и крайне недостаточно. Относительно хорошо обоснована лишь зависимость засоления от минерализации поливной воды. Влияние на него отдельных солей, их передвижение, трансформация и аккумуляция в зависимости от химизма воды и почвы, дренированности территории и режима орошения освещены слабо.

Еще слабее изучена для условий Средней Азии возможность возникновения солонцеватости почв при орошении минерализованными водами и влияние на почвенные процессы солей магния.

Мы поставили перед собой задачу — осветить процессы, протекающие в почвах при длительном орошении их минерализованными водами, и уточнить ранее опубликованную (Глухова, 1977) шкалу поливных вод.

ВЛИЯНИЕ ДЛИТЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ ДРЕНАЖНЫМИ ВОДАМИ НА ПОЧВЫ

Поливная вода должна быть безвредной для орошаемых культур и почв в течение длительного времени. Если несмотря на принятые меры, появляется засоление или солонцеватость, вода непригодна для поливов. В США и Индии зарегистрированы случаи нарастающего снижения почвенного плодородия при продолжительном использовании очень слабоминерализованных щелочных вод (Ковда, 1971). Эти воды, пригодные для поливов по степени минерализации, оказались непригодными по химизму, что выяснилось лишь после нескольких лет орошения. Выработывая показатели для оценки воды, нужно опираться на данные многолетних опытов и наблюдений.

Сведения об очень длительном орошении солеными водами имеются для Северной Африки (Ковда, 1960). В Тунисе воды с минерализацией 3 г/л успешно используются для полива 60 лет (Нестерова, 1972). В течение 40 лет слабоминерализованной сульфатной кальциево-натриевой водой орошали черноземы Донбасса (Буданов, 1956).

Многолетние опыты (2—4 года) с орошением дренажными водами проведены в Узбекистане (Легостаев, 1961; Мирхаликов, 1968; Решеткина и др., 1972). Опыт Г. А. Ибрагимова (1973), продолжавшийся 12 лет, показал, что воды с нейтральным характером засоления и содержанием солей 4—6 г/л можно продолжать время применять для орошения хлопчатника.

В последнее время высказываются опасения, что при недостаточной продолжительности опытов могут оказаться завышенными показатели предельной минерализации поливной воды (Минашина, 1972). Часть солей, приносимых с поливной водой, как показали наши опыты, поглощается почвой и хлопчатником (Глухова, 1977). Токсическое действие соленых вод начинает проявляться на 2—4-й год. Следовательно, в выводах желательно опираться на данные, полученные в результате более продолжительных экспериментов. Мы старались подобрать такие опытные участки, чтобы поливы дренажными водами на них велись длительное время. Особенности почвенных процессов при орошении минерализованными водами изучали в производственных условиях в Сырдарьинской и Бухарской областях.

Влияние слабоминерализованных вод на луговые почвы пояса светлых сероземов

Опыты проводили в Голодной степи в пределах Шурузьякского понижения, которое в течение длительного времени было местом разгрузки водно-солевого потока с окружающих территорий (Решеткина, 1960; Ходжибаев, Алимов, 1966). Естественный отток грунтовых вод из понижения отсутствует, и дренирование почвогрунтов осуществляется горизонтальными открытым дренажом в сочетании с вертикальным. Несмотря на это, грунтовые воды в вегетационный период здесь залегают на глубине 1,5—2,5 м.

Шурузьякское понижение — зона естественного засоления. Все почвогрунты здесь засолены (Паиков, 1956). Хотя эта территория под влиянием меллораций постепенно рассоляется (Михельсон, Поляков, 1960), почвы остаются засоленными. Освоенные земли в большинстве своем слабозасоленные. Их относительно благополучное состояние поддерживается систематическими промывками на фоне дренажа.

Почвы на освоенной территории засоленные луговые. Об их гидроморфном происхождении свидетельствует загниванность всего профиля и оглеение на глубине 2 м. Снижение уровня грунтовых вод под действием вертикального дренажа до 2—2,5 м, постепенное вымывание из почв гипса и карбонатов дают основание говорить об ослаблении гидроморфного процесса. Однако мы считаем, что эти почвы пока относятся к луговым.

Влияние орошения дренажными водами на эти почвы изучали в 1976—1977 гг. в двух производственных опытах.

Первый опыт проведен в совхозе им. 50-летия УзССР и состоял из двух вариантов:

1-й вариант (контроль) — поливы оросительной водой из Кировского магистрального канала (КМК);

2-й вариант — поливы дренажной водой из коллектора Шурузьяк. Продолжительность орошения ко времени проведения опыта составляла 26 лет. На этом поле в течение 20 лет беспрерывно возделывался хлопчатник. Оросительная норма в 1976 г. была равна 4,8 тыс. м³/га, в 1977—5,3. Режим орошения промывной. Общая площадь в 1-м варианте составляла 18,1 га, в том числе учетная — 5 га, во 2-м — соответственно 30 и 5,3 га. На учетной площади мы проводили все наблюдения и исследования. Каждый вариант занимал поливную карту. С одной из ее сторон проходил картовый ороситель, с противоположной — дрена, впадавший в коллектор Шурузьяк, который ограничивал участок с третьей стороны.

Почвы луговые слабозасоленные, гипсоносные, почвогрунты — тяжелые и средние суглинки на легкосуглинистых отложениях. О механическом составе опытного участка можно судить по данным табл. 1. В контрольном варианте почва более легкая, в основном за счет несколько большего содержания крупной пыли и

мелкого песка. Почва опытного варианта представлена суглинком, очень близким к тяжелому. Некоторое утяжеление механи-

Таблица 1

Механический состав почв опытно-производственного участка

Глуб. на, см	Масса фракций, %						
	>0,25	0,25—0,1	0,1—0,05	0,05—0,01	0,01—0,005	0,005—0,001	<0,001
Орошение водой Кировского канала							
0—20	0,7	0,1	10,6	48,4	12,8	12,5	14,6
20—40	0,5	0,3	14,1	43,9	13,4	13,0	14,8
40—60	0,9	0,5	13,9	45,1	12,6	13,9	13,1
60—100	6,0	7,4	20,2	35,5	9,1	11,7	10,1
Орошение водой коллектора Шурузьяк							
0—25	1,3	0,4	6,8	47,5	13,1	14,6	16,3
25—40	1,4	0,3	9,4	45,1	15,3	13,9	14,6
40—55	4,0	1,7	13,8	45,1	12,8	12,6	10,0
55—80	13,5	6,6	23,0	30,4	9,9	8,5	8,1
80—107	7,3	4,1	15,0	47,1	7,4	10,6	8,5
107—150	7,0	1,0	13,6	51,1	9,7	7,6	10,0

Таблица 2

Содержание солей в поливных водах Шурузьякского опытно-производственного участка в вегетационный период, г/л

Год	Месяц	Сухой остаток	Щелочность		Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺
			CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻						
Дренажная вода										
1964	Август	3,204	0,042	0,289	0,527	1,452	0,250	0,146	0,533	0,009
1965	Июнь	3,184	0,036	0,207	0,414	1,456	0,160	0,146	0,250	0,014
	Июль	3,320	0,030	0,220	0,479	1,551	0,260	0,158	0,558	0,010
	Август	3,281	0,030	0,250	0,479	1,551	0,260	0,157	0,568	0,009
1966	Июль	3,160	Нет	0,201	0,497	1,390	0,261	0,171	0,410	Нет
	Август	3,310	-	0,195	0,104	1,423	0,240	0,183	0,525	0,009
1976	Июнь	2,950	-	0,195	0,456	1,300	0,230	0,128	0,460	0,009
	Июль	3,008	-	0,210	0,599	1,558	0,324	0,163	0,700	0,010
	Август	3,516	-	0,203	0,500	1,542	0,299	0,175	0,600	0,009
1977	Июнь	2,950	Следы	0,189	0,483	1,300	0,259	0,122	0,470	0,010
	Июль	3,090	Нет	0,260	0,455	1,332	0,270	0,140	0,456	0,013
	Август	2,700	-	0,277	0,448	1,218	0,230	0,128	0,470	0,009
Оросительная вода										
1965	Среднее	1,231	0,016	0,210	0,138	0,569	0,120	0,075	0,148	0,007
1966	-	0,720	Нет	0,134	0,071	0,354	0,084	0,059	0,058	Нет
1976	-	1,196	-	0,173	0,120	0,584	0,148	0,090	0,180	0,009
1977	-	1,036	-	0,163	0,098	0,459	0,118	0,057	0,112	0,009

ческого состава верхнего горизонта, возможно, связано с длительным орошением минерализованной водой. Тенденция к увели-

чению выхода илистых частиц отмечена нами в вегетационных опытах (Глухова, 1977).

Оросительная вода Кировского канала в поливной период содержала 1,0—1,2 г/л солей, в том числе 0,10—0,14 г/л хлора (табл. 2). В зимние месяцы минерализация возрастала до 1,8 г/л. Вода, поступающая в Голодную степь из Сырдарьи, слабоминерализованная. В ней сульфаты доминируют над бикарбонатами. Содержание кальция, магния и натрия примерно одинаково. В дренажной воде минерализация выше (табл. 2). В период с 1971 по 1976 г. она колебалась от 2,0—до 3,6 г/л. Прослеживается четкая обратная зависимость степени минерализации от рас-

Таблица 3

Солевой состав дренажных вод, мг-экв/л

Дата	Минерализация, г/л	Cl ⁻	Na ⁺	Mg ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Состав солей				NaCl
		SO ₄	Ca ⁺⁺	Ca ⁺⁺	Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺	Ca (HCO ₃) ₂	CaSO ₄	MgSO ₄	Na ₂ SO ₄	
Участок № 1 (коллектор Шурузик)										
VII 1976 г.	3,608	0,52	1,88	0,83	0,45	3,44	12,73	13,41	6,31	16,87
VIII 1976 г.	3,516	0,44	1,97	0,97	0,49	3,33	11,44	14,39	6,29	14,09
VI 1977 г.	2,950	0,49	1,55	0,82	0,44	3,19	9,78	10,52	6,74	13,22
VII 1977 г.	3,090	0,46	1,37	0,80	0,44	4,29	10,18	11,50	6,02	12,83
VIII 1977 г.	2,906	0,50	2,07	0,96	0,49	3,59	7,39	10,52	7,82	12,63
Участок № 2 (коллектор Кендык)										
VII 1976 г.	1,938	0,19	0,63	0,87	0,46	3,00	7,78	9,37	4,93	4,31
VIII 1976 г.	2,868	0,19	0,82	0,92	0,48	2,39	12,61	14,57	3,42	5,87
VI 1977 г.	2,570	0,20	0,82	0,65	0,49	4,10	11,36	10,02	8,21	5,32
VII 1977 г.	2,740	0,19	0,72	0,69	0,41	3,78	12,18	11,01	6,07	5,52
VIII 1977 г.	3,040	0,27	1,77	1,14	0,53	3,29	9,79	13,07	9,48	8,88

хода воды в коллекторе. Особенно высоким было содержание в ней солей в 1974—1975 гг., отличавшихся сильным маловодьем. В шурузикской воде сульфаты преобладают над хлоридами (табл. 3). Среди сернокислых солей значительна доля сульфата магния. В дренажной воде много гипса и, особенно, хлорида натрия. Тип ее минерализации может быть определен как хлоридно-сульфатный магниевно-натриевый. Отношение натрия к кальцию узкое (1—2), а магния к сумме щелочноземельных катионов — около 0,5 (табл. 3). Солевая система в воде Шурузика представлена в основном 5 солями, среди которых по содержанию первое место занимает хлорид натрия.

Таким образом, особенностью шурузикской воды является относительно высокая концентрация хлора при сравнительно небольшой минерализации. Орошение такой водой должно было, согласно нашим предыдущим исследованиям (Глухова, 1977),

привести к слабому засолению почвы при сульфатном характере соленакпления с повышенным содержанием хлоридов.

Таблица 4

Механический состав почв, поливавшихся из коллектора Кендык в течение 10 и 20 лет

Глубина, см	Масса фракции, %							
	>0,25	0,25—0,1	0,1—0,05	0,05—0,01	0,01—0,005	0,005—0,001	<0,001	<0,01
10 лет орошения								
0—20	0,3	0,3	8,3	47,3	10,5	17,7	15,6	43,8
20—40	0,4	0,2	10,1	45,9	9,8	21,1	12,5	43,4
40—60	1,9	2,0	11,9	42,9	9,7	20,5	11,1	41,3
60—100	0,1	0,2	13,3	47,3	9,8	14,1	15,2	39,1
100—150	0,1	0,2	13,5	49,2	12,3	12,0	12,7	37,0
150—200	0,1	0,1	16,4	50,3	11,2	10,9	11,0	33,1
200—250	0,3	0,2	17,1	47,7	12,3	11,1	11,3	34,7
250—300	1,2	0,3	18,7	46,1	13,0	9,2	11,5	33,7
20 лет орошения								
0—20	1,0	0,5	9,8	45,9	15,3	14,8	12,7	42,8
20—42	0,9	0,7	7,2	39,7	21,4	14,9	15,2	51,5
42—50	1,1	0,7	15,0	30,5	16,0	18,7	18,0	52,7
50—60	3,0	4,7	13,7	40,3	10,0	16,7	11,6	38,3
60—84	1,5	5,7	25,7	26,7	6,6	10,7	13,7	31,0
84—45	0,2	0,2	12,3	51,1	9,9	11,1	13,2	31,2
145—170	0,2	0,3	13,5	54,8	11,9	8,6	10,7	31,2

Второй опытно-производственный участок находился в совхозе «Социализм». Опыт состоял из двух вариантов с различной про-

Таблица 5

Состав вод коллектора Кендык

Год	Месяц	Сухой остаток	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺
1976	Июль	1,968	0,183	0,153	1,060	0,216	0,114	0,168
	Август	2,868	0,207	0,203	1,469	0,320	0,176	0,300
1977	Июнь	2,150	0,217	0,186	1,172	0,250	0,147	0,243
	Июль	2,470	0,211	0,210	1,336	0,220	0,140	0,293
	Август	2,730	0,219	0,256	1,355	0,235	0,147	0,374

должительностью использования дренажной воды. Орошение велось из коллектора Кендык в течение 10 и 20 лет. Площадь карты, поливавшейся кендыкской водой 10 лет, составляла 18 га, 20 лет — 25 га. Учетная площадь была равна соответственно 4,8 и 4,7 га. Опытные участки были разделены картовой дренажной

глубиной 0,8 м. Дренажное осуществлялось двумя картвыми дренами и скважиной вертикального дренажа.

Почвы луговые, слабозасоленные, гипсоносные. Литология сравнительно однородна. Верхний полуметровый слой сложен тяжелым и средним суглинком (табл. 4). Нижележащая толща представлена также средними суглинками, но близкими к легким. По механическому составу почвогрунты такие же, как на первом участке. Среди фракций преобладает крупная пыль, что свидетельствует о лёссовой природе почвогрунтов.

Следует указать на утяжеление подпахотного горизонта почв, поливавшихся дренажной водой 20 лет. Возможно, это является следствием длительного орошения их минерализованной водой. Вопрос о ее влиянии на механический состав пока неясен. Известно, что при механическом анализе карбонатных почв карбонаты не разрушают, и они в зависимости от степени раздробленности попадают в ту или иную фракцию. Повышенная растворимость карбонатов в присутствии солей натрия (Ковда, 1946) может повлечь за собой изменение размеров карбонатных зерен, а следовательно, повышение выхода «физической» глины.

Орошение вели из коллектора Кендык слабоминерализованной водой, которая по содержанию солей, в том числе хлора, и другим показателям была вполне пригодная для полива хлопчатника (табл. 5). Химический состав поливных вод в течение вегетационного периода менялся незначительно. Минерализация дренажной воды в последние годы находилась в пределах 2—3 г/л. В ней преобладали сульфаты, а среди них — сульфат магния. Гипса в воде содержалось 0,7 г/л (табл. 3). Хлора в кендыкской воде было в 2—3 раза меньше, чем в шурузякской. Тип минерализации этой воды хлоридно-сульфатный магниевый-натриевый. Содержание магния среди щелочноземельных катионов колебалось от 41 до 53%. Оросительная норма в 1977 г. на картах с 20-летним орошением составляла 5158 м³/га, с 10-летним — 5260.

Влияние слабоминерализованных вод на солевой состав почв

Наиболее подвижными соединениями в почве являются легкорастворимые соли. Именно они в первую очередь отражают изменения в почвогрунтах при орошении минерализованными водами.

Наши опытные участки находились в зоне естественного засоления. Поливы их оросительной водой слабо влияли на засоленную почву, которая весной и осенью была слабозасоленной (табл. 6). В ней несколько увеличилось лишь количество хлора. Орошение дренажными водами усиливало процесс засоления. Почва, поливавшаяся водой из коллектора Шурузяк, была засолена сильнее (табл. 7). Однако степень ее засоления, согласно принятой в настоящее время классификации засоленных почв, оставалась слабой. В начале вегетации эта почва была засолена сильнее, что является следствием ее орошения минерализованной водой

в предыдущий год. К осени количество солей в ней значительно увеличилось. Они аккумулировались преимущественно в пределах верхнего метра почвогрунта. Засоление шло в основном за счет аккумуляции хлорида и сульфата натрия. Содержание солей щелочноземельных катионов менялось мало.

Минерализация грунтовых вод при орошении дренажной водой составляла 10 г/л, а при поливах оросительной водой —

Таблица 6

Содержание солей в почве при поливах оросительной водой, %

Глубина, см	Сухой остаток	НСО ₃	Cl	SO ₄	Ca	Mg	Na
Весна							
0—20	0,318	0,028	0,029	0,148	0,040	0,018	0,020
20—40	0,776	0,026	0,032	0,461	0,152	0,024	0,031
40—60	1,390	0,016	0,024	0,839	0,270	0,040	0,037
60—100	1,300	0,013	0,017	0,831	0,175	0,104	0,015
100—150	1,100	0,015	0,044	0,716	0,255	0,027	0,036
150—200	0,920	0,017	0,014	0,554	0,200	0,037	Нет
200—250	0,308	0,017	0,011	0,183	0,048	0,016	0,015
250—300	0,204	0,021	0,010	0,104	0,026	0,015	0,005
Осень							
0—25	0,356	0,027	0,027	0,169	0,038	0,015	0,036
25—40	0,436	0,026	0,026	0,220	0,056	0,018	0,035
40—70	1,461	0,015	0,048	0,835	0,280	0,037	0,044
70—100	1,435	0,015	0,025	0,856	0,285	0,037	0,034
100—150	1,255	0,016	0,017	0,780	0,245	0,037	0,041
150—200	1,030	0,016	0,013	0,627	0,200	0,037	0,033
200—250	0,290	0,016	0,011	0,183	0,055	0,018	0,003
250—300	0,312	0,017	0,011	0,185	0,048	0,017	0,014

6,7 г/л. Она повышалась в основном за счет хлорида натрия и сульфата магния, которые вследствие большей растворимости вымывались из почвы энергичнее сульфатов натрия и кальция. Последние сосредоточивались преимущественно в почве, определяя сульфатный тип ее засоления. Вымывание из почвы гипса, наблюдавшееся при поливах оросительной водой, резко уменьшало количество солей в водной вытяжке (табл. 6). При орошении дренажной водой этот процесс был выражен слабо и почвогрунты зоны аэрации содержали гипс, что отразилось на величине сухого остатка.

В период наших исследований засоление почвы, орошавшейся дренажной водой, находилось примерно на одном уровне. Среднее содержание солей в верхнем горизонте составляло в 1976 г. 1,500%, в 1977 — 1,635%. Для сравнения приводим данные о содержании солей в 1964 и 1966 гг. — соответственно 1,450 и 1,544%. Содержание хлора в этом слое в 1964 г. было равно 0,051%, в

Таблица 7

Содержание солей в почве, поливавшейся водой из коллектора Шурузьяк более 20 лет, %

Глубина, см	Сухой остаток	HCO ₃ '	Cl'	SO ₄ "	Ca"	Mg"	Na'
Весна							
0—20	1,236	0,021	0,046	0,710	0,230	0,046	0,026
20—40	1,260	0,023	0,042	0,720	0,240	0,033	0,042
40—60	1,290	0,021	0,038	0,642	0,175	0,058	0,028
60—100	1,465	0,016	0,038	0,876	0,280	0,046	0,041
100—150	1,355	0,015	0,034	0,845	0,285	0,049	0,012
150—200	1,095	0,013	0,050	0,596	0,170	0,052	0,029
200—250	1,065	0,015	0,048	0,582	0,165	0,049	0,033
250—300	0,615	0,015	0,035	0,339	0,090	0,043	0,005
Осень							
0—25	1,493	0,021	0,095	0,876	0,225	0,049	0,137
25—45	1,795	0,021	0,098	1,000	0,245	0,043	0,187
45—70	1,710	0,012	0,074	1,002	0,270	0,037	0,152
70—120	1,583	0,011	0,057	0,940	0,280	0,027	0,118
120—150	1,210	0,012	0,045	0,738	0,230	0,021	0,083

Таблица 8

Состав водной вытяжки из почв, поливавшихся дренажной водой коллектора Кендык в течение 10 лет, %

Глубина, см	Сухой остаток	HCO ₃ '	Cl'	SO ₄ "	Ca"	Mg"	Na'
Весна							
0—20	0,575	0,029	0,015	0,335	0,095	0,027	0,020
20—40	0,483	0,029	0,015	0,265	0,075	0,018	0,027
40—60	1,232	0,017	0,013	0,742	0,272	0,023	0,014
60—100	0,546	0,022	0,013	0,309	0,094	0,019	0,020
100—150	0,246	0,026	0,011	0,119	0,026	0,015	0,015
150—200	0,146	0,026	0,010	0,079	0,018	0,010	0,014
200—250	0,142	0,023	0,008	0,074	0,014	0,013	0,008
250—300	0,174	0,027	0,010	0,085	0,020	0,013	0,009
Осень							
0—22	0,204	0,028	0,013	0,102	0,024	0,006	0,028
22—45	0,230	0,029	0,011	0,101	0,022	0,008	0,025
45—75	1,200	0,015	0,007	0,722	0,272	0,018	0,009
75—120	0,183	0,023	0,007	0,092	0,024	0,007	0,016
120—140	0,206	0,024	0,011	0,108	0,026	0,008	0,022
140—160	0,174	0,021	0,008	0,086	0,016	0,008	0,020
160—200	0,164	0,023	0,008	0,075	0,016	0,006	0,020
200—220	0,150	0,024	0,008	0,075	0,016	0,011	0,010
220—250	0,276	0,024	0,015	0,138	0,028	0,016	0,022

1966 г. — 0,075, в 1977 г. — 0,079. Повышенное содержание его в почве — следствие относительно высокой концентрации хлора в дренажной воде, составлявшей 0,4—0,6 г/л.

Использование на орошение дренажных вод Кендыка с меньшим содержанием хлоридов слабее сказалось на солевом составе почв (табл. 8, 9). Особенно хорошо опресненным был участок 10-летнего орошения. Весной здесь содержалось несколько больше солей, чем осенью, что свидетельствует о высокой мелиора-

Таблица 9

Состав водной вытяжки из почв, поливавшихся дренажной водой коллектора Кендык в течение 20 лет, %

Глубина, см	Сухой остаток	HCO ₃ '	Cl'	SO ₄ "	Ca"	Mg"	Na'
Весна							
0—20	0,940	0,028	0,031	0,520	0,155	0,037	0,031
20—45	0,975	0,023	0,017	0,566	0,180	0,024	0,038
45—60	1,350	0,017	0,013	0,819	0,280	0,043	0,002
60—100	1,140	0,017	0,014	0,697	0,235	0,043	0,002
100—150	0,148	0,024	0,011	0,080	0,018	0,216	0,003
150—200	0,174	0,023	0,011	0,068	0,016	0,008	0,014
200—250	0,146	0,023	0,011	0,063	0,010	0,013	0,011
Осень							
0—25	1,080	0,021	0,064	0,603	0,190	0,037	0,043
25—45	0,616	0,022	0,014	0,354	0,104	0,018	0,023
45—75	1,340	0,015	0,013	0,817	0,278	0,028	0,033
75—100	0,412	0,122	0,013	0,229	0,044	0,018	0,041
100—150	0,218	0,022	0,013	0,113	0,016	0,008	0,036
150—200	0,260	0,021	0,013	0,103	0,014	0,005	0,040
200—250	0,142	0,027	0,013	0,058	0,066	0,004	0,036

тивной эффективности промывного режима. Фактические поливные нормы на 25—40% превышали рассчитанные по дефициту влаги в почве. Особенность ее засоления — относительно высокое содержание водорастворимого магния, что обусловлено химическим составом дренажной воды.

Почва, орошавшаяся дренажной водой 20 лет, была сильнее засолена и содержала больше гипса, чем поливавшаяся 10 лет (табл. 9). Сезонная динамика солей в ней была выражена более интенсивно. Однако степень засоления почвы оставалась слабой. Особенностью процесса соленакопления явилось повышенное содержание солей магния, обусловленное, как сказано выше, химическим составом воды коллектора Кендык.

Под влиянием промывного режима орошения шло вымывание из почвы таких кальциевых соединений, как гипс и карбонаты, которые являются основным резервом кальция в почвах. Небольшая растворимость, особенно карбоната кальция, обеспе-

чивает высокое содержание их даже в условиях промывного режима. Однако и они постепенно вымываются из почвенного слоя. Этот факт мы рассматриваем как отрицательное последствие промывного режима орошения.

Шурузьякское понижение в течение длительного времени было местом испарения грунтовых вод (Ходжибаев, Алимов, 1966). Поэтому в его почвогрунтах отложились большие запасы гипса и карбонатов. Под влиянием промывного орошения содержание их

Таблица 10

Содержание карбонатов и гипса в почвах, поливавшихся оросительной и дренажной водой более 20 лет

Глубина, см	Оросительная		Дренажная	
	Карбонаты, % CO ₂	Гипс, % SO ₄	Карбонаты, % CO ₂	Гипс, % SO ₄
0—20	6,05	0,24	5,96	2,07
20—40	5,96	1,34	5,68	1,26
40—60	5,14	11,67	5,96	10,90
60—100	5,68	18,30	4,58	18,45
100—150	7,98	6,19	6,05	2,30
150—200	8,25	1,73	8,25	2,15
200—250	8,07	0,28	8,16	2,13
250—300	8,25	0,21	8,16	0,94

Таблица 11

Содержание карбонатов и гипса в почвах, поливавшихся дренажной водой из коллектора Кендык 10 и 20 лет

Глубина, см	Орошение дренажной водой			
	10 лет		20 лет	
	Карбонаты, % CO ₂	Гипс, % SO ₄	Карбонаты, % CO ₂	Гипс, % SO ₄
0—20	6,51	0,49	6,05	1,06
20—40	6,51	0,24	6,14	0,66
40—60	6,88	6,75	5,68	9,25
60—100	8,99	0,26	7,61	0,42
100—150	10,54	0,27	10,19	0,32
150—200	10,90	0,23	9,63	0,19
200—250	10,90	0,14	6,72	0,11

в почвах постепенно снижается. В центральной части понижения, где находился первый опытно-производственный участок, этот процесс шел слабее, чем на склонах. В силу большей растворимости гипс вымывается из почвы сильнее карбонатов. На первом участке его больше (табл. 10). Такое положение объясняется худшими условиями оттока грунтовых вод и, возможно, большими запасами гипса в толще почвогрунта.

Почва, поливавшаяся водой из Кендыка, была практически отмыта от гипса (табл. 11). Это следствие как лучшей дренированности данной части Шурузьякского понижения, так и меньшей минерализации поливной воды.

Под влиянием орошения дренажной водой с высоким содержанием гипса идет его аккумуляция в пахотном слое почвы. Количественная сторона этого процесса зависит от концентрации гипса в воде и условий оттока фильтрационных вод. Поэтому в почве, поливавшейся из коллектора Кендык, накопление гипса в верхнем горизонте было более слабым, чем при орошении водой из Шурузьяка (табл. 10, 11). Гипс не только является источником легкодоступного кальция в засоленных почвах, но и противостоит поступлению натрия в поглощающий комплекс и процессу диспергации почвы. Поэтому аккумуляцию его, происходящую при оро-

шении минерализованными водами, мы рассматриваем как явление положительное.

Карбонатов в почвах, поливавшихся водой Шурузьяка, было несколько меньше, чем в контрольном варианте, что мы объясняем лучшей растворимостью карбонатов в присутствии солей натрия (табл. 10). Особенно значительное вымывание почвенных карбонатов наблюдалось после 20-летнего орошения слабоминерализованной водой из Кендыка (табл. 11).

Влияние дренажных вод на органическое вещество почвы и элементы питания растений

Содержание гумуса в почвах опытных участков было довольно высоким. Распределение его по почвенному профилю характерно для луговых почв. В корнеобитаемом слое гумуса более 1% (табл. 12 и 13).

Таблица 12

Содержание гумуса и элементов питания в почвах, поливавшихся оросительной и дренажной водой

Глубина, см	Гумус, %	Азот валовой, %	Усвояемая форма, мг/кг почвы	
			фосфора	калия
0—20	1,26	0,101	24,4	308
20—40	1,01	0,081	20,4	289
40—60	0,53	0,042	2,6	217
60—100	—	—	Сл.	169

Оросительная вода

0—20	1,26	0,101	24,4	308
20—40	1,01	0,081	20,4	289
40—60	0,53	0,042	2,6	217
60—100	—	—	Сл.	169

Дренажная вода

0—20	1,51	0,109	21,2	434
20—40	1,53	0,107	12,6	386
40—60	0,96	0,070	3,2	270
60—100	—	—	Сл.	176

Таблица 13

Зависимость содержания гумуса и элементов питания от давности орошения дренажной водой

Глубина, см	Гумус, %	Азот валовой, %	Усвояемая форма, мг/кг почвы	
			фосфора	калия
0—20	1,53	0,102	30,4	296
20—40	1,49	0,101	26,6	347
40—60	0,69	0,053	1,6	296
60—100	—	—	1,7	386

10 лет орошения

0—20	1,53	0,102	30,4	296
20—40	1,49	0,101	26,6	347
40—60	0,69	0,053	1,6	296
60—100	—	—	1,7	386

20 лет орошения

0—20	1,28	0,092	15,2	412
20—40	1,18	0,084	9,2	373
40—60	0,52	0,045	1,7	347
60—100	—	—	2,3	383

Почва, поливавшаяся оросительной водой, беднее гумусом, чем при орошении дренажной. Это обусловлено большими урожаями при использовании речной воды, а следовательно, большим выносом элементов питания.

Гумус почв, поливавшихся водами разного химизма, различался по фракционному составу. Гидролизуемая часть его была несколько больше негидролизуемого остатка, которого в пахотном горизонте было больше, чем в контроле. Однако по среднему для метрового слоя содержанию негидролизуемого остатка варианты не различались. Пересчет абсолютного значения его в процентах

от общего углерода показал, что в почве, орошавшейся дренажной водой, доля гуминовой части в гумусе меньше (34,5%), чем при поливе оросительной водой (43,8%).

Среди гумусовых кислот преобладала группа фульвокислот. В контроле их в среднем было в 5,5 раз больше, чем гуминовых кислот. Для почвы, орошавшейся водой Шурузяка, этот показатель еще выше — 6,1. В ней содержалось больше гумуса и гумусовых кислот. Гумусовый профиль был более растянут. Относительное содержание гидролизующей части гумуса повышалось с глубиной, что свидетельствует о перемещении органического вещества при промывном орошении дренажной водой (Глухова, Махмудова, 1981).

Большая обогащенность гумусом почвы, орошавшейся дренажной водой, предопределила и повышенное по сравнению с контролем содержание в ней валового азота (табл. 12). С увеличением продолжительности орошения дренажной водой количество гумуса уменьшалось по всему профилю, но наиболее интенсивно в пахотном и подпахотном горизонтах. Этот процесс шел в значительной степени за счет разрушения негидролизующего остатка. Гумус почвы второго опытного участка, как и первого, фульватного состава, что характерно для почв сероземного пояса Узбекистана (Почвы Узбекистана, 1975). Длительное орошение дренажной водой повышает содержание фульвокислот и снижает — гуминовых, что увеличивает подвижность гумуса. Соотношение углерода фульзокислот и гуминовых кислот повышается в 2 раза.

В почве, поливавшейся дренажной водой 20 лет, гидролизующая часть гумуса была больше и с глубиной ее доля возрастала. Это свидетельствует о перемещении подвижных фульвокислот вниз по профилю при промывном режиме орошения. Следует отметить меньшее количество усвояемых фосфатов в почве при поливах дренажной водой, что связано с более сильным химическим поглощением их в условиях повышенного засоления (табл. 12). В то же время эта почва содержала много усвояемого калия. Его было в 1,3 раза больше, чем в контроле, что обусловлено повышенной концентрацией калия в поливной воде. Ежегодно во время поливов на 1 га орошаемой площади вносилось до 70 кг этого элемента. В оросительной воде калия содержалось в 2 раза меньше, что сказалось на содержании его в почве.

По мере орошения дренажной водой в почве накапливалось количество усвояемого для растений калия (табл. 13). По его содержанию почву с 10-летним использованием вод Кендыка следует отнести к категории среднеобеспеченной, а с 20-летним — к высокообеспеченной. Среднее содержание калия в метровом слое при 20-летнем орошении было на 40 мг K_2O выше. Особенно значительными оказались различия для пахотных горизонтов разной продолжительности орошения дренажной водой. Обогащение почвы шло за счет калия поливной воды.

Проведенное З. Х. Сабитовой (1980) изучение группового состава фосфатов по методу Чирикова показало, что в луговой почве, на которой мы ставили опыт, преобладают кальциевые фосфаты, извлекаемые уксуснокислой вытяжкой (табл. 14). По содержанию валового фосфора варианты опыта не различались. Усвояемые формы (I группа) составляли незначительную часть фосфатов.

Различия в формах аккумуляции фосфора в почвах, орошаемых водами разной минерализации, наблюдались во II и III

Таблица 14

Групповой состав фосфатов в почвах, поливавшихся оросительной и дренажной водой более 20 лет (данные З. Х. Сабитовой)

Глубина, см	Валовая P ₂ O ₅ , %	Группы фосфатов, % от валового содержания			
		I	II	III	IV+V
Оросительная вода					
0—25	0,22	6	82	4	8
25—40	0,18	7	74	4	15
40—70	0,14	7	73	4	26
70—100	0,14	7	80	4	9
100—150	0,13	7	78	5	10
Дренажная вода					
0—20	0,26	7	71	13	9
20—40	0,18	6	67	16	11
40—60	0,14	7	75	12	6
60—100	0,16	7	76	10	7
100—150	0,16	6	73	14	7

группах. В первую из них входят кальциевые фосфаты. Их больше в почве, поливавшейся оросительной водой. Третья группа фосфатов включает преимущественно соединения фосфора с полуторными окислами. В почве, орошавшейся дренажной водой, их было примерно в 3 раза больше, чем на контроле.

О более прочном закреплении фосфатов при орошении почвы дренажной водой свидетельствуют данные последовательных углеаммонийных вытяжек, отражающие потенциальные запасы сравнительно доступных растениям фосфатов. Из метрового слоя почвы, поливавшейся оросительной водой, было извлечено в среднем 34,9 мг/кг P_2O_5 , из пахотного горизонта — 84. В почве, орошавшейся дренажной водой, содержалось соответственно 23,2 и 42,4 мг P_2O_5 .

С давностью орошения дренажной водой снижается также содержание в почве валового азота и доступного для растений фосфора (табл. 13). По данным З. Х. Сабитовой, последовательные

углеаммонийные вытяжки из 1 м слоя почвы 10-летнего орошения извлекали 53 мг P_2O_5 , а из пахотного горизонта — 100,6 мг P_2O_5 на каждый 1 кг почвы. На участке, орошавшемся дренажной водой в течение 20 лет, почва содержала соответственно 43,0 и 67,6 мг P_2O_5 . Эти данные свидетельствуют о снижении «резервов» доступных фосфатов в почвах с увеличением давности орошения дренажной водой. В почве повышается содержание малоподвижных форм, связанных с кальцием и полуторными окислами, особенно значительно увеличивается количество вторых.

Влияние дренажных вод на состав поглощенных оснований почв

Состав поглощенных оснований определяли спиртово-аммонийным методом Пфеффера в нашей модификации для засолен-

Таблица 15

Состав поглощенных оснований почв, орошавшихся оросительной и дренажной водой более 20 лет

Глубина, см	Поглощенные основания									
	мг-экв на 100 г почвы					% от суммы				
	Ca	Mg	Na	K	Сумма	Ca	Mg	Na	K	
Оросительная вода										
0—20	5,16	4,64	0,33	0,46	10,59	48,72	43,81	3,12	4,34	
20—40	5,28	3,56	0,21	0,41	9,86	53,55	40,16	2,13	4,16	
40—60	4,80	3,68	0,39	0,46	9,33	51,45	39,44	4,18	4,93	
Дренажная вода										
0—20	2,32	5,28	1,70	0,92	10,20	22,75	51,76	16,67	9,02	
20—40	2,60	4,78	1,40	0,72	9,50	27,37	50,32	14,74	7,58	
40—60	3,96	3,52	1,73	0,51	9,72	40,74	36,21	17,80	5,25	

ных и гипсированных почв (Методы агрохимических анализов почв Средней Азии, 1973).

В почве первого участка, поливавшегося оросительной водой, обменного кальция было несколько больше, чем магния, хотя доля магния достигала 40—44% емкости обмена (табл. 15). Орошение дренажной водой значительно повышало содержание поглощенного магния. В пахотном и подпахотном горизонтах оно поднялось до 52% емкости обмена. В связи с этим количество поглощенного кальция уменьшилось примерно в 1,5 раза.

Обращает на себя внимание довольно высокое содержание в поглощающем комплексе одновалентных катионов. Количество обменного натрия увеличилось до 9% емкости, что мы связываем с высокой концентрацией хлорида натрия в воде. Особенно сильно увеличилось количество поглощенного калия, источником которого являются обогащенные им дренажные воды (табл. 2). Эти данные согласуются с большим количеством усвояемого калия в почве, орошавшейся водой Шурузяка.

С давностью освоения содержание кальция в почвенном поглощающем комплексе снижается за счет увеличения количества, в первую очередь, магния и частично натрия (табл. 16). Количество поглощенного магния после 20 лет орошения дренажной водой увеличилось. В течение года оно повышается к осени, что связано с сезонным засолением почвы и соленакоплением при по-

Таблица 16

Состав поглощенных оснований в почвах, орошавшихся из коллектора Кендык в течение 10 и 20 лет

Глубина, см	Поглощенные основания									
	мг-экв на 100 г почвы					% от суммы				
	Ca	Mg	Na	K	Сумма	Ca	Mg	Na	K	
Давность орошения 10 лет										
0—20	5,60	3,84	0,31	0,51	10,26	54,58	37,43	3,02	4,97	
20—40	5,60	3,92	0,45	0,56	10,53	53,18	37,23	4,27	5,32	
40—60	5,76	3,56	0,36	0,46	10,14	56,80	35,11	3,55	4,54	
Давность орошения 20 лет										
0—20	4,76	5,86	0,79	0,72	11,13	42,77	43,67	7,10	6,47	
20—40	5,68	3,84	0,38	0,61	10,51	54,04	36,54	3,62	5,80	
40—60	5,16	4,10	0,39	0,56	10,21	50,54	40,16	3,82	5,48	

ливах минерализованной водой. Таким образом, орошение минерализованными дренажными водами вызывает постепенную замену поглощенного кальция в основном на магний и частично на натрий. Орошение дренажными водами ведет к увеличению количества обменного калия в почве.

Изменение физических свойств почв в зависимости от давности орошения дренажными водами

Изменения в составе поглощенных оснований при длительном орошении дренажными водами повлияли на водно-физические свойства почв. Почвы опытных участков содержали более 50% микроагрегатов крупнее 0,05 мм и были хорошо агрегированы (табл. 17 и 18). В горизонтах с гипсом илстая фракция полностью коагулировалась, и для них не представлялось возможным подсчитать коэффициент дисперсности. В остальных случаях он был рассчитан, но оказался очень небольшим. Это говорит об отсутствии влияния поглощенного натрия в тех количествах, в которых он содержался в изучавшихся почвах, на их агрегированность. Все же следует отметить, что с увеличением периода орошения дренажной водой коэффициент дисперсности возрастает, что может быть обусловлено влиянием не столько этих вод, сколько самого орошения (табл. 18). Об этом свидетельствует микроагрегатный состав почв, поливавшихся оросительной водой. Коэффициент дисперсности их был таким же, как в почве, оро-

шавшейся дренажной водой 10 лет. Для почв сероземного пояса характерна хорошо выраженная микроструктура. Это подтверждают и наши данные (табл. 17 и 18). Однако микроагрегаты в почве, поливавшейся длительное время водой из коллектора Шурузяк, были мельче, что выразилось в более сильном уплотнении корнеобитаемого слоя. Объемная масса почвы в подпахотном го-

Таблица 17

Агрегированность почв, поливавшихся оросительной и дренажной водой более 20 лет

Глубина, см	Фракции, %					Коэффициент дисперсности, %	
	>0,05	0,05—0,01	0,01—0,005	0,005—0,001	<0,001		
Оросительная вода из канала им. Кирова							
0—25	11,7	48,4	12,8	12,5	14,6	9,4	
	72,9	18,3	3,5	3,9	1,4		
25—40	+62,2	—30,1	—9,3	—8,6	—13,2		10,3
	14,9	43,9	13,4	13,0	14,8		
40—70	71,9	17,7	4,0	4,9	1,5	Коар.	
	+57,0	—26,2	—9,4	—8,1	—13,3		
	15,3	45,1	12,6	13,9	13,1		Коар.
	68,6	21,7	9,7	9,0	Коар.		
	+53,3	—23,4	—11,9	—4,9	—13,1		
Дренажная вода из коллектора Шурузяк							
0—25	8,5	47,5	13,1	14,6	16,2	Коар.	
	62,5	27,6	6,0	3,9	Коар.		
25—45	+54,0	—19,9	—7,1	—10,7	—16,3		Коар.
	11,1	45,1	15,3	13,9	14,6		
45—70	57,6	34,3	4,2	3,9	Коар.	Коар.	
	+46,5	—10,8	—11,1	—10,0	—14,6		
	19,5	45,1	12,8	12,6	10,0		Коар.
	51,7	37,4	1,0	9,9	Коар.		
	+32,2	—7,7	—11,8	—2,7	—10,0		

Примечание. 1-я строка—данные механического анализа, 2-я—микроагрегатного. Коар.—суспензия коагулировала.

ризонте доходила до 1,6 г/см³. Поливы оросительной водой вызывали заметное уплотнение почвы, но меньшее, чем при использовании минерализованной воды (табл. 19). В прямой зависимости от объемной массы почвы находилась порозность, в обратной—полная влагоемкость, которая при объемной массе более 1,5 становилась ниже 30%. Так как объемная масса почвы при орошении дренажной водой была наибольшей, то при этом наблю-

дались наименьшие значения полной влагоемкости (табл. 19). Капиллярная влагоемкость почв Шурузякского опытного участка составляла 85—94% от полной и при орошении дренажной водой была ниже. Четко проявилось ее влияние на скорость капиллярного подъема воды, которая в данном случае была примерно в 1,5 раза меньше, чем в контроле.

Таблица 18

Агрегированность почв, орошавшихся дренажной водой из коллектора Кеңдык в течение 10 и 20 лет

Глубина, см	Фракции, %					Коэффициент дисперсности, %
	>0,05	0,05—0,01	0,01—0,005	0,005—0,001	<0,001	
Давность орошения 10 лет						
0—22	8,9	47,3	10,5	17,7	15,6	
	66,0	22,6	3,8	6,0	1,6	
22—45	+57,1	—24,7	—6,7	—11,7	—14,0	10,1
	10,7	45,9	9,8	21,1	12,5	
45—75	65,3	23,9	3,3	6,3	1,2	6,4
	+54,6	—22,0	—6,5	—14,8	—11,3	
	15,8	42,9	9,7	20,5	11,1	Коар.
	77,4	17,5	2,0	3,1	Коар.	
	+61,6	—25,4	—7,7	—17,4	—11,1	Коар.
Давность орошения 20 лет						
0—25	11,3	45,9	15,3	14,8	12,7	
	61,6	24,4	8,6	2,6	2,8	
25—45	+50,3	—21,5	—6,7	—12,2	—9,9	21,9
	8,8	39,7	21,4	14,9	15,2	
45—70	60,8	26,6	6,2	4,4	2,0	12,8
	+60,0	—13,1	—15,2	—10,5	—13,2	
	16,8	30,5	13,0	18,7	18,0	Коар.
	65,4	28,6	2,6	6,4	Коар.	
	+48,6	—4,9	—13,4	—12,3	—18,0	Коар.

Примечание. 1-я строка—данные механического анализа, 2-я—микроагрегатного. Коар.—суспензия коагулировала.

Почва, орошавшаяся дренажной водой, характеризовалась плохой фильтрационной способностью (табл. 19). Средний для корнеобитаемого слоя коэффициент фильтрации был в 3 раза ниже, чем при поливах оросительной водой. Особенно низкой оказалась водопроницаемость подпахотного горизонта. Этот сильно уплотненный горизонт («плужная подошва») при орошении дренажной водой был выражен более резко.

О влиянии длительности орошения дренажной водой можно судить по изменениям свойств почвы Кендыкского участка, где поливы вели в течение 10 и 20 лет. Было установлено, что с увеличением продолжительности использования этой воды проис-

Таблица 19

Водно-физические свойства почв, поливавшихся оросительной и дренажной водой более 20 лет

Глубина, см	Объемная масса, г/см ³	Порозность, %	Гигроскопичность, %	Полная влагоемкость	Капиллярная влагоемкость	Коэффициент фильтрации, м/сутки
Поливы оросительной водой						
0—10	1,30	50,19	2,32	38,69	33,89	0,285
25—35	1,50	42,64	2,50	26,35	23,28	0,027
45—55	1,41	46,04	3,26	33,44	31,40	0,175
Поливы дренажной водой						
0—10	1,33	49,66	2,53	36,04	32,64	0,076
25—35	1,59	38,87	2,91	25,44	23,33	0,024
45—55	1,55	40,76	5,11	27,93	25,81	0,055

ходит уплотнение почвы, что согласуется с повышением количества магния в составе поглощенных оснований (табл. 20).

Таблица 20

Влияние длительности орошения дренажными водами на водно-физические свойства почвы

Глубина, см	Объемная масса, г/см ³	Пороз- ность, %	Гигроскопич- ность, %	Влагоемкость, %		Коэффициент фильтрации, м/сутки
				полная	капил.	
Давность орошения 10 лет						
0—10	1,25	52,08	1,94	42,35	36,42	0,039
25—35	1,34	48,68	1,89	38,18	31,79	0,040
45—55	1,42	45,66	1,76	28,96	26,87	0,156
Давность орошения 20 лет						
0—10	1,29	53,21	1,85	39,48	35,28	0,025
25—35	1,42	45,66	2,16	36,14	30,66	0,034
45—55	1,50	42,64	2,77	28,88	26,51	0,064

В связи с увеличением объемной массы почвы при 20-летнем орошении снижается ее порозность. Большая засоленность является причиной повышенной гигроскопичности почвы. При орошении дренажной водой в течение 20 лет полная и капиллярная влагоемкость почвы была ниже, что обусловлено большей ее плотностью. Эта почва обладала худшей водопроницаемостью. За 10 лет орошения коэффициент фильтрации снизился во всем корнеобитаемом слое. Особенно значительным было снижение его в слое 40—60 см, в котором наблюдалось наиболее резкое повы-

шение содержания поглощенного магния (табл. 16). Фильтрационная способность почвы после 20 лет орошения дренажной водой снизилась почти вдвое.

Влияние минерализованных вод на луговые почвы пустынной зоны

Исследования проводились в Бухарском оазисе. Он расположен значительно южнее Голодной степи и отличается более сильным действием климатических факторов на динамику солей (Ковда, 1947; Лебедев, 1954). Аналогичная обстановка существует и в остальных южных районах Узбекской республики. Поэтому результаты опытов в Бухарском оазисе могут быть распространены на весь Южный Узбекистан.

В прошлом территория Бухарского оазиса очень сильно страдала от маловодья. Подача амударьинской воды резко улучшила водообеспеченность земель. Но неравномерность стока Зарафшана и Амударьи продолжает существовать, в результате чего периодически бывает сильно маловодье. Из 11 лет 6 характеризуются недостаточной обводненностью (Печаткин, 1979). Кроме того, в концевых частях оросительных систем речной воды обычно не хватает. Поэтому здесь систематически используют на орошение дренажные воды.

Влияние дренажных вод на почвы Бухарского оазиса изучали в колхозе «Москва» Бухарского района. В гидрогеологическом отношении это зона затрудненного стока грунтовых вод, что обуславливает их залегание на глубине 2—3 м.

Исследования осуществляли на двух производственных участках. Первый участок был расположен на II террасе Зарафшана, на землях старого орошения. Почва луговая, среднесуглинистая с мощным агроирригационным горизонтом. Засоление ее слабое, грунтовые воды опреснены длительным орошением. Дренажные участки проводилось коллектором Харгуш и картовой дрепой. Вода в коллекторе характеризуется минерализацией около 5 г/л и для орошения суглинистых почв без разбавления непригодна. Поэтому ее смешивали с оросительной, что снижало ее минерализацию до 1,6—2,3 г/л (табл. 21).

В воде Харгуша (а весной и в смешанной воде) присутствовало небольшое количество хлорида магния, что свидетельствует об очень слабой сточности грунтовых вод. В поливных водах находился гипс в количестве 5—6 мг-экв/л; в коллекторной воде его было 17 мг-экв/л. Среди солей доминировал сульфат магния (11—18 мг-экв/л), второе место занимали хлорид натрия и сульфат кальция (по 5—6 мг-экв/л). Хлора и натрия в воде содержалось немного (около 0,2 г/л). Отношение Cl : SO₄, равное 0,2—0,3, определило хлоридно-сульфатный тип минерализации воды.

Преобладание кальция над натрием (Na : Ca=0,82—0,83) свидетельствует о нереальности проявления натриевой солонцевато-

стп. Отношение магния к кальцию было равно 1,50—1,68, а в сумме щелочноземельных катионов магний составлял 60—63%. Воды такого состава могли вызвать поглощение его почвой.

Орошение на участке ведется давно. Дренажная вода используется на орошение более 10 лет. В 1977 г. поле вышло из-под люцерны. Полив осуществляется по бороздам большими поливными нормами (1,8—2,1 тыс. м³/га). В 1978 г. было дано 3 по-

Таблица 21

Химический состав поливных вод опытных участков, г/л (колхоз „Москва“)

Источник орошения	Месяц	Сухоп. остаток	Щелочность		Cl'	SO ₄ '	Ca''	Mg''	Na'
			CO ₃ '	HCO ₃ '					
Первый участок									
АБК	VI	0,740	Нет	0,110	0,105	0,280	0,080	0,024	0,103
АБК	VIII	0,776	"	0,204	0,124	0,296	0,088	0,061	0,092
Харгуш	VI	4,864	"	0,354	0,383	2,839	0,468	0,533	0,405
Смешан. вода	VI	1,555	"	0,255	0,180	0,742	0,170	0,155	0,162
"	VIII	2,308	"	0,304	0,215	0,210	0,215	0,220	0,202
Второй участок									
ЦБК	VI	3,956	0,017	0,274	0,383	2,161	0,244	0,129	0,403
"	VIII	4,508	0,016	0,420	0,392	2,145	0,288	0,196	0,487

лива. Оросительная норма составила 6,0 тыс м³/га. Состояние хлопчатника оказалось хорошим. Кусты были мощные, 77—82 см высоты. Посев ровный, густота стояния в среднем 98,6 тыс/га. Урожай составил 31,9 ц/га.

Почва карбонатна на всю вскрытую глубину. Распределение карбонатов в верхнем метре равномерное и лишь на глубине 85—105 см содержание их повышается за счет выпадения из грунтовых вод (табл. 22). Количество гумуса в почве небольшое для луговых почв, что связано с длительным возделыванием хлопчатника и пустынным почвообразованием. Распределение гумуса по профилю равномерное, проникновение его глубокое, что обусловлено мощными агроирригационными отложениями, сформировавшимися в результате многовекового орошения.

Усвояемого фосфора в пахотном горизонте относительно много. По его содержанию почва более чем среднеобеспеченная. Резкого снижения содержания фосфора в подпахотном горизонте не наблюдается, что является результатом длительного удобрения. Калием почвы бедны, что отличает луговые почвы пустынной зоны от луговых почв сероземного пояса, орошаемых дренажными водами в течение такого же периода.

Под влиянием орошения в почве изменилось содержание солей. До начала поливов их было мало (табл. 23). К концу полив-

ного периода наблюдалось слабое сезонное засоление поверхностного характера. Орошение минерализованной водой вызвало накопление хлора, повышенное содержание кальция и магния. Такое засоление не могло существенно повлиять на состояние хлопчатника, что подтвердилось фенологическими наблюдениями и урожайными данными.

Таблица 22

Содержание гумуса, карбонатов и элементов питания в луговых почвах опытных участков (колхоз „Москва“)

Глубина, см	Гумус, %	Карбонаты, % CO ₂	Усвояемые, мг/кг почвы	
			P ₂ O ₅	K ₂ O
Первый участок (разрез № 3)				
0—20	1,12	7,90	40,0	241
20—50	1,24	7,71	17,2	181
50—85	0,90	7,59	3,5	169
85—105	—	9,66	3,2	159
Второй участок (разрез № 8)				
0—22	0,55	5,99	14,0	120
22—42	0,51	6,23	3,2	96
42—53	0,47	6,15	1,6	96
53—75	—	8,09	2,1	169
75—90	—	8,49	1,5	104
Второй участок (разрез № 11)				
0—20	0,60	6,93	14,6	154
20—45	0,49	6,53	2,5	200
45—60	0,47	6,85	2,8	159
60—88	—	6,46	2,3	72

Засоление почвы отличалось некоторой пестротой по площади. В пониженной части микрорельефа, ближе к коллектору, произошло рассоление почвы. Однако были участки с сильным соле-накоплением. Средний образец, составленный из 10 индивидуальных, показал, что содержание солей в пахотном горизонте повысилось с 0,204 до 0,688%, в том числе хлора — с 0,032 до 0,073, т. е. примерно в 2,5—3 раза. Несколько меньше накапливалось солей в слоях 20—40 и 40—60 см.

Под влиянием орошения дренажной водой сформировался определенный состав поглощенных оснований (табл. 24). В верхнем полуметровом слое отмечалось повышенное содержание обменного магния. Здесь оно достигало порога «магниевого слитизации». На поглощенный кальций приходилось менее половины обменных катионов. Доля натрия была относительно невысока. Обращает на себя внимание небольшое количество обменного калия, что согла-

судется с содержанием подвижного калия в углеаммонийной вытяжке (см. табл. 22).

Таблица 23

Состав водной вытяжки из луговой почвы, поливавшейся слабоминерализованной водой, % (колхоз „Москва“, участок I, разрез № 3)

Глубина, см	Сухой остаток	Щелочность		Cl'	SO ₄ "	Ca''	Mg''	Na'
		CO ₃ '	HCO ₃ '					
Весна								
0—20	0,156	Нет	0,037	0,014	0,023	0,018	0,003	0,017
20—50	0,098	"	0,031	0,007	0,021	0,010	0,007	0,011
50—85	0,084	"	0,034	0,007	0,028	0,008	0,009	0,013
85—105	0,136	Сл.	0,032	0,014	0,024	0,010	0,004	0,023
105—125	0,102	"	0,046	0,007	0,021	0,010	0,007	0,012
125—150	0,108	Нет	0,029	0,011	0,055	0,008	0,007	0,020
150—225	0,350	"	0,018	0,014	0,180	0,058	0,005	0,018
Осень								
0—20	0,290	Нет	0,022	0,048	0,108	0,032	0,010	0,035
20—50	0,132	"	0,030	0,020	0,051	0,014	0,004	0,025
50—85	0,090	"	0,028	0,011	0,039	0,012	0,004	0,015
85—105	0,102	"	0,024	0,010	0,039	0,012	0,002	0,016
105—125	0,084	"	0,023	0,011	0,028	0,008	0,004	0,012
125—140	0,076	"	0,024	0,008	0,026	0,008	0,002	0,013
140—160	0,090	"	0,026	0,008	0,047	0,010	0,006	0,015
160—200	0,114	"	0,024	0,011	0,059	0,014	0,005	0,019
200—230	0,096	"	0,024	0,008	0,047	0,010	0,005	0,015
Гр. вода	6,140	"	0,427	0,455	0,090	0,530	0,451	0,463

Таблица 24

Содержание поглощенных оснований в луговых почвах опытных участков (колхоз „Москва“)

Глубина, см	Состав поглощенных оснований								
	Ca	Mg	Na	K	Сумма	% от суммы			
						Ca	Mg	Na	K
Первый участок (среднесуглинистая почва)									
0—20	2.28	3.70	0.30	0.41	7.29	34,1	55,3	4,58	6,1
20—40	2.60	3.74	0.35	0.36	7.05	36,9	53,0	5,0	5,1
40—60	2.60	4.04	0.09	0.36	7.04	36,0	57,4	1,3	4.4
Второй участок (супесчаная почва)									
0—22	2.62	1.70	Нет	0.20	4.52	58,0	37,6	Нет	4.4
22—44	3.10	1.70	0.04	0.15	4.99	62,1	34,1	0,8	3.0
44—58	3.26	1.26	0.04	0.20	4.76	68,5	26,5	0,8	4.2

Существует связь между содержанием поглощенного магния и концентрацией магниевых солей в поливной воде. В нашем опы-

те соотношение Mg : (Mg + Ca) в воде было немного выше критического (соответственно 0,63 и 0,60). Поэтому и содержание поглощенного магния в пахотном горизонте оказалось близким к предельному значению, составляющему, по нашим более ранним исследованиям, 50% емкости обмена, а в подпахотном — превышало его. Мы считаем, что разработанные для Голодной степи показатели поливной воды по соотношению щелочноземельных катионов применимы и для низовьев Зарафшана.

Второй участок находился в пределах I террасы Зарафшана на землях нового освоения. В настоящее время русло реки выполняет роль коллектора, так как зарафшанская вода используется на орошение только Навоийского оазиса и северной части Бухарского. В пределах остальной части Бухарского оазиса река Зарафшан является водосбором коллекторно-дренажных вод и носит название Центрального Бухарского коллектора (ЦБК). Мы использовали его воды для орошения хлопчатника на втором опытно-производственном участке.

Вода ЦБК среднеминерализованная (4,0—4,3 г/л солей, в том числе 0,3—0,4 г/л хлора; табл. 21). Она щелочная от нормальных карбонатов, что обусловлено присутствием карбоната магния. Общая щелочность ниже допустимого предела. Сода в воде отсутствует, а несколько повышенная щелочность связана с наличием бикарбоната магния.

Тип минерализации воды хлоридно-сульфатный с очень большим преобладанием сульфатов (Cl : SO₄ = 0,24—0,26). Солей натрия в 2,5 раза больше солей кальция, хотя присутствует гипс (примерно 8 мг-экв/л). Учитывая почти сульфатный тип минерализации, для устранения натриевой солонцеватости можно считать достаточным 10 мг-экв/л гипса. При его концентрации в воде 8 мг-экв/л осолонцевание возможно лишь при соотношении Na : Ca более 4 (Глухова, 1977). Фактически это соотношение равно 2,5. Следовательно, при орошении водой ЦБК натриевая солонцеватость не должна развиваться. Опыт должен ответить на этот вопрос.

Соотношение щелочноземельных катионов оказалось в пользу магния, преобладание которого над кальцием было очень незначительным (в 1,4 раза), а в сумме этих катионов он составлял 58%, что свидетельствует об ограниченной возможности развития процесса слитизации.

Почва опытного участка луговая супесчаная, на песчаных отложениях слабосоленная. Геоморфологическое положение проявилось в наличии признаков бывшего оглеения в виде синего оттенка нижней части почвенного профиля, ржавых пятен, корней тростника. Глеевый горизонт начинается с 90 см. Грунтовая вода весной находится на глубине 165 см, летом — 130, осенью — 150. Почвенный профиль свидетельствует о более сильном гидроморфизме почвы в прошлом. Сейчас он развивается под влиянием лугового и солончакового процессов почвообразования.

Содержание гумуса невысокое, что характерно для легких почв пустынной зоны. Карбонатов в почве меньше, чем на первом участке, но достаточно много для почв легкого механического состава. Элементами питания участок беден. Часть его территории была освоена в 1974 г. В год наблюдений она находилась в хорошем мелноративном состоянии. Засоление почвы здесь слабое, грунтовые воды — опресненные (табл. 25). Другая часть участка осваивалась на 2 года позже и ко времени наших исследований была плохо промыта (табл. 26). Это позволило нам выделить два

Таблица 25

Состав водной вытяжки из хорошо промытой луговой супесчаной почвы, поливавшейся водой ЦБК, % (колхоз „Москва“, участок № 2, разрез № 8)

Глубина, см	Сухой остаток	НСО ₃	Cl'	SO ₄ ''	Ca''	Mg''	Na
Весна							
Гр. 0-22	0,360	0,010	0,010	0,206	0,050	0,035	0,007
22-42	0,344	0,012	0,028	0,206	0,042	0,036	0,007
42-58	0,382	0,010	0,032	0,203	0,026	0,036	0,032
58-74	0,400	0,011	0,038	0,189	0,020	0,017	0,059
74-90	0,403	0,010	0,068	0,160	0,044	0,016	0,045
90-127	0,334	0,012	0,054	0,135	0,022	0,019	0,049
127-170	0,530	0,012	0,043	0,168	0,038	0,014	0,057
Гр. вода	6,464	0,215*	0,923	2,830	0,361	0,312	0,132
Осень							
0-22	0,302	0,018	0,020	0,152	0,040	0,011	0,025
22-42	0,110	0,024	0,007	0,051	0,018	0,004	0,007
42-58	0,166	0,016	0,008	0,096	0,030	0,005	0,008
58-75	0,970	0,013	0,013	0,632	0,216	0,022	0,015
75-90	0,546	0,016	0,018	0,318	0,131	0,010	0,025
90-130	0,182	0,015	0,013	0,097	0,026	0,004	0,015
Гр. вода	5,970	0,274	0,455	0,732	0,470	0,299	0,814

* Следы щелочности от нормальных карбонатов.

варианта по степени засоления почвы и изучить влияние орошения минерализованными водами на фоне различного мелноративного состояния орошаемого поля.

Хорошо опресненная перед посевом почва благодаря супесчано-песчаному механическому составу к концу поливного периода не засолилась (табл. 25). Промывной режим орошения способствовал не только удалению солей из почвы, но и вымыванию элементов питания. Это отразилось на ее производительной способности. Растения хлопчатника были невысокие (30—50 см), а урожай его небольшой — 13,8 ц/га.

Соли в плохо промытой части участка, находившиеся в нижней части почвенного профиля, к осени поднялись в верхние го-

ризонты (табл. 26). За этот период содержание солей в метровой толще почвогрунта повысилось с 0,571 до 1,056%, в том числе хлора — с 0,056 до 0,075. В связи с повышенным засолением находится и величина урожая хлопка. В этой части участка она была ниже (10,2 ц/га).

Под влиянием орошения дренажными водами формировались определенные физические свойства луговых почв пустынной зоны. Они были хорошо агрегированы, но хуже луговых почв сероземного пояса (табл. 27). Более половины почвенной массы составляли микроагрегаты крупнее 0,05 мм. Однако коэффициент дис-

Таблица 26

Состав водной вытяжки из плохо промытой луговой почвы, поливавшейся из ЦБК, % (колхоз „Москва“, участок № 2, разрез № 11)

Глубина, см	Сухой остаток	НСО ₃	Cl'	Na'
Весна				
0-20	0,616	0,024	0,035	0,041
20-40	0,562	0,015	0,021	0,025
40-60	0,568	0,022	0,021	0,027
60-100	0,574	0,018	0,102	0,071
100-150	0,474	0,017	0,140	0,110
Осень				
0-20	1,495	0,012	0,130	0,187
20-40	1,065	0,015	0,063	0,090
40-60	0,590	0,012	0,052	0,071
60-100	0,965	0,012	0,066	0,096

перности их был значительно выше, чем в почвах Голодной степи. В этом проявились не только региональные особенности почв, но и влияние пустынного почвообразования.

Определение объемной массы показало довольно большую плотность пахотного слоя староорошаемых почв, что характерно для Бухарского оазиса (Лебедев, 1954). Песчаные почвы второго участка характеризовались менее плотным пахотным горизонтом и довольно сильным уплотнением нижележащих слоев.

В связи с величиной объемной массы находилась и порозность почвы. В большинстве случаев она была ниже 50% (табл. 28).

Полная влагоемкость среднесуглинистых почв составляла 28—33% массы почвы, песчаных — 22—29. Она определялась в основном величиной капиллярной влагоемкости, которая в среднесуглинистых почвах равнялась 24—30% массы почвы, а в песчаных — 21—25. В средних суглинках на нее приходилось 82—93% полной влагоемкости, в песках — 87—96. Водоудерживающая спо-

способность была высокая: для среднесуглинистых почв 27—31%, для песчаных — 22—26 (табл. 28).

Фильтрация среднесуглинистых почв была примерно в 5—6 раз слабее, чем песчаных. Скорость ее в староорошаемых почвах составляла в среднем 0,006 м/сутки. С глубиной фильтрация почв ухудшалась. Наименее уплотненный горизонт (40—60 см, скв. № 3) характеризовался наибольшим коэффициентом фильтрации. Однако обратная зависимость между скоростью

Таблица 27

Результаты микроагрегатного анализа луговых почв Бухарского оазиса, орошавшихся дренажными водами.

Разр. з	Глубина, см	Содержание фракций, %					Коэф. дисперсности, %
		>0,05	0,05—0,01	0,01—0,005	0,005—0,001	<0,001	
Луговая староорошаемая суглинистая							
3	0—20	52,01	25,51	6,10	10,38	4,97	33,02
	20—40	50,49	25,95	8,95	9,77	4,84	26,71
	40—60	61,89	17,62	10,52	6,98	2,99	24,61
Луговая новоорошаемая супесчаная							
8	0—20	37,96	40,83	11,34	4,17	5,65	
	20—40	73,60	19,38	9,44	2,22	4,36	
	40—60	81,57	13,43	2,92	0,52	1,51	

Поливы минерализованными водами оказывают влияние и на фракционный состав гумуса, увеличивая количество фульвокислот. Это усиливает подвижность гумуса, способствуя вымыву его в более глубокие слои почвы.

Под влиянием орошения минерализованными водами в почвах меняются содержание элементов питания и доступность их для хлопчатника. В почвенной толще идет сильное химическое поглощение фосфора с образованием труднодоступных для растений форм. В результате количество усвояемых фосфатов стано-

Таблица 28

Гидрофизические свойства почв Бухарской области, поливавшихся дренажными водами

Глубина, см	Объемная масса, г/см³	Пороз- ность, %	Водные свойства, %				Коэф. филтра- ции, м/сутки
			Гигроско- пичность	ПВ	КВ	НВ	
Первый участок (скв. № 3)							
0—20	1,38	47,92	0,90	28,15	25,93	26,77	0,003
20—40	1,38	47,92	0,99	28,67	23,55	27,12	0,005
40—60	1,26	52,45	0,96	32,63	29,76	31,47	0,010
Второй участок (скв. № 8)							
0—20	1,32	50,10	0,90	24,30	23,24	23,62	0,019
20—40	1,43	46,04	0,93	22,52	21,42	22,15	0,025
40—60	1,45	44,91	0,96	23,29	22,89	23,63	0,043
Второй участок (скв. № 11)							
0—20	1,30	50,94	0,89	28,82	25,38	25,88	0,018
20—40	1,50	43,40	0,95	25,67	22,98	24,80	0,017
40—60	1,41	46,79	0,90	24,53	23,71	24,70	0,023

Получается вдвое меньше, чем при поливах оросительной водой. Повышенная концентрация калия в дренажной воде обуславливает значительное обогащение им почвы.

Преобладание в минерализованных водах солей магния и натрия ведет к замене этими катионами части поглощенного кальция. Магний участвует в обменных реакциях активнее натрия. Между содержанием магния в поливной воде и поглощающем комплексе существует прямая связь. Присутствие в воде и почве гипса не отражается на поглощении магния.

Натрий поглощается почвой слабее магния, легче из нее вытесняется. Наличие в воде или почве гипса резко снижает поступление его в почвенный поглощающий комплекс. Поэтому в почвах, орошаемых минерализованными водами, поглощенного магния значительно больше натрия. С увеличением продолжительности использования этих вод количество обменного магния возрастает. Прогрессирующее накопление поглощенного натрия мы не регистрировали. Лишь в отдельных случаях наблюдалось повышение его содержания в пределах слабой солонцеватости.

фильтрации и объемной массой была нечеткой. Супесчаные почвы отличались от суглинистых значительно лучшей фильтрацией (табл. 28). Коэффициент фильтрации их был в 3—6 раз выше.

Таким образом, замена оросительных вод минерализованными вызывает значительные и глубокие изменения свойств почвы. Наиболее четко реагирует на такую замену солевой состав почвы. Как правило, поливы минерализованными водами приводят к накоплению в почве легкорастворимых солей. Количественная сторона этого процесса зависит от химического состава поливной воды, фильтрационной способности и мелиоративного состояния почвы, режима орошения, степени дренированности территории.

Большинству орошаемых дренажными водами почв свойственно стабильное слабое засоление. В этом состоянии их поддерживают системой мелиоративных мероприятий, ведущими средствами которых являются промывной режим и профилактическая промывка.

Под влиянием промывного водного режима из почвы наряду с легкорастворимыми солями вымываются более труднорастворимые соединения. В результате она обедняется соединениями кальция — гипсом и карбонатом. Использование минерализованных вод усиливает вымывание карбонатов. При наличии гипса в этиях водах он накапливается в пахотном горизонте, вымываясь в то же время из нижележащего слоя.

При замещении части поглощенного кальция на магний физические свойства почвы ухудшаются. Происходит сильное уплотнение ее до объемной массы $1,5-1,6 \text{ г/см}^3$, уменьшение порозности до 35—40% и резкое снижение фильтрационной способности. Коэффициент фильтрации этих почв снижается в 3—4 раза по сравнению с почвой, поливавшейся оросительной водой.

В почвах с содержанием поглощенного магния более 50% естественности коэффициент дисперсности равен 10—20%, в то время как в почвах, содержащих 30—50% поглощенного натрия, он достигает 50—60%.

Итак, последствия замещения части поглощенных оснований на натрий вызывают сильную диспергацию почвы и, как следствие, снижение ее фильтрационной способности. Насыщение поглощающего комплекса магнием не диспергирует почву, а ухудшение фильтрации ее связано с уплотнением и цементацией почвенного профиля. Этот процесс мы называем магниевой слитизацией. Очень четко выражена она в почвах, длительно орошаемых минерализованными водами.

Перечисленные выше изменения почвенных свойств, связанные с заменой оросительной воды минерализованной, усиливаются во времени. Исключение составляет процесс засоления, который благодаря системе мелноративных мероприятий, как правило, стабилизируется на уровне слабого.

РОСТ И РАЗВИТИЕ ХЛОПЧАТНИКА ПРИ ОРОШЕНИИ МИНЕРАЛИЗОВАННЫМИ ВОДАМИ

При орошении минерализованными водами в почве создается засоление различной интенсивности, которое отражается на росте, развитии и плодоношении сельскохозяйственных культур (Ибрагимов, 1973). Его вредное влияние зависит от химизма и растворимости солей, водно-физических свойств почвы, климатических условий, физиологических и возрастных особенностей растений (Генкель и Строганов, 1960; Ковда, 1961).

При большом количестве легкорастворимых солей в почве у возделываемых культур нарушается водный, азотный, углеводный обмен, а также поступление элементов минерального питания в растительные ткани. Кроме прямого действия на растения, соли оказывают еще косвенное влияние, снижая интенсивность биохимических и микробиологических процессов в почве (Ковда, 1937).

Влияние засоления на растения было предметом изучения многих исследователей. Из южных культур в этом отношении наиболее изучены хлопчатник и люцерна (Шардаков, 1948; Азимов, 1973).

Осмотическая активность хлопчатника создается не только за счет органических веществ, как у большинства культурных растений, но и за счет солей неорганических кислот (Шардаков, 1948). Поэтому его относят к группе факультативных галофитов (Новиков, 1942). Это свидетельствует о повышенной солеустойчивости хлопчатника (Генкель и Строганов, 1960). Она зависит от вида, сорта и возраста хлопчатника, климатических и метеорологических условий, особенностей почвы, типа ее засоления, агротехнического фона (Бурыгин, 1947; Коньков, 1948; Кабаев, 1953).

Влияние солей на культурные растения многогранно. Высокое засоление вызывает «физиологическую» сухость почвы, когда из-за повышенной концентрации почвенного раствора растения испытывают недостаток в воде (Шардаков, 1948). Признаки нарушения водного режима растений наблюдаются уже при слабой и средней степени солеаккумуляции (Строганов, 1961).

Потребность хлопчатника в воде увеличивается от бутонизации к цветению и снижается к созреванию (Шардаков, 1948). В условиях засоления независимо от фазы развития хлопчатника

и влажности почвы снижается скорость поступления воды в клетки корней. Расход воды растениями снижается, особенно заметно в фазы цветения и созревания за счет уменьшения интенсивности транспирации (Бурыгин, 1947б). Однако есть данные, что на засоленных почвах расход воды у хлопчатника снижается за счет уменьшения листовой поверхности (Строганов, 1961).

Токсичное влияние соленакпления зависит не только от количества солей, но и от их состава (Ковда, 1937). При слабом засолении на рост и развитие растений влияет в основном токсичность солей. Они действуют как специфические яды, под влиянием которых нарушается избирательная способность клетки. Соли в растения поступают пассивно, перегружают клеточный сок и приводят к нарушению минерального питания организма (Ковда, 1947).

В. А. Ковда (1937) предлагает следующий ряд солей по степени вредного влияния на растения: $\text{Na}_2\text{CO}_3 > \text{NaHCO}_3 > \text{CaCl}_2 > \text{Na}_2\text{SO}_4 > \text{MgCl}_2 > \text{MgSO}_4$.

Относительная токсичность солей натрия принимается А. Н. Костяковым (1951): $\text{Na}_2\text{CO}_3 : \text{NaCl} : \text{Na}_2\text{SO}_4 = 5:2:1$.

Аналогичную зависимость приводит В. А. Ковда (1961):

$$\text{Na}_2\text{CO}_3 : \text{NaCl} : \text{Na}_2\text{SO}_4 = (4-5) : (2-3) : 1.$$

Карбонат натрия примерно в 4 раза токсичнее бикарбоната (Минашина, 1972). Соли натрия более ядовиты для растений, чем соли магния. Однако есть данные о большой токсичности для растений магния (Гедройц, 1955; Рабочев, 1981).

Степень изученности влияния солей натрия на хлопчатник неодинакова. Наиболее исследовано действие хлорида натрия, слабее — сульфата, влияние содового засоления освещено совершенно недостаточно. Действие солонцеватости на хлопчатник совсем не изучалось.

При хлоридно-натриевом засолении температура, осмотическое давление клеточного сока, степень гидрофильности коллоидов выше, чем при сульфатно-натриевом (Генкель и Строганов, 1960). С этим, возможно, связана низкая токсичность для хлопчатника сульфатного засоления по сравнению с хлоридным.

Солям магния уделялось мало внимания. Исследованиями в Самаркандском оазисе отмечена токсичность карбоната магния — соли малорастворимой, но заметно повышающей щелочность почв (Сандов, 1966).

При увеличении количества водорастворимого магния в почве повышается его содержание в тканях растений, уменьшается поступление кальция. Накопление хлорида магния в тканях идет более интенсивно, чем сульфата (Шестаков и Швынденков, 1934). Замена кальция на магний в питательном растворе приводит к задержке роста и снижению накопления органической массы (Белюсов, 1975). При замене же кальция на натрий в условиях гидропонных опытов растения хлопчатника становились ниже и урожайность их падала. Хлористый натрий стимулирует накопление

органической массы в начальные фазы развития хлопчатника (Киселева, 1964). Это влияние временно. К осени различия между хлоридными и сульфатными фонами сглаживаются.

Часто токсическое действие отдельной соли уменьшается в присутствии других легкорастворимых соединений. Этот «антагонизм» солей обусловлен специфическим влиянием ионов на адсорбционную способность оболочки клетки и ее свойства (Ковда, 1937, 1947). Так, азотнокислые соли снижают поступление в растения хлоридов, хлориды — сульфатов. Повышенное содержание хлоридов в почве снижает поступление кальция в растения (Ковда, 1947; Азимов, 1973).

В смеси солей может меняться активность ионов. Так, В. А. Ковда (1947) считает, что при сильном засолении гипс и бикарбонат кальция слабо диссоциируют, и влияние кальция на минеральное питание ослабевает. О незначительном поступлении кальция в хлопчатник свидетельствуют данные Р. А. Азимова (1973). Наиболее чувствителен хлопчатник к засолению в ранние фазы развития (Новиков, 1942). Присутствие легкорастворимых солей в почвенном растворе снижает скорость набухания семян и их всхожесть (Ковда, 1947). Однако и после получения всходов молодые растения продолжают быть чувствительными к почвенному засолению (Ибрагимов, 1973). Нужно полагать, что во второй половине вегетации поливы менее вредны для хлопчатника (Ибрагимов, 1973).

Возникающее при орошении минерализованными водами засоление угнетает рост растений, уменьшает количество плодоеlementов и урожай хлопка-сырца (Коньков, 1948; Кабаев, 1954; Спичкина, 1962; Гюльяхмедов и Бердыева, 1974; Поленова и Байматова, 1974; Сафаров, 1978). Существует коррелятивная связь между минерализацией поливной воды и величиной урожая (Легостаев, 1961).

Мы детально изучали влияние минерализованных вод на хлопчатник в вегетационных опытах, чтобы ответить на вопрос об устойчивости его к засолению, вызванному орошением водами разного химизма, о действии на него солонцеватости. Опыты ставились в сосудах Митчерлиха, позволявших обеспечить промывной режим орошения, и в сосудах Вагнера, где создавались бессточные условия. Для опыта был взят легкосуглинистый, незасоленный светлый серозем, не содержащий гипса. Результаты этих исследований наряду с данными полевых опытов мы использовали при составлении шкалы оценки минерализованных вод для целей ирригации.

Влияние на хлопчатник засоления почв
при орошении минерализованными водами

Орошению минерализованными водами всегда сопутствует засоление почв. Чтобы выявить его влияние на хлопчатник, мы

вели фенологические наблюдения. Во всех опытах отмечали наступление и продолжительность фаз развития хлопчатника, дважды в месяц измеряли высоту главного стебля, вели подсчет плодоорганов, ежедневно регистрировали ход цветения. Раз в декаду проводили сбор хлопка-сырца для изучения темпов созревания. Учитывали сухую массу растений. Урожайные данные были подвергнуты математической обработке. По ее результатам судили о достоверности различий между вариантами.

Наблюдения позволили выявить внешние признаки угнетения хлопчатника в условиях различного засоления и солонцеватости почв, определить степень снижения урожая хлопка-сырца при использовании минерализованных вод, наметить пути уменьшения возникающего при этом ущерба.

Изменение химического состава хлопчатника, орошаемого минерализованными водами, определяли по элементам куста. В растительных образцах после мокрого озоления концентрированной азотной кислотой и пергидролем определяли содержание хлора, серы, кремния, кальция, магния, натрия, калия и фосфора, а после озоления серной и хлорной кислотами — азота.

Влияние солей на водопотребление хлопчатника. Оросительные нормы хлопчатника, выращиваемого в сосуде, значительно снижаются с повышением концентрации в воде солей натрия. Из них для хлопчатника наиболее токсичен бикарбонат, слабее действует хлорид и еще слабее сульфат натрия (табл. 18). Присутствие в воде гипса не влияет на водопотребление хлопчатника при нейтральном засолении и улучшает условия жизнедеятельности растений в случае содового соленаккопления. Сульфат магния действует на водопотребление хлопчатника слабее, чем соли натрия (табл. 30).

Смеси нейтральных солей создают более физиологически уравновешенную систему. Поэтому при орошении хлоридно-сульфатными водами, несмотря на увеличение количества натриевых солей в поливной воде, потребление ее хлопчатником снижается менее значительно, чем при одностороннем засолении. В случае орошения смешанными натриево-магниевыми водами водопотребление хлопчатника было ниже, чем при поливах чисто натриевыми или магниевыми водами (табл. 30). Так, оросительная норма при хлоридно-натриевом типе минерализации составила 143 л/сосуд, при сульфатно-магниевом — 168, а при хлоридно-сульфатном натриево-магниевом — 130.

При орошении содово-сульфатными водами потребление воды хлопчатником уменьшилось с повышением концентрации в воде как соды, так и сульфата натрия (табл. 31). Добавление к содово-сульфатной воде хлорида натрия приводит к еще более сильному снижению водопотребления растений. Потребление воды хлопчатником изменяется по фазам развития, что можно проследить по данным табл. 30. Влияние засоления на использование во-

ды растениями начинает ощущаться уже в бутонизацию и резко проявляется в цветение.

Важным показателем водного режима являются величины затрат воды на создание единицы урожая. Они увеличиваются с по-

Таблица 29

Влияние солей натрия на оросительные нормы хлопчатника (опыты в сосудах Митчерлиха)

Концентрация солей натрия, мг-экв/л	Оросительная норма, л/сосуд			Затраты воды, л/г хлопка-сырца		
	Na ₂ SO ₄	NaCl	NaHCO ₃	Na ₂ SO ₄	NaCl	NaHCO ₃
Контроль	122	122	124	1,6	1,6	1,5
Почва без гипса						
10	106	93	93	1,9	2,0	1,9
25	96	89	64	2,3	2,8	4,7
50	83	76	42	2,5	4,0	11,4
Почва с гипсом						
25	—	83	—	—	2,9	—
50	84	77	69	2,6	4,2	2,6

вышению засоления почвы (Шардаков, 1960). В случае использования минерализованных вод снижение урожая более значи-

Таблица 30

Влияние степени и характера минерализации воды на водопотребление хлопчатника (опыты в сосудах Вагнера)

Характер минерализации воды	Количество поливной воды (л/сосуд) с минерализацией					
	1 г/л		2 г/л		3 г/л	
	от всходов до цветения		от цветения до конца вегетации		всего	
Пресная вода	44,4	—	180,0	—	224,0	—
Хлоридно-натриевый	41,3	42,0	101,6	66,0	147,9	108,0
Сульфатно-натриевый	40,5	40,2	115,5	101,4	156,0	144,6
Сульфатно-магниевый	40,4	41,2	127,5	118,2	167,9	158,4
Сульфатно-натриево-магниевый	—	39,2	—	111,0	—	140,2
Хлоридно-натриево-магниевый	—	39,2	—	91,2	—	130,4

тельно, чем уменьшение оросительных норм. Поэтому затраты воды растут. Они зависят от содержания солей натрия в воде (табл. 29). Орошение нейтральными натриевыми водами резко увеличивает затраты воды. Они превышают 2,5 л/г при концентрации в поливной воде 1,5 г/л хлорида натрия или 3,6 г/л сульфата натрия. Особенно велики затраты при поливах содовыми водами.

Влияние солей на рост хлопчатника. Наличие солей в почве сильно сказывается на росте хлопчатника. Слабое засоление сти-

Таблица 31

Влияние содово-сульфатных вод на оросительные нормы хлопчатника, л/сосуд

Концентрация нейтральных солей натрия	Концентрация соды, г/л		
	0,2	0,4	0,8
Контроль (без солей)	128,0	—	—
Почва без гипса			
Na ₂ SO ₄ , г/л			
0,8	120,9	111,0	—
1,8	103,8	94,4	87,4
3,6	—	81,4	84,8
1,8 г/л Na ₂ SO ₄ +0,6 г/л NaCl	101,2	95,4	87,3
Почва с гипсом			
Na ₂ SO ₄ , г/л			
1,8	110,0	102,4	103,1
3,6	—	93,9	91,5
1,8 г/л Na ₂ SO ₄ +0,6 г/л NaCl	101,9	97,8	—

мулирует действие на него (Кабаев, 1954; Киселева, 1964), сильно — угнетает (Легостаев, 1961; Гюльяхмедов, 1974).

Таблица 32

Влияние орошения минерализованными натриевыми водами на высоту главного стебля (см) в фазу 3—4 листьев

Концентрация солей натрия в поливной воде, мг-экв/л	Na ₂ SO ₄	NaCl	NaHCO ₃	Na ₂ SO ₄ +NaCl	Na ₂ SO ₄ +NaHCO ₃	Na ₂ SO ₄ +NaCl+NaHCO ₃
Контроль (пресная вода)	12,9	12,9	12,8	12,7	14,4	14,4
2,5	—	—	13,5	—	—	—
5,0	—	—	14,6	—	—	—
10,0	13,4	14,7	15,3	—	13,8	—
25—30	13,7	15,3	14,8	—	15,0	—
35—40	—	—	—	14,9	15,6	15,3
50—55	14,2	16,0	14,9	—	15,5	—
60	—	—	—	13,1	20,7	—
75	—	—	—	12,8	—	—
100	14,5	—	—	—	—	—
150	15,4	—	—	—	—	—
200	17,0	—	—	—	—	—

В наших опытах небольшое засоление отмечалось в начале вегетации, особенно в первый год орошения минерализованными водами.

Так, в фазу 3—4 листьев при поливах хлоридно-сульфатными натриевыми водами в почве содержалось примерно 0,006—0,015% хлора, 0,025—0,050% сульфат-иона и 0,010—0,02% натрия. В этом случае рост хлопчатника несколько ускорился по сравнению с

Таблица 33

Влияние орошения минерализованными водами на высоту главного стебля хлопчатника, см

Концентрация соли натрия, г/л	1-й год орошения			2-й год орошения		
	3—4 листа	Бутонизация	Цветение	3—4 листа	Бутонизация	Цветение
Контроль						
Пресная вода	12,9	26,9	51,7	18,6	39,2	64,1
Сульфатные воды						
Почва без гипса						
0,8	12,1	23,3	48,1	18,9	36,2	62,8
1,8	13,7	23,8	42,4	18,2	35,9	58,7
3,6	14,2	23,9	40,0	16,6	31,5	51,3
7,2	14,5	22,3	34,1	13,1	20,2	38,0
10,8	15,4	21,8	32,5	—	—	—
14,4	17,0	21,0	29,0	—	—	—
Почва с гипсом						
3,6	13,7	24,7	38,0	17,2	32,0	50,7
7,2	15,9	25,7	36,0	10,2	24,1	38,4
10,8	15,9	23,5	33,2	—	—	—
14,4	16,5	19,5	26,8	—	—	—
Хлоридные воды						
Почва без гипса						
0,6	14,7	25,8	40,8	19,1	30,5	55,5
1,5	15,4	25,8	39,5	16,2	32,5	51,4
2,9	16,0	25,0	33,8	11,6	25,0	40,2
Почва с гипсом						
1,5	16,0	23,2	33,2	16,2	31,2	49,6
2,9	16,5	25,2	32,5	12,5	26,7	40,2

контролем (табл. 32). На второй год орошения минерализованными водами стимулирующее влияние засоления в начале вегетации проявилось слабее, что, видимо, связано с наличием некоторого количества натрия в почве до посева.

Наиболее интенсивно рос хлопчатник в период от начала бутонизации до цветения (табл. 33). Засоление начинало подавлять рост хлопчатника с фазы цветения, когда в почве накапливалось достаточно много солей, в результате чего прирост главного стебля был небольшой. Растения, поливавшиеся пресной водой, росли

в течение всего вегетационного периода, а орошавшиеся минерализованными водами к началу созревания переставали расти.

Засоление почв находилось в прямой зависимости от содержания солей в поливной воде, в первую очередь, натрия и магния. Отставание хлопчатника в росте сказывалось тем сильнее, чем выше была концентрация хлорида, сульфата и бикарбоната натрия (табл. 33 и 34). В случае орошения хлоридно-сульфатными

Таблица 34

Влияние солей натрия на высоту главного стебля хлопчатника (см) в фазу созревания

Концентрация солей натрия, мг-экв/л	Na_2SO_4	NaCl	NaHCO_3	$\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{NaCl}$
Контроль (пресная вода)	65	65	64	64
10	68	56	40	—
25	61	54	Гибель	—
50	48	40	—	—
25 + 10	—	—	—	54
50 + 10	—	—	—	52
50 + 25	—	—	—	47

Таблица 35

Влияние содово-сульфатных вод на высоту главного стебля хлопчатника, см

Содержание нейтральных солей, г/л	Концентрация NaHCO_3 , г/л		
	0,2	0,4	0,8
Контроль (пресная вода)	67,3	—	—
Почва без гипса			
0,8 Na_2SO_4	63,0	62,0	—
1,9 Na_2SO_4	61,8	54,8	45,5
3,6 Na_2SO_4	—	52,7	43,6
1,9 $\text{Na}_2\text{SO}_4 + 0,6 \text{NaCl}$	53,0	53,1	47,3
Почва с гипсом			
1,9 Na_2SO_4	54,3	46,0	51,8
3,6 Na_2SO_4	—	52,2	46,8
1,9 $\text{Na}_2\text{SO}_4 + 0,6 \text{NaCl}$	55,7	51,2	—

натриевыми водами высота растений также уменьшалась, но менее значительно, чем при орошении хлоридными или сульфатными водами той же концентрации. Присутствие гипса в нейтральных натриевых водах, как правило, не влияет на высоту хлопчатника. Сульфат магния был менее токсичен для хлопчатника, чем контрольные соли натрия. Орошение водой с 0,6 г/л сульфата магния не отразилось на высоте главного стебля, а поливы во-

дой с 1,5 г/л сульфата магния вызвали лишь небольшую задержку ростовых процессов (рис. 1). Для сравнения приводим данные о влиянии хлорида натрия на рост хлопчатника.

При орошении содовыми водами с невысокой концентрацией бикарбоната натрия ростовые процессы не угнетались, что связано со слабой промывкой почв вследствие развития в них солонцеватости и лучшей в связи с этим обеспеченностью растений азотом. При концентрации соды более 0,8 г/л ее токсическое действие было сильнее. Внесение гипса улучшало условия произраста-

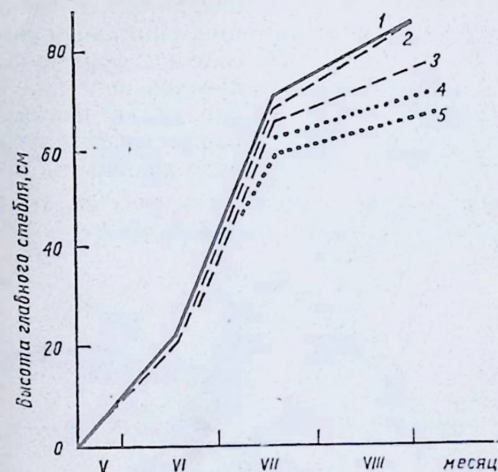


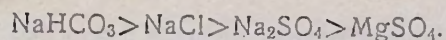
Рис. 1. Влияние хлорида натрия и сульфата магния на рост хлопчатника. Поливы вели водой:

1 — пресной и минерализованной с концентрацией (г/л); 2 — $\text{MgSO}_4 + 0,6$; 3 — $\text{MgSO}_4 + 1,5$; 4 — $\text{NaCl} + 0,6$; 5 — $\text{NaCl} + 1,5$.

ния растений в начале их вегетации. На второй год орошения содовыми водами концентрация бикарбоната натрия 0,2 г/л уже становилась токсичной для хлопчатника, а на почвах, поливавшихся водой с 0,8 г/л бикарбоната натрия, растения гибли.

Поливы смешанными содово-сульфатными водами только в случае невысоких концентраций сульфата и гидрокарбоната натрия слабо влияли на рост хлопчатника. Гипсование почв, орошаемых водами с концентрацией соды до 0,4 г/л, как правило, не отражалось на высоте главного стебля (табл. 35).

Созданный в опытах промывной режим несколько ослаблял солевое напряжение в почве. Однако лишь ранние промывные поливы (до фазы массового цветения) оказывали положительное действие на рост хлопчатника. По влиянию на ростовые процессы хлопчатника легкорастворимые соли можно расположить в следующем порядке:



Влияние засоления на плодоношение хлопчатника. Бутонизация хлопчатника в первый год орошения минерализованными водами на всех вариантах начиналась почти одновременно, так как засоление в этот период было еще слабое. На незасоленных почвах бутонизация на растениях образовывалась до конца вегетации, а в условиях засоления их формирование прекращалось тем раньше, чем больше солей натрия вносилось в почву с поливной водой (рис. 2 и 3). В прямой зависимости от минерализации и состава поливной воды находилась и энергия бутонизации. При хлоридно-натриевом засолении формировалось меньше бутонов, чем при сульфатно-натриевом. С повышением концентрации солей натрия в поливной воде количество бутонов на кусте

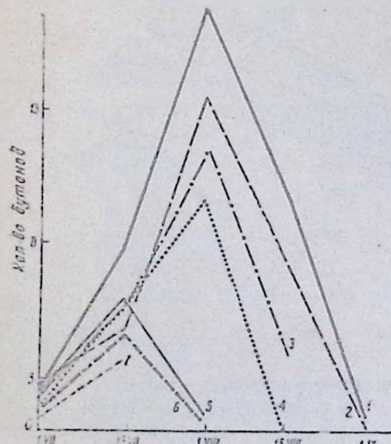


Рис. 2. Ход бутонизации хлопчатника, орошаемого сульфатно-натриевыми водами. Орошение вели водой:

1 — пресной и минерализованной с концентрацией (г/л) сульфата натрия; 2 — 0,6; 3 — 2,0; 4 — 3,6; 5 — 7,3; 6 — 10,8; 7 — 14,1.

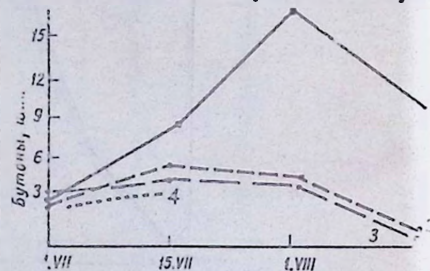


Рис. 3. Ход бутонизации хлопчатника, орошаемого хлоридно-натриевыми водами. Орошение вели водой:

1 — пресной и минерализованной с концентрацией (г/л) хлорида натрия; 2 — 0,6; 3 — 1,5; 4 — 2,0.

уменьшалось.

На второй год орошения натриевыми водами гипсование почвы положительно повлияло на бутонизацию хлопчатника, а в первый год не оказало заметного влияния. На безгипсовом фоне, где развивалась солонцеватость, процесс формирования бутонов был растянут. Положительный эффект от внесения гипса в поливную воду проявился лишь при высокой его концентрации (более 0,7 г/л).

При нейтральном хлоридно-сульфатном засолении продолжительность бутонизации во всех вариантах была примерно одинаковой, но ее энергия — ниже у растений при содержании 1,5 г/л

хлорида натрия в поливной воде (табл. 36). Повышение концентрации сульфата натрия вдвое оказывало меньшее токсичное действие, чем такое же повышение содержания хлорида. Таким обра-

Таблица 36

Влияние хлоридно-сульфатных натриевых вод на темпы бутонизации хлопчатника

Состав солей натрия в поливной воде, г/л	Количество бутонов, шт.			
	7.VII	15.VII	1.VIII	15.VIII
Контроль (пресная вода)	1,4	9,0	36,5	17,7
0,6 NaCl + 1,8 Na ₂ SO ₄	1,2	8,2	31,5	14,5
0,6 NaCl + 3,6 Na ₂ SO ₄	1,8	8,5	26,2	8,2
1,5 NaCl + 3,6 Na ₂ SO ₄	1,5	6,2	25,8	4,2

зом, повышенная токсичность хлорида натрия для хлопчатника сохраняется и в смеси с сульфатом натрия.

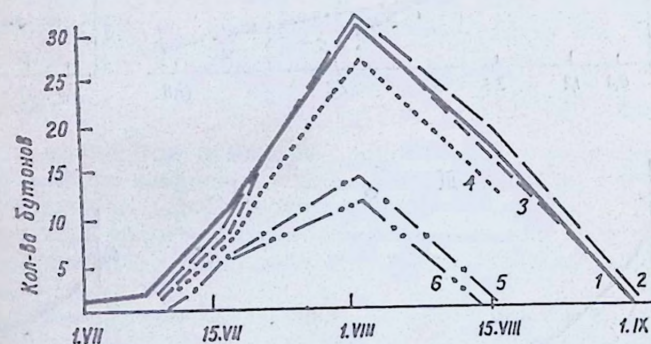


Рис. 4. Ход бутонизации хлопчатника, орошаемого содовыми водами. Орошение вели водой:

1 — пресной и минерализованной с концентрацией (г/л) гидрокарбоната натрия; 2 — 0,2; 3 — 0,4; 4 — 0,8; 5 — 2,1; 6 — 4,2.

В первый год орошения содовыми водами с концентрацией бикарбоната натрия до 0,8 г/л темпы образования бутонов были такие же, как в контроле, что обусловлено интенсивным азотным питанием растений в практически бессточных условиях, создающихся при содовом засолении (рис. 4). Резкая депрессия бутонизации наступала во второй половине вегетации хлопчатника при поливах водами с 2,1 г/л бикарбоната натрия. Внесение гипса в почвы содового засоления улучшало условия произрастания растений и ускоряло темпы формирования бутонов.

Поливы содово-сульфатными водами с 0,8 г/л бикарбоната

натрия угнетали процесс бутонсообразования хлопчатника. При этом четко проявилось влияние на бутонизацию почвенного гипса. В случае более слабой концентрации соды энергия бутонобразования зависела от содержания сульфата натрия.

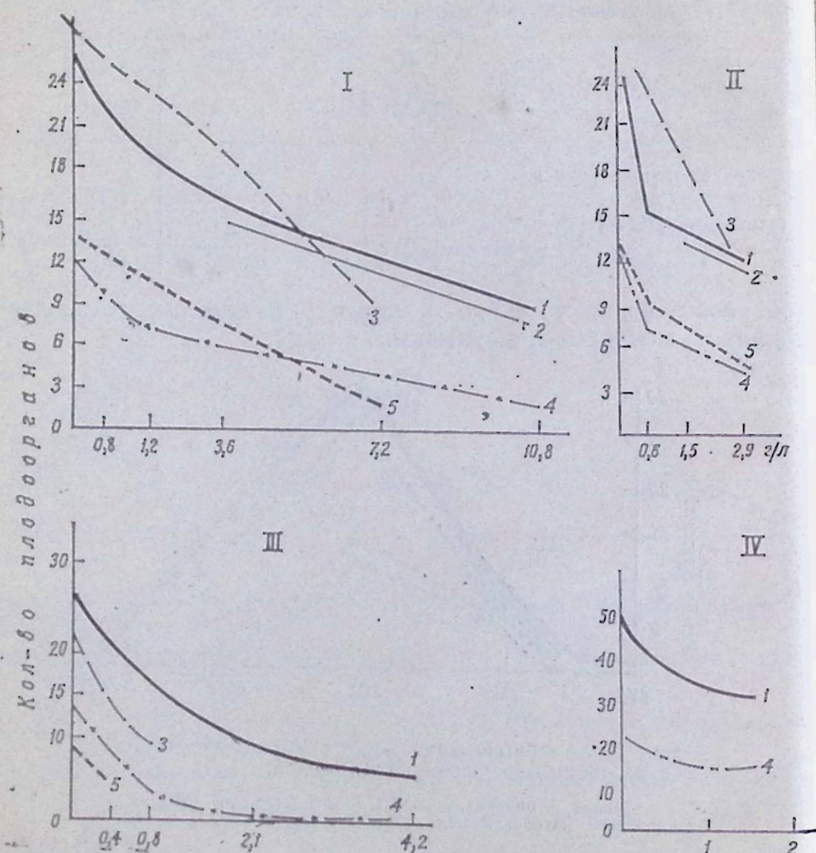


Рис. 5. Количество плодоорганов на кусте хлопчатника при поливе минерализованными водами. Тип засоления:

I — сульфатный натриевый, II — хлоридный натриевый, III — гидрокарбонатный натриевый, IV — сульфатный магниевый. Количество цветков: 1 — первый год орошения (гипса в почве нет), 2 — первый год орошения (гипс в почве), 3 — второй год орошения (гипса в почве нет); количество коробочек на безгипсовом фоне в I-й (4) и на 2-й (5) годы орошения

Цветение хлопчатника начиналось обычно в начале июля и становилось массовым в середине этого месяца. На незасоленной почве оно было более длительным, чем в условиях засоления. Наименьшая продолжительность цветения наблюдалась при поливах содовыми водами.

При повышении концентрации солей в поливной воде уменьшалось количество цветков на кусте (рис. 5). В случае сульфатно-натриевого засоления энергия цветения снижалась меньше, чем при хлоридном. В первый год орошения минерализованными водами количество цветков уменьшалось постепенно, во второй — резко. Это объясняется интенсивным процессом обмена между натрием раствора и кальцием поглощающего комплекса в первый год орошения, несколько снижающим токсичность засоления. Н. Г. Минашина (1972) называет данное явление «буферностью»

Таблица 37

Влияние гипса на энергию цветения хлопчатника (количество цветков на кусте)

Na. Ca в поливной воде:	Концентрация Na ₂ SO ₄ в вод., г/л						
	Нет	0,7	1,8	3,6	7,1	10,4	14,2
Вода без гипса	28,5	22,5	19,7	16,9	12,0	8,5	6,1
10	—	—	19,5	15,8	11,3	9,5	—
5	—	22,8	18,8	17,8	12,2	—	—
2	—	22,8	18,8	17,5	—	—	—
Почва с гипсом	—	—	—	14,5	11,0	7,0	5,2

почв. На второй год обменные процессы не столь интенсивны и вредное влияние натриевых солей проявляется более резко. Слабо протекающие обменные процессы в гипсированных почвах являются причиной энергичного цветения хлопчатника на этих почвах. Гипс, внесенный в поливную воду, таким действием не обладает (табл. 37).

Повторные посевы хлопчатника на засоленных и солонцеватых почвах показали, что на слабозасоленном фоне на второй год орошения формируется больше цветков. Это связано, видимо, с последствием удобрений, внесенных в предшествующий вегетационный период. При среднем засолении угнетающее действие выступало на первый план и влияние удобрений не проявлялось. Содовое засоление в первый год снижало энергию цветения аналогично хлориду натрия, а на второй — оказывало очень токсичное действие (рис. 5).

В условиях сульфатно-магниевого соленакопления цветение шло наиболее энергично, что говорит о невысокой токсичности сульфата магния. Гипс не влиял в его присутствии на цветение.

При смешанном хлоридно-сульфатном натриевом и содово-сульфатном засолении почвы с увеличением концентрации одной из натриевых солей снижается энергия образования цветков (табл. 38 и 39). Добавление к хлоридно-сульфатным водам даже небольшого количества бикарбоната натрия заметно подавляет цветение. Оно снижается на 28—34% по сравнению с цветением на почвах нейтрального засоления. Это говорит о большой токсич-

ности для хлопчатника содовых вод. Почвенный гипс несколько снижает ее, но не устраняет.

Орошение минерализованными водами усиливало опадение завязей. В прямой зависимости от концентрации солей натрия нахо-

Таблица 38

Количество цветков и коробочек на хлопчатнике при поливе хлоридно-сульфатными натриевыми водами

Состав солей натрия в воде, г/л		Вода и гоча без гипса		0,9 г/л гипса в воде		1,7 г/л гипса в воде		Гипс в почве	
NaCl	Na ₂ SO ₄	цветков	коробоч.	цветков	коробоч.	цветков	коробоч.	цветков	коробоч.
Нет	Нет	26,1	12,9	—	—	—	—	—	—
0,6	1,8	24,5	7,5	25,8	9,0	24,8	7,8	20,9	8,5
0,6	3,6	18,2	6,5	24,2	6,8	22,0	7,0	19,8	7,0
1,5	3,6	14,8	4,8	16,5	4,0	17,2	4,7	17,2	5,5

дилось и количество цветков, давших полноценные коробочки. При поливах сульфатно-натриевыми водами коробочки образовывались

Таблица 39

Количество цветков и коробочек на хлопчатнике при поливе содово-сульфатными водами

Состав нейтральных солей натрия, г/л		Концентрация бикарбоната натрия, г/л							
Na ₂ SO ₄	NaCl	Нет		0,2		0,4		0,8	
		цветков	коробоч.	цветков	коробоч.	цветков	коробоч.	цветков	коробоч.
Нет	Нет	24,6	13,5	—	—	—	—	—	—
Почва без гипса									
0,7	Нет	—	—	22,0	12,3	19,6	11,5	—	—
1,8	—	—	—	20,2	10,5	18,8	8,2	14,0	7,2
0,6	—	—	—	—	—	14,7	6,2	6,3	4,7
1,8	0,6	—	—	17,7	8,2	16,3	7,3	17,7	6,7
Почва с гипсом									
1,8	Нет	—	—	20,0	10,0	19,8	10,0	22,5	8,7
3,6	—	—	—	—	—	20,7	7,8	17,7	6,2
1,8	0,6	—	—	17,0	8,5	17,8	9,0	—	—

вались из 25—45% цветков. Их было тем меньше, чем выше концентрация сульфата натрия (рис. 5). Хлорид натрия токсичнее для хлопчатника, чем сульфат. Поэтому даже невысокое содержание его резко уменьшало количество коробочек на кусте. Меньше всего их образовывалось в условиях содового засоления.

Внесение гипса в почву не влияло на формирование коробочек при нейтральном засолении и увеличивало их число в случае присутствия соды (рис. 5, табл. 39).

При смешанном хлоридно-сульфатном натриевом засолении количество коробочек на растении уменьшалось пропорционально содержанию натриевых солей (табл. 38). Более сильное влияние хлорида натрия прослеживалось даже в смеси солей. Гипс поливной воды на плодообразование влиял слабо. Положительное действие его наблюдалось только в случае небольшого содержания солей натрия.

В варианте с орошением сульфатно-магниевыми водами формировалось наибольшее количество коробочек, почти независимое от концентрации магния в воде (рис. 5). В смеси с натриевыми солями сернокислый магний практически не влиял на количество коробочек.

Поливы содово-сульфатными водами также уменьшали число коробочек на кусте. Четко прослеживается влияние концентрации бикарбоната натрия на накопление коробочек у хлопчатника, растущего на безгипсовых почвах (табл. 39). При внесении гипса количество коробочек увеличивалось независимо от концентрации бикарбоната натрия в поливной воде. При одном и том же содержании соды повышение концентрации сульфата натрия вело к подавлению плодообразования у хлопчатника.

При орошении слабоминерализованными водами формировались одинаковые по массе коробочки, независимо от характера засоления (табл. 40). Различная токсичность солей проявилась при использовании вод средней минерализации. Так, масса коробочек уменьшалась в случае орошения водами, содержащими более 7 г/л сульфата натрия, 3 г/л хлорида натрия или 2 г/л бикарбоната натрия. Внесение гипса в почву и поливную воду не отражалось на массе коробочек.

Основной показатель перспективности использования минерализованных вод — урожайность сельскохозяйственных культур, в частности хлопчатника. В наших опытах она определялась в основном количеством коробочек на кусте, снижалась с ростом концентрации солей в воде и усилением засоления почвы.

Урожай хлопка при орошении минерализованными водами во всех опытах уменьшался. Четко проявилась различная токсичность натриевых солей. Наиболее токсичной оказалась сода. В условиях создаваемого ею содового засоления снижение урожайности было очень сильным (табл. 41). Наименьшим оно оказалось при сульфатно-натриевом засолении: хлоридно-натриевое занимало в этом отношении промежуточное положение. Уменьшение урожая во всех случаях статистически достоверно. Внесение гипса в почву и поливную воду в условиях нейтрального соле-накопления слабо влияло на урожай (табл. 42). Отклонения от контроля в большинстве своем математически не доказаны.

В случае содового засоления гипс давал эффект, прибавка урожая при внесении его достоверна.

При орошении хлоридно-сульфатными натриевыми водами урожай хлопка-сырца сильно уменьшался (табл. 43). Засоление в момент созревания урожая было слабым лишь в почвах, поливавшихся водами с 0,6 г/л хлорида натрия и 1,8 г/л сульфата натрия. 2,5-кратное повышение концентрации хлорида натрия при ста-

Таблица 40

Масса хлопка-сырца одной коробочки при различном засолении

Концентрация солей натрия в воде, мг-экв/л	Засоление					
	Сульфатное		Хлоридное		Содовое	
	без гипса	гипс в почве	без гипса	гипс в почве	без гипса	гипс в почве
Контроль (пресная вода)	5,4	—	5,4	—	6,3	—
5	—	—	—	—	6,7	—
10	5,5	—	5,9	—	6,9	—
25	5,4	—	5,1	5,3	5,3	—
50	5,4	5,4	4,7	4,9	1,5	4,6
100	4,4	4,1	—	—	—	—
150	4,2	4,2	—	—	—	—
200	2,4	2,3	—	—	—	—

бильном содержании сульфата натрия уменьшало урожай хлопка в 1,7—2 раза. В случае 2-кратного повышения концентрации сульфата натрия урожай уменьшался всего в 1,2 раза. Гипс в основном не оказывал положительного влияния на урожайность хлопчатника (табл. 43).

Следовательно, орошение минерализованными водами создает значительную солевую нагрузку на растения. В этой обстановке даже небольшое повышение концентрации такой малотоксичной, но находящейся в почвенном растворе соли, как гипс, вызывает отрицательную реакцию хлопчатника.

Сульфат магния влияет на урожай хлопка-сырца меньше, чем соли натрия. Однако орошение сульфатно-магниевыми водами дает во всех случаях статистически достоверное снижение урожайности хлопчатника (табл. 44). Добавление в эти воды натриевых солей еще больше снижает урожайность, так как растет общая солевая нагрузка.

Сопоставляя урожай хлопка при орошении водами разного химического состава, мы пытались выявить, снижается ли токсичность солей при их совместном присутствии. Данные табл. 41 и 43 свидетельствуют о том, что она проявляется в условиях слабого засоления, создаваемого солевыми растворами с минерализацией до 3 г/л. В более засоленных почвах «антагонизм солей» не обнаружен.

Токсическое действие бикарбоната натрия начинало проявляться с концентрации 0,8 г/л (табл. 41). Более низкое содержание

Таблица 41

Влияние засоления почв при орошении натриевыми водами на урожай хлопка-сырца, г на одно растение

Концентрация солей натрия, мг-экв/л	Степень засоления почв	Засоление					
		Сульфатное		Хлоридное		Содовое	
		без гипса	гипс в почве	без гипса	гипс в почве	без гипса	гипс в почве
Контроль	Незасол.	74,1	—	74,1	—	74,5	—
5	—	—	—	—	—	38,5	—
10	Слабое	54,8	—	47,8	—	13,1	—
25	Слабое и Среднее	38,0	—	31,9	30,2	Гибель	—
50	Среднее	35,2	32,6	19,8	18,6	Гибель	26,3
100	Сильное	13,1	16,3	—	—	—	—
150	—	8,4	9,2	—	—	—	—
200	—	4,7	4,2	—	—	—	—

Примечание. $m_1 = \pm 2,8$ г; $E = 7,9$ г; $m_2 = \pm 3,7$ г; $E = 10,5$ г; $m_3 = \pm 4,1$ г; $E = \pm 11,6$ г. Здесь E — наименьшая существенная разность; m — средняя ошибка среднего.

соды не давало статистически достоверного снижения урожая. Добавление нейтральных солей натрия в слабоконцентрированные

Таблица 42

Влияние содержания гипса в поливной воде на урожай хлопчатника, г на одно растение

Концентрация сульфата натрия, г/л	Отношение Са:Na				
	Гипса нет	1:10	1:5	1:2	Гипс в почве
Контроль (пресная вода)	74,1	—	—	—	—
0,7	54,8	—	55,9	55,7	—
1,8	38,0	42,7	41,9	46,0	—
3,6	35,0	33,3	33,1	33,6	32,6
7,1	13,1	14,5	15,6	—	16,3
10,6	8,4	10,0	—	—	9,2
14,2	4,7	—	—	—	4,2

Примечание. $m = \pm 3,1$ г; $E = 8,6$ г; $P = 10\%$.

растворы бикарбоната натрия усиливали их токсичность. Только при орошении наименее минерализованными водами (0,2 г/л бикарбоната и 0,8 г/л сульфата натрия) не наблюдалось достовер-

ного снижения урожая хлопка. Остальные воды сильно уменьшали его (табл. 45).

Таблица 43

Влияние хлоридно-сульфатных натриевых вод на урожай хлопчатника

Концентрация солей натрия, г/л	Гипс нет	0,9 г/л гипса	1,8 г/л гипса	Гипс в почве
Контроль (пресная вода)	75,5	—	—	—
0,6 NaCl + 1,8 Na ₂ SO ₄	46,5	56,8	51,3	49,2
0,6 NaCl + 3,6 Na ₂ SO ₄	42,6	38,8	40,7	43,0
1,5 NaCl + 3,6 Na ₂ SO ₄	21,9	23,5	25,1	28,1

Примечание. $m = \pm 2,6$ г, $E = 7,4$ г, $P = 6,2\%$.

Таблица 44

Влияние различного засоления почвы на урожай и темпы созревания хлопка (опыт в сосудах Вагнера)

Концентрация основной соли в поливной воде, г/л			Урожай, г на 1 растение	Темпы созревания, % к общему урожаю		
NaCl	Na ₂ SO ₄	MgSO ₄		Август	Сентябрь	Октябрь

Незасоленная почва

Контроль	—	—	144,2	—	70,6	29,4
----------	---	---	-------	---	------	------

Хлоридно-натриевое засоление

0,6	—	—	89,2	12,2	87,8	—
1,5	—	—	59,8	9,2	90,8	—

Сульфатно-натриевое засоление

—	0,7	—	101,9	—	89,2	11,8
—	1,8	—	85,3	3,3	91,6	5,1

Сульфатно-магниевое засоление

—	—	0,6	109,0	—	74,5	25,5
—	—	1,5	101,7	—	81,3	18,7

Хлоридно-сульфатное натриево-магниевое засоление

0,6	—	1,0	74,4	—	95,5	4,5
-----	---	-----	------	---	------	-----

Сульфатное магниевое-натриевое засоление

—	1,2	1,0	83,3	—	98,8	1,2
---	-----	-----	------	---	------	-----

Примечание. $m = \pm 5,0$ г, $E = 14,5$ г, $P = 5\%$.

Влияние соды на фоне одного и того же количества нейтральных солей натрия сказывалось на хлопчатнике лишь при концент-

рации 0,8 г/л. В случае меньшего ее содержания величину урожая определяли вносимые с водой хлорид и сульфат натрия. Внесение в почву гипса улучшало условия произрастания хлопчат-

Таблица 45

Урожай хлопка-сырца при орошении содово-сульфатными водами, г на одно растение

Содержание нейтральных солей натрия, г/л	Содержание соды, г/л			
	Нет	0,2	0,4	0,8

Почва без гипса

Контроль (пресная вода)	89,0	—	—	—
0,8 Na ₂ SO ₄	—	71,9	61,7	—
1,9 Na ₂ SO ₄	—	56,2	48,4	37,5
3,6 Na ₂ SO ₄	—	—	33,0	23,4
1,9 Na ₂ SO ₄ + 0,6 NaCl	—	42,8	38,0	30,6

Почва с гипсом

1,9 Na ₂ SO ₄	—	56,9	55,5	49,6
3,6 Na ₂ SO ₄	—	—	43,4	31,9
1,9 Na ₂ SO ₄ + 0,6 NaCl	—	49,2	48,9	—

Примечание. $m = \pm 3,1$ г, $E = 8,6$ г, $P = 6,5\%$.

ника. Поэтому гипс давал эффект почти при всех концентрациях бикарбоната и нейтральных солей натрия.

Таблица 46

Влияние засоления почвы на скорость созревания хлопка-сырца. % общего урожая (первый год орошения)

Степень засоления почвы к концу вегетации	Концентрация солей натрия в воде, мг-экв/л	Сульфатное засоление				Хлоридное засоление		
		VIII	IX	X	XI	VIII	IX	X
Незасоленная	Нет	—	70	27	3	—	70	30
Слабо-засоленная	10	1	68	26	5	11	89	—
Слабо- и средне-засоленная	25	6	81	11	2	14	86	—
	50	1	99	—	—	23	77	—
	100	44	56	—	—	—	—	—
Сильно-засоленная	100	18	42	—	—	—	—	—

Засоление действовало на темпы созревания хлопчатника двояко. Если всходы были получены при слабом засолении или отсутствии его, скорость раскрытия коробочек определяла последующее соленакопление. В этом случае на засоленных почвах хлопок созревал быстрее, чем на незасоленных. В условиях засоления получение всходов было затруднено, что отражалось на развитии хлопчатника. Поэтому созревание хлопка-сырца в этом случае было растянуто.

В первый год орошения почв минерализованными водами засоление ускоряло созревание коробочек, особенно заметно при хлоридном засолении (табл. 46). В условиях слабого сульфатного засоления различия между раскрытием коробочек на засолен-

Таблица 47

Влияние засоления почвы на скорость созревания хлопка-сырца, % от урожая (второй год орошения)

Степень засоления почвы к концу вегетации	Концентрация в воде соли натрия, г/л	Сульфатное засоление			Хлоридное засоление		
		IX	X	XI	IX	X	XI
Незасоленная	Нет	71	29	—	71	29	—
Слабозасоленная	10	63	36	1	80	20	—
	25	70	20	1	83	17	—
Среднезасоленная	50	83	17	—	92	6	2

ном и незасоленном фоне не зарегистрированы. Повышение соле-накопления ускоряло созревание коробочек.

Таблица 48

Схема вегетационного опыта

Вариант	Засоление почвы	Ионный состав солей, %					Фаза формирования засоления
		Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Mg ²⁺	Na ⁺	Сумма	
1	Контроль	Засоление отсутствует					
2	Слабое	0,03	0,3	0,03	0,1	0,5	При посеве
3	Среднее	0,05	0,6	0,05	0,2	0,9	
4	Сильное	0,10	1,0	0,10	0,4	1,6	
5	Слабое	0,03	0,3	0,03	0,1	0,5	Фаза 3—4 листьев
6	Среднее	0,05	0,6	0,05	0,2	0,9	
7	Сильное	0,10	1,0	0,10	0,4	1,6	
8	Слабое	0,03	0,3	0,03	0,1	0,5	Бутонизация
9	Среднее	0,05	0,6	0,05	0,2	0,9	
10	Сильное	0,10	1,0	0,10	0,4	1,6	
11	Слабое	0,03	0,3	0,03	0,1	0,5	Цветение
12	Среднее	0,05	0,6	0,05	0,2	0,9	
13	Сильное	0,10	1,0	0,10	0,4	1,6	

На слабозасоленных почвах, орошавшихся в течение одного года минерализованными водами, наблюдалось медленное раскрытие коробочек, особенно при использовании сульфатных вод слабой минерализации (табл. 47). Орошение же среднеминерализованными водами ускоряло созревание коробочек.

Влияние на хлопчатник времени возникновения засоления. Устойчивость хлопчатника к почвенному засолению повышается с

возрастом (Новиков, 1942). Это дает основания рекомендовать поливы минерализованными водами во второй половине вегетации (Ибрагимов, 1973). Для уточнения периода, когда соли наносят меньший вред хлопчатнику, и установления оптимальных сроков орошения его минерализованными водами был поставлен вегетационный опыт по схеме, приведенной в табл. 48.

Засоление слабое, среднее и сильное создавали в 4 срока: при посеве, в фазы 3—4 настоящих листьев, бутонизации и цветения.

Таблица 49

Влияние сроков возникновения засоления на рост и урожайность хлопчатника

Время создания засоления	Степень засоления	Высота стебля, см	Кол-во коробочек на 1 кусте	Масса коробочки, г	Урожай, г на 1 растение	Сухая масса 1 куста хлопчатника
Контроль При посеве	Нет	91,9	18,6	5,5	103,1	223,0
	Слабое	74,7	18,3	5,1	93,6	170,2
	Среднее	69,0	13,5	5,1	69,1	
	Сильное	48,0	2,0	2,2	4,3	42,0
Фаза 3—4 листьев	Слабое	75,0	16,4	5,5	91,1	180,6
	Среднее	Растения погибли				
	Сильное	" "				
Фаза бутонизации	Слабое	73,5	18,8	5,0	93,9	184,2
	Среднее	Растения погибли				
	Сильное	" "				
Фаза цветения	Слабое	76,5	18,4	5,2	94,9	202,7
	Среднее	68,8	15,9	4,8	76,8	185,2
	Сильное	64,5	12,7	3,9	48,0	130,7

Примечание. $m_{\text{ср.}} = \pm 3,74$ г, $E = 10,4$ г.

Для этого использовали смеси хлорида натрия, сульфатов натрия и магния. Характер засоления почвы во всех вариантах был сульфатным магниевым-натриевым.

Возникновение засоления при посеве уменьшало количество проросших семян и тормозило получение всходов. Через 15 дней после посева в контроле взошло 100% семян, на слабозасоленном фоне — 40%, на среднезасоленном — 25, на сильнозасоленном — 10.

Хлопчатник оказался также чувствительным к проявлению засоления в фазы 3—4 листьев и бутонизации. Слабое соленакопление вызывало угнетение растений, сильное — гибель. К началу цветения растения достаточно окрепли и стали солеустойчивыми. Поэтому создание даже среднего и сильного засоления не привело к их гибели. Все же внесение солей в почву во второй по-

ловине вегетации не проходит для растений бесследно (табл. 49).

Засоление угнетало ростовые процессы. На засоленных почвах хлопчатник был значительно ниже, чем в контроле. В условиях слабого и среднего засоления высота растений примерно была одинаковой, независимо от времени его появления. Различия в их росте наблюдались лишь при сильном засолении почв. Возникновение засоления в фазу цветения слабее сказалось на хлопчатнике, чем при посеве (табл. 49).

В отсутствие соленакпления и в условиях слабого проявления его, сформировалось одинаковое количество коробочек, но масса их была больше на незасоленном фоне. В результате разница между урожаями в контроле и в вариантах со слабым засолением была близкой к наименьшей существенной разности, равной 10,4 г. На всех слабозасоленных почвах независимо от времени внесения солей урожай оказался одинаковым. Это свидетельствует о допустимости орошения слабоминерализованными водами в течение всего вегетационного периода.

По всем вариантам со средним засолением почвы снижение урожая хлопка было статистически достоверно (табл. 49). Но разница между ними оказалась недоказанной. Такое засоление почвы создавалось при орошении среднеминерализованными водами. Учитывая значительное снижение урожая, мы считаем, что использование этих вод для полива хлопчатника следует ограничить. В случае среднего засоления при посеве урожай был несколько меньше, чем при засолении, возникшем в фазу цветения. Поэтому в порядке исключения можно допустить разовую подачу на орошение среднеминерализованных вод после завершения массового цветения хлопчатника.

Урожайности хлопчатника, произраставшего в условиях сильного засоления с момента посева, была близка к нулю. Внесение солей в фазу цветения позволило получить урожай, хотя и вдвое сниженный. Значит, поливы хлопчатника водами, создающими сильное засоление, недопустимы в любое время.

Влияние на хлопчатник солонцеватости почв

Угнетающее влияние солонцеватости на растения может быть вызвано нарушением кальциевого питания, появлением соды и ухудшением водно-физических свойств почв (Орловский и Кунцева, 1939; Балябо и др., 1962).

Обеднение карбонатных почв водорастворимыми солями кальция происходит только при содовом засолении, когда содержание кальция снижается в 2—3 раза по сравнению с незасоленной и несолонцеватой почвой. При удалении соды из почвы повышается растворимость карбоната кальция и увеличивается количество кальция в растворе.

В почвах с нейтральным натриевым засолением солей кальция много, и сильного обеднения их водорастворимым кальцием не

наблюдается, хотя его содержание несколько снижено. Оно выше при хлоридном засолении, так как продукты обмена, образующиеся при обменной реакции между хлоридом натрия и почвенным поглощающим комплексом, выносятся при поливах промывного типа.

В случае сульфатно-натриевого засоления в почве всегда имеется гипс обменного происхождения, и его тем больше, чем выше содержание натрия. В солонцеватых почвах, засоленных преимущественно сульфатом натрия водорастворимого кальция примерно столько же, а в отдельных горизонтах и больше, чем в незасоленных и несолонцеватых. Кроме того, соли натрия усиливают растворимость кальция. Поэтому кальциевое голодание не представляет угрозы для растений на солонцеватых почвах, засоленных нейтральными солями натрия.

Однако в засоленных почвах, независимо от того, солонцеваты они или нет, существует неблагоприятное для растений соотношение между катионами. Как правило, в них много солей натрия. Поэтому отсутствует оптимальное сочетание катионов, что служит причиной нарушения солевого баланса в растениях и их угнетения (Азимов, 1973).

Культурные растения отрицательно реагируют на повышение щелочности. При pH более 8,3 страдают и даже гибнут многие культуры. В сильнощелочной среде нарушается синтез белков и ослабляется поверхность корней (Ковда, 1937).

На предел токсической щелочности единого взгляда нет. По одним данным (Ковда, 1961), он составляет 0,05—0,06%, по другим (Балябо и др., 1962) — такая щелочность не лимитирует развития растений. Однако имеются сведения об очень большой токсичности для хлопчатника соды и связанной с ней повышенной щелочности почвы (Бурдыгина, 1962). В условиях нейтрального засоления удаление избытка натриевых солей приводит к вытеснению части поглощенного натрия кальцием карбоната и появлению в почве обменным путем соды. В наших опытах щелочность солонцеватых почв перед посевом хлопчатника составляла в среднем 0,05—0,07% HCO_3 . В солонцах она поднималась до 0,1—0,3 HCO_3 . Щелочность от нормальных карбонатов наблюдалась лишь в солонцах содового и хлоридно-натриевого засоления. В солонцеватых почвах, засоленных сульфатом натрия, нормальные карбонаты отсутствовали.

Повышенная щелочность почвы в период всходов отрицательно влияет на хлопчатник. В наших опытах при щелочности 0,05—0,07% HCO_3 всходы были получены на 2—3 дня позже, а при 0,1% HCO_3 не появились. Поэтому щелочность 0,1% HCO_3 мы принимаем за токсический предел содержания в почве щелочных соединений, вызывающих гибель хлопчатника.

С ростом засоления почвы при орошении нейтральными натриевыми водами щелочность снижается, так как высокое содержание солей натрия в почвенном растворе препятствует образо-

ванию соды. Одновременно среди щелочных соединений почвы повышается доля бикарбоната кальция, растворимость которого усиливается в присутствии солей натрия. В этих условиях нельзя ожидать заметного отрицательного влияния щелочности солонцеватых почв на хлопчатник. Солонцеватость их является «потенциальной». Такой она остается в течение всего вегетационного периода, ибо в это время в почве доминирует процесс активного поступления натрия в поглощающий комплекс. Он обусловлен постоянным повышением концентрации солей натрия, приносимых с поливной водой, и удалением части продуктов обмена поливами промывного типа.

Большой вред растениям приносят неблагоприятные водно-физические свойства солонцеватых почв (высокая дисперсность, плохая фильтрация, бесструктурность, большая плотность). На таких почвах образуется мощная корка. Они быстро заплывают и плохо просыхают. Так, весной влажность солонцеватых почв была на 5% выше, чем несолонцеватых. Отрицательное действие водно-физических свойств этих почв на растения проявляется непосредственно, создавая плохие условия для получения всходов и развития корневой системы, и косвенно — усиливая процесс соле-накопления.

В бескарбонатных почвах солонцеватость стабильна и долго сохраняется после удаления солей (Балябо и др., 1962). В карбонатных почвах она связана с засолением и в отсутствие его неустойчива. Поэтому в карбонатной зоне солонцеватые почвы, как правило, засолены, а растения на них испытывают влияние и засоления, и солонцеватости. При сравнении состояния хлопчатника на почвах с одинаковым засолением и разной степенью солонцеватости установлено, что легкорастворимые соли оказывают на растения сильное токсическое действие. Снижение урожая под влиянием засоления во всех случаях статистически достоверно. Гипс, вносимый в почву для устранения солонцеватости, в условиях нейтрального засоления не дает достоверной прибавки урожая, что свидетельствует о слабом влиянии солонцового процесса на хлопчатник.

Наиболее четко проявляется влияние солонцеватости, вызванной нейтральными солями натрия, на получение всходов. При средней и сильной степени ее всходы появляются на 3—4 дня позже и отставание в его развитии прослеживается до фазы цветения. Так как действие засоления сильнее, к концу вегетации оно затухает влияние солонцеватости.

Положительный эффект от внесения гипса в почвы, орошаемые содовыми и содово-сульфатными водами, обусловлен частичным устранением соды и снижением солевого напряжения. Нейтрализуя соду, гипс улучшает условия произрастания растений, в результате чего получается статистически достоверная прибавка урожая (табл. 45).

На сильносолонцеватых почвах и солонцах содового засоления невозможно получить всходы хлопчатника. При меньших степенях солонцеватости они появляются с большим опозданием, чем на солонцеватых почвах нейтрального засоления. Отрицательное влияние на хлопчатник солонцеватости, вызванной содой, наиболее четко прослеживается в начале вегетации. В последующем оно сглаживается, но все же ощущается весь вегетационный период.

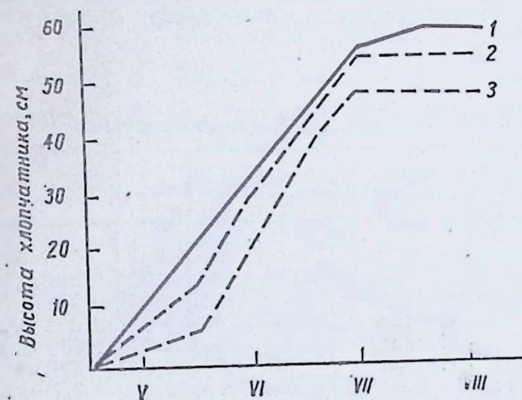


Рис. 6. Влияние на рост хлопчатника солонцеватости почвы, орошаемой содовыми водами.

1 — несолонцеватая и незасоленная почва. Полив пресной водой, 2 — слабосолонцеватая почва. Полив содовой водой с 0,2 г/л Na_2CO_3 , 3 — среднесолонцеватая почва. Полив содовой водой с 0,4 г/л NaHCO_3 .

Об этом свидетельствуют данные роста хлопчатника при содовом засолении (рис. 6).

Таким образом, на рост, развитие и урожай растений, орошаемых натриевыми водами, засоление оказывает более сильное влияние, чем солонцеватость. Она четко проявляется в условиях слабого почвенного засоления, вызывая задержку всходов хлопчатника и повышая щелочность почвы. Кроме того, плохие фильтрационные свойства солонцеватых почв могут явиться причиной низкого качества профилактической промывки и недостаточного опреснения поля перед посевом.

Влияние орошения минерализованными водами на зольный состав растений хлопчатника

Засоление почвы вызывает изменения в составе золы хлопчатника (Ковда, 1947). Это связано с нарушением под влиянием солей избирательной функции протоплазмы клеток растений (Ковда, 1937). Причиной нарушений в поступлении солей может быть также измененный засолением водный режим (Строганов, 1961).

Растения на засоленных почвах получают минеральные соли в неоптимальных соотношениях. Затрудняется не только поступление, но и перераспределение веществ внутри растительного организма (Ковда, 1947). В. С. Шардаков (1948) показал, что хлопчатник обладает способностью аккумулировать соли в эпидермисе листьев. Особенностью накопления хлора является его слабое проникновение в репродуктивные органы хлопчатника (Новиков, 1942). В результате созданного природой физиологического барьера легкорастворимые соли, поступающие из почвы в растение, скапливаются преимущественно в листьях и стебле.

Таблица 50

Содержание солей в почве вегетационного опыта, %

Время создания засоления	Степень засоления	Сухой остаток	НСО ₃	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺
Контроль (засоления нет) Всходы	—	0,083	0,040	0,003	0,020	0,012	0,007	0,003
	Слабое	0,452	0,026	0,023	0,261	0,042	0,019	0,070
	Среднее	1,081	0,021	0,054	0,653	0,064	0,034	0,207
	Сильное	1,651	0,022	0,098	1,062	0,095	0,059	0,318
Фаза 3—4 листьев Фаза бутонизации Фаза цветения	Слабое	0,581	0,025	0,035	0,327	0,036	0,025	0,117
	"	0,496	0,026	0,036	0,277	0,045	0,021	0,074
	"	0,584	0,016	0,031	0,363	0,049	0,020	0,111
	Среднее	0,954	0,022	0,043	0,583	0,056	0,042	0,172
	Сильное	1,649	0,016	0,086	0,942	0,103	0,049	0,308

Интенсивная концентрация в хлопчатнике хлора при заметном снижении поступления кальция, магния и серы наблюдается в условиях хлоридно-натриевого засоления. Повышение содержания в почве магниевых солей обуславливает энергичное поступление магния в растения (Шестаков и Швынденков, 1934). На фоне хлоридно-сульфатного засоления наблюдается выраженное накопление кремния, алюминия, хлора, магния, натрия, снижение содержания кальция и серы (Ковда, 1947). Слабое поступление кальция в растения хлопчатника на засоленных почвах отметил Азимов (1973).

В условиях засоления в зольном составе растений происходят резкие изменения. Зависимость этих изменений от особенностей соленакопления изучена недостаточно. Поэтому мы проследили за влиянием степени и времени возникновения засоления почвы на поступление и перераспределение солей в органах хлопчатника.

Опыт ставили в сосудах Вагнера. Засоление слабое, среднее и сильное создавали в 4 срока — при наступлении определенных фаз развития хлопчатника (табл. 50). Растения на анализ отбирали осенью, в фазу полного созревания. После мокрого озоления концентрированной азотной кислотой и пергидролем в растворе

определяли содержание хлора, серы, кальция, магния, калия и натрия (табл. 51 и 52).

При внесении солей в почву до цветения хлопчатника содержание хлора в нем зависит от степени засоления и не зависит от времени его возникновения. Наибольшее количество хлора сос-

Таблица 51

Содержание легкорастворимых солей в вегетативных органах хлопчатника, % на сухое вещество

Время создания засоления	Степень засоления	Cl	S	Ca	Mg	Na	K
Стебель							
Контроль (засоления нет) Всходы	—	0,153	0,520	0,599	0,725	0,025	1,549
	Слабое	0,385	0,541	0,498	0,543	0,249	0,998
	Сильное	1,389	1,758	0,199	1,208	3,992	0,624
	Слабое	0,387	0,286	0,499	0,484	0,325	1,349
Фаза 3—4 листьев Фаза бутонизации Фаза цветения	"	0,438	0,271	0,399	0,484	0,250	0,925
	"	0,705	0,245	0,599	0,544	0,250	1,124
	Среднее	0,872	0,233	0,499	0,514	0,500	0,749
	Сильное	1,667	0,118	0,499	0,605	1,249	0,925
Листья							
Контроль (засоления нет) Всходы	—	0,286	0,679	4,995	1,209	0,072	2,498
	Слабое	0,693	1,299	4,775	1,204	0,497	2,835
	Сильное	1,426	4,728	2,182	1,789	3,967	1,785
	Слабое	0,667	1,043	4,607	1,212	0,501	2,504
Фаза 3—4 листьев Фаза бутонизации Фаза цветения	"	0,606	1,269	3,959	1,291	0,500	2,400
	"	0,469	1,286	4,974	1,323	0,748	3,131
	Среднее	0,600	1,679	3,992	1,692	0,900	2,495
	Сильное	0,712	4,100	1,992	1,857	1,075	0,996
Створки							
Контроль (засоления нет) Всходы	—	0,159	0,355	0,598	0,483	0,025	2,917
	Слабое	0,473	0,438	0,839	0,363	0,093	2,399
	Сильное	0,693	0,749	0,690	0,484	0,750	1,875
	Слабое	0,423	0,613	0,799	0,362	0,038	1,496
Фаза 3—4 листьев Фаза бутонизации Фаза цветения	"	0,383	0,629	0,900	0,363	0,038	1,875
	"	0,352	0,830	1,100	0,303	0,074	2,150
	Среднее	0,435	0,492	0,999	0,484	0,200	2,100
	Сильное	0,552	0,558	0,799	0,303	0,250	2,150

редоточивается в листьях. В стебле и створках коробочек его меньше, а в волокне очень мало. Однако в семена он проникает довольно энергично, что не было отмечено в предыдущих исследованиях.

Создание засоления во второй половине вегетации приводит к накоплению хлора в стебле хлопчатника и к обеднению им листьев и семян. Это свидетельствует о замедленном в этот период оттоке хлоридов из стебля в другие органы и подтверждает

правильность рекомендации о целесообразности проведения поливов минерализованными водами, особенно с повышенным содержанием хлоридов, во второй половине вегетационного периода.

Заметное накопление соединений серы идет преимущественно в листьях хлопчатника. Количество серы в них увеличивается в

Таблица 52

Содержание легкорастворимых солей в хлопке-сырце, % на сухое вещество

Время создания засоления	Степень засол. тип	Cl	S	Ca	Mg	Na	K
Волокно							
Контроль (засоления нет)	—	0,036	0,062	0,200	0,121	0,013	0,400
Всходы	Слабое	0,070	0,076	0,260	0,061	0,025	0,325
	Среднее	0,087	0,088	0,258	0,061	0,025	0,260
	Сильное	0,086	0,112	0,354	0,858	0,177	0,200
Фаза 3—4 листьев	Слабое	0,084	0,184	0,200	0,061	0,013	0,325
Фаза бутонизации	—	0,070	0,112	0,200	0,121	0,025	0,325
Фаза цветения	Слабое	0,050	0,061	0,160	0,061	0,010	0,300
	Среднее	0,057	0,051	0,300	0,242	0,012	0,275
	Сильное	0,085	0,056	0,300	0,182	0,037	0,400
Семена							
Контроль (засоления нет)	—	0,196	0,066	0,306	0,182	0,010	1,147
Всходы	Слабое	0,294	0,066	0,200	0,182	0,012	0,749
	Среднее	0,409	0,029	0,199	0,356	0,012	0,914
	Сильное	0,683	0,029	0,299	0,229	0,090	1,280
Фаза 3—4 листьев	Слабое	0,322	0,066	0,199	0,302	0,012	0,798
Фаза бутонизации	—	0,407	0,049	0,199	0,241	0,010	0,748
Цветение	Слабое	0,490	0,044	0,299	0,266	0,010	0,747
	Среднее	0,328	0,043	0,300	0,242	0,012	0,974
	Сильное	0,226	0,040	0,300	0,182	0,037	1,149

2—6 раз по сравнению с контролем. Существует четкая зависимость содержания этого элемента от степени засоления почвы. Накопление серы в растениях не зависит от срока возникновения засоления. Сернистые соли обладают меньшей подвижностью в растениях, чем хлориды, и не преодолевают физиологический барьер, защищающий репродуктивные органы от избыточного поступления легкорастворимых соединений. Поэтому мы обнаружили мало серы в семенах. В условиях среднего и сильного засоления отмечается обеднение семян соединениями серы, что для растений опасно так же, как и избыток их.

В литературе есть указания на слабое поступление кальция в хлопчатник в условиях засоления (Ковда, 1947; Азимов, 1973). Наши данные подтвердили справедливость этого положения в отношении содержания кальция в листьях и семенах. В то же время заметных изменений его количества в стебле и волокне не зарегистрировано.

Наиболее четкая зависимость между содержанием кальция и степенью засоления почвы наблюдается в листьях хлопчатника. Обеднение им семян происходит в случае внесения солей в ранние фазы развития растений. Позднее проявление засоления не отражается на количестве кальция в семенном материале.

В нашем опыте содержание водорастворимого магния в почвах колебалось от 0,03 до 0,1%. Однако это слабо отразилось на количестве магния в хлопчатнике. Четкой зависимости его содержания от степени и времени возникновения засоления мы не обнаружили. Лишь при сильном соленакоплении количество магния в стебле и листьях хлопчатника несколько увеличилось.

Натриевые соли доминировали среди легкорастворимых соединений, создавших почвенное засоление. Поэтому натрий интенсивно поступал в хлопчатник. Он сосредоточивался главным образом в вегетативных частях растений — стебле и листьях. Количество натрия в этих органах зависело от степени засоления почвы. В условиях слабого соленакопления в стебле натрия содержалось меньше, чем в листьях. При среднем и сильном соленакоплении количество натрия в листьях и стебле примерно одинаково.

Содержание натрия в вегетативных органах хлопчатника заметно зависит от срока возникновения засоления. В листьях тем меньше натрия, чем позднее вносятся соли. В этом случае он сосредоточивается преимущественно в стебле. Внесение солей перед посевом и в ранние фазы развития растений приводит к накоплению натрия в листьях и отчасти в створках. В условиях слабого засоления в створках коробочек его содержалось в 2—4 раза больше, чем в контроле, в то время как в листьях — в 4—8 раз. При внесении солей в фазу цветения в створках было в 3 раза меньше натрия, чем при создании засоления в период всходов.

Небольшое количество натрия обнаружено в волокне хлопчатника на фоне слабого засоления. На сильнозасоленных почвах содержание его значительно. Очень мало натрия выявлено в семенах. Заметных различий в содержании его в зависимости от срока возникновения засоления мы не обнаружили. Таким образом, существует физиологический барьер для проникновения этого элемента в семена.

Натрий, вероятно, мешает поступлению калия в хлопчатник, содержание которого во всех элементах куста было ниже на засоленном фоне. С усилением засоления количество калия уменьшалось в вегетативных органах и увеличивалось в семенах. Однако семенной материал, выращенный при слабом засолении, оказался обедненным калием. Семена, полученные на сильнозасоленном фоне, перегружены солями и для посева непригодны. Видимо, необходимо пересмотреть рекомендации физиологов, предлагающих для повышения солеустойчивости хлопчатника производить посев его семенами, полученными с засоленных почв.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОДЗЕМНЫХ И ДРЕНАЖНЫХ ВОД НА ОРОШЕНИЕ И ПРОМЫВКИ В ПОЛИВНОЙ ЗОНЕ УЗБЕКИСТАНА

В связи с возрастающим год от года дефицитом пресной поливной воды подземные и дренажные воды все шире используются на орошение. В проектных разработках предусматривается заметное увеличение их доли в водном балансе орошаемых территорий (Востанджогло, 1969; Серебрянникова и Бейлинсон, 1969). По химическому составу и минерализации эти воды обычно сильно отличаются от речных, за счет которых в основном ведется орошение в нашей республике. Это вызывает необходимость в установлении возможных последствий широкого использования их и выявлении территорий, где оно допустимо и перспективно.

Орошаемые земли в Узбекистане сосредоточены в нижних частях покатых равнин и по долинам рек («Почвы Узбекистана», 1975). Они размещаются среди неорошаемых территорий и горных массивов в виде крупных оазисов. Для них в большинстве случаев характерно соленакопление в почвах и грунтовых водах. Таких оазисов в пределах Узбекистана нами выделено 6, для которых составлено районирование, определена перспективность использования минерализованных дренажных и подземных вод. Для 4 из них (Ферганская котловина, долина Кашкадарьи с Каршинской степью, Сурхай-Шерабадская депрессия и Хорезмский оазис) при составлении районирования мы опирались на данные Министерства мелиорации и водного хозяйства республики и научно-производственного объединения «Узбекгидрогеология». Районирование Голодной степи и низовьев Зарафшана провели по собственным материалам. Для каждого из оазисов собрали данные о химическом составе дренажных и подземных вод, расходам коллекторов и дебитам скважин. Все воды в оазисах были оценены по разработанной нами в результате многолетних исследований системе показателей (Глухова, 1975, 1977). На основании этих данных, а также особенностей геоморфологического строения, гидрогеологических и почвенно-мелиоративных условий выделены территории по перспективности использования дренажных и подземных вод.

По климатическим условиям территорию Узбекистана можно условно разделить на две части: северную, где возможно выращивание средневолокнистых сортов хлопчатника (Голодная степь,

Ферганская долина, Ташкентский, Самаркандский, Хорезмский оазисы), и южную, где наряду с этими сортами выращивают тонковолокнистые (низовья Зарафшана, Каршинская степь, Сурхай-Шерабадская долина). Исследования проводили в Голодной степи, находящейся в северной части республики, и Бухарском оазисе — в южной. Это дает нам основания распространить полученные результаты на всю поливную зону Узбекистана.

На основании этих данных и исследований установлены региональные показатели оценки минерализованных вод для целей ирригации. Показано, что для Северного Узбекистана допустимая минерализация поливной воды несколько выше, чем для Южного. Градации минерализации были сделаны с учетом механического состава орошаемой почвы. Введен в шкалу оценки вод новый показатель — содержание в них хлора.

Мы рекомендуем использовать на орошение преимущественно воды невысокой минерализации: для среднесуглинистых почв 2,5—3,5 г/л, легкосуглинистых — 3,0—4,5, супесей и песков — 4,5—6. Концентрация хлора в воде не должна превышать соответственно 0,2—0,4; 0,5—0,7 и 0,5—1,0 г/л (первое число — показатель для южных районов, второе — для северных). Для предотвращения осолонцевания почвы при оценке поливной воды необходимо учитывать величину щелочности. В водах, рекомендованных для орошения, она должна быть менее 0,5 г/л HCO_3 . Воды, содержащие соду (карбонат или бикарбонат натрия), для орошения непригодны, так как при орошении ими прогрессивно нарастает солонцеватость.

Для вод, не содержащих соду, необходимо учитывать количество в них нейтральных солей натрия и кальция. Влияние хлорида на почвы сильнее, чем сульфата. Поэтому при оценке воды нужно иметь в виду тип минерализации воды. Процесс солонцеватости не возникает в карбонатной негипсованной почве при следующем содержании гипса в воде:

1) для сульфатного типа минерализации воды — не более 0,7 г/л;

2) для хлоридно-сульфатного типа — более 0,9 г/л;

3) для сульфатно-хлоридного типа — более 1,2 г/л.

Если гипса в воде будет меньше, то солонцеватость может возникнуть при отношении натрия к кальцию 5 в случае сульфатного типа минерализации и более 2 — хлоридного. В водах хлоридно-сульфатного типа это отношение равно 4, сульфатно-хлоридного — 3. Такая вода непригодна для орошения почв, не содержащих гипс. Процесс слитизации начинается в случае орошения почвы водами, содержащими магния более 50% от суммы щелочноземельных катионов. Степень проявления этого процесса зависит от относительного содержания магния в воде. При отношении $\text{Mg}:(\text{Mg}+\text{Ca})=0,5-0,6$ возникает слабая слитизация почвы, при 0,6—0,7 — средняя, при более чем 0,7 — сильная. К слабослитым мы относим почвы с содержанием поглощенного маг-

ния 40—60% емкости обмена, к среднеслитым — 60—80, сильно-слитым — более 80.

Влияние орошения дренажными и подземными водами зависит не только от их минерализации и химизма, но и от свойств орошаемых почв и мелиоративных условий территории. При орошении водами повышенной минерализации часть солей остается в корнеобитаемом слое, создавая или повышая почвенное засоление. В районах, подверженных соленакоплению, почвы, отводимые под орошение дренажными водами, должны быть хорошо промыты. В случае пятнистого засоления поля, где средnezасоленные почвы составляют 40% и более, для орошения этими водами непригодны.

Орошение водами повышенной минерализации следует проводить только на фоне дренажа. В бездренажных условиях использовать подземные воды с минерализацией до 1,5 г/л. При наличии дренажа солевой режим почвы, поливаемой минерализованными водами, можно регулировать промывным режимом орошения. Частота поливов промывного типа определяется минерализацией поливной воды и степенью засоления почвогрунтов.

Все почвы, орошаемые водами повышенной минерализации, обязательно промываются в сроки, наиболее подходящие для данного района. Для большинства районов, где на орошение используются дренажные воды, лучшим сроком является осенне-зимний период. Промывная норма определяется по степени засоления почвы в осеннее время. Если содержание солей натрия в воде выше критического, то создание промывного режима на почвах, не содержащих гипс, лишь усилит солонцовый процесс. В связи с этим орошение водами, создающими угрозу осолонцевания почв, недопустимо. Такую воду надо или сбрасывать за пределы оазиса или разбавлять оросительной водой до безопасного содержания солей натрия. Поливы водами с повышенным содержанием солей натрия возможны только при содержании гипса в почве. Однако при промывном режиме орошения он будет вымываться из почвы. Поэтому необходимо периодически определять количество гипса в пахотном горизонте, чтобы не допустить вымывания этого соединения и возникновения солонцового процесса.

Голодная степь

Голодная степь расположена в среднем течении Сырдарьи. Площадь ее около 1 млн га, из них пригодны для орошения 820 тыс. га, а в настоящее время — около 550 тыс. га. Водный дефицит, имеющий там место, можно показать на примере Сырдарьинской области, занимающей основную часть территории Голодной степи. Водообеспеченность Голодной степи удовлетворительна только в очень многоводные годы, что бывает редко.

Для покрытия водного дефицита там широко используются воды горизонтального и вертикального дренажа (табл. 53).

В маловодные 1974 и 1975 гг. на орошение подавалось 217—220 млн м³, а в 1976—120 млн м³ только в пределах старой зоны освоения. В новой зоне эти воды используются слабее из-за высокой минерализации. Так, в 1976 г. на поля было подано 36 млн м³ дренажной воды. Этим количеством можно полить 30—55 тыс. га посевов хлопчатника.

Таким образом, в Голодной степи широко используются дренажные воды. Для предотвращения вредного влияния минерализованных вод на почвы и дальнейшего расширения их использо-

Таблица 53

Водопоступление и дренажный сток в Сырдарьинской области (старая зона Голодной степи)

Район	Год	Водозабор, млн м ³				Дренажный сток, млн м ³
		всего	в том числе из			
			Сырдарьи	КДС	вертик. дренажа	
Балутский	1974	369,3	340,4	6,9	22,0	131,3
	1975	333,7	298,9	15,5	19,3	97,2
	1976	332,6	319,5	4,9	8,2	104,2
Гулистанский	1974	567,6	501,7	32,60	33,30	224,7
	1975	485,1	418,7	19,50	46,90	162,8
	1976	463,1	432,0	18,30	17,80	217,3
Ворошиловский	1974	449,4	368,1	55,8	25,5	226,8
	1975	429,1	346,7	58,6	23,8	206,3
	1976	410,7	354,8	31,1	24,8	208,6
Сырдарьинский	1974	321,9	280,9	29,4	11,6	182,5
	1975	300,1	263,9	27,5	8,7	153,8
	1976	456,6	418,8	5,8	2,0	237,7

вания необходимо изучить химический состав имеющихся там дренажных и подземных вод и оценить их возможное действие на почвенный покров исходя из выработанных ранее положений.

Источниками минерализованных вод на рассматриваемой территории являются горизонтальные дрены и скважины вертикального дренажа. Удельная протяженность дрен в старой зоне в 1976 г. составляла 18,6 м/га, в новой — 35. Наибольшей она была в Ильичевском районе (51 м/га). В Голодной степи построено 736 скважин вертикального дренажа, в том числе в старой зоне — 477.

Дренажные сооружения отводят за пределы Голодной степи 1 млрд. м³ минерализованной воды в год, в том числе со старой зоны — 0,8 млрд. В дренажном стоке доля вертикального дренажа составляет 50%. Наибольшее количество воды откачивается в старой зоне — 494 млн м³ — 98% стока вертикальных скважин.

Таблица 54

Химический состав дренажных вод Голодной степи, г/л

Коллектор	Сухой остаток	Щелочность		Cl'	SO ₄ '	Ca''	Mg''	Na'
		CO ₃ '	HCO ₃ '					
I и II террасы Сырдарьи.								
ГПК-С	1,940	Нет	0,183	0,175	0,950	0,150	0,098	0,279
ГПК-2Т	3,600		0,165	0,490	1,596	0,170	0,183	0,602
ГПК-4	3,060		0,311	0,364	1,432	0,190	0,171	0,197
ГПК-13	3,950		0,402	0,518	1,777	0,220	0,226	0,657
ГПК-19	2,700		0,311	0,266	1,345	0,200	0,146	0,428
ГПК-21	2,320		0,323	0,217	1,156	0,200	0,128	0,344
ГПК-42С	3,070		0,311	0,336	1,464	0,200	0,159	0,505
III терраса Сырдарьи								
Алвакуль	3,160	-	0,226	0,264	1,502	0,270	0,183	0,372
Баяутский	2,360	-	0,183	0,332	1,111	0,220	0,122	0,332
Малекский	3,330	-	0,177	0,378	1,674	0,260	0,177	0,479
Пограничный	3,690	-	0,207	0,476	1,818	0,280	0,220	0,519
Ирджар	2,020	-	0,274	0,217	0,957	0,200	0,122	0,246
К-1	3,340	-	0,244	0,367	1,604	0,250	0,183	0,464
Центральная Голодноостенская равнина								
ЦК-7	7,216	0,002	0,205	1,211	3,204	0,328	0,367	1,433
ЦК-6-12	9,108	Нет	0,273	1,610	3,096	0,552	0,455	1,620
17-К-2	8,060	-	0,238	1,382	3,414	0,360	0,321	1,584
17-К-4	10,480	-	0,165	2,310	3,949	0,450	0,433	2,114
17-К-6	15,860	-	0,274	3,570	6,088	0,530	0,604	3,581
18-К-1	12,370	-	0,128	2,555	5,118	0,500	0,494	2,646
18-К-3	10,290	-	0,171	2,450	3,826	0,430	0,427	2,179
18-К-7	11,580	-	0,195	2,205	4,854	0,480	0,470	2,386
18-К-9	12,940	-	0,201	3,277	4,443	0,410	0,561	2,860
19-К-2	13,000	-	0,207	4,725	6,171	0,560	0,820	3,901
19-К-5	10,020	Сл.	0,140	1,785	4,031	0,500	0,306	1,884
Шурузякское понижение								
Шурузяк	3,200	Нет	0,140	0,455	1,534	0,290	0,152	0,461
Кендык	2,740	-	0,231	0,196	1,406	0,320	0,134	0,265
Койботкан	2,500	-	0,244	0,287	1,246	0,290	0,115	0,323
Овразный	2,470	-	0,266	0,280	1,222	0,181	0,128	0,414
ВЖД	3,130	-	0,177	0,679	1,300	0,210	0,152	0,370
ВЖД-3	2,860	-	0,128	0,630	1,152	0,200	0,134	0,525
ВЖД-9	3,020	-	0,122	0,539	1,345	0,240	0,165	0,452
Джетысайское и Сардобинское понижения								
Джетысай	3,770	-	0,317	0,455	1,789	0,300	0,212	0,523
ЦГА	5,010	-	0,183	0,819	2,361	0,320	0,232	0,923
Мзынский	4,290	-	0,159	0,910	1,650	0,250	0,195	0,781
Д-20	3,100	-	0,238	0,630	1,271	0,200	0,161	0,565
ВС-13	3,810	-	0,189	0,637	1,646	0,260	0,177	0,639

Продолжение таблицы 54

Коллектор	Сухой остаток	Щелочность		Cl'	SO ₄ '	Ca''	Mg''	Na'
		CO ₃ '	HCO ₃ '					
Сазово-солончаковая зона								
ЦК-1	8,620	.	0,231	1,554	3,925	0,480	0,293	1,868
ЦК-6	7,720	.	0,207	1,484	3,571	0,410	0,403	1,482
ЦК-6-27	9,540	.	0,146	1,610	3,851	0,400	0,488	1,414
ЦК-7-2	8,660	.	0,091	0,126	0,376	0,100	0,400	1,720

Размеры дренажного стока колеблются по годам. Так, со старой зоны Голодной степи в 1973 г. было вынесено 1,1 млрд м³ воды, в 1974 и 1976 гг. — 0,8 млрд, в маловодном 1975 г. — 0,6 млрд. Частично эти воды могут быть использованы на орошение.

Минерализация и состав дренажных вод, по нашим данным, зависят от давности освоения, опресненности дренируемой территории и интенсивности поступления сбросных вод. В пределах войны проходит система Главного пойменного коллектора. Воды в ней слабоминерализованные, пригодные для орошения (табл. 54). Среди солей преобладают сульфаты. Хлорида натрия меньше предельно допустимого содержания. Натрия примерно в 2 раза больше кальция, магния — в 1,2—1,5. Гипса в водах немного — 0,2—0,3 г/л.

На II и III террасах Сырдарьи дренажные воды содержат больше хлоридов, но тип минерализации остается хлоридно-сульфатным. Исключение составляет Баяутский коллектор, воды в котором имеют сульфатный характер вследствие того, что коллектор дренирует сравнительно благополучную в отношении засоления и давно освоенную территорию.

Крупные коллекторы Голодной степи идут по днищам понижений Джетысайского, Шурузякского, Сардобинского, Кара-Кайского, которые характеризуются естественным засолением. Основной водоотводящей артерией новой зоны освоения является Центральный голодноостенский коллектор. В течение года в нем довольно высокая минерализация, несколько снижающаяся летом за счет обильных сбросов оросительных вод. Характер минерализации дренажной воды хлоридно-сульфатный при относительно высоком содержании гипса, которого достаточно, чтобы противостоять солонцовому процессу.

Основным коллектором в старой зоне Голодной степи является Шурузяк. Вода в нем слабоминерализованная (табл. 54). Щелочность ее невысокая. Солей натрия в 2 раза больше, чем кальция. В Шурузякской воде много гипса и хлора. Аналогичный состав

Таблица 55

Химический состав вод вертикального дренажа Голодной степи, г/л

№ скважины	Сухой остаток	НСО ₃	Cl'	SO ₄ "	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺
I и II террасы Сырдарьи							
39	1,760	0,134	0,476	0,555	0,150	0,122	0,177
40	2,010	0,181	0,434	0,816	0,170	0,110	0,335
367	0,290	0,140	0,019	0,080	0,032	0,011	0,046
369	1,128	0,087	0,169	0,507	0,076	0,035	0,207
858	0,869	0,104	0,155	0,329	0,057	0,033	0,153
III терраса Сырдарьи							
29	1,541	0,217	0,284	0,535	0,103	0,078	0,251
37	0,163	0,205	0,183	0,314	0,076	0,049	0,132
93	2,320	0,189	0,434	1,024	0,170	0,134	0,394
41	3,740	0,165	0,742	1,600	0,230	0,177	0,710
45	5,180	0,165	1,201	1,816	0,221	0,213	1,049
57	3,501	0,134	0,644	1,510	0,200	0,195	0,592
51	3,220	0,149	0,457	1,422	0,196	0,158	0,628
171	4,468	0,163	0,635	2,077	0,243	0,258	0,780
198	3,580	0,238	0,329	1,933	0,270	0,207	0,526
201	2,740	0,201	0,231	1,432	0,250	0,171	0,300
4	4,070	0,171	0,980	1,390	0,250	0,244	0,617
54	3,110	0,195	0,630	1,246	0,190	0,159	0,560
45	2,590	0,171	0,455	1,013	0,200	0,146	0,358
61	2,861	0,207	0,507	1,201	0,180	0,171	0,451
10	2,270	0,201	0,420	0,917	0,161	0,159	0,303
Шурузьякское понижение							
141	1,580	0,166	0,126	0,788	0,140	0,073	0,326
137	2,232	0,112	0,116	1,229	0,216	0,102	0,330
146	2,524	0,227	0,166	1,316	0,220	0,131	0,310
2	3,092	0,212	0,386	1,437	0,201	0,170	0,514
12	2,824	0,116	0,625	0,979	0,160	0,136	0,632
74	4,760	0,183	1,414	1,513	0,210	0,251	1,010
11	1,892	0,183	0,366	0,693	0,143	0,035	0,402
177	1,276	0,185	0,210	0,412	0,083	0,061	0,184
86	3,400	0,195	0,203	1,816	0,470	0,128	0,287
19	1,408	0,212	0,213	0,581	0,100	0,101	0,250
94	2,410	0,213	0,448	0,917	0,161	0,159	0,341
155	2,990	0,183	0,847	0,962	0,140	0,122	0,780
Понижения в центральной части Голодной степи							
75	2,350	0,213	0,280	1,160	0,200	0,134	0,334
89	4,700	0,207	1,015	1,814	0,290	0,238	0,821
13	4,496	0,151	1,028	1,166	0,280	0,253	0,470
22	6,610	0,139	1,470	2,481	0,470	0,305	1,107
30	6,704	0,154	1,406	2,516	0,416	0,311	1,100
64	3,650	0,134	0,798	1,220	0,210	0,335	0,278
31	5,488	0,151	1,512	0,980	0,232	0,241	0,810
77	7,290	0,146	2,012	2,633	0,490	0,311	1,469
29	4,676	0,146	1,122	1,316	0,316	0,207	0,655
38	5,660	0,122	0,784	2,674	0,320	0,311	0,879
46	4,160	0,144	0,636	1,555	0,292	0,213	0,465
53	3,380	0,163	0,859	0,890	0,216	0,134	0,540

Продолжение таблицы 55

№ скважины	Сухой остаток	НСО ₃	Cl'	SO ₄ "	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺
Сазово-солончаковая зона							
1	2,080	0,277	0,277	0,991	0,167	0,146	0,552
2	3,150	0,139	0,291	1,732	0,317	0,152	0,461
4	6,430	0,140	1,065	2,892	0,500	0,235	1,177
5	3,360	0,201	0,457	1,534	0,303	0,152	0,469
6	5,600	0,195	1,122	2,337	0,261	0,254	1,163
7	3,180	0,152	0,256	1,777	0,366	0,190	0,294
Центральная Голодноостепская равнина							
560	5,199	0,073	0,456	3,531	0,514	0,259	1,165
562	7,112	0,067	0,873	3,299	0,263	0,259	2,034
564	4,024	0,079	0,642	2,692	0,534	0,297	0,346
567	12,600	0,110	3,608	6,853	0,863	0,694	3,678
1	31,080	0,159	9,017	9,450	0,606	1,753	6,419
2	22,090	0,183	4,338	10,567	0,523	1,531	4,670
5	15,060	0,134	4,501	5,657	0,586	0,975	3,119

имеют воды ВЖД, ВЖД-3 и ВЖД-9. Менее минерализованы воды коллекторов Кендыка и Койботкана, которые дренируют земли с лучшими условиями оттока грунтовых вод. Воды этих коллекторов содержали в 1,5—2 раза меньше хлора, чем Шурузьякская.

Наиболее засоленной частью Голодной степи является сазовая зона, расположенная вдоль ЮГК. Многие коллекторы, берущие здесь начало, несут очень минерализованную воду. К их числу относятся ЦК-1, ЦК-6 и ЦК-7. В воде ЦК-7 солей содержится до 13 г/л. В среднем их минерализация составляет 8 г/л. Щелочность невысокая, легкорастворимых нейтральных солей примерно равные количества. Гипса в дренажной воде около 1 г/л и поэтому орошение ею не должно вызывать солонцеватость безгипсовых почв.

Особенно высока минерализация в дренажных водах Центральной части Голодной степи (табл. 54). В последние годы соленые грунтовые воды там были подняты орошением и сейчас отводятся дренажем. Для орошения они непригодны.

Голодная степь — район интенсивного развития вертикального дренажа. По расчетам Н. М. Решеткиной (1966), в вегетационный период из скважин вертикального дренажа может быть получено 158,6 м³/с воды. Сотрудники Узбекского гидрогеологического объединения называют меньшую, но все же значительную цифру — 50 м³/с (Кенесарин, Мирзаев, 1966; Мирзаев, 1969).

Химический состав подземных вод Голодной степи, откачиваемых вертикальным дренажем, показан в табл. 55. Существует тесная связь между минерализацией воды и геоморфологическим положением скважин.

На I и II террасах Сырдарьи воды обычно хорошего качества, но в них мало солей кальция. Некоторые воды при орошении могут вызвать слабую солонцеватость. Скважины, расположенные на III террасе, дают более минерализованную воду худшего качества. В юго-восточной части ее воды преснее, чем в северо-западной. Вторые при массовом использовании потребуют разбавления пресной водой в 2—4 раза. Особенно высоко в них содержание хлора.

Тип минерализации подземных вод Голодной степи в основном хлоридно-сульфатный магниевый-натриевый, так как в них доминируют нейтральные соли натрия, магния и кальция. Появление соли изредка отмечается в пределах II террасы Сырдарьи, в месте поступления пресных грунтовых вод с правобережья. Подземные воды, поступающие из Ферганской долины, сульфатные натриево-магниевые. Под влиянием этих вод возможно возникновение слабой солонцеватости. В пределах Центральной Голодно-стенской равнины встречаются преимущественно средне- и сильно-минерализованные воды, непригодные для орошения (табл. 55). Лишь в восточной части сазовой зоны преобладают воды слабой минерализации.

Почвы Голодной степи относятся к трем почвенным типам: сероземному, луговому и солончаковому (Панков, 1956). Из сероземов в равнинной части степи развиты светлые. Они занимают всю центральную и юго-восточную части ее, а также территорию вдоль Арисайского понижения. В Шурузьякском, Сардобинском и Джетысайском понижениях развиты солончаки на неосвоенных землях и луговые засоленные почвы — на орошаемой территории. Все остальные орошаемые земли заняты сероземно-луговыми почвами с различной степенью засоления.

Голодная степь — район нейтрального соленакопления. Основными солями, вызывающими засоление, являются хлорид натрия, сульфаты натрия, магния и кальция. Такое сочетание солей свидетельствует о континентальном типе соленакопления. Содовое засоление встречается иногда южнее ЮГК (Маслеников, 1971), а на II террасе Сырдарьи местами отмечается подъем слабощелочных вод (Козлов, 1932; Пудовкин и Сучков, 1939; Федорова, 1956). Однако большого распространения солонцеватость в Голодной степи не имеет.

Распределение солей по площади и профилю почв зависит от литолого-гидрогеологических и хозяйственных условий. В старой зоне орошения наименьшими запасами солей характеризуются Баяутский массив и северо-западная часть Голодной степи, наибольшими — Шурузьякское и Сардобинское понижения.

Естественный сток грунтовых вод из Голодной степи слабый (Ходжибаев, 1970). Он осуществляется в сторону Сырдарьи, Арисая, пустыни Кызылкум, а также понижений в центральной части степи. Наличие оттока отразилось в основном на солевых запасах в почвогрунтах, слабее — на засолении верхнего (0—1 м)

слоя (Ходжибаев и Алимов, 1966). Под влиянием освоения и орошения изменился характер соленакопления. По нашим данным, на орошаемых землях преобладает сульфатный натриево-кальциевый тип засоления, на неосвоенных массивах — хлоридно-сульфатный кальциево-натриевый.

В новой зоне освоения естественный отток грунтовых вод за пределы степи существует лишь в Приарисайской части. Из центральной части степи его практически нет. Местный очень незначительный отток наблюдается в сазово-солончаковой зоне (Ходжибаев и Алимов, 1966).

Внутрирегиональное перераспределение солей привело к возникновению очагов интенсивного соленакопления, характеризующихся большими солевыми запасами. Такими очагами в новой зоне освоения Голодной степи являются сазово-солончаковая зона и понижения в центральной части.

Тип засоления в пределах периферий конусов сазово-солончаковой зоны обычно сульфатный кальциево-натриевый, а в межконусных понижениях — хлоридно-сульфатный кальциево-натриевый. В Сардобинском и Джетысайском понижениях в засолении значительна доля хлоридов. Поэтому оно местами становится сульфатно-хлоридным магниевый-натриевым. Из Каройского понижения существует слабый отток солей, и тип соленакопления меняется в сторону преобладания сульфатов (Пушкарева, 1969).

Гипс, имеющий большое физико-химическое значение, распределен по Голодной степи неравномерно. На освоенной территории в верхнем слое почвы он отсутствует, а вымыт на глубину 60—120 см. В центральной части степи и на III террасе Сырдарьи гипс залегает на глубине около 1 м, вблизи сазово-солончаковой зоны — на 40—60 см, а в пределах этой зоны и солончаковых понижений находится на поверхности.

Краткая характеристика почвенных условий Голодной степи свидетельствует о сложной обстановке для применения минерализованных вод. Орошение ими будет накладываться на существующий процесс соленакопления. Поэтому обязательно осуществление мероприятий по снижению вредного влияния засоления (рабочее состояние дренажа, создание промывного режима орошения, ежегодные промывные поливы в зимнее время).

При планировании поливов минерализованными водами следует учитывать механический состав почв. В пределах старой зоны освоения они средне- и тяжелосуглинистые, в новой — преимущественно легкосуглинистые. В Джетысайском понижении местами встречаются песчаные и супесчаные почвы. Таким образом, в старой зоне Голодной степи допустимо орошение водами с содержанием солей до 3,5 г/л, в том числе хлора до 0,4 г/л, в новой зоне соответственно — до 4,5 и 0,7 г/л.

Изучение химизма вод и почв Голодной степи дало возможность наметить районы разной интенсивности проявления соленакопления и возникновения солонцеватости при орошении дренаж-

ными и подземными водами и провести районирование территории по перспективности использования этих вод (рис. 7).

Первый район занимает I и II террасы Сырдарьи. Воды слабоминерализованные, хорошего качества, с невысоким содержанием хлора, пригодные для орошения. Почвы среднесуглинистые, реже тяжело- и легкосуглинистые. Засоление слабое.

Второй район находится в комплексе с первым, занимает территории среднего и сильного засоления. Орошение дре-

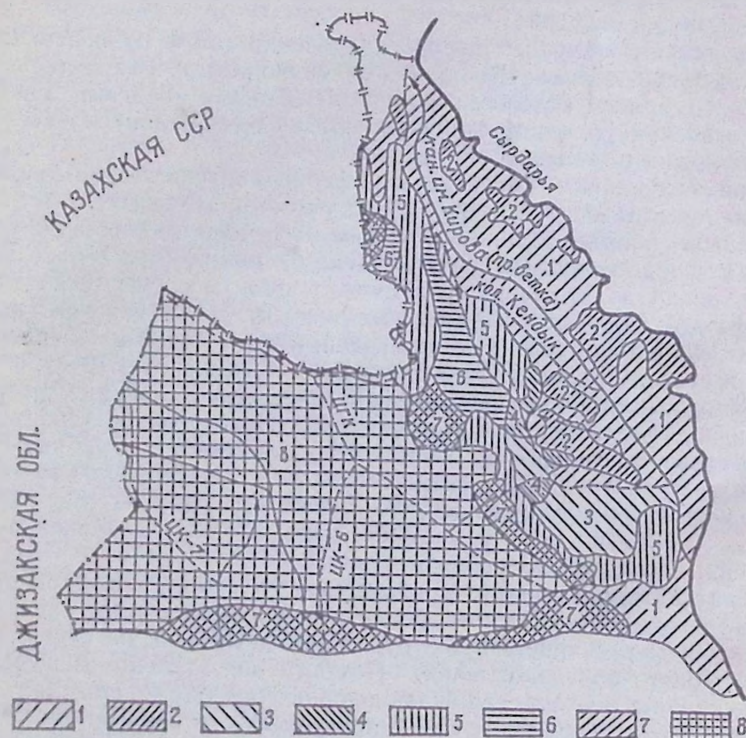


Рис. 7. Карта-схема районирования Голодной степи по перспективности использования дренажных и подземных вод на орошение (здесь и на рис. 7—12 цифрами обозначены районы).

нажными и подземными водами перспективно. Необходимо предусмотреть интенсивный промывной режим, сначала капитальные, а позже профилактические промывки.

Третий район занимает III террасу Сырдарьи. Воды преимущественно слабоминерализованные с повышенным содержанием хлора. Почвы слабозасоленные, среднесуглинистые. Необходим интенсивный промывной режим, профилактические промывки.

Четвертый район аналогичен третьему, но почвы среднезасоленные. Дренажные и подземные воды следует разбавлять 1:1, промывки проводить повышенной нормой.

Пятый район занимает часть Шурузякского понижения и III террасы Сырдарьи. Почвы слабозасоленные, тяжело- и среднесуглинистые. Воды слабо- и среднеминерализованные с повышенным содержанием хлора. В них много солей магния. Соотношение натрия и кальция близко к 3. Дренажные и подземные воды можно использовать на орошение после разбавления оросительной водой в 2—3 раза.

Шестой район характеризуется средне- и сильнозасоленными почвами. После разбавления воды следует использовать преимущественно на промывки.

Седьмой район занимает сазово-солончаковую зону, Джетысайское и Сардобинское понижения. Дренажные воды преимущественно среднеминерализованные, подземные — средне- и сильноминерализованные. В Джетысайском и Сардобинском понижениях дебиты хорошие. После 3—5-кратного разбавления воды пригодны для промывок.

Восьмой район занимает Центральную Голоднотепскую равнину. Подземных вод здесь мало, качество их плохое. В дренаже воды преимущественно сильноминерализованные и для орошения непригодны.

Ферганская долина

Ферганская долина — один из основных хлопковых районов Узбекистана. Несмотря на расположение в верхнем течении Сырдарьи, ее земли испытывают недостаток в поливной воде, особенно острый в маловодные годы. Систематически не хватает воды в Ферганской области, географическое положение которой определяет ее худшую водообеспеченность по сравнению с Наманганской и Андижанской областями.

В настоящее время в Ферганской долине, особенно в ее юго-западной части, широко используют дренажные и подземные воды. Систематически на поля подается до 50 м³/с коллекторных вод. Кроме того, часто из больших коллекторов воды перекачивают в оросительную сеть. Наряду с дренажными водами в долине интенсивно используются подземные. Только в пределах Сохской оросительной системы построено более 150 артезианских скважин. Создаются также системы вертикального дренажа.

Перспективность использования дренажных и подземных вод зависит от их количества и качества. В Ферганской долине создана густая сеть горизонтального открытого дренажа. Она выносит за пределы только Ферганской области до 2,6 млрд м³ воды в год. Дренажный сток в Андижанской области достигает 2,3 млрд м³, в Наманганской — 1,6 млрд. Сброс этих вод в Сырдарью повысил ее минерализацию до 1,2—1,8 г/л.

Для орошения наиболее перспективны воды больших коллекторов (Сары-Джуга, СБК, Язъявансай, Каракалпакский, Дамкульский, Сох-Исфаринский и др.). Расходы в них в вегетационный период составляют от 3 до 50 м³/с. Однако часто используются воды и более мелких коллекторов с расходами 1—3 м³/с (Қзылтепинские коллекторы, Ак-Алтын, Сох-сброс и др.).

В зоне выклинивания дренажные воды преимущественно пресные, гидрокарбонатные и сульфатно-гидрокарбонатные кальциево-магниевого и магниево-кальциевого. В верхней части зоны погружения грунтовых вод с хорошо опресненными почвогрунтами минерализация дренажных вод слабая (1—3 г/л). В периферических частях конусов выноса, в межконусных понижениях, на аллювиальной равнине она поднимается до 2,5—8 г/л (табл. 56). Лишь в центральной части долины минерализация дренажных вод достигает 10 г/л. Характер засоления этих вод сульфатный, реже — хлоридно-сульфатный, натриево-магниевый и магниево-натриевый. Особенность дренажных вод Ферганской долины заключается в невысоком содержании хлора.

Ферганская долина обладает большими запасами подземных вод, пригодных для орошения (Решеткина, 1957; Кенесарин и Мирзаев, 1966; Мирзаев, 1969). Прирост водных ресурсов при использовании эксплуатационных запасов этих вод составит 250—290 м³/с.

Подземные воды, пригодные для орошения, залегают в четвертичных отложениях (Сабиров, 1965). В заадырных и межадырных впадинах водоносные горизонты приурочены к галечникам. В этой части долины использование подземных вод возможно из всех водоносных горизонтов разного возраста. Расход скважин 40—60 л/с. Воды пресные (0,3—0,8 г/л), гидрокарбонатные кальциевые.

Преадырные покатости с конусами выноса также имеют несколько водоносных горизонтов. Водообильность скважин в галечниках голодностепского возраста 10—20 л/с. Минерализация подземных вод повышается от верховьев конуса к его периферии, что характерно для верхнего яруса подземных вод межгорных долин и депрессий (Решеткина, 1969). В этом районе целесообразно использовать воды нижних слоев голодностепского комплекса (Сабиров, 1965).

Воды ташкентского и сохского комплексов здесь хорошего качества, преимущественно пресные, редко слабоминерализованные (до 2 г/л). Дебиты высокие, воды напорные, самонизливающиеся в периферических частях конусов и межконусных понижениях. Тип минерализации подземных вод гидрокарбонатный кальциевый или кальциево-магниевый. С увеличением минерализации вод в них повышается содержание сульфатов натрия и магния, вследствие чего тип ее становится гидрокарбонатно-сульфатным и сульфатным (Кац, 1963).

Минерализованные воды распространены преимущественно в Центральной Фергане. Здесь активно проявляется процесс соле-накопления как следствие слабой природной дренированности территории (Панков, 1957; Ходжибаев, 1970). Почвенный покров Центральной Ферганы представлен в основном луговыми засоленными почвами в освоенной зоне и солончаками на перелогах. Слабозасоленные почвы занимают 49% территории, сильнозасоленные и солончаки — 34. Наибольшие площади засоленных земель сосредоточены в Ферганской области (Кочубей и Сучков,

Таблица 56

Химический состав дренажных вод, используемых на орошение в Ферганской области, г/л (данные А. У. Усманова)

Коллектор	Плотный остаток	НСО ₃	Cl'	SO ₄	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺ по разности
Зона выклинивания грунтовых вод							
ЖД	0,400	0,234	0,020	0,182	0,048	0,019	0,059
Москва	0,980	0,220	0,030	0,430	0,120	0,073	0,056
Кудаш-Айпан	0,690	0,263	0,015	0,221	0,044	0,019	0,129
Кайнар-Булак	0,250	0,122	0,010	0,057	0,036	0,042	0,015
Гиршкана	0,870	0,195	0,030	0,422	0,136	0,054	0,037
Зона вторичного погружения грунтовых вод							
Им. Горького	2,62	0,342	0,160	1,440	0,200	0,243	0,231
Янги-Тайнак	3,53	0,219	0,170	2,120	0,200	0,134	0,720
КМ-3	1,89	0,207	0,030	1,152	0,120	0,143	0,235
Шур-Аккуль	4,47	0,293	0,200	2,016	0,203	0,243	0,514
Айра-Мулла	2,25	0,232	0,060	1,344	0,160	0,143	0,309
БД-7-3	4,45	0,219	0,470	2,496	0,401	0,292	0,570

1969). Таким образом, минерализованные воды в долине будут использоваться в основном на засоленных землях. Поэтому под орошение ими следует отводить почвы слабого засоления облегченного механического состава. Более засоленные почвы можно промывать минерализованной водой, а поливать лучше оросительной. Особенность Центральной Ферганы заключается в гипсоносности ее почвогрунтов. Среди солей, вызывающих засоление, преобладают сульфаты, что свидетельствует о наличии солевого стока (Панков, 1957). На большой территории среди карбонатов доминирует карбонат кальция (Оловянишников, 1937). В почвенном поглощающем комплексе кальций преобладает над магнием (Братчева, 1947). Состав поглощенных оснований устойчив, так как поддерживается большими запасами солей кальция. Замещение его на натрий возможно лишь в безгипсовых почвах сероземного пояса. В гидроморфных почвах, богатых гипсом, этот процесс может идти только в солончаках, но и здесь он временный.

Для определения допустимого уровня минерализации поливной

воды и содержания в ней хлора большое значение имеет механический состав почвогрунтов.

Орошаемое земледелие в Андижанской и Наманганской областях развито главным образом на средне- и тяжелосуглинистых почвах (Кочубей и Сучков, 1969). Среди орошаемых почв Ферганской области преобладают легкие и средние по механическому составу. Таким образом, в ее пределах допустимо использование

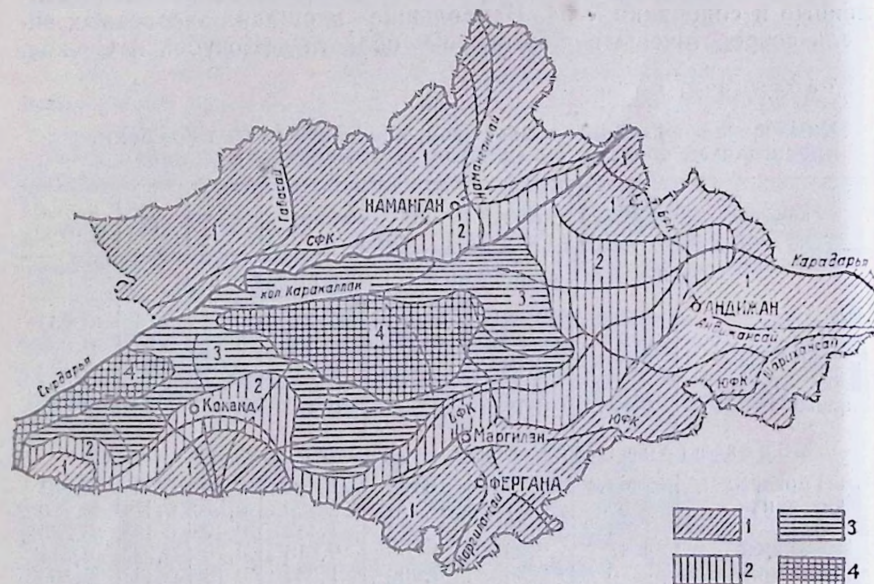


Рис. 8. Карта-схема районирования Ферганской долины по перспективности использования дренажных и подземных вод на орошение.

дренажных вод с более высокой минерализацией, чем в остальных областях долины.

На основании изучения химического состава дренажных и подземных вод и почвенно-мелноративных условий проведено районирование Ферганской долины по перспективности орошения этими водами. Вся территория была разделена на 4 района (рис. 8).

Первый район охватывает сероземную зону с преимущественно глубокими грунтовыми водами. Близко они залегают в межадырных и заадырных понижениях, но инженерная дренажная сеть здесь отсутствует. Дренажные и подземные воды пресные и, редко, очень слабominерализованные, хорошего качества. Они, безусловно, пригодны для орошения.

Второй район занимает зону интенсивного площадного и руслового выклинивания, а также давно освоенную часть зоны вторичного погружения грунтовых вод. Здесь построена густая дренажная сеть. Много родников. Дренажные воды пресные и сла-

боминерализованные, часто самоизливающиеся, вполне пригодны для орошения.

Третий район расположен в зоне вторичного погружения грунтовых вод. Дренажные воды удовлетворительного качества, с минерализацией 2—5 г/л, в основном пригодны для орошения. Следствием его может быть слабое засоление, для устранения которого необходимы промывной режим орошения и профилактические промывки в осенне-зимний период. Дренажные воды с минерализацией более 4 г/л следует разбавлять пресной водой. Водой с 4—6 г/л солей можно поливать только почвы легкого механического состава. Эти воды рационально использовать на промывку сильнозасоленных земель и солончаков. Подземные воды в пределах района пресные и слабominерализованные, пригодны для орошения.

Четвертый район занимает песчано-солончаковую часть Центральной Ферганы. Воды коллекторов преимущественно среднeminерализованы и без разведения непригодны для орошения даже легких почв. Рациональнее использовать их для промывки солончаков, которых много в этом районе. В дренах более низкого порядка воды обычно сильноминерализованные, их следует отводить за пределы долины. Из подземных вод для орошения пригодны слабominерализованные воды глубинных горизонтов. Более высоко расположенные водонесные горизонты дают среднeminерализованную воду, пригодную для промывки только сильнозасоленных земель.

Низовья Зарафшана

Орошаемые земли Бухарской области сосредоточены преимущественно в нижнем течении Зарафшана. Расположенные здесь Бухарский и Каракульский оазисы до недавнего времени сильно страдали от недостатка оросительной воды. Строительство Аму-Бухарского и Аму-Каракульского машинных каналов облегчило положение с поливной водой, но не решило этот вопрос полностью. В маловодные годы здесь продолжает существовать недостаток речной воды.

Водообеспеченность районов Бухарской и Навоийской областей различна. Относительно хорошо водообеспечены Навоийский, Навбахорский, Канимехский, Вабкентский и Каракульский районы; несколько хуже — Каганский и Ромитанский; Свердловский, Шафирканский и Бухарский систематически недополучают поливную воду.

В связи со сказанным возникла необходимость в дополнительных водных источниках. Им могут служить дренажные и подземные воды. Возможность использования их на орошение в условиях Бухарской области изучена слабо. Опыты проводились в 1952—1954 гг. (Кабаев, 1954; Спикина, 1962), в 1967—1969 гг.

1976—1977 (Хакбердыев, 1978). Показано, что допустимый уровень минерализации поливной воды составляет 2,5—3 г/л.

Основным видом дренажа в Бухарской области является открытый горизонтальный, который выносит 1,5—1,7 млрд м³ в год, что значительно меньше стока из Ферганской долины. Расходы в крупных коллекторах в вегетационный период равны 1—2 м³/с. Только главные водосборы выносят 3—4 м³/с. Расход остальных коллекторов менее 1 м³/с.

Минерализация дренажных вод зависит от давности освоения и засоленности дренируемой площади. В коллекторах Навои-Канимехского и Бухарского оазисов воды основных коллекторов слабоминерализованные, в Каракульском — сильноминерализованные (табл. 57). В пределах Бухарского оазиса минерализация дренажной воды крупных коллекторов возрастает с 1,5—3 г/л, в верхней части дельты — до 3—7 г/л на периферии.

Химический состав дренажных вод также подчиняется закономерности. По нашим данным, при очень слабой минерализации в них карбонаты преобладают над сульфатами. Натрия в этих водах мало, кальция и магния содержится примерно одинаковое количество. С повышением минерализации в воде увеличивается доля сульфатов. Концентрация солей магния в слабо- и среднеминерализованных дренажных водах низовьев Зарафшана обычно в 2—3 раза больше солей кальция.

Другая характерная черта химизма этих вод — их сульфатность, особенно ярко выраженная в коллекторах Навоийского и Бухарского оазисов. В дренажных водах Каракульского оазиса в связи с повышением общего содержания солей увеличивается количество хлоридов, но доля сульфатов все же остается большой (табл. 57).

В Бухарской области большой размах получили работы по строительству вертикального дренажа (Кадыров, 1969). Подземные воды широко используются для водоснабжения населения. Вертикальный дренаж создан только в Бухарском оазисе. В Навои-Канимехском оазисе построены скважины на случай маловодья. Из них откачивают слабоминерализованные воды с содержанием солей в основном 1,1—1,7 г/л. Отдельные скважины дают более соленые воды (2,8—3,9 г/л), которые можно использовать только после смешивания с оросительной водой. В Каракульском оазисе вертикальный дренаж из-за слабой водоотдачи грунтов не развит.

Подземные воды в аллювиальных отложениях Зарафшана в Навоийском районе и северной части Бухарского оазиса, по нашим данным, преимущественно слабоминерализованные сульфатно-гидрокарбонатные натриево-магниевые (табл. 58). Удельный дебит скважин в долине Зарафшана до 4,1 л/с, по каналу Канимех — 0,4—2,5.

В Бухарском оазисе динамические запасы и качество подземных вод изменяются от центра его к периферии в связи с умень-

шением расходов в каналах и ухудшением условий дренажа. Минерализация подземных вод колеблется в широком диапазоне (табл. 58). С глубиной она повышается. Эксплуатационные запасы подземных вод, по данным Узбекского гидрогеологического объединения, составляют 36 м³/с. Вдоль больших каналов обнаружены линзы пресных вод эксплуатационного значения.

Таблица 57

Химический состав дренажных вод низовьев Зарафшана, г/л

Коллектор	Сухой остаток	Щелочность		Cl'	SO ₄ "	Ca"	Mg"	Na'
		CO ₃	HCO ₃					
Навоийский оазис								
Дуль-Дуль	1,788	0,009	0,201	0,088	0,895	0,130	0,109	0,157
Мирза-Мумин	1,720	Нет	0,298	0,071	0,871	0,170	0,153	0,086
Центральный	1,980	0,040	0,406	0,123	0,769	0,120	0,140	0,146
Туркестан	1,956	0,031	0,275	0,210	0,885	0,283	0,137	0,083
Санитарный	3,100	Нет	0,255	0,245	1,607	0,330	0,170	0,321
Бухарский оазис								
Джилъван	1,948	0,008	0,305	0,156	1,072	0,180	0,141	0,243
Северный	1,455	0,012	0,128	0,142	0,728	0,130	0,858	0,171
Бустон	3,780	0,009	0,201	0,595	1,839	0,383	0,134	0,657
Харгуш (верховья)	2,468	0,043	0,342	0,249	1,263	0,170	0,225	0,306
Харгуш (низовья)	4,664	Нет	0,354	0,383	2,839	0,468	0,533	0,405
Накиб	3,708	"	0,384	0,320	1,855	0,240	0,286	0,350
Челангу	5,204	"	0,329	0,497	2,604	0,250	0,371	0,610
Богоутдин	3,048	"	0,354	0,447	1,418	0,330	0,158	0,402
Курджан	2,748	0,011	0,325	0,270	1,277	0,270	0,146	0,312
Юлдуз	3,268	0,007	0,288	0,350	1,434	0,180	0,096	0,487
Джайхун	2,170	Нет	0,339	0,234	1,039	0,180	0,129	0,300
ЮСК	2,512	"	0,151	0,192	0,497	0,116	0,173	0,147
Хумданак	3,860	"	0,290	0,362	2,238	0,400	0,233	0,202
Зап.-Рометанск.	4,308	0,016	0,420	0,362	1,000	0,560	0,129	0,403
Каракульский оазис								
Центр.-Алатский	6,916	0,012	0,146	0,799	3,707	0,460	0,407	0,455
Гл. Каракульский	7,560	0,014	0,195	1,562	3,439	0,280	0,468	1,513
Южно-Объедин.	13,716	Нет	0,384	3,018	5,428	0,390	0,750	2,821
Караун	9,556	0,002	0,400	1,810	3,985	0,370	0,632	1,600

В Каракульском оазисе подземные воды более высокой минерализации, которая нарастает от центра к периферии. Вдоль Тайкыра и канала Уйгур имеются линзы пресных вод. Но запасы их невелики, и поэтому они не имеют практического значения.

Дренажные воды используются в поливной зоне Бухарской области преимущественно в маловодные годы. Но при недостатке поливной воды резко снижается сброс оросительных вод в дренажную сеть и усиливается потребление хлопчатником опреснен-

ных грунтовых вод. Вследствие этого в дренах снижаются и без того небольшие расходы и повышается минерализация воды.

Таблица 58

Химический состав вод вертикального дренажа Бухарского оазиса, г/л

Сква- жина	Сухой остаток	Щелочность		Cl'	SO ₄ ''	Ca''	Mg''	Na'
		CO ₃ ''	HCO ₃ '					
Северная часть								
11вп	1,348	0,007	0,115	0,114	0,716	0,060	0,122	0,154
29п	2,120	0,037	0,244	0,160	1,024	0,100	0,182	0,228
8п	1,672	Нет	0,403	0,107	0,761	0,170	0,123	0,083
14п	1,560	0,037	0,403	0,107	0,741	0,100	0,170	0,121
ГЭ-1	1,312	0,031	0,226	0,124	0,543	0,120	0,146	0,130
В.М-4	1,964	Нет	0,354	0,178	0,913	0,180	0,176	0,209
ВЛД-6	1,420	0,036	0,220	0,142	0,670	0,070	0,176	0,175
Центральная часть								
Ж-7	1,912	0,062	0,432	0,149	0,707	0,090	0,182	0,159
БС-2	2,380	0,082	0,293	0,156	0,146	0,130	0,201	0,222
Б-12	1,920	Нет	0,232	0,245	0,872	0,050	0,171	0,262
Э-11	2,204	0,025	0,201	0,284	1,173	0,090	0,225	0,277
Б-2	1,524	0,006	0,317	0,196	0,746	0,110	0,134	0,169
Западная периферия								
Пн-2	3,120	0,019	0,354	0,266	1,559	0,130	0,274	0,345
Р-1	5,028	Нет	0,329	0,377	2,518	0,380	0,353	0,390
Р-2	8,044	0,019	0,226	0,550	4,135	0,330	0,724	0,733
Р-3	16,368	Нет	0,529	1,633	8,224	0,810	1,125	0,880
ПЖ-1	3,600	0,018	0,421	0,284	1,920	0,350	0,290	0,450
ПО-3	6,500	0,050	0,354	0,745	3,731	0,240	0,608	0,546
Южная часть								
Мл-3	2,556	0,012	0,153	0,231	1,377	0,260	0,298	0,272
М-4	3,268	0,012	0,110	0,249	1,617	0,300	0,255	0,264
М-10	2,564	0,031	0,220	0,391	1,173	0,150	0,225	0,390
Я-6	2,376	0,043	0,409	0,284	1,185	0,170	0,183	0,286
Ф-2	1,492	0,019	0,317	0,178	0,555	0,190	0,109	0,157
М-16	4,736	0,012	0,220	0,497	2,485	0,200	0,413	0,588
Южная и юго-восточная периферия								
Б-14	2,700	0,025	0,305	0,231	1,234	0,250	0,195	0,238
73	4,368	Нет	0,159	0,373	2,431	0,380	0,316	0,285
6	4,900		0,342	0,379	3,645	0,210	0,438	0,400
9	3,424	0,025	0,376	0,383	1,851	0,210	0,326	0,260
31	3,228	0,043	0,433	0,213	1,831	0,190	0,231	0,510
65	4,872	0,019	0,189	0,533	2,271	0,260	0,432	0,555
95	3,900	Нет	0,262	0,355	1,521	0,220	0,249	0,327

В связи с этим подземные воды являются более стабильным дополнительным источником орошения, чем дренажные.

Перспективность использования дренажных и подземных вод зависит от почвенно-мелиоративных условий территории. Почвенный покров поливной зоны Бухарской области представлен почвами гидроморфного ряда (Лебедев, 1954; Фелициант, 1969). Основные площади заняты луговыми почвами.

Механический состав почвогрунтов низовьев Зарафшана очень пестр как в вертикальном, так и в горизонтальном распространении. Почвы Навои-Канимехского оазиса преимущественно тяжело- и среднесуглинистые. Легкие почвы здесь, согласно данным почвенной съемки Узгипрозема, занимают всего 16,5%. В Бухарском оазисе преобладают среднесуглинистые почвы — 63,2%. На легкие приходится 22,5% площади. Каракульский оазис сложен в основном легкими почвогрунтами, которые занимают 88,2% его территории. Оценку допустимой минерализации поливных вод и содержания в них хлора для низовьев Зарафшана мы давали с учетом приведенных выше данных.

Бухарский оазис отличается замедленным естественным оттоком грунтовых вод (Кац и Плутницкий, 1957). В верхней части дельты условия оттока лучше. Неплохой отток на правобережье Зарафшана, на левобережье он затруднен, а в юго-западной части оазиса практически отсутствует. В Каракульском оазисе отток чрезвычайно слабый.

В тесной связи со сточностью и глубиной залегания грунтовых вод находится степень засоления почв. Дельта Зарафшана представляет собой область естественного соленакопления. Давно освоенные земли характеризуются преимущественно слабым и средним засолением. Неорошаемый фонд, как правило, сильно засолен (Фелициант, 1969). В почвах Каракульской дельты солей значительно больше, чем в Бухарской, так как она расположена в концевой части Зарафшанской оросительной системы и является приемником сбросных вод и солевых масс.

Особенность химизма почвогрунтов оазисов нижнего Зарафшана заключается в преобладании магния над кальцием и отсутствии гипса (Лебедев, 1954). В этих почвах отношение CaCO₃ к MgCO₃ уже (2,5—4), чем в Голодной степи и Ферганской долине (9—10). Растворимость карбоната магния выше, чем карбоната кальция, что обусловило повышенное содержание водорастворимого магния. Тип соленакопления в них преимущественно сульфатный. Среди солей преобладают сульфаты натрия и магния, а хлоридов мало. Лишь на периферии оазисов доля хлорида натрия в сумме солей несколько возрастает, и в почвогрунтах появляется гипс.

Увеличенное количество водорастворимого магния в почвах Бухарского оазиса отразилось на составе поглощенных оснований. Среди них на поглощенный магний приходится 30—70% емкости обмена, что обуславливает повышенную плотность почв и низкую их водопроницаемость. Плохие фильтрационные свойства таких почв ограничивают возможность применения минерализо-

ванных вод. Должно быть ограничено также использование вод с повышенным содержанием бикарбоната магния ($\text{HCO}_3 < 0,5 \text{ г/л}$). Орошение такими водами ведет к замене кальция на магний в поглощающем комплексе, слитизации почвенного профиля, к накоплению в почве карбоната магния, повышающему ее щелочность и вызывающему карбонатно-магниевое засоление.

На основании изложенного выше поливную зону Бухарской области по перспективности использования дренажных и подземных вод в сельском хозяйстве можно разделить на 5 районов (рис. 9).

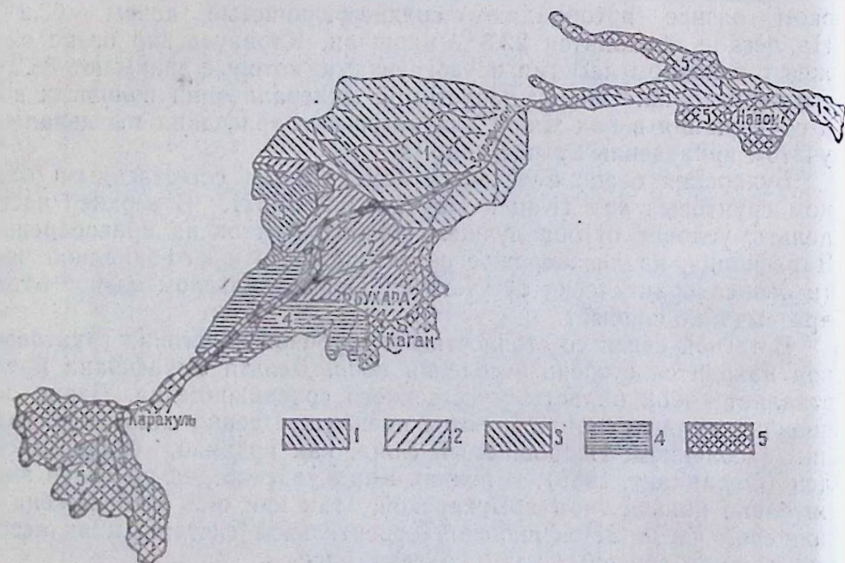


Рис. 9. Карта-схема районирования низовий Зарафшана по перспективности использования дренажных и подземных вод на орошение.

Первый район занимает северную часть Бухарского оазиса и долину Зарафшана в Навон-Канимехском оазисе. Здесь перспективно строительство вертикального дренажа. Воды в галечниковых отложениях слабоминерализованы, с повышенным содержанием солей магния. Горизонтальный дренаж несет слабоминерализованные воды. Район перспективен для орошения дренажными и подземными водами.

Второй район — центральная часть Бухарской дельты. Воды вертикального дренажа можно использовать на орошение. В этом районе довольно густая сеть горизонтальных дрен. Минерализация дренажных вод выше, чем в первом районе. На большей части площади она составляет 2—4 г/л. При орошении такими водами возможно слабое засоление почв. Эти воды желательно смешивать с оросительными. Нужен промывной режим оро-

шения. Встречающиеся здесь более минерализованные воды следует сбрасывать за пределы оазиса.

Третий район занимает западную часть Бухарского оазиса. Здесь много сильнозасоленных почв. Поэтому в существующих дренах вода средне- и реже сильноминерализована. Ее можно использовать только на капитальные промывки солончаков и сильнозасоленных почв с обязательной заключительной промывкой пресной водой. В этом районе возможно строительство вертикального дренажа, водам которого будет свойственна пестрая минерализация — от 2 до 10 г/л. При содержании солей до 2,5 г/л они пригодны для полива хлопчатника. В случае орошения дренажными водами в третьем районе возможно возникновение слабого засоления почв и ухудшение воднофизических свойств за счет воздействия солей магния.

Четвертый район расположен в юго-западной части Бухарского оазиса. Строительство вертикального дренажа здесь неперспективно. Воды в горизонтальных дренах в основном слабоминерализованные и могут быть частично использованы на орошение, но расходы в дренах небольшие. При длительном и бесменном орошении ими возможно повышение плотности почвы в результате частичной замены поглощенного кальция на магний и выпадения соединений магния в твердую фазу.

Пятый район занимает земли во всех трех оазисах Бухарской области. Это небольшие площади в Канимехском и Навонийском районах, юго-восточная часть Каганского района и весь Каракульский оазис. Здесь развиты засоленные почвы, а грунтовые воды высокоминерализованные. Дренажные воды содержат более 6 г/л солей (часто до 10—25 г/л). Эти воды целесообразно сбрасывать за пределы оазисов. Подземных вод хорошего качества здесь практически нет.

Долины Сурхандарьи и Шерабаддарьи

Орошаемые земли в Сурхандарьинской области сосредоточены в долинах Сурхандарьи, Шерабаддарьи и отчасти Амударьи. Они занимают сравнительно небольшую площадь (около 10% территории). Водобильность водных источников различна. Если в Сурхандарье среднегодовой расход составляет 69,8 м³/с, то в Шерабаддарье — 6,3 м³/с.

В течение длительного времени долина Шерабаддарьи страдала от маловодья. Не хватало воды и в конечных частях каналов, забирающих воду из Сурхандарьи. В целях улучшения водообеспеченности земель в долину Шерабаддарьи по каналам Занг и Шерабад переброшены воды из Сурхандарьи. Однако в маловодные годы Сурхандарьинская область испытывает недостаток поливной воды, покрыть который можно преимущественно за счет подземных вод.

В настоящее время существует осушительный дренаж на периферии конусов выноса Тупаланга и Сангардака. Дренажные воды пригодны для орошения, но расходы в дренах малы. Глубокий закрытый дренаж создан на территории новых совхозов в нижней части канала Занг, но он работает плохо.

Расширение орошаемого фонда потребует улучшения работы существующей коллекторно-дренажной сети и строительства новой. Пригодными для орошения окажутся, видимо, воды дрен в низовьях Сурхандарьи. Воды дренажа в Шерабадской и Музрабадской степях малоприспособны из-за повышенной минерализации, обусловленной большими соевыми запасами в почвогрунтах и грунтовых водах.

Подземные воды, перспективные для использования в сельском хозяйстве, формируются в Сурхан-Шерабадской долине в мощной толще четвертичных отложений (Ходжибаев, 1970). В палеогеновых и меловых отложениях воды высокоминерализованные и поэтому не представляют практического интереса.

В верхней части долины Сурхандарьи подземные воды пресные (0,2—0,4 г/л), гидрокарбонатно-кальциевые (табл. 59). Близ Южно-Сурханского водохранилища количество солей в воде увеличивается до 1—1,5 г/л при сульфатно-гидрокарбонатном натриево-кальциевом типе минерализации. Южнее этого водохранилища воды содержат до 3 г/л солей при гидрокарбонатном сульфатном кальциево-натриевом типе засоления. Вдоль реки и больших каналов сосредоточены пресные воды. С удалением от Сурхандарьи минерализация их возрастает. На левобережье этой реки воды более минерализованы (4—6 г/л), а в низовьях пестры по минерализации, с преобладанием слабоминерализованных (1—3 г/л). Воды с минерализацией более 4 г/л распространены на покато́й правобережной равнине и высоких террасах Сурхандарьи (Хасанов, 1966).

Основным фактором, ограничивающим использование подземных вод в долине Сурхандарьи, является минерализация. Содержание хлора в них обычно невысоко. Среди катионов преобладает кальций. Воды, опасные с точки зрения развития солонцеватости, встречаются редко.

По количеству пригодных для орошения вод выделяются верховья Сурхандарьи. Здесь преобладают высокодебитные скважины. В основном это район, обеспеченный водами хорошего качества.

В среднем течении Сурхандарьи расходы откачиваемых вод меньше, чем в верхнем, хотя здесь много скважин с хорошим дебитом. Однако увеличивается количество малodeбитных скважин. В низовьях реки подземных вод становится еще меньше. Здесь преобладают скважины с небольшими расходами.

Подземные воды Шерабадского конуса выноса отличаются повышенной по сравнению с водами Сурхандарьи минерализацией, обусловленной выщелачиванием залежей поваренной соли (Кац,

Таблица 59

Химический состав подземных вод долин рек Сурхан и Шерабад и прилегающей к ним территории, г/л (данные Узбекского гидрогеологического объединения)

№ скважины	Сухой остаток	НСО ₃	Сl'	SO ₄ "	Ca"	Mg"	Na'
Верхнее течение Сурхандарьи							
58	0,298	0,201	0,012	0,070	0,064	0,013	0,010
69	1,017	0,317	0,032	0,483	0,104	0,057	0,143
82	0,448	0,149	0,025	0,194	0,044	0,016	0,083
89	1,286	0,152	0,059	0,712	0,121	0,067	0,171
193	0,436	0,308	0,011	0,078	0,080	0,029	0,012
200	0,344	0,203	0,009	0,065	0,072	0,024	0,019
369	0,588	0,143	0,040	0,286	0,101	0,017	0,069
375	1,054	0,232	0,074	0,461	0,186	0,039	0,069
376	0,784	0,171	0,146	0,405	0,138	0,058	0,019
Нижние террасы в среднем течении Сурхандарьи							
100	1,204	0,140	0,077	0,669	0,082	0,070	0,171
103	2,210	0,104	0,390	0,979	0,237	0,100	0,300
109	1,244	0,329	0,021	0,630	0,208	0,066	0,074
122	0,524	0,079	0,045	0,224	0,060	0,019	0,070
136	0,687	0,134	0,067	0,330	0,056	0,026	0,101
141	0,456	0,156	0,023	0,156	0,058	0,022	0,066
Нижнее течение Сурхандарьи							
242	0,398	0,067	0,057	0,174	0,034	0,007	0,090
243	1,000	0,146	0,101	0,463	0,086	0,025	0,179
245	0,530	0,233	0,117	0,099	0,017	0,025	0,146
257	0,328	0,110	0,042	0,244	0,096	0,026	0,012
270	0,640	0,043	0,062	0,333	0,036	0,063	0,067
272	0,602	0,146	0,042	0,249	0,081	0,019	0,081
Верхние террасы в среднем течении Сурхандарьи							
106	0,906	0,168	0,108	0,374	0,149	0,053	0,038
112	1,074	0,320	0,028	0,482	0,170	0,052	0,076
113	2,932	0,195	0,043	1,316	0,272	0,194	0,441
123	0,170	0,067	0,165	0,500	0,124	0,017	0,196
124	0,696	0,085	0,124	0,294	0,027	0,010	0,188
134	1,566	0,116	0,266	0,709	0,160	0,095	0,196
Конус выноса Шерабаддарьи							
23	0,920	0,146	0,142	0,367	0,136	0,019	0,129
216	1,130	0,207	0,135	0,495	0,184	0,040	0,118
222	0,824	0,073	0,079	0,435	0,110	0,041	0,083
227	1,536	0,122	0,333	0,556	0,160	0,046	0,260
261	0,756	0,171	0,078	0,340	0,132	0,041	0,047
262	0,934	0,201	0,078	0,420	0,144	0,072	0,121
Периферическая часть Шерабадского конуса и Музрабадская степь							
3	1,735	0,073	0,347	0,642	0,230	0,070	0,163
6	1,300	0,091	0,213	0,480	0,144	0,034	0,173
225	2,000	0,171	0,241	0,953	0,280	0,061	0,243

Продолжение таблицы 59

№ скважины	Сухой остаток	НСО ₃	Cl'	SO ₄	Ca''	Mg''	Na''
230	4,421	0,052	0,700	2,045	0,454	0,137	0,669
259	3,700	0,143	0,596	1,798	0,400	0,102	0,650
562	6,120	0,153	0,800	3,090	0,563	0,263	0,964
253	1,432	0,134	0,079	0,811	0,190	0,073	0,203
255	1,875	0,115	0,137	1,092	0,095	0,152	0,258
Степь Кызырыкдара							
17	9,000	0,036	3,191	2,570	0,793	0,459	1,531
129	5,648	0,116	0,647	2,975	0,491	0,152	1,031
130	4,840	0,036	0,390	2,797	0,491	0,164	0,747
145	1,576	0,082	0,301	0,669	0,101	0,024	0,376
332	10,700	0,134	3,604	2,853	0,793	0,295	2,299
363	4,976	0,152	0,509	2,756	0,351	0,295	0,746

1963). В этих условиях поверхностный и подземный стоки имеют повышенную хлоридность, не связанную с условиями оттока. Но слабая сточность все же накладывает отпечаток на степень минерализации подземных вод.

В верхней части Шерабадского конуса формируются слабоминерализованные воды с повышенным содержанием хлоридов (табл. 59), в то время как эти части конуса в других районах имеют воды пресные и ультрапресные.

В центральной и периферической частях Шерабадского конуса верхние слои подземных вод сильноминерализованные. С глубиной минерализация их снижается. В зоне выклинивания слабоминерализованные воды залегают на глубине 30 м, на периферии конуса — 70 м и глубже (Кац, 1963). Пригодные для орошения воды расположены ближе к руслу Шерабаддары; по мере удаления от него они становятся более минерализованными. Не могут быть использованы для поливов воды в пределах покатой пролювиальной равнины и III террасы Амударьи.

В Музрабадской степи подземные воды пестры по минерализации. Большинство их непригодно для орошения. В степи Кызырыкдара воды имеют минерализацию 5—30 г/л при хлоридно-сульфатном и сульфатно-хлоридном магниево-натриевом типе и также непригодны для поливов сельскохозяйственных культур.

Расходы скважин в пределах Шерабадского конуса и прилегающей территории небольшие. Геоморфологические районы в этом отношении резко не различаются. Несколько больше воды можно получить на правобережье конуса.

Земельный фонд орошаемой зоны Сурхандарьинской области представлен почвами сероземного пояса и пустынной зоны. В верхнем и среднем течении Сурхандарьи развиты преимущественно староорошаемые типичные и светлые сероземы и луговые почвы сероземного пояса (Зайчиков, 1967). Особенность химизма

луговых почв заключается в невысокой их карбонатности. Низовья Сурхандарьи заняты такырными и луговыми почвами пустынной зоны.

Начиная с пояса светлых сероземов в луговых почвах проявляется засоление. В пустынной зоне засолены все орошаемые почвы. В долине Сурхандарьи нет больших массивов сильнозасоленных почв и солончаков. Они встречаются в комплексе с почвами меньших степеней засоления и имеют подчиненное значение. Соленакпление идет в основном за счет сульфатов, а содержание хлоридов остается невысоким, что определяет сульфатный тип засоления. В пахотном горизонте слабозасоленных почв, как правило, содержится небольшое количество гипса.

Шерабадский конус выноса расположен в пустынной зоне. Верхняя его часть занята такырными орошаемыми почвами. В понижениях формируются такырно-луговые почвы, обычно засоленные. Естественная дренажность долины Шерабаддарьи значительно хуже, чем долины Сурхандарьи (Ходжибаев, 1979). Центральную часть конуса занимают преимущественно солончаки современного режима, а периферию — орошаемые засоленные луговые почвы.

Конус выноса Шерабаддарьи отличается повышенной засоленностью, связанной с соленостью пород бассейна этой реки. В солевом составе почв заметную роль играют хлориды. Среди почвенных солей преобладают хлорид и сульфат натрия. Гипс в почвенном профиле обычно отсутствует. Он содержится лишь в горизонтах интенсивного соленакпления некоторых сильнозасоленных почв.

Долина Сурхандарьи сложена в основном легкими и средними почвогрунтами. Тяжелые почвы занимают 11,5% ее площади. Наибольшая площадь (49,6%) приходится на средние по механическому составу почвы. Конус выноса Шерабаддарьи и прилегающие к нему земли Музрабадской степи и покатой равнины сложены преимущественно тяжелыми почвогрунтами, которые занимают 67,5% территории. Средние почвогрунты составляют 29,9%.

Таким образом, особенности почвенного покрова долины Сурхандарьи не очень ограничивают использование подземных вод. Большое внимание следует уделить количеству кальция в воде. Почвы здесь обеднены карбонатами и не содержат гипса. Поэтому на них нельзя вести поливы даже с очень невысоким содержанием соды. В пределах Шерабадского конуса и прилегающей к нему территории орошение минерализованными водами ограничивается высоким засолением и тяжелым механическим составом почвогрунтов.

В отношении перспективности использования подземных и дренажных вод на территории поливной зоны Сурхандарьинской области может быть выделено 7 районов (рис. 10).

Первый район занимает верхнее течение Сурхандарьи. Здесь воды пресные, хорошего качества, расходы скважин боль-

шие. По подсчетам гидрогеологов, в этом районе может быть получен прирост водных ресурсов в 15 м³/с, которые могут быть использованы на месте или поданы на орошение земель, расположенных ниже. Данный район наиболее перспективен в отношении использованных подземных и дренажных вод на орошение.

Второй район — низкие террасы в среднем течении Сурхандарьи. Качество воды преимущественно хорошее. Лишь от-

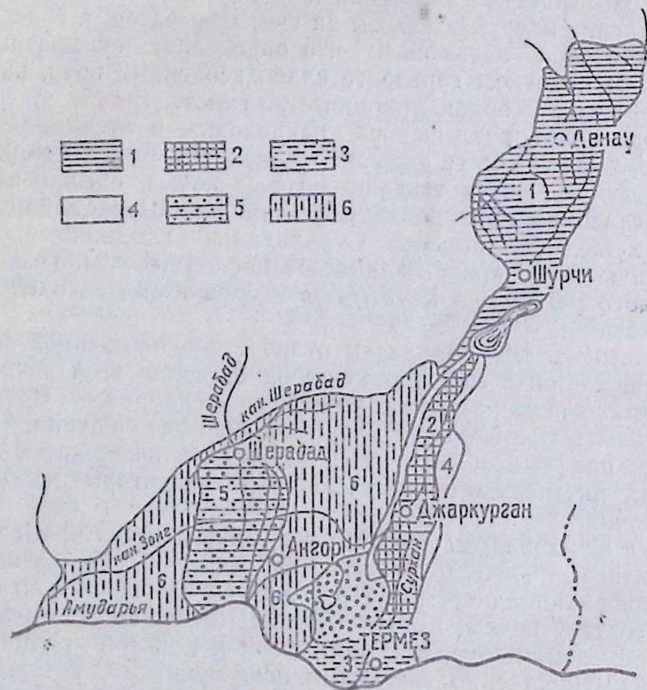


Рис. 10. Карта-схема районирования Сурхан-Шерабадской долины по перспективности использования дренажных и подземных вод на орошение.

дельные скважины дают воду с преобладанием солей магния над солями кальция. Расходы скважин средние. Район перспективен для орошения подземными водами.

Третий район находится в низовьях Сурхандарьи. Воды нестрые по качеству, но преобладают пригодные для орошения. В результате поливов водами, в которых натрия преобладает над кальцием, возможно возникновение слабой солонцеватости почв. Подземные воды с минерализацией более 1,5 г/л до постройки дренажной сети использовать не рекомендуется. Дебиты скважин средние и большие. В перспективе возможно ограниченное исполь-

зование на орошение дренажных вод. Район перспективен для орошения подземными и дренажными водами.

Четвертый район расположен на высоких террасах среднего течения Сурхандарьи и прилегающей территории покатых равнин. Качество воды удовлетворительное и плохое. Минерализация их поднимается до 2—4 г/л, а местами и выше. Встречаются воды с преобладанием солей натрия над солями кальция: при орошении ими возможна слабая солонцеватость почв. Водобильность скважин низкая. Район неперспективен для орошения подземными водами.

Пятый район — основная часть конуса выноса Шерабадарьи, преимущественно его правобережье. Подземные воды с повышенным содержанием хлора. Расходы скважин низкие. Район неперспективен для орошения подземными водами из-за их повышенной хлоридности, тяжелого механического состава почвогрунтов, отсутствия дренажной сети и малой водобильности скважин.

Шестой район расположен на восточной и западной окраинах Шерабадского конуса, в Музрабадской степи и части покато́й пролювиальной равнины. Воды в основном плохого качества. Расходы малые. Район неперспективен для орошения подземными водами.

Седьмой район занимает часть Шерабадского конуса выноса, а также степь Кызырыкдару. Воды плохого качества и непригодные для орошения хлопчатника.

Долина Кашкадарьи

Долина Кашкадарьи освоена под орошаемое земледелие давно, но здесь всегда ощущался недостаток поливной воды. Бассейн этой реки отличается крайним маловодьем. Снеговое питание большинства притоков Кашкадарьи определяет резкое уменьшение ее водоносности в августе. Особенно тяжелым бывает положение в маловодные годы.

Для улучшения водообеспеченности земель в долину Кашкадарьи была осуществлена переброска сначала зарафшанской воды, а затем и амударьинской. Сток Кашкадарьи используется на орошение только в пределах ее долины, так как все земли, расположенные ниже г. Карши, получают воду из Амударьи. Однако в долине Кашкадарьи свободных площадей значительно больше, чем можно оросить за счет речных вод. В таких условиях сохраняется значение подземных вод как дополнительного источника орошения. Кроме того, освоение Каршинской степи будет связано с интенсивным строительством дренажной сети, отработанные воды которой в будущем можно будет использовать в сельском хозяйстве.

Дренажная сеть в Кашкадарьинской области развита еще недостаточно, а минерализация отводимых вод высока. В ближай-

шем будущем она, видимо, останется высокой. Поэтому в мелiorативный период воды горизонтального дренажа не найдут широкого применения в сельском хозяйстве. В дальнейшем, по мере опреснения почвогрунтов и грунтовых вод, минерализация дренажной воды снизится и ее, с учетом химического состава, можно будет подать на поля. В первую очередь эти воды можно применять для промывок сильнозасоленных земель.

Серьезное внимание в Кашкадарьинской области уделяется использованию подземных вод на орошение и обводнение. В настоящее время действуют более 500 скважин. В долине Кашкадары, по подсчетам гидрогеологов, эксплуатационные запасы вод составляют 10—11 м³/с (Мирзаев, 1969). Наибольшее количество воды (примерно 7,5 м³) может быть получено в пределах Китабо-Шахрисабзской котловины.

В долине Кашкадары подземные воды, перспективные для использования в сельском хозяйстве, залегают преимущественно в четвертичных отложениях (Мавлянов, 1964). На пролювиальных покатых равнинах, а также в юго-западной части Каршинской степи приобретают практическое значение воды, залегающие в более ранних осадках: неогене, палеогене и даже верхнем меле (Захритдинов, 1973).

В верхнем течении Кашкадары, на конусах выноса Танхадары, Акдары и Яккабагдары воды пресные, напорные. Тип минерализации гидрокарбонатный и сульфатно-гидрокарбонатный кальциевый (табл. 60). Минерализация возрастает с северо-востока на юго-запад. Дебиты большие и средние. Особой водообильностью отличаются конус выноса Яккабагдары и скважины в центральной части Китабо-Шахрисабзской котловины.

В среднем течении Кашкадары (Чиракчинский и часть Камашинского районов) минерализация подземных вод повышается до 1—2 г/л, местами достигая 2—4 г/л. Пресные воды развиты в виде отдельных линз вдоль русла реки. Тип минерализации гидрокарбонатно-сульфатный и сульфатный. Водообильность скважин небольшая.

Ниже Чимкурганского водохранилища вдоль русла Кашкадары и в пределах ее низких террас находится район пресных и слабоминерализованных вод. Минерализация подземных вод с востока на запад повышается с 0,3—0,5 до 1,5—2,0 г/л, а местами и более. Расходы скважин становятся очень низкими.

В западной части долины Кашкадары расположен район с более минерализованными водами. В четвертичных отложениях района минерализация вод варьирует от 1—3 до 15 г/л. Дебиты очень низкие. В верхнеогеновых отложениях залегают преимущественно пресные воды.

В западной, южной и юго-западной частях Каршинской степи в четвертичных отложениях залегают пестрые по минерализации подземные воды (от 1 до 20 г/л). Расходы малые. Практическое значение приобретают слабоминерализованные воды более древних отложений.

Таблица 60

Химический состав подземных вод Кашкадарьинской области (данные Узбекского гидрогеологического объединения)

№ скважины	Сухоп. остаток	НСО ₃	Cl'	SO ₄ "	Ca"	Mg"	Na'
Район 1							
465	0,304	0,008	0,052	0,250	0,042	0,019	0,039
478	0,550	0,011	0,214	0,229	0,100	0,028	0,028
486	0,285	0,012	0,043	0,226	0,031	0,023	0,034
488	0,451	0,012	0,134	0,263	0,038	0,017	0,098
597	0,284	0,021	0,028	0,244	0,044	0,020	0,028
608	0,605	0,045	0,165	0,335	0,101	0,036	0,052
612	0,628	0,053	0,181	0,235	0,078	0,024	0,235
Район 2							
623	0,796	0,045	0,365	0,201	0,099	0,040	0,090
626	0,934	0,039	0,446	0,226	0,092	0,038	0,147
627	0,796	0,032	0,368	0,256	0,088	0,032	0,132
638	1,054	0,065	0,453	0,216	0,102	0,046	0,156
644	0,590	0,021	0,244	0,195	0,089	0,024	0,081
647	0,416	0,009	0,184	0,152	0,086	0,016	0,025
Район 3							
28	2,790	0,372	1,313	0,168	0,333	0,098	0,365
52	0,594	0,025	0,219	0,229	0,097	0,064	—
64	0,922	0,065	0,392	0,186	0,057	0,051	0,133
102	1,126	0,083	0,562	0,155	0,117	0,066	0,123
103	1,116	0,114	0,462	0,226	0,111	0,044	0,169
117	0,672	0,035	0,320	0,201	0,062	0,051	0,084
Район 4							
55	1,288	0,091	0,614	0,226	0,184	0,054	0,126
71	4,746	2,076	0,555	0,210	0,970	0,045	0,446
76	1,176	0,081	0,582	0,241	0,152	0,046	0,161
142	5,642	1,312	2,274	0,207	0,466	0,216	1,076
506	0,446	0,018	0,162	0,201	0,062	0,015	0,066
619	1,080	0,105	0,466	0,213	0,120	0,064	0,111
661	3,300	0,639	1,320	0,255	0,610	0,116	0,039
Район 5							
100	0,846	0,060	0,410	0,124	0,082	0,036	0,124
228	6,410	2,333	1,430	9,152	0,180	0,289	1,477
233	1,051	0,195	0,413	0,146	0,048	0,047	0,236
273	2,556	0,292	1,211	0,241	0,306	0,140	0,245
281	2,108	0,149	1,121	0,171	0,140	0,043	0,155
287	1,310	0,136	0,631	0,189	0,103	0,073	0,197
292	4,088	0,172	2,462	0,122	0,531	0,226	0,248
2	2,304	0,186	1,128	0,265	0,336	0,078	0,228
13	7,440	0,916	3,795	0,085	0,456	0,489	0,994
16	2,686	0,284	1,341	0,288	0,405	0,097	0,226
167	4,340	2,470	2,187	0,291	0,401	0,234	0,565
175	1,094	0,088	0,518	0,238	0,096	0,054	0,186
200	11,240	3,893	3,142	0,061	0,732	0,356	2,539
211	4,856	0,270	2,574	0,381	0,311	0,027	1,142

В пределах покатых равнин левобережья воды более минерализованные, чем на правом берегу, что связано с характером пород, слагающих Гиссарский и Зарафшанский хребты (Мавлянов, 1964). Восточнее г. Яккабага воды пресные и слабоминерализованные, западнее его — средне- и сильноминерализованные. Преобладают воды с минерализацией 10—15 г/л хлоридно-сульфатного кальциево-натриевого типа засоления. Дебиты скважин низкие.

Окружающие долину Кашкадарьи предгорные покатоности заняты автоморфными почвами — типичными и светлыми сероземами, а низкие речные террасы — гидроморфными и полугидроморфными аллювиальными почвами (Кимберг, 1963). Луговые почвы развиты в Китабо-Шахрисабзской котловине. Однако гидроморфные почвы в почвенном покрове долины имеют подчиненное значение. Освоенные территории заняты преимущественно сероземно-луговыми почвами.

Соленакпление в поясе светлых сероземов в основном сульфатного характера. Повышенная засоленность почвогрунтов покатоной равнины, окаймляющей долину Кашкадарьи с юга, обусловлена соленостью пород, слагающих Гиссарский хребет. Преимущественно сульфатный характер засоления почв свидетельствует об оттоке солей за пределы долины. Почти все луговые и лугово-сероземные почвы засолены, но не содержат гипс в верхней части профиля.

В пустынной зоне развиты серо-бурые почвы на элювии третичных песчаников и пролювиальных отложениях, пустынные песчаные и такырные почвы, а также такыры и солончаки. Все почвы пустыни в той или иной степени засолены вследствие бессточности низменных равнин (Кимберг, 1973). Для многих почв характерна солончаковатость. Глубина залегания солей зависит от давности орошения и наличия местного стока (Расулов, 1970).

Такырные и пустынные песчаные почвы обычно не содержат гипса. В серо-бурых почвах он проявляется на глубине 30—40 см (10—20, иногда 40% массы). Серо-бурые почвы без гипса встречаются редко (Кимберг, 1963; Решетов, 1976). В горизонтах с его скоплением тип засоления сульфатный и хлоридно-сульфатный, в надгипсовом слое он сульфатно-хлоридный. Сульфат магния часто преобладает над сульфатом натрия. В некоторых горизонтах, где гипс отсутствует, появляются хлориды магния и кальция. Химизм засоления свидетельствует об аккумуляции солей в этой части региона. Здесь часто встречаются солончаки. Кроме того, в районе ст. Нишан обнаружена солонцеватость (Кимберг, 1963).

В долине Кашкадарьи преобладают тяжелосуглинистые почвы; средние- и легкосуглинистые занимают небольшие площади. В Каршинской степи почвы преимущественно среднесуглинистые, а легкие — приурочены к останцовым повышениям и эоловым скоплениям.

Таким образом, почвы долины Кашкадарьи неблагоприятны для орошения минерализованными водами из-за широкого развития засоления и тяжелого механического состава почвогрунтов. Для поливов можно использовать только слабоминерализованные воды. Бедность вод и почв гипсом делает реальным возникновение солонцеватости. Поэтому при оценке вод долины Кашкадарьи по допустимости их использования особое внимание следует уделить соотношению в них кальция и натрия.

На основании учета химического состава вод и особенностей почв мы выделили в пределах долины Кашкадарьи и прилегающей к ней территории 6 районов (рис. 11).

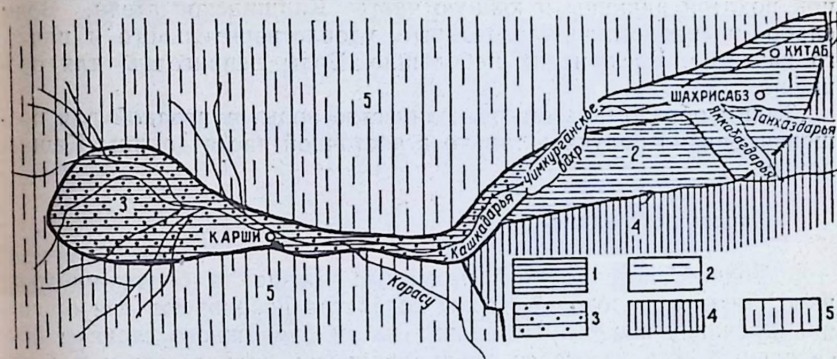


Рис. 11. Карта-схема районирования долины Кашкадарьи по перспективности использования дренажных и подземных вод на орошение.

Первый район расположен в зоне выклинивания и на периферии конусов выноса Акдарьи, Яккабагдарьи, Танхаздарьи, Кашкадарьи. Воды здесь пресные, хорошего качества. Дебиты скважин обычно большие. Район наиболее перспективен для использования подземных вод на орошение.

Второй район занимает часть периферии конусов выноса Танхаздарьи, Яккабагдарьи, Кзылдарьи, Лянгардарьи, а также часть волнистой равнины, тяготеющей к осевой части долины. Воды хорошего качества, чаще пресные, но расходы скважин ниже, чем в первом районе. Воды пригодны для орошения.

Третий район — современная долина Кашкадарьи и часть ее древних отложений. Воды в среднем течении реки пресные, в нижнем — слабоминерализованные, хорошего качества. В дельтовой части встречаются воды удовлетворительного и плохого качества. Дебиты скважин преимущественно средние. Воды здесь в основном пригодны для орошения. В случае поливов водами с минерализацией более 2 г/л необходимы профилактические промывки повышенной нормой на фоне дренажа.

Четвертый район находится на левобережной покатоной равнине в юго-восточной и южной частях области. Воды, как

правило, пресные, хорошего качества. Западнее дельты Кашкадарьи минерализация их повышается. В отдельных скважинах минерализация вод достигает 2—4 г/л. Воды пригодны для орошения, но из-за небольших расходов малоперспективны.

Пятый район расположен на покатых равнинах правобережья и левобережья, а также в северной и южной частях Каршинской степи. Воды пестрые по минерализации, преимущественно удовлетворительные и плохие по качеству. Расходы скважин небольшие. По качеству и расходам воды неперспективны для орошения.

Тот же район занимает юго-западную часть левобережной покатой равнины и южную часть Каршинской степи. Воды слабо- и сильноминерализованные, удовлетворительного и плохого качества. Расходы их небольшие. Воды непригодны для орошения.

Таким образом, заметное количество воды, пригодной для орошения, можно получить только в восточной части долины Кашкадарьи.

Хорезмский оазис

Водообеспеченность Хорезмского оазиса в основном хорошая. Лишь в маловодные годы хозяйства используют для орошения дренажные воды. Перекачка части дренажного стока в оросительную сеть улучшает дренажность оазиса, отток коллекторных вод за пределы которого сильно затруднен.

Дренажная сеть выносит из Хорезмского оазиса около 2 млрд м³ воды, преимущественно слабой минерализации. В вегетационный период в крупных коллекторах она составляет 2—4 г/л при содержании хлора 0,5—0,7 г/л и НСО₃ 0,2 г/л (Ибрагимов, Юлдашев, 1978). Тип минерализации хлоридно-сульфатный кальциево-натриевый. Возможность использования для орошения хлопчатника дренажных вод с минерализацией до 4 г/л показана в опытах на Хорезмской станции и в южных районах Каракалпакии (Легостаев, 1961; Беспалов, Ибрагимов, 1974).

Подземные воды в Хорезмском оазисе развиты в четвертичных, неогеновых и меловых отложениях (Ходжибаев, 1970). Особенности их химизма заключаются в повышенном содержании хлора и усилении минерализации с глубиной (табл. 61).

Минерализация подземных вод в пределах бывшей поймы меняется от 0,7 до 6 г/л, но преобладают пресные воды (табл. 62). Тип минерализации близ реки гидрокарбонатно-кальциевый, в удалении от нее — сульфатный магниевый-натриевый.

По древним руслам Амударьи — Дарьялыку и ДAUDANU в русловых песках залегают пресные и слабоминерализованные (0,5—3 г/л) воды. Близ больших каналов они обычно опреснены. В этой части оазиса преобладают (до 70%) воды хорошего качества. Воды, которые можно использовать для орошения с ограничения-

ми, составляют около 20%. Лишь немного скважин дают воды, непригодные для орошения из-за высокой минерализации и большого количества хлора. Редко встречаются воды с невысоким содержанием соды или преобладанием солей натрия. Орошение такими водами может вызвать осолонцовывание почвы.

Таблица 61

Зависимость химического состава подземных вод Хорезмского оазиса от глубины их залегания, г/л

Местоположение скважины	Глубина, м	Сухо́й остаток	НСО ₃	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺
Кошкуньпирский район: колхоз "Узбекистан" колхоз им. К. Маркса	9	1.590	0,383	0,427	0,403	0,228	0,087	0,187
	18	2.700	1,069	0,480	0,256	0,389	0,150	0,313
	21	8.096	3,439	1,483	0,122	0,823	0,317	1,440
	9	1,470	0,283	0,494	0,378	0,096	0,114	0,240
	21	2,616	0,998	0,509	0,293	0,140	0,220	0,429
	24	3,670	1,770	0,264	0,354	0,212	0,297	0,612
	27	4,458	1,699	0,955	0,390	0,572	0,470	0,167
	30	5,500	2,130	1,533	0,407	0,284	0,678	0,666
	6	2,572	0,771	0,798	0,223	0,206	0,093	0,543
	12	1,206	0,333	0,388	0,162	0,132	0,049	0,219
Ургенчский район—Г.З.Ф.	18	0,674	0,173	0,223	0,17	0,093	0,037	0,105
	24	2,783	0,752	0,513	0,241	0,100	0,092	0,537
	30	6,060	2,517	1,618	0,403	0,341	0,374	1,456

Большая часть Хорезмского оазиса, известная под названием Присарыкамышской дельты, занята древнеаллювиальными отложениями, в толщах которых залегают средне- и сильноминерализованные воды (7—30 г/л), а пресные встречаются только вдоль больших каналов. Для этой части оазиса характерно худшее качество подземных вод. Так, лишь 40% их мы отнесли к категории хороших и 30% — удовлетворительных. Остальные воды непригодны для орошения.

В пределах озерно-аллювиальных отложений на южной и западной периферии Хорезмского оазиса нет выдержанного водоносного горизонта. Водообильность его очень низка. Здесь преобладают слабо- и среднеминерализованные воды. Среди подземных вод по 30% приходится на воды хорошего и удовлетворительного качества, 40% — на плохие. Показателем, ограничивающим использование этих вод на орошение, является повышенное содержание солей, особенно хлоридов. Здесь, как и в древнеаллювиальных отложениях, изредка встречаются содовые воды или воды с преобладанием солей натрия.

Минерализация вод Ташсакинского плато варьирует от 1 до 50 г/л. Во многих из них присутствуют сода или в больших концентрациях нейтральные соли натрия. Натрий очень сильно преувеличивает над кальцием. Такие воды следует отнести к водам пло-

хого качества. Использование их для орошения даже гипсоносных серо-бурых почв плато нежелательно.

Таблица 62

Химический состав подземных вод Хорезмского оазиса
(данные Узбекского гидрогеологического объединения)

№ скважины	Сухой остаток	НСО ₃	Cl ⁻	SO ₄	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺
Район 1. Пойма Амударьи							
137	0,718	0,198	0,152	0,152	0,155	0,083	0,121
281	0,820	0,149	0,211	0,277	0,133	0,027	0,097
311	1,590	0,407	0,470	0,317	0,168	0,070	0,286
37	0,731	0,192	0,190	0,244	0,091	0,075	0,058
14	5,574	2,040	1,442	0,429	0,456	0,259	—
Район 2. Староречье Дарьялык							
5	1,058	0,214	0,337	0,329	0,111	0,049	0,177
50	0,822	0,195	0,278	0,46	0,104	0,058	0,088
52	2,186	0,753	0,513	0,241	0,100	0,092	0,537
56	1,741	0,434	0,605	0,162	0,146	0,086	0,299
57	0,570	0,106	0,164	0,189	0,068	0,041	0,062
Староречье Даудан							
210	0,569	0,103	0,162	0,232	0,088	0,030	0,053
176	0,720	0,128	0,212	0,220	0,169	0,041	0,113
173	1,744	0,416	0,576	0,195	0,147	0,081	0,327
219	0,712	0,129	0,232	0,195	0,050	0,043	0,130
227	1,758	0,310	0,618	0,274	0,172	0,085	0,262
232	2,506	0,510	0,946	0,284	0,200	0,095	0,481
Район 3. Присарыкамшская дельта							
3	2,516	0,489	0,931	0,321	0,289	0,119	0,337
203	0,720	0,101	0,254	0,222	0,065	0,036	0,123
214	2,230	0,425	0,841	0,240	0,226	0,111	0,315
35	2,364	0,662	0,763	0,293	0,308	0,140	0,289
19	2,700	1,069	0,480	0,256	0,384	0,150	0,313
22	2,348	0,883	0,814	0,226	0,212	0,105	0,375
25	4,880	2,090	0,936	0,373	0,412	0,429	0,671
Район 4. Озерная периферическая равнина							
30	1,940	0,660	0,426	0,201	0,241	0,221	0,020
336	6,752	0,443	0,032	0,506	0,681	0,426	0,846
68	3,134	0,860	0,925	0,312	0,027	0,015	1,071
74	3,222	0,708	1,328	0,113	0,240	0,152	0,580
81	7,370	1,817	2,687	0,322	0,160	0,214	2,057
88	1,190	0,204	0,378	0,317	0,109	0,048	0,215
Район 5. Заулигузское плато. Ташсакинское плато							
80	4,332	1,081	1,532	0,256	0,240	0,238	0,756
106	1,294	0,235	0,408	0,238	0,016	0,003	0,412
112	3,110	0,843	0,917	0,310	0,036	0,016	1,060
113	1,536	0,859	0,406	0,326	0,014	0,013	0,523

Следовательно, в Хорезмском оазисе отсутствуют регионально выраженные водоносные горизонты, пригодные для применения в

сельском хозяйстве. Для орошения могут быть использованы преимущественно дренажные воды.

Почвенный покров Хорезмского оазиса характеризуется резко выраженной пестротой и комплексностью (Фелициант, 1964). Наибольшие площади здесь заняты орошаемыми луговыми почвами. Среди них преобладают староорошаемые почвы с агроирригационным горизонтом разной мощности, в большинстве своем слабозасоленные или промытые. Относительно благополучное мелиоративное состояние их поддерживается ежегодными промывками. В северной части оазиса сосредоточены в основном средnezасоленные луговые почвы. В пределах Ташсакинского плато на элювии песчаников развиты серо-бурые почвы с почвенным слоем разной мощности и солончаковым распределением солей по профилю.

Почвообразование в Хорезмском оазисе идет на аллювиальных отложениях, чрезвычайно пестрых по механическому составу как по профилю, так и по площади. При такой пестроте почв все же выявлена закономерность: более легкие почвы развиты на русловых и прирусловых отложениях староречий и вдоль современных каналов. По мере удаления от них почвогрунты утяжеляются; наиболее тяжелые заполняют депрессии и озерные понижения на периферии оазиса.

По данным Узгипрозема, почвы легкого механического состава развиты на 46% территории, среднесуглинистого — на 33,8, из которых около трети подстилаются тяжелыми грунтами. Тяжелосуглинистые почвы занимают 20,2%, из них две трети — тяжелые по всему профилю.

В дельте Амударьи аккумулируются жидкий и твердый стоки со всего бассейна реки, что в условиях естественной бессточности приводит к резко выраженному соленакоплению. Поэтому все земли оазиса в той или иной степени засолены. Многовековое орошение внесло изменения в распределение солей, которые были оттеснены из орошаемой зоны на периферию оазиса. Внутри оросительных систем также произошло перераспределение солей: из зоны, прилегающей к каналу, они были вымыты в чашевидные понижения в удалении от него.

В староорошаемых почвах преобладает слабое засоление сульфатного натриево-кальцевого типа. Новоосвоенные земли слабо или средне засолены. В них повышено содержание хлоридов. Неорошаемые массивы заняты сильнозасоленными почвами хлоридно-сульфатного и сульфатно-хлоридного магниево-натриевого и натриевого типа соленакопления.

В освоенных, систематически промываемых почвах очень сильно выражена сезонная миграция солей. Среди легкорастворимых соединений здесь преобладают соли натрия. В слабо- и среднезасоленных почвах здесь глина практически нет. Он появляется в небольшом количестве лишь в почвах высоких степеней соленакопления.

Таким образом, почвенно-мелиоративные условия благоприятствуют использованию дренажных минерализованных вод только в пределах староречий Даудана и Дарьялыка. Утяжеление механического состава почв в Присарыкамышской дельте и на озерной равнине ограничивает возможности орошения этими водами.

Приводим результаты районирования Хорезмского оазиса по перспективности использования для орошения дренажных и подземных вод (рис. 12).

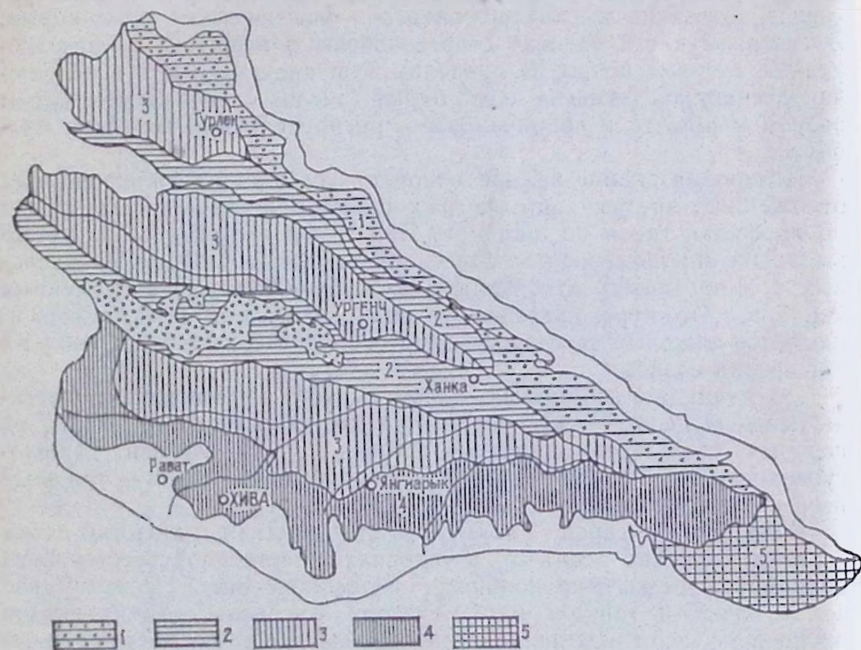


Рис. 12. Карта-схема районирования Хорезмского оазиса по перспективности использования дренажных и подземных вод на орошение.

Первый район занимает бывшую пойму Амударьи. Дренажная сеть развита слабо, запасы подземных вод ограничены. Они мало перспективны для орошения.

Второй район расположен на древнерусловых отложениях Дарьялыка. Дренажная сеть густая. Минерализация воды в ней слабая. Подземных вод много. Используются они в основном для водоснабжения, но частично могут быть поданы и на орошение. Дренажные и подземные воды перспективны для орошения.

Тот же район занимает староречье Даудана. По литологии и качеству аналогичен второму району. На песчаных почвах допустимо орошение водами с минерализацией до 6 г/л. Район перспективного орошения дренажными водами.

Третий район — древнеаллювиальная Присарыкамышская дельта. В его пределах вдоль крупных каналов выявлены воды хорошего качества, но запасы их ограничены. Здесь проходит много коллекторов, вдоль которых в случае необходимости можно организовать орошение дренажной водой. Необходим строгий контроль за минерализацией воды, которая не должна превышать 3,5 г/л. Район перспективен для использования на орошение дренажных вод и неперспективен — для подземных.

Четвертый район занимает периферическую часть Хорезмского оазиса. Здесь мало подземных вод хорошего качества и запасы их незначительны. Вдоль каналов встречаются локальные линзы пресных вод. В дренажной сети много воды, но ее рациональнее использовать для промывки солончаков. Тяжелый механический состав и повышенное засоление почвогрунтов сильно ограничивают использование дренажных вод для орошения. Район малоперспективен для поливов минерализованными водами.

Пятый район охватывает Ташсакинское плато. Здесь дренажа нет, так как грунтовые воды залегают глубоко. Подземные воды высокоминерализованные, часто содержат соду. Расходы скважин незначительны. Этот район неперспективен для орошения подземными водами.

Итак, для покрытия дефицита оросительной воды в Узбекистане могут быть использованы слабоминерализованные дренажные и подземные воды. Наиболее перспективными районами в отношении орошения ими являются: а) в Ферганской долине — почти вся территория Центральной Ферганы; б) в Бухарской области — северная и центральная части Бухарского оазиса, в Навоийской области — долина Зарафшана; в) в Сурхандарьинской — земли в верхнем, среднем и отчасти нижнем течении Сурхандарьи; г) в Кашкадарьинской — Китабо-Шахрисабзская котловина; д) в Хорезмской — староречья Даудан, Дарьялык и Присарыкамышская дельта.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Специфика водного хозяйства Средней Азии заключается в возможности использования возвратных вод с полей орошения — сбросных, дренажных, выклинивающихся. За счет их может быть покрыта часть водного дефицита. Перспективность использования этих вод зависит от их качества, количества, условий каптажа, а также от особенностей почв, подлежащих орошению.

Узбекистан располагает значительным количеством возвратных вод. Однако часто они высокоминерализованы и поэтому оказывают вредное влияние на орошаемые почвы. Значительно повысилась содержание солей в речных водах. В результате площади земель, орошаемых минерализованными водами, в Узбекистане год от года увеличиваются. В настоящее время речными водами с минерализацией 1—2 г/л поливается более 1,5 млн га, а дренажными и подземными с плотным остатком 1—5 г/л — 0,5 млн.

При орошении минерализованными водами в почве могут возникнуть специфические процессы, снижающие ее плодородие. Следовательно, влияние поливов минерализованными водами требует глубокого продолжительного изучения. Мы в своих выводах и рекомендациях опираемся на данные по 10—20-летнему орошению минерализованными водами.

Длительное использование минерализованных вод изменяет условия почвообразования, а в результате и свойства почв. При этом формируются засоленные, слитые почвы с растянутыми солевыми и гумусовыми профилями, плохими физическими свойствами и специфическим режимом элементов питания растений. Поливы вызывают специфические почвенные процессы: засоление, солонцеватость, слитизацию. Наиболее распространен первый из них. Он поддается регулировке и может быть стабилизирован на уровне слабого засоления системой мелиоративных мероприятий даже при постоянном длительном (10—20 лет) орошении минерализованными водами.

Замена пресной оросительной воды на минерализованную увеличивает количество свободных фульвокислот и подвижность гумуса; приводит к замещению поглощенного кальция преимущественно на магний; к уплотнению и цементации почвенного профиля, обменная масса которого достигает 1,5—1,6 г/см³. Ухудшение качества почв усиливается во времени. На почвенных свойствах не отражается только непродолжительное орошение минерализованной водой (1—3 года). Значит, дренажные воды, во избежание закрепления их отрицательного действия на почвы, нельзя использовать долго. Продолжительные поливы ими одних и тех же полей возможны лишь в условиях острого водного дефицита.

На основании опытов установлено, что для ирригации пригодны преимущественно воды слабой минерализации, нейтрального

соленакпления с содержанием HCO_3 менее 0,5 г/л. В них должен содержаться гипс, а отношение натрия к кальцию в случае хлоридно-сульфатного засоления должно быть ниже 4.

При поливах дренажными водами урожай хлопка-сырца ниже, чем при использовании оросительных вод. От давности использования дренажных вод он не зависит. Опыты показали, что на урожайность хлопчатника сильно влияет качество профилактической промывки. На плохо промытом поле независимо от механического состава почвогрунтов она, как правило, низка.

Чтобы устранить или, по крайней мере, ослабить формирование отрицательных почвенных свойств, возникающих при орошении минерализованными водами, необходимо правильно планировать размещение поливаемых ими полей и регулировать длительность использования этих вод.

На суглинистых почвах продолжительность орошения минерализованными водами не должна превышать 3 лет. Рационально практиковать на этих почвах периодические или комбинированные (с оросительной водой) поливы.

На легких почвах в связи с хорошей водопроницаемостью почвогрунтов и небольшой емкостью их обмена поливы водами плохого качества отражаются слабее. Поэтому на них допустимо длительное орошение минерализованными водами.

Из почвенных процессов при орошении минерализованными водами на хлопчатник наибольшее влияние оказывает засоление. Оно угнетает ростовые процессы и приводит к формированию низкорослых растений.

Угнетенный хлопчатник слабее потребляет воду, особенно во второй половине вегетации; у него укорачиваются фазы развития. Фазы бутонизации и цветения сокращаются на 0,5—1,5 мес. В условиях засоления у хлопчатника снижается энергия плодообразования. На кусте образуется меньше бутонов, цветков и коробочек.

Токсическое действие засоления определяется его степенью и характером. Между уровнем соленакпления в почве, состоянием хлопчатника и концентрацией токсических соединений в воде существует прямая связь. По угнетающему влиянию на хлопчатник легкорастворимые соли располагаются в следующий ряд: бикарбонат натрия > хлорид натрия > сульфат натрия > сульфат магния.

Смеси нейтральных солей создают в почве более физиологически уравновешенную систему, что сказывается на хлопчатнике, увеличивая его водопотребление и урожай. Однако явление «антагонизма солей» отмечается только при слабом засолении. Увеличение количества солей в почве ведет к отравлению растений. Очень слабое натриевое засоление несколько стимулирует рост хлопчатника.

Положительное влияние гипса на физиологическую обгонку установлено для почв содового и содово-сульфатного засоления (прибавка урожая хлопка статистически достоверна).

Токсичность поливных вод зависит от количества и качества

солей. По степени влияния на хлопчатник их можно распределить в следующий ряд: содово-сульфатные > хлоридные натриевые и кальциево-натриевые > хлоридно-сульфатные натриевые > сульфатные натриевые > сульфатные магниевые.

Небольшие концентрации соды (0,2—0,4 г/л бикарбоната натрия) в первый год орошения не снижают урожай хлопчатника, но в последующем затрудняют получение всходов. Токсическое действие более высоких концентраций соды математически доказано. Мы считаем, что содовые воды для систематического орошения карбонатных почв непригодны.

Различная токсичность солей для хлопчатника определяет разную допустимую концентрацию их в поливной воде. Хлорид натрия токсичнее сульфата натрия в 1,7—2 раза. На песчаных и супесчаных почвах можно использовать воды примерно в 2 раза более минерализованные, чем на суглинистых. По нашим данным, предельная концентрация хлорида натрия в поливной воде для первых составляет 1,5 г/л, а для вторых — 0,6—0,7. Предельное содержание сульфата натрия равно соответственно 2,5 и 1,2 г/л.

Орошение слабоминерализованными сульфатными водами затягивает созревание урожая хлопчатника. Поливы водами средней минерализации, а также с высоким содержанием хлорида натрия ускоряют раскрытие коробочек.

Токсичность засоления для растений зависит от времени его возникновения. Хлопчатник наиболее чувствителен к солям в первую половину вегетации, до фазы цветения. В этот период он выдерживает только слабое засоление. Время его появления на урожай не влияет. Следовательно, вести орошение слабоминерализованными водами можно в течение всей вегетации.

Воды, создающие более сильное засоление, нужно начинать использовать в фазу цветения. Лучше подавать их на последний вегетационный полив, совпадающий во времени с началом созревания коробочек.

В карбонатных почвах солонцеватость тесно связана с засолением и в его отсутствие является неустойчивой. В солонцеватых почвах нейтрального засоления сода, определяющая повышенную щелочность, появляется после удаления избытка натриевых солей. Поэтому отрицательное действие соды с наибольшей силой проявляется в период всходов. Щелочность в 0,05—0,07% HCO_3 задерживает всходы на 2—5 дней. Более 0,1% HCO_3 щелочных соединений вызывает гибель всходов.

Во время вегетации поступление солей натрия с поливной водой подавляет образование соды, что снижает щелочность и токсическое действие солонцеватости на хлопчатник. В этот период на растения больше влияние оказывает засоление.

Вредное действие солонцеватости на карбонатные почвы проявляется также в ухудшении их физических свойств. Она вызывает разрушение почвенной микроструктуры, увеличение дисперсности и плотности почв, снижение их фильтрационной способно-

сти. Сильно уплотненная почва оказывает большое сопротивление корням растений, а плохая фильтрация снижает скорость и качество промывных поливов.

Засоление почв существенно изменяет зольный состав хлопчатника, который обладает свойством накапливать в вегетативных органах, преимущественно в листьях, легкорастворимые соли. Накопление в растениях сульфата магния отмечается только при сильном засолении почв. Наиболее активно в растения поступают соли натрия, которые являются конкурентами кальция и калия. В результате в хлопчатник поступает мало кальция. Особенно обеднены им листья; в семенах более заметно понижено содержание калия. Калийная и кальциевая недостаточность и прониженность в семена хлора снижают качество семенного материала.

На основании исследований разработаны показатели оценки поливных вод для условий Узбекистана с учетом его почвенно-климатических особенностей. Градация вод проведена по уровню минерализации и содержанию хлора в зависимости от механического состава почвогрунтов. Предложенная нами система оценки поливных вод отражает влияние на почву всех компонентов воды и является достаточно полной и всесторонней. Эта система позволила нам оценить качество дренажных и подземных вод поливной зоны Узбекистана и осуществить районирование ее по перспективности использования этих вод в целях улучшения водобеспеченности земель при водном дефиците и охраны почв от вредного влияния минерализованных вод. Районирование проведено с учетом химического состава водных источников и почвенно-мелiorативных условий орошаемой территории, подверженной соленакоплению. В ее пределах выделены районы, в различной степени перспективные для орошения минерализованными дренажными и подземными водами. Для каждого района рекомендовано наиболее целесообразное использование этих вод и намечены мероприятия, снижающие их вредное влияние на почвы и хлопчатник.

В пределах Узбекистана орошение дренажными и подземными водами может быть организовано во всех оазисах. Наиболее перспективные районы: а) в Голодной степи — старая зона орошения; б) в Ферганской долине — почти вся территория, за исключением небольших площадей в Западной и Центральной Фергане; в) в Бухарском оазисе — северная и центральная его части; г) в долине Сурхандарьи — земли в верхнем, среднем и отчасти нижнем течении реки; д) в долине Кашкадарьи — Китабо-Шахрисабзская котловина; е) в Хорезмском оазисе — старорецья Даудан и Дарьялык.

Таким образом, минерализованные воды могут стать фактором улучшения водобеспеченности орошаемых земель при остром водном дефиците. Но при этом необходимо строго соблюдать рекомендации, сделанные на основе научных проработок.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- Абдирахманов Х. А. Влияние орошения минерализованными водами на солевой режим почв и продуктивность хлопчатника в Шерабадской степи.— Автореф. дис... канд. с.-х. наук. Ташкент: СоюзНИХИ, 1982.
- Абдирахманов Х. А., Малабаев Н. И. Орошение тонковолокнистого хлопчатника дренажными водами на такырных легкосуглинистых почвах Шерабадской степи.— Тез. докл. Ср. Аз. конф.: Проблемы использ. минерал. дренажных вод. Ташкент: СоюзНИХИ, 1978.
- Аверьянов С. Ф. Борьба с засолением орошаемых земель. М.: Колос, 1978.
- Азимов Р. А. Физиологическая роль кальция в солеустойчивости хлопчатника. Ташкент: Фан, 1973.
- Азимова Р. Л., Липкинд И. М., Симавский К. И. Влияние нового орошения на плодородие почв в зоне хлопководства Таджикской ССР.— В кн.: Орошаемые почвы и методы их изучения. Ташкент: Изд-во МСХ УзССР, 1976.
- Айдаров И. П., Корольков А. И., Королькова Т. П. Изменения предкавказских черноземов при орошении и методы их количественной оценки.— В кн.: Орошаемые почвы и методы их изучения. Ташкент: Изд-во МСХ УзССР, 1976.
- Алексеев Л. С. Использование сбросных вод рисовых оросительных систем для орошения.— Труды ЮЗНИИГиМ, вып. XXI, Новочеркасск, 1976.
- Андреев Г. И., Козлечко Г. А., Родионова Л. М. Влияние воды Веселовского водохранилища на предкавказские черноземы при орошении.— В кн.: Орошение и мелиорация почв. М.: Наука, 1977.
- Антипов-Каратаев И. Н., Кадер Г. И. О природе поглощения понов глинами и почвами.— Коллоид. журн., 1947, т. IX, № 2, 3.
- Антипов-Каратаев И. Н., Кадер Г. И. К методике мелиоративной оценки оросительной воды.— Почвоведение, 1959, № 2.
- Антипов-Каратаев И. Н., Кадер Г. И. К мелиоративной оценке поливной воды, имеющей щелочную реакцию.— Почвоведение, 1961, № 3.
- Антипов-Каратаев И. Н., Филиппова В. Н. Влияние длительного орошения на процесс почвообразования и плодородия почв степной полосы европейской части СССР. М.: Изд-во АН СССР, 1955.
- Антипов-Каратаев И. Н., Антипова-Каратаева Т. Ф., Ясеновский А. Н. Физико-химические свойства почв в зависимости от состава и соотношения обменных катионов.— Коллоид. журн., 1935, т. I, вып. 3—4.
- Антонова Г. Д., Калашников А. И. Вертикальный дренаж и использование подземных вод на орошение в колхозе им. К. Маркса.— Хлопководство, 1957, № 7.
- Афанасьев В. П. Изучение допустимой концентрации солей в поливной воде для орошения хлопчатника.— Сб. науч. трудов ТСХА, вып. 233, М., 1977.
- Бабичоджаев И. И. Почвы западной части Муртавинской долины и их использование.— Сельское хоз-во Узб., 1961, № 11.
- Бабушкин Л. Н. Климат Узбекистана. Ташкент: Изд-во АН УзССР, 1958.
- Баев Р. А., Лютаев Б. В. Почвенно-гидрогеологические критерии оценки возможности использования дренажно-сбросных вод для поливов в степной зоне Украины.— Тезисы докл. VI съезду ВОП, кн. 5, Тбилиси, 1981.
- Бакало В. Я., Письменный С. П. Изменение водно-физических свойств почв под влиянием орошения минерализованными водами Кенес-Анархия.— Вопросы всдного хоз-ва, вып. 5, Фрунзе: Киргизстан, 1966.
- Бакало В. Я., Письменный С. П. Поливной режим кормовых культур на пастбищах Кенес-Анархия при использовании минерализованных вод.— В сб.: Использование минерал. вод для орошения. М.: Колос, 1973.
- Балаябо Н. К. Повышение плодородия почв орошаемой хлопковой зоны СССР. М.: Сельхозгиз, 1954.
- Балаябо Н. К., Гутин Б. С., Зверева Е. А. Освоение и повышение плодородия солонцовых почв. М.: Сельхозгиз, 1962.
- Баскаченко И. Н. Использование природных минерализованных вод в сельском хозяйстве. Л., 1975.
- Батыршин Ф. Б. Опыт орошения минерализованными водами в Голодной степи.— Сельское хоз-во Узб., 1964, № 5.
- Белюсов М. А. Физиологические основы питания хлопчатника. Ташкент: Фан, 1975.
- Белюсов М. А., Савкина М. Б. Влияние катионного состава солей питательного раствора при засолении на развитие хлопчатника.— Труды СоюзНИХИ, вып. 29, Ташкент, 1975.
- Бесседи П. И., Юлдашев Г. Изменение химических и физико-химических свойств сероземно-луговых почв и светлых сероземов под влиянием воздействия минерализованных вод.— Тезисы докл. Ср. Аз. конф.: Проблемы использ. минерал. дренажных вод. Ташкент: СоюзНИХИ, 1978.
- Беспалов И. Ф. Основные итоги и направления исследований по использованию минерализованных вод для орошения и промывок засоленных почв.— Тезисы докл. Ср. Аз. конф.: Проблемы использ. минерал. дренажных вод. Ташкент: СоюзНИХИ, 1978а.
- Беспалов И. Ф. Влияние орошения минерализованными водами на содержание гниа и состав поглощенных оснований.— Там же, 1978б.
- Беспалов И. Ф., Ибрагимов Г. А. Орошение хлопчатника коллекторно-дренажной водой.— Тезисы докл. на науч. конф. по вопросам мелиорации земель. Ташкент: СоюзНИХИ, 1974.
- Беспалов И. Ф., Киселева И. К., Лифшиц Э. А. Основные итоги и направления научных исследований по мелиорации земель в хлопковой зоне СССР.— Тезисы докл. Ср. Аз. конф. по вопросам мелиорации и борьбы с эрозией почв. Ташкент: СоюзНИХИ, 1974.
- Бехбудов А. К., Сейидов М. М. Оценка качества подземных вод, используемых для орошения и промывок.— Гидротех. и мелиорация, 1979, № 5.
- Бобокулов Х. Р. Орошение хлопчатника минерализованными водами на новоосваиваемых такырных почвах Каршинской степи.— Автореф. дис... канд. с.-х. наук, Ташкент, 1982.
- Бобокулов Х. Р., Малабаев Н. И. Орошение тонковолокнистого хлопчатника дренажными водами в условиях такырных почв Каршинской степи.— Тезисы докл. Ср. Аз. конф.: Проблемы использ. минерал. дренажных вод. Ташкент: СоюзНИХИ, 1978.
- Бодрухина А. Г. Промывки засоленных почв с использованием дренажных вод в условиях Таджикистана.— Автореф. дис... канд. с.-х. наук, Душанбе, 1976.
- Бойко В. И. Изменение обыкновенных черноземов Донбасса под влиянием длительного орошения сточными водами.— Тезисы докл. VI съезду ВОП, кн. 5, Тбилиси, 1981.
- Болдырев А. И. Влияние орошения минерализованными водами на основные свойства почв юга Украины и пути повышения их плодородия.— Автореф. дис... докт. с.-х. наук, М., 1980.

- Болдырев А. И., Сафонова Е. П. Влияние орошения минерализованными водами на плодородие темно-каштановых почв.— Гидротех. и мелior., 1979, № 5.
- Бостанджогло А. А. и др. Основные направления комплексного использования земельно-водных ресурсов УзССР, Ташкент: Фан, 1969.
- Братчева М. И. О составе поглощенных оснований орошаемых почв Узбекистана.— Ташкент: Изд-во АН УзССР, 1947.
- Брешиковский П. М. К вопросу о роли обменного магния в явлениях солонцеватости почв.— Уч. зап. Казанского ГУ, т. 97, кн. 1, 1937.
- Буданов М. В. Влияние орошения минерализованными водами на почвы.— Труды УкрГНМ, вып. 77/3, Киев, 1956.
- Буданов М. В. Требования к качеству оросительных вод.— В сб.: Водное хоз-во, вып. 1, Киев: Урожай, 1965.
- Буйлов В. В. О роли поглощенного магния в образовании солонцов Тургайской ложбины.— Почвоведение, 1965, № 5.
- Бурдыгина В. С. Влияние степени рассоления почв на рост и развитие хлопчатника.— Ашхабад: Изд-во АН ТССР, 1962, № 6.
- Бурыгин В. А. К вопросу о солеустойчивости в роде *Gossypium*. Ташкент: Изд. АН УзССР, 1947а, № 1.
- Бурыгин В. А. К вопросу о водном балансе хлопчатника на засоленных почвах Голодной степи.— Бюлл. АН УзССР, Ташкент: Изд-во АН УзССР, 1947б, № 5.
- Виленский Д. Г. Почвоведение. М.: Учпедгиз, 1954.
- Владыченский С. А. Практические занятия по мелиорации почв. М.: Изд-во МГУ, 1960.
- Волобуев В. Р. Промывка засоленных почв.— Баку: Азернашр, 1948.
- Воротник Т. К. Приемы предупреждения и ликвидации осолонцовывания почв и повышение урожая с.-х. культур при орошении минерализованными водами.— Автореф. дис. ...канд. с.-х. наук, Харьков, 1965.
- Гапон Е. Н. К теории обменной адсорбции в почвах.— Журн. общей химии, т. III, вып. 2, 1933.
- Гедройц К. К. Солонцы, их происхождение, свойства и мелиорация.— Новосельская с.-х. опытная станция, вып. 46, 1928.
- Гедройц К. К. Коллоидная химия в вопросах почвоведения.— Избр. соч., т. V, М.: Сельхозгиз, 1955.
- Гейкель П. А., Строганов Б. П. Физиология растений, потребляющих соленую воду.— В кн.: Проблема засоления почв и водных источников. М.: Изд-во АН СССР, 1960.
- Генушев А. З., Горбунов Б. В., Кимберг Н. В. Классификация и диагностика почв Узбекистана.— В кн.: Генезис, географ. и мелиорация почв. Узб. Ташкент, 1972.
- Глухова Т. П. Основные показатели мелиоративной оценки поливной воды применительно к хлопчатнику.— Хлопководство, 1975, № 7.
- Глухова Т. П. Почвенные процессы при орошении минерализованными водами.— Ташкент: Фан, 1977.
- Глухова Т. П. Оценка минерализации дренажных вод в целях использования их на орошение.— В кн.: Пути рационального освоения и использ. почвен. покрова Туркмении. Ашхабад: Ёлым, 1981.
- Глухова Т. П., Махмудова Д. Г. Изменение качественного состава гумуса почв при длительном орошении дренажными водами.— В сб.: Пути рационального освоения и использ. почвен. покрова Туркмении. Ашхабад: Ёлым, 1981.
- Горбунов Б. В. Почвы Андиганской области.— Почвы УзССР, т. II, Ташкент: Изд-во АН УзССР, 1957.
- Горбунов Н. И. Поглощательная способность почв и ее природа. М.: Огиз-сельхозгиз, 1948.
- Грамматикати О. И., Емельянов В. А., Нестерова Г. С. Использование воды повышенной минерализации в целях орошения.— Гидротех. и мелиорация, 1971, № 3.

- Гришин П. В. Влияние повышенного содержания поглощенного магния на свойства почвы.— Научн. докл. высшей школы. Биол. науки, 1959, № 3.
- Гришин П. В., Ломако Е. И. Генезис слитных почв Европейской лесостепи (район Среднего Поволжья).— Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1972.
- Гюльахмедов Ф. И., Вердиева Р. Д. Влияние поливов минерализованными водами на рост, развитие и урожайность хлопчатника.— Тезисы докл. Ср. Аз. конф. по вопр. мелior. земель. Ташкент: СоюзНИХИ, 1974.
- Дарымова Г. Н. К оценке качества поливных вод.— В кн.: Пути рационального освоения и использ. почв. покрова Туркмении, Ашхабад: Ёлым, 1981.
- Даштанов Б. Н. Экономическая эффективность использования дренажных вод для орошения хлопчатника.— Тезисы докл. Ср. Аз. конф.: Проблемы использ. минерал. дренаж. вод. Ташкент: СоюзНИХИ, 1978.
- Джуманазарова Т., Заманмурад Х., Ненесов М. Орошение хлопчатника минерализованными дренажными водами. Там же, Ташкент, 1978.
- Димо Н. А. Сода в почвах Средней Азии.— Изв. Ин-та почвовед. и геоботан. САГУ, вып. 1, Ташкент, 1925.
- Дудкин А. С. Использование минерализованных вод на орошение культур в Голодной степи.— Труды САННИИРИ, вып. 106, Ташкент, 1960.
- Егоров В. В. Как использовать минерализованные воды на орошение.— Хлопководство, 1974, № 3.
- Еременко Г. В., Усманов А., Гейнц В. А. О качественной оценке воды на примере Западной Ферганы.— Гидротех. и мелиорация, 1968, № 7.
- Зайчиков А. З. Сурхандарьинская долина.— Хлопчатник, т. II, Ташкент: Изд-во АН УзССР, 1967.
- Закиров Т. С., Глухова Т. П. Почвенные и мелиоративные аспекты использования минерализованных дренажных вод.— Тезисы докл. Ср. Аз. конф.: Проблемы использ. минерал. дренаж. вод. Ташкент: СоюзНИХИ, 1978.
- Захритдинов Н. Подземные воды Узбекистана и пути использования их для развития отгонного животноводства.— Труды ТИНИМСХ, вып. 55, Ташкент, 1973.
- Зонн Н. С. Опыт мелиоративного освоения.— В сб.: Орошение и мелиорация почв. М.: Наука, 1977.
- Ибрагимов Г. А. Влияние полива минерализованными водами на почву, рост, развитие и урожай хлопчатника.— Соц. с.-х. Узб., 1959, № 6.
- Ибрагимов Г. А. Использование грунтовых и коллекторно-дренажных вод для орошения.— Матер. объедин. сессии ВАСХНИЛ и АН УзССР, Ташкент, 1967.
- Ибрагимов Г. А. Использование минерализованных вод на орошение хлопчатника.— Ташкент: Фан, 1973.
- Ибрагимов Г. А., Юлдашев М. Использование коллекторно-дренажных вод на орошение в низовьях Амударьи.— Тезисы докл. Ср. Аз. конф.: Проблемы использ. минерал. дренажных вод. Ташкент: СоюзНИХИ, 1978.
- Израэльсен О. Теория и практика ирригации. М.: Изд-во ИЛ, 1956.
- Кабаев В. Е. Солевыносливость сельскохозяйственных культур.— Соц. с.-х. Узб., 1953, № 1.
- Кабаев В. Е. Использование минерализованных грунтовых вод для орошения хлопчатника.— Хлопководство, 1954, № 6.
- Кадыров Х. А. Инженерное регулирование водно-солевого баланса на базе использования подземных вод.— Вопросы гидротех., вып. 30, Ташкент: Фан, 1969.
- Калашиников А. И. К вопросу об использовании коллекторно-дренажных вод на орошение.— Труды ЦОМС, вып. 1, Ташкент, 1961.
- Калинин Я. Д. Опыт промывки засоленных земель в Южном Казахстане.— Гидротех. и мелиорация, 1969, № 8.
- Карсане Л. Л. Промывка засоленных земель на фоне вертикального дренажа в совхозе «Пакта-Арал».— Тезисы докл. научно-произв. конф. молодых спец. водного хоз-ва. Ташкент: Фан, 1968.
- Кац Д. М. Использование грунтовых вод для орошения в Бухарском оазисе.— Хлопководство, 1958, № 8.

- Кац Д. М. Режим грунтовых вод в орошаемых районах и его регулирование.—М.: Изд-во с.-х. лит., 1963.
- Кац Д. М. Гидрогеология.—М.: Колос, 1969.
- Кац Д. М., Плутинский Н. М. Баланс грунтовых вод Бухарского оазиса.—Докл. АН УзССР, 1957, № 9.
- Кенесарии Н. А., Мирзаев С. Ш. Перспективы использования подземных вод в Средней Азии и Южном Казахстане.—Гидрогеол. и ниж. геол. аридной зоны СССР, вып. 3, Ташкент: Фан, 1966.
- Кимберг Н. В. Почвы Каршинской степи.—Хлопководство, 1963, № 6.
- Кимберг Н. В. Почвы пустынной зоны.—Ташкент: Фан, 1973.
- Кириллов Ю. И. Опыт использования артезианских вод в полупустынях Казахстана.—Земледелие, 1961, № 3.
- Киселева И. К. Орошение дренажными водами в Голодной степи.—Матер. по произв. силам Узб., вып. 16, Ташкент: Фан, 1964.
- Киселева И. К. Взаимосвязь дренажной и оросительной воды в пределах одного бассейна.—Тезисы докл. на Ср. Аз. конф. по вопросам мелиорации земель и борьба с эрозией почв. Ташкент: СоюзНИИХИ, 1974.
- Киселева И. К., Мирхаликов С. Осенние промывные поливы и использование дренажной воды.—Сельское хоз-во Узб., 1961, № 11.
- Ковалев Я. А. Об использовании грунтовых вод на орошение.—Сельское хоз-во Узб., 1958, № 7.
- Ковалев Я. А. Осолодцовывание карбонатных почв под влиянием натриевых солей.—Труды Ин-та почвоведения, вып. 3, Ташкент, 1963.
- Коваленко И. И., Михайлов С. Д. Изменение свойств почв при орошении минерализованными водами.—Почвоведение, 1967, № 8.
- Ковда В. А. Солончаки и солонцы.—М.: Изд-во АН СССР, 1937.
- Ковда В. А. Происхождение и режим засоленных почв. Т. I и II. М.: Изд-во АН СССР, 1946 и 1947.
- Ковда В. А. Количество воды, плодородие орошаемых почв и солеустойчивость растений.—В кн.: Водный режим растений в засушливых районах СССР. М.: Изд-во АН СССР, 1961.
- Ковда В. А. Качество оросительных вод.—В кн.: Почвы аридной зоны как объект орошения. М.: Наука, 1968.
- Ковда В. А. Опыт оросительных мелиораций.—В кн.: Мелиорация почв в СССР. М.: Наука, 1971.
- Кожеников А. Н. Мелиорация опытных степных высококарбонатных малонатриевых солонцов черноземов зоны Кустанайской области.—Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Алма-Ата, 1972.
- Козлов В. П. О процессах образования солонцов в условиях Голодной степи.—Химизация сов. земледелия, 1932, № 3, 4.
- Колыков Б. С. Агротехнические меры борьбы с засолением почв.—Ташкент: Узгосиздат, 1948.
- Корж А. М. Изменение физических и физико-химических свойств темно-каштановых почв при орошении минерализованными водами и мероприятия по их улучшению.—Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Киев, 1967.
- Костяков А. Н. Основы мелиораций.—М.: Сельхозгиз, 1951.
- Кочубей М. И., Сучков С. П. Почвы Ферганской долины и их значение под влиянием орошаемого земледелия.—В кн.: Проблемы пользы зем. вод. ресурсов УзССР. Ташкент: Фан, 1969.
- Крайчук В. И. Рассоление почв Юго-Западной Туркмении промывками каспийской водой.—Проблемы освоения пустынь, 1971, № 6.
- Красутская Н. В. Гипсование почв Ингульского массива в связи с осолодцовыванием их оросительной водой.—Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Одесса, 1968.
- Красутская Н. В., Сафонова Е. П., Болдырев А. И., Золотух В. П. Проблема эффективного использования земель, орошаемых минерализованными водами в условиях юга Украины.—Тезисы докл. VI съезду ВОН, кн. 5, Тбилиси, 1981.
- Кругичков Д. М. О карбонатном засолении почв Самаркандской области и о путях повышения их плодородия.—Матер. по произв. силам Узб., вып. 9, Ташкент: Изд-во АН УзССР, 1957.
- Кудрин С. А., Розанов А. Н. Солонцовые почвы совхоза Дальверзин (Узбекистан).—Почвоведение, 1935, № 3.
- Кудрин С. А., Розанов А. Н. Материалы к характеристике сероземов с высоким содержанием поглощенного магния.—Почвоведение, 1938, № 6.
- Лебедев Ю. П. Почвы орошаемых оазисов нижнего Зарафшана.—Труды Арало-Касп. компл. эксп., вып. 1. М.: Изд-во АН СССР, 1954.
- Легостаев В. М. Промывные поливы засоленных почв.—Хлопководство, 1951, № 11.
- Легостаев В. М. К вопросу использования минерализованных вод при орошении.—Матер. по произв. силам Узб., вып. 5, Ташкент: Изд-во АН УзССР, 1956.
- Легостаев В. М. Об использовании вод повышенной минерализации на орошение.—Ташкент: Госиздат, 1961.
- Легостаев В. М., Киселева И. К. Итоги и перспективы научных исследований по мелиорации земель в аридной зоне.—В кн.: Научные основы мелиорации почв. М.: Наука, 1972.
- Ли В. И. Гидроморфный почвообразовательный процесс и эволюция некоторых почв Узбекистана.—Труды ИПА АН УзССР, вып. 18, Ташкент: Изд-во МСХ УзССР, 1979.
- Лисовский В. И. К вопросу об орошении соленой водой.—Изд. Донского ин-та с.-х. и мелиораций, т. 9. Новочеркасск, 1929.
- Лобанова Т. А. Значение обменных кальция и натрия в мелиорации почв.—Труды Почв. ин-та им. Докучаева, т. 47. М.: Изд-во АН СССР, 1955.
- Лобова Е. В. Почвы пустынной зоны СССР.—М.: Изд-во АН СССР, 1960.
- Лопато Ю. Г. К вопросу о засолении почв при орошении.—Саратов: И.Волын. краев. изд-во, 1932.
- Мавлянов Э. Ю., Маликов М. Гидрогеологические условия долины Кашкадарыи в связи с вопросами водоснабжения.—ДАН УзССР, 1964, № 7.
- Мадмусаев М. Защита от засоления при поливах грунтовыми водами.—Сельское хоз-во Узб., 1965, № 2.
- Мадиев А. Использование минерализованных вод для орошения хлопчатника и промывки засоленных почв в новой зоне освоения Голодной степи.—Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Ташкент: СоюзНИИХИ, 1982.
- Мамедов Т. А., Аалев Н. Б. Допустимая минерализация дренажных вод для орошения и промывок в зависимости от механического состава почвы и химического состава солей поливной воды в условиях Азербайджана.—Тезисы докл. Ср. Аз. конф.: Проблемы использ. минерал. дренажных вод. Ташкент: СоюзНИИХИ, 1978.
- Маслеников В. В. О соловом засолении почв Санзарского конуса выпола.—Почвоведение, 1971, № 4.
- Минашина Н. Г. Расчет допустимой минерализации вод для орошения почв.—Почвоведение, 1970, № 2.
- Минашина Н. Г. Солевой режим почв и дренаж грунтовых вод.—Хлопководство, 1971, № 8.
- Минашина Н. Г. Об использовании минерализованных грунтовых вод для орошения.—Гидротех. и мелиорация, 1972, № 3.
- Минашина Н. Г. Орошение почв минерализованными водами и расчет промывного режима.—В сб.: Испол. минерал. вод для орошения. М., 1973.
- Минашина Н. Г. Резервы мелиорации.—Хлопководство, 1974, № 6.
- Мирзаев С. Ш. Подземные воды и возможности их использования.—В кн.: Проблемы использ. зем.-вод. ресурсов УзССР. Ташкент: Фан, 1969.
- Мирзаев С. Ш., Камитов Н. П. Запасы подземных вод Кашкадарыинского артезианского бассейна и пути их использования в народном хозяйстве.—В сб.: Гидрогеол. и ниж. геол. Аридная зона СССР, вып. 2. Ташкент: Фан, 1966.
- Мирхаликов С. Агротехнологическая эффективность применения коллекторно-дренажных вод для промывных и вегетационных поливов хлопчатника.—Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Ташкент: 1968.

- Михельсон Б. А., Полярков В. Ф. Мелиоративное состояние земель в зоне командования канала им. Кирова.— Матер. по производ. силам Узб., вып. 15, Ташкент: Изд-во АН УзССР, 1960.
- Можейко А. М., Воротинок Т. К. Гипсование каштановых солонцеватых почв УССР, орошаемых минерализованными водами как метод борьбы с осолонцовыванием этих почв.— Тр. УкрНИИП, т. 3, Харьков, 1958.
- Молодцов В. А. К определению промывных норм при использовании минерализованных почв.— Тезисы докл. Ср. Аз. конф.: Проблемы использ. минерализ. дренажных вод. Ташкент: СоюзНИИХИ, 1978.
- Морозов Н. Л., Иванов В. Ф. Орошение на базе подземных вод.— М.: Колос, 1968.
- Морозов Н. Л., Иванов В. Ф. Обводнение пастбищ и развитие оазисного орошения в пустынной зоне на базе использования подземных вод и укрепление кормовой базы каракулеводства.— В кн.: Проблемы использ. зем. вод. ресурсов УзССР. Ташкент: Фан, 1969.
- Муслимов С. М. Использование подземных вод на орошение.— В кн.: Проблема засоления почв и водных источников. М.: Изд-во АН СССР, 1960.
- Нестерова Г. С. Возможность использования соленых вод для орошения с.-х. культур.— М.: Колос, 1972.
- Новиков В. А. Исследование солеустойчивости хлопчатника.— Труды ФАН УзССР, вып. 5, Ташкент, 1942.
- Овсянников А. С. Влияние минерализованных вод на солевой режим под культурой риса.— Проблемы освоения пустынь, 1968, № 1.
- Олля Н. и др. Засоление и осолонцовывание карбонатных почв, орошаемых минерализованными водами.— В кн.: Почвы содового засоления и их мелиорация. Труды Ин-та почвовед. и агрохим. Ереван, 1971.
- Оловягинишников Г. И. Распределение CaCO_3 , MgCO_3 , кремнекислоты и полутвердых окислов в механических фракциях сероземов Средней Азии и некоторые особенности почвенных карбонатов.— Почвоведение, 1937, № 7.
- Оразгельдыев М. Орошение кормовых культур минерализованными водами.— Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Ашхабад, 1968.
- Орлов М. А. О сероземах и оазисно-культурных почвах.— Труды САГУ, сер. VII, вып. 6, Ташкент, 1937.
- Орловский Н. В., Кузнецова А. М. Основные причины токсических для растений явлений на солонцах.— Почвоведение, 1939, № 9.
- Ортега М. Г. Изучение процессов осолонцовывания карбонатных почв и пути их мелиорации.— Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Ташкент, 1980.
- Оруджев А. К. Мелиоративное состояние земель Кура-Араксинской низменности Азербайджанской ССР и мероприятия по его улучшению.— Тезисы докл. на Ср. Аз. конф. по вопр. мелиорации земель и борьбы с эрозией почв. Ташкент: СоюзНИИХИ, 1974.
- Павин П. С. Процессы солеотдачи в промываемых толщах почв. Новосибирск: Наука, 1968.
- Павин П. С., Аристархов А. Н. Особенности химизма и водопроницаемости засоленных содой почв Карабахской равнины в Азербайджанской ССР.— Почвоведение, 1962, № 6.
- Панков А. М. Почвенный поглощающий комплекс и физические свойства почв.— Труды Почвен. ин-та АН СССР, т. 9, 1934.
- Панков М. А. Почвы Голодной степи.— Матер. по производ. силам Узб., вып. 6, Ташкент: Изд-во АН УзССР, 1956.
- Панков М. А. Почвы Ферганской области.— Почвы УзССР, т. II. Ташкент: Изд-во АН УзССР, 1957.
- Павкратов П. А., Кыреев В. К., Сундуков А. Т. Опыт промывки засоленных земель подземными водами повышенной минерализации.— В сб.: Мелиорация орошаемых земель Таджикистана. Душанбе, 1969.
- Печаткин С. Оценка ущерба от недостаточной водообеспеченности.— Хлопководство, 1980, № 2.
- Писемский С. П. Исследование поливного режима кормовых культур и изменчивость солевого состава почв при оазисном орошении минерализованными водами на пастбищах Кенес-Анархия и Прибалхашья.— Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Ташкент, 1974.
- Пищейко Л. И. Повышение продуктивности гипсованием северо-приазовских черноземов, орошаемых минерализованными водами Таганрогского залива.— Сб. научн. трудов Южгипроводхоза, вып. XVIII. Ростов-на-Дону, 1975.
- Поленова Т. П., Байматова Л. С. Установление допустимой степени минерализации грунтовой и оросительной воды в разные фазы развития хлопчатника.— Тезисы докл. на Ср. Аз. науч. конф. по вопросам мелиор. и борьбы с эрозией почв. Ташкент: СоюзНИИХИ, 1974.
- Попова Т. П. Почвы районов нового освоения Голодной степи и изменение их при орошении.— Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Ташкент, 1971.
- Почвы Узбекской ССР. Т. I. Ташкент: Изд-во АН УзССР, 1949.
- Почвы Узбекистана. Ташкент: Фан, 1975.
- Прасолов Л. И., Антипов-Каратаев И. Н. О солонцеватых каштановых почвах Ергеней и о методике определения солонцеватости.— Тр. Почвен. ин-та им. Докучаева, вып. 3—4. М.: Изд-во АН СССР, 1930.
- Пушкарёва З. П. Районирование земель нового орошения Голодной степи по первичным запасам легкорастворимых солей.— Труды САНИИРИ, вып. 30. Ташкент, 1969.
- Пудовкин Б. А., Сучков С. П. Современное состояние орошаемых почв Голодной степи.— В сб.: Вопросы физики, химии, мелиорации почв и удобрения хлопчатника. Ташкент: СоюзНИИХИ, 1939.
- Рабочев Г. И. Опыт рассоления почво-грунтов Прикопетадгской зоны минерализованными водами на фоне вертикального дренажа.— Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Ашхабад, 1968.
- Рабочев И. С. Об итогах исследований в области мелиорации почвогрунтов в Туркменской ССР.— В кн.: Мелиор. почв. в СССР. М., 1971.
- Рабочев И. С. Классификация минерализованных вод по пригодности для орошения.— Тезисы докл. VI съезду ВОП, кн. 5, Тбилиси, 1981.
- Рабочев И. С., Бурдыгина В. С. Влияние концентрации почвенного раствора на урожай хлопчатника.— В кн.: Мелиорация пустынных земель Туркмении. Ашхабад, 1973.
- Рабочев Г. И., Оразгельдыев М. Процессы миграции солей при орошении минерализованными водами.— Тезисы докл. Ср. Аз. конф.: Проблемы использ. минерал. дренажных вод. Ташкент: СоюзНИИХИ, 1978.
- Рабочев И. С. и др. Рассоление почв и орошение сельскохозяйственных культур минерализованными водами. Ашхабад: Ылим, 1973.
- Расулов А. М. Почвы Каршинской степи, пути их освоения.— Ташкент: Фан, 1976.
- Рау А. Г., Токарева Н. П. Рекомендации по орошению риса дренажно-сбросными водами. Алма-Ата: Кайнар, 1976.
- Рахмбасов Ф. М. Перспективы использования минерализованных подземных и дренажных вод в низовьях Амударьи.— Тезисы докл. Ср. Аз. конф.: Проблемы использ. минерал. дренаж. вод. Ташкент: СоюзНИИХИ, 1978.
- Рачинский А. А. Южный Хорезм как объект рассолительных мелиораций и сельскохозяйственного освоения.— Почвоведение, 1969, № 2.
- Реджепов К., Юрашкевич П. И. Минерализация подпочвенных вод Мургабского и Тедженского оазисов и влияние их на засоление почвогрунтов при возделывании сельскохозяйственных культур.— Тезисы докл. Ср. Аз. конф.: Проблемы использ. минерал. дренажных вод. Ташкент: СоюзНИИХИ, 1978.
- Реджепов О., Бараев Х., Карабеков А. К вопросу использования минерализованных вод на орошение в Туркменистане.— Там же, 1978.
- Репетун С. Н. Гипсование воды и почвы при орошении минерализованными водами.— Почвоведение, 1975, № 12.
- Решеткина Н. М. Регулирование и использование подземных вод Ферганской котловины.— Записки Узб. Отд. всесоюз. минерал. об-ва, вып. XI. Ташкент: Изд-во АН УзССР, 1957.

Решеткина Н. М. Гидрогеологические основы вертикального дренажа.— Ташкент: Изд-во АН УзССР, 1960.

Решеткина Н. М. Использование подземных вод в низовьях Амударьи.— Материалы по произв. силам Узб., вып. 11. Ташкент: Изд-во АН УзССР, 1960.

Решеткина Н. М. Вертикальный дренаж на орошаемых землях аридной зоны.— Вопросы гидротехники, вып. 30. Ташкент: Фан, 1969.

Решеткина Н. М., Барон В. А., Якубов Х. Вертикальный дренаж орошаемых земель. М.: Колос, 1966.

Решеткина Н. М., Сицини А. К., Шуравлини А. В. Орошение хлопчатника дренажными водами в совхозе «Пахта-Арал».— Гидротех. и мелиорация, 1972, № 3.

Решетов Г. Г. Изменение мелиоративного состояния почв Голодной степи под влиянием орошения.— В сб.: Орошаемые почвы и методы их изучения. Ташкент: Изд-во МСХ УзССР, 1976.

Роде А. А. Вопросы водного режима почв. М.: Наука, 1978.

Розов Л. П. Материалы к характеристике солонцеватости почв орошаемых районов.— Из работ опытно-мелиоративной лаб. ГИСХМ, М.: Изд-во ГИСХМ, 1928.

Розов Л. П. Материалы к характеристике солонцеватости почв орошаемых районов. Сообщ. 2. М.: Сельхозгиз, 1931.

Розов Л. П. Об изменении солонцеватости почв при орошении и промывках.— Почвоведение, 1934, № 2.

Розов Л. П. Мелиоративное почвоведение.— М.: Сельхозгиз, 1956.

Рустамов А. Р. Состояние и перспективы использования дренажных вод на орошение в Узбекистане.— Тр. САНИИРИ, вып. 156, Ташкент, 1973.

Рыжов С. Н., Ташикулиев М. М. Изменение химического состава серо-земов и такырных почв под влиянием орошения и высокой культуры земледелия.— В сб.: Орошаемые почвы и методы их изучения. Ташкент: Изд-во МСХ УзССР, 1976.

Сабиров К. А. Подземные воды четвертичных отложений Южной Ферганы и использование их для орошения.— В сб.: Вопросы гидрогеол. и ниж. геол. Ср. Аз. Ташкент: Наука, 1965.

Сабитова З. Х. Обеспеченность фосфором засоленных луговых почв Голодной степи.— В сб. трудов Уз. филиала ВОП, вып. 2. Ташкент: Изд-во МСХ УзССР, 1980.

Сандов Д. К. Особенности роста, развития и анатомической структуры хлопчатника в условиях карбонатно-магниевого засоления почв. Ташкент: Фан, 1966.

Сафаров Е. Ш., Сабиров А. Г. Использование минерализованных вод на орошение и промывку засоленных земель в условиях старой зоны орошения Голодной степи.— Тезисы докл. на Ср. Аз. конф. по вопросам мелиорации земель. Ташкент: СоюзНИИХИ, 1974.

Сафаров Е. Ш., Ходжаиров М. Рост, развитие хлопчатника и урожай хлопко-сырца и его качество при орошении минерализованными водами.— Тезисы докл. на Ср. Аз. научн. конф.: Проблемы использ. минерал. дренажных вод. Ташкент: СоюзНИИХИ, 1978.

Санинцев В. И. Поливы солеными артезианскими водами при возделывании кормовых культур в Юго-Западных Кызылумах.— Гидротехника и мелиорация, 1964, № 12.

Санинцев В. И., Бурцева Е. С. Вторичное засоление пустынных почв Кызылкумов при орошении артезианскими водами и пути его устранения.— Почвоведение, 1964, № 1.

Серебренникова Г. К., Бейлисон М. Е. Земельно-водные ресурсы бассейна Сырдарьи и перспективы их хозяйственного использования.— В кн.: Проблемы использ. зем.-водных ресурсов УзССР. Ташкент: Фан, 1969.

Соколов С. И. О магниевой солонцеватости почв.— В кн.: Исследование в области генезиса почв. М.: Изд-во АН СССР, 1963.

Спикина А. С. Использование минерализованных грунтовых вод на орошение хлопчатника.— Тр. Бухарской опытной станции, вып. 1, 1962.

Строганов Б. П. Физиология солеустойчивости хлопчатника.— Хлопчатник, т. IV. Ташкент: Изд-во АН УзССР, 1960.

Строганов Б. П. Водный режим растений на засоленных почвах.— В кн.: Водный режим растений в засушливых районах СССР. М.: Изд-во АН СССР, 1961.

Строганов Б. П., Иванецкая Е. Ф. К вопросу о физиологии хлопчатника в условиях различных типов засоления.— Физиология растений, 1954, т. 1, № 2.

Суннатов Н. Коллекторы Каршинской степи.— С.-х. Узб., 1969, № 3.

Супруга Н. К. Орошение с.-х. культур сбросными минерализованными водами рисовых систем в зоне Северо-Крымского канала.— В сб.: Испол. минерал. вод для орошения, М.: Колос, 1973.

Сурминский И. Дренажные воды повышенной минерализации на орошении.— Сельское хоз-во Узб., 1965, № 5.

Сучков С. П. Почвенно-мелиоративные процессы в Бухарском оазисе.— Хлопководство, 1970, № 10.

Сушко С. Я. Роль поглощенного магния в образовании солонцеватых свойств в почвах.— Химизация соц. земледелия, 1933, № 3.

Сушко С. Я., Сушко Е. С. Влияние обменного магния на дисперсность и фильтрационную способность почв.— Труды Ленинград. огд. ВУУАА, Л., 1934, вып. 34.

Тагаев С. Р. Влияние орошения высокоминерализованными водами типоморских на свойства почв и урожай хлопчатника.— Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Ташкент, 1972.

Торн Д., Петерсон Х. Орошаемые почвы. МИЛ, 1948.

Трапезников Ф. Ф. Мелиорация засоленных земель в Туркмении.— Тезисы докл. Ср. Аз. конф. по вопросам мелиорации земель и борьбе с эрозией почв. Ташкент: СоюзНИИХИ, 1974.

Тураханов Н., Ризаев Р. Технологические свойства хлопкового волокна в зависимости от минерализации поливной воды и дозы удобрения.— Тезисы докл. Ср. Аз. научн. конф.: Проблемы использ. минерал. дренажных вод. Ташкент: СоюзНИИХИ, 1978.

Угланов Н. Н. Графический способ оценки качества оросительной воды. Гидротех. и мелиорация, 1976, № 1.

Узакон П. М. Генезис, свойства и распространение засоленных карбонатных почв в Зарафшанской долине и пути их сельскохозяйственного использования.— Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Самарканд, 1963.

Умбетаев И., Киселева И. К. Рост, развитие и качество хлопко-сырца при орошении минерализованными водами.— Тезисы докл. Ср. Аз. конф.: Проблемы использ. минерал. дренажных вод. Ташкент: СоюзНИИХИ, 1978.

Усманов А. У. Количественная, качественная оценка и районирование коллекторно-дренажных вод Западной Ферганы в целях использования их на орошении.— Автореф. дис. ... канд. техн. наук. Ташкент, 1968.

Усманов А. У. Основные принципы оценки пригодности дренажных вод на орошение сельскохозяйственных культур.— Тезисы докл. Ср. Аз. конф. Ташкент, 1978.

Усов Н. Н. Роль поглощенного магния в образовании солонцовых свойств почв.— Учен. зап. Саратов. гос. ун-та, т. I (XIV), вып. 1, Саратов, 1936.

Федоров Б. В. Использование минерализованных вод на орошение.— Почвоведение, 1947, № 3.

Федоров Е. М. О солонцовых явлениях в почвах Голодной степи.— Материалы по произв. силам Узб., вып. 6, Голодная степь. Ташкент: Изд-во АН УзССР, 1957.

Фелициант Н. Н. Почвы Хорезмской области. В кн.: Почвы УзССР, т. III. Ташкент: Узбекистан, 1964.

Фелициант Н. Н. Солонцеватость почв и урожай хлопчатника.— Хлопководство, 1964, № 1.

Фелициант Н. Н. Современное состояние земельного фонда орошаемой части Бухарской области и перспективы его улучшения.— В кн.: Проблемы исп. земельно-водных ресурсов Узб. Ташкент: Фан, 1969.

- Фимкин В. П., Махно Г. В. Использование минерализованных вод при выращивании защитных лесных насаждений на землях, подверженных засолению.—Тезисы докл. Ср. Аз. конф. по вопросам мелиорации земель. Ташкент: СоюзНИХИ, 1974.
- Хакбердиев Х. Использование минерализованных вод на орошение хлопчатника в Бухарской области.—Тезисы докл. Ср. Аз. научн. конф.: Проблемы использ. минерал. дренажных вод. Ташкент: СоюзНИХИ, 1978.
- Хасанов А. С., Рахматуллина Р. Ш. Гидрохимические условия юго-западной части Узбекистана (грунтовые воды).—В сб.: Гидрогеология аридной зоны СССР, вып. 2. Ташкент: Фан, 1966. Хлопчатник. Т. IV, Ташкент: Изд-во АН УзССР, 1960.
- Ходжибаев Н. Н. Естественные потоки грунтовых вод Узбекистана.—Гидрогеол. и инж. геол. аридной зоны СССР, вып. 7. Ташкент: Фан, 1970.
- Ходжибаев Н. Н., Алимов М. С. Региональный водно-солевой баланс Голодной степи. Ташкент: Фан, 1966.
- Чепилевская Л. П. Влияние орошения водами повышенной минерализации на мелиоративное состояние орошаемых земель.—Сб. научн. трудов Южгипроводхоза, вып. XVIII. Ростов-на-Дону, 1975.
- Шаврыгин П. И. Влияние поглощенного магния на физические свойства почв.—Почвоведение, 1935, № 2.
- Шаврыгин П. И. Физические свойства почв в зависимости от состава поглощенных оснований.—Труды Почвен. ин-та им. Докучаева. М.: Изд-во АН СССР, 1936.
- Шаврыгин П. И. О токсичности концентраций почвенного раствора для произрастания хлопчатника.—Почвоведение, 1961, № 11.
- Шамуков А. С. Опыт использования минерализованных дренажных вод для орошения.—В сб.: Гидрогеол. и инж. геология аридной зоны СССР, вып. 3. Ташкент: Фан, 1966.
- Шардаков В. С. Водный режим хлопчатника.—Хлопчатник, т. IV, Ташкент: Изд-во АН УзССР, 1960.
- Шерипов Д. Ш. Влияние минерализованных вод на миграцию солей в песчаных почвах Северных Кызылкумов.—В кн.: Пути рационального использ. почвен. покрова Туркменистана, Ашхабад: Ёлым, 1981.
- Шестаков А. Г., Швындеиков В. Г. Влияние различных катионов хлоридов и сульфатов питательного раствора на развитие растений.—Труды ВИВА, вып. 13, М., 1934.
- Шувалов С. А. Почвы Наманганской области.—Почвы Узбекской ССР, т. II, Ташкент: Изд-во АН УзССР, 1957.
- Эсенев П. Особенности сезонной динамики солей при орошении песчаных почв минерализованными водами.—В кн.: Пути рационального использ. почвен. покрова Туркменистана, Ашхабад: Ёлым, 1981.
- Юлдашев Г. Изменение свойств почв под влиянием поливов минерализованными водами.—Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук, Ташкент, 1978.
- Юрашкевич И. И. Влияние орошения водами различной минерализации на солевой режим почвогрунтов Мургабского оазиса.—Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Ашхабад, 1972.
- Юсуфов М. Применение минерализованных дренажных вод на орошение хлопчатника в условиях лугово-сазовых почв Ферганской долины.—Тезисы докл. Ср. Аз. научн. конф.: Проблемы использ. минерал. дренажных вод. Ташкент: СоюзНИХИ, 1978.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
Влияние орошения минерализованными водами на почвы (обзор исследований)	5
Влияние длительного орошения дренажными водами на почвы	27
Рост и развитие хлопчатника при орошении минерализованными водами	35
Перспективы использования подземных и дренажных вод на орошение и промывки в поливной зоне Узбекистана	84
Заключение	122
Список использованной литературы	126