Э. И. ЧЕМБАРИСОВ
Б. А. БАХРИТДИНОВ

ГИДРОХИМИЯ РЕЧНЫХ И ДРЕНАЖНЫХ ВОД СРЕДНЕЙ АЗИИ



Э. И. ЧЕМБАРИСОВ
Б. А. БАХРИТДИНОВ

ГИДРОХИМИЯ РЕЧНЫХ И ДРЕНАЖНЫХ ВОД СРЕДНЕЙ АЗИИ

ТАШКЕНТ «УКИТУВЧИ» 1989

Пособие состоит из вводной главы и трех частей: в первой рассмотрена гидрохимия поверхностных вод бассейна Сырдарьи; во второй — гидрохимия поверхностных вод бассейна Амударьи; в третьей — прогнозы минерализации речных вод, вопросы их рационального использования и охраны.

Значительное место уделено прогнозу минерализации речных вод на перспективу, их использованию и охране качества воды.

Предлагаемое учебное пособие может быть использовано при чтении таких курсов, как «Общее землеведение», «Физическая география УзССР», «Гидрология Средней Азии», «Почвоведение», «Охрана природы» и др.

Главы 1, 4, 7, 8, 9 написаны *Э. И. Чембарисовым*, главы 2, 3, 5 и 6 совместно с *Б. А. Бахритдиновым*.

ЭЛЬМИР ИСМАИЛОВИЧ ЧЕМБАРИСОВ

БАХАДЫР АРИФОВИЧ БАХРИТДИНОВ

ГИДРОХИМИЯ РЕЧНЫХ И ДРЕНАЖНЫХ ВОД СРЕДНЕЙ АЗИИ

Учебное пособие для студентов университетов и пединститутов

Ташкент «Ўқитувчи» 1989

Редактор *М. Бондаренко*
Художественный редактор *И. Митиров*
Технический редактор *Ш. Бабаханова*
Корректор *Н. Горр*

ИБ 4767

Сдано в набор 09.08.88. Подписано в печать 03.11.89. Формат 60 × 90 1/16. Бумага тип. № 2. Гарнитура Литературная. Кегль 10 б/шп. Печать высокая. Усл. п. л. 14,5. Усл. кр.-отт. 14,81. Изд. л. 15,0. Тираж 3000. Зак. № 2146/2250. Цена 70 к.

Издательство «Ўқитувчи». Ташкент, ул. Навои, 30. Договор № 06-137-88.

Типография № 1 ТППО «Матбуот» Государственного комитета УзССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. Ташкент, ул. Хамзы, 21. 1989.

Ч $\frac{3702050000-212}{353(04)89}$ 155—89

© Издательство «Укитувчи», 1989 г.

ISBN 5—645—00548—1

СОДЕРЖАНИЕ

Введение 3

1. Общие сведения о речных и коллекторно-дренажных водах Средней Азии 7

Гидрологические особенности речных бассейнов 7
Формирование коллекторно-дренажных вод в пределах речных бассейнов 11
Необходимость учета химического состава воды при ее использовании 13
Химический состав природных вод и их гидрохимическая классификация 20
Ландшафтно-галогеохимический метод изучения формирования химического состава поверхностных вод 23
Минерализация и химический состав поверхностных вод 27

ЧАСТЬ 1. ГИДРОХИМИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД БАССЕЙНА СЫРДАРЬИ

2. Природные и водохозяйственные условия бассейна Сырдарьи . . 31

Природные условия и административное положение 31
Водные ресурсы 34
Земельный фонд 35
Особенности ирригации 37

3. Современная минерализация и гидрохимический режим поверхностных вод 39

Речные воды и водохранилища 40
Коллекторно-дренажные воды 45

4. Взаимосвязь между мелиоративным состоянием орошаемых массивов и минерализацией воды в дренирующих их водотоках 62
Ферганская долина 62
Голодная и Джизакская степи 72
Ташкентский оазис 85
Арысь-Туркестанский 91
Орошаемые массивы низовьев (Кзыл-Ординский и Казалинский) 98

ЧАСТЬ 2. ГИДРОХИМИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД БАССЕЙНА АМУДАРЬИ

5. Природные и водохозяйственные условия бассейна Амударьи 105
Природные условия и административное положение 105
Водные ресурсы 106
Земельный фонд 108
Особенности ирригации 109
6. Современная минерализация и гидрохимический режим поверхностных вод 112
Речные воды и водохранилища 112
Коллекторно-дренажные воды 121

7. Взаимосвязь между мелиоративным состоянием орошаемых массивов и минерализацией воды в дренирующих их водотоках 139
Сурхан-Шерабадский ирригационный район 140
Туямуюнский ирригационный район 146
Ташаташский ирригационный район 151
Кашкадарьинский ирригационный район 159
Бухарский ирригационный район 165

ЧАСТЬ 3. ПРОГНОЗ МИНЕРАЛИЗАЦИИ, ПЕРСПЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ И ОХРАНА РЕЧНЫХ ВОД

8. Ожидаемые изменения минерализации речных вод 173
Водно-солевые балансы крупных территорий и солевой сток рек . 173
Методы прогноза минерализации речных вод 195
Ожидаемые изменения минерализации речных вод в бассейне Сырдарьи 199
Ожидаемые изменения минерализации поверхностных вод в бассейне Амударьи 204
9. Использование поверхностных вод с учетом их минерализации и охрана их качества 208
Изменение качества поверхностных вод при их использовании . . 208
Оценка качества воды для орошения 212
Учет минерализации поверхностных вод при межбассейновых перебросках 220
Охрана качества речных вод 226
Заключение

Литература

ВВЕДЕНИЕ

Программы курсов лекций по «Общему землеведению», «Физической географии Средней Азии», «Охране природы» и др. включают в себя такой широкий самостоятельный раздел, как «Гидросфера». В нем освещаются: происхождение и распространение природных вод, их виды, а также общие особенности физических и химических свойств воды.

Как известно, территория Средней Азии значительно удалена от океанов и морей и по существу является бессточным природным бассейном, в котором значительная часть воды испаряется из единственно крупного водоема — Аральского моря. Раньше в него впадали самые крупные реки Средней Азии — Сырдарья и Амударья, в настоящее же время они не доходят до Арала, теряясь в песках, а площадь моря уменьшилась почти на треть. Таким образом, для данной территории жизненно важны не морские воды или воды океанов, а поверхностные воды, т. е. воды суши.

Поэтому в данном учебном пособии основное внимание уделено описанию характеристик и свойств поверхностных вод, но не в общих чертах, как это принято в учебниках по «Общему землеведению», а конкретно, применительно к территории Средней Азии.

В последние 10—15 лет природоведы, географы, гидрологи и др. уделяют большое внимание не только изучению ресурсов поверхностных вод, но и качеству этих вод, под которым понимаются требования, предъявляемые к содержанию различных веществ в воде при ее использовании в различных сферах народного хозяйства. Качество природных вод обычно определяется их минерализацией (т. е. наличием солей в 1 л воды) и химическим составом.

Качество поверхностных вод Средней Азии изучено слабо. Особенно это относится к коллекторно-дренажным водам, которые составляют большую часть так называемых «возвратных» вод. Их суммарные объемы в целом по Средней Азии сейчас доходят до 30—31 км^3.

Учитывая, что программа курса «Общее землеведение» требует рассмотрения природных территорий по отдельным речным системам, а далее по бассейнам отдельных рек (с выделением главной реки и ее притоков), то в основу пособия положено именно такое разделение территории Средней Азии: она рассматривается в пределах двух наиболее крупных речных бассейнов Сырдарьи (часть 1) и Амударьи (часть 2). В каждой части приведены сведения по речным бассейнам и находящимся в них орошаемым массивам, которые в настоящее время играют главную роль в перераспределении поверхностных вод по территории Средней Азии.

Описание речных бассейнов начинается с характеристик по речному стоку и его использованию для орошения в различных частях бассейнов. Далее приводятся сведения по водному и гидрохимическому режимам рек и наиболее крупных коллекторов. Приведены также данные об озерах, водохранилищах и динамике минерализации в них.

При описании орошаемых массивов уделено внимание и характеристикам грунтовых вод, так как они играют важную роль в формировании коллекторно-дренажного стока и перераспределении речного.

В предлагаемом учебном пособии можно найти сведения и о почвах, наиболее распространенных в орошаемой зоне речных бассейнов. Приведены сведения по типам почв, степени их засоления и химизму и площадям распространения.

При описании минерализации речных вод основное внимание уделено анализу современной минерализации и гидрохимическому режиму. В соответствующих главах показана взаимосвязь между мелиоративным состоянием орошаемых массивов и минерализацией воды в дренирующих их водотоках.

Работа включает девять глав, первая из них является вводной, в последующих шести раскрыты гидрологические и гидрохимические характеристики речных и коллекторно-дренажных вод по бассейнам Сырдарьи и Амударьи. В восьмой и девятой главах (выделенных в часть 3 пособия) включены вопросы прогноза минерализации поверхностных вод, их рационального использования в перспективе и охраны речных вод от засоления. Причем описаны все существующие методы прогноза: балансовый, многофакторной регрессии, ландшафтно-галогеохимический, который был предложен одним из авторов данного пособия Э. И. Чембарисовым совместно с проф. И. Н. Степановым.

Приведенный в учебном пособии цифровой и иллюстративный материал может широко использоваться студентами естественных факультетов при написании курсовых, дипломных работ и научных сообщений не только по разделу «Гидросфера», но и по разделам «Биосфера», «Географическая среда и человеческое общество», «Охрана природы», при раскрытии таких актуальных вопросов, как современный круговорот воды в пределах Средней Азии, единство природных вод, а также современные водные проблемы наших республик и при изучении вопроса влияния человека на природу в современную эпоху.

Авторы надеются, что данное пособие будет полезно не только для студентов, но и для почвоведов, экологов, специалистов водного и рыбного хозяйств, проектировщиков и др.

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О РЕЧНЫХ И КОЛЛЕКТОРНО-ДРЕНАЖНЫХ ВОДАХ СРЕДНЕЙ АЗИИ

Гидрологические особенности речных бассейнов

Средняя Азия в гидрографическом плане относится к бассейну Аральского моря. Площадь этого бассейна равна 2686,6 тыс. км^2, включая не только территорию, занимаемую им в СССР, но и в Афганистане (257 тыс. км^2) и Иране (65,0 тыс. км^2).

Водные ресурсы бассейна Аральского моря обычно изучают в пределах отдельных крупных речных бассейнов. Как правило, их рассматривают отдельно по бассейнам Сырдарьи и Амударьи. Интенсивное развитие орошения и водохозяйственное строительство в Средней Азии требовало увеличения отбора воды из бассейна и уменьшение ее притока к Аралу. В данном учебном пособии гидрохимия поверхностных вод Средней Азии рассмотрена по бассейнам этих двух рек.

Площадь только горной области бассейна Сырдарьи равна 150,1 тыс. км^2, а вся его территория —443 тыс. км^2, или 32% всей территории Средней Азии.

Поверхностные водные ресурсы Сырдарьи равны в среднем 37,2 км^3, что зависит от водности года, когда объем имеющейся воды колеблется от 22,5 до 45,4 км^3.

За последние сорок с лишним лет на реках бассейна построено 32 водохранилища общей емкостью 37,9 км^3, поэтому степень регулирования стока Сырдарьи сейчас равна 0,96.

В бассейне Сырдарьи в 1986 г. было орошено около 3,1 млн га, а свободный земельный фонд, пригодный для орошения, составляет 10—11 млн. га. Но ввиду почти полного зарегулирования стока реки, теоретический резерв оросительной способности равен всего 0,1 млн га.

По расчетам САНИИРИ, при предельно полном использовании водных ресурсов бассейна (суммарный водозабор 50,8 км^3) орошаемую площадь можно довести до 3,2 млн га, при этом в Ферганской долине соответственно до 1,44 млн га, в среднем течении — до 0,848, в Чирчик-Ахангаран-Келесском ирригационном районе (ЧАКИРе) — до 0,466 и в низовьях — до 0,436 млн га.

Бассейн Амударьи превосходит бассейн Сырдарьи по водоносности и немного уступает ему по площади и длине главной реки. Водосборная (горная) часть бассейна занимает площадь 227,8 тыс. км^2.

Водные ресурсы бассейна Амударьи оцениваются в 79,5—82,6 км^3 с большими отклонениями в зависимости от водности лет (Бостанжогло, 1969; Воропаев, 1983).

Площадь земель, пригодных для орошения, равна 12—14 млн га. Согласно данным «Средазгидропроекта», из них в 1960 г. орошалось 1,98 млн га, в 1970 г.—2,3 млн га и в 1986 г.—3,7 млн га. По расчетам САНИИРИ, при предельно полном использовании

водных ресурсов бассейна (суммарный водозабор 66 км^3) орошаемую площадь в бассейне можно довести до 4,5—4,8 млн га.

В бассейне Сырдарьи легко выделяются бассейны рек Нарына и Карадарьи, бассейны ее левых и правых притоков в пределах Ферганской долины. В среднем течении реки — справа по течению бассейны р. Ахангарана, Чирчика, Келеса, а в нижнем течении — бассейн р. Арысь. Реки Чу и Талас в настоящее время до Сырдарьи не доходят, хотя раньше они являлись ее правыми притоками.

В бассейне Амударьи легко обнаружить следующие меньшие по размерам речные бассейны: Вахша и Пянджа (составляющие р. Амударьи), первого крупного правого притока — р. Кафирниган, далее также правых притоков — бассейны р. Сурхандарьи и Шерабада. В гидрографическом отношении к бассейну Амударьи относятся также территории, занятые бассейнами Кашкадарьи и Зеравшана.

При выходе Амударьи на равнину часть речной воды по Каракумскому каналу им. В. И. Ленина подается на территорию Туркменской ССР. Здесь расположена большая часть бассейна Мургаба и Теджена. Каракумский канал уже достиг таких размеров, что его часто сравнивают с другими реками Средней Азии как по длине, так и по величине расхода воды.

Глубоко материковое и относительно южное положение Средней Азии, а также незащищенность ее с севера обусловливают большую сухость и резкую континентальность климата. Поэтому большая часть Средней Азии занята полупустынными и пустынными пространствами, глубоко воздействующими на гидрологические условия данной территории.

На природную обстановку (в том числе на круговорот воды) влияют многочисленные, собирающие на себе атмосферную влагу горные поднятия, большая часть которых расположена в юго-восточной части Средней Азии. По данным В. Л. Шульца (1965), горы Средней Азии, получая в среднем 555 мм атмосферных осадков, испаряют 361 мм, а остальные 194 мм стекают в реки.

Общая величина речного стока в пределах Средней Азии примерно равна 127—129 км^3. Из них в бассейне Сырдарьи формируется (в средний по водности год) 37,2 км^3, в бассейне Амударьи — 79,5 км^3, в бессточных реках Киргизии и южного Казахстана —10,8 км^3.

Средний модуль стока в бассейне Амударьи равен 11,0 л/с/км^2, Сырдарьи —8,0; а в бассейнах рек Чу, Талас и оз. Иссык-Куль — 6,1 л/с/км^2.

Все реки Средней Азии получают воду от таяния ледников и снежников, расположенных в верхних частях речных бассейнов. Особенно много ледников в бассейне Амударьи. Так, в ее верховьях расположены ледники Федченко, Русского географического общества и др.

Определенным образом на питание рек влияют выпадающие на территории их бассейнов дожди. Но, как правило, дожди иг-

рают заметную роль только в бассейнах с небольшими высотами водосборов (Щеглова, 1960). В соответствии с характером питания все реки Средней Азии, исключая водотоки преимущественно подземного питания, можно разделить на четыре типа: 1) реки ледниково-снегового питания, 2) реки снегово-ледникового питания, 3) реки снегового питания и 4) реки снегово-дождевого питания (Шульц В. Л., 1965). Реки первого типа в основном питаются за счет высокогорных снегов, в том числе вечных снегов и ледников. Для них характерно наименьшее колебание стока из года в год и наиболее позднее прохождение паводков (пик в июле-августе). В питании рек четвертого типа высокогорные снега не участвуют, зато дождевой сток играет, хотя и не преобладающую, но большую роль по сравнению с другими типами питания рек. Для этих рек характерны наибольшая изменчивость стока по годам и наиболее раннее прохождение паводков (пик в марте-апреле).

Для отнесения реки к тому или иному типу питания необходимо знать: отношение стока за июль-сентябрь к стоку за март-июнь; долю речного стока за июль-сентябрь от годового стока (%) и месяц с максимальным стоком (от марта до августа).

Перечисленные критерии не применимы к равнинным участкам рек, где на сток воздействует хозяйственная деятельность человека.

Из рек ледниково-снегового питания можно назвать Амударью, Вахш, Пяндж, Зеравшан, Чу, Или, Сох, Исфару и др.; к рекам снегово-ледникового питания следует отнести Нарын, Чирчик, Сырдарью; к рекам снегового и снегово-дождевого питания — Кашкадарью, Ахангаран, Арысь, Келес.

Тип питания рек значительно влияет на внутригодовое распределение стоков (гидрограф стоков), т. е. на величины стоков, проходящих за отдельные месяцы.

Река Сырдарья снегово-ледникового питания, поэтому в верховьях бассейна максимальные величины стока проходят в мае-июне, а период половодья охватывает апрель-август. В остальные месяцы воды расходуется значительно меньше. У рек ледниково-снегового питания (например, Амударья) максимальный сток приходится на июль-август, снегового питания (Кашкадарья и др.) — на апрель-май и снегово-дождевого (Келес) — на март-апрель.

За естественным ходом расходов воды можно проследить только на створах, расположенных при выходе рек из гор, так как на равнине они разбираются на различные нужды народного хозяйства, главным образом на орошение. Так как эта величина довольно большая (по бассейну Аральского моря около 100 к/м^3), то в течение года расходы воды в средних и нижних течениях рек существенно изменяются (рис. 1). Это изменение особенно заметно у Казалинска. Видно, что здесь в декабре возможны чуть ли не максимальные величины расходов воды. Это результат зарегулированности речного стока и поступления воды с орошаемой территории.

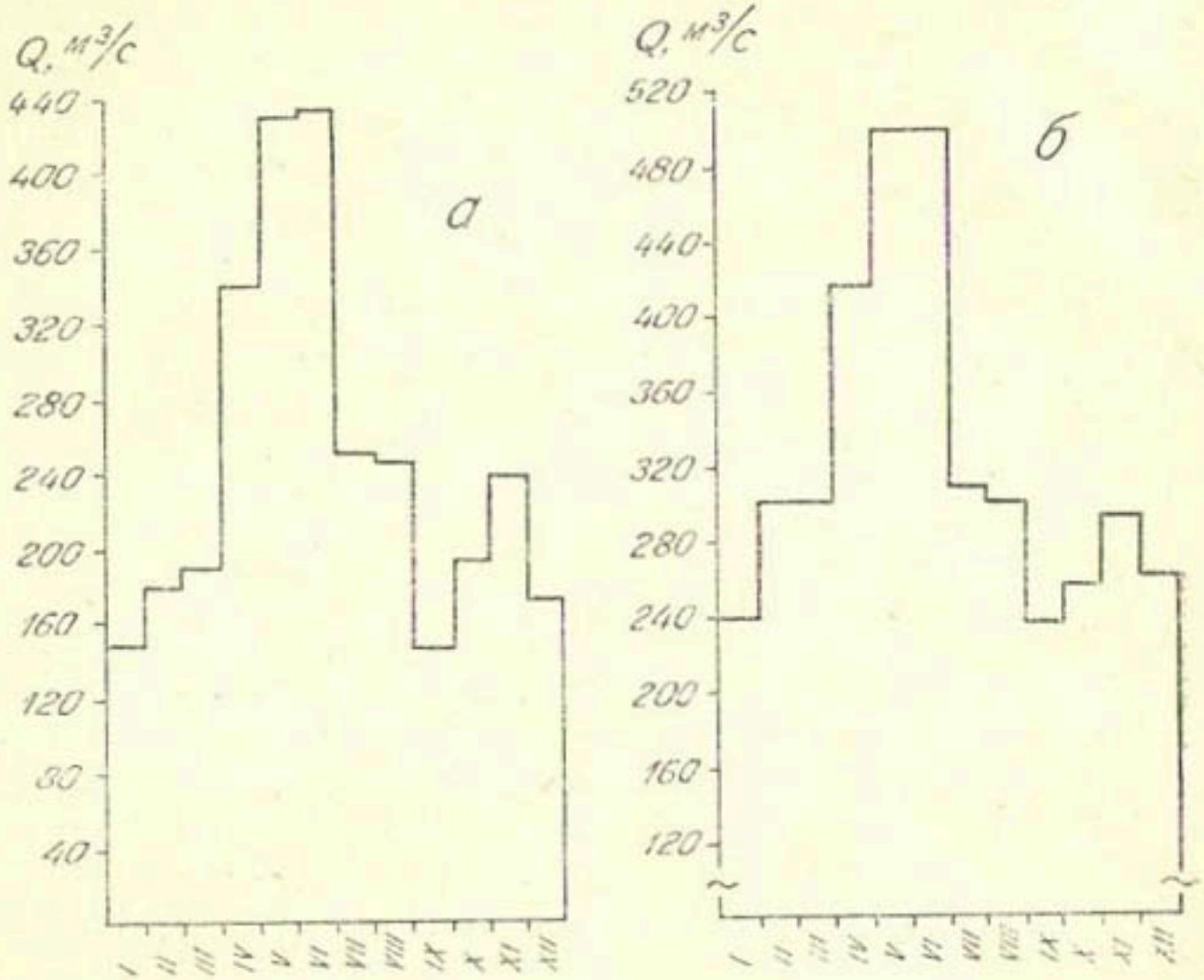


Рис. 1. Внутригодовое распределение стока р. Сырдарьи на створах:
а) Каль; б) Акджар; в) Кзыл-Орда; г) Казалинск.

За внутригодовым и многолетним распределением стока рек ведут постоянные наблюдения и их особенности учитывают при использовании речных вод.

Формирование коллекторно-дренажных вод в пределах речных бассейнов

Если несколько десятков лет назад в речных бассейнах текли только речные воды, то в настоящее время в пределах орошаемой зоны бассейнов формируются коллекторно-дренажные воды. Величина этих вод довольно значительна: так, только в пределах Узбекистана их суммарный объем за год составляет около 20 км^3, а по бассейну Аральского моря —30—31 км^3.

Коллекторно-дренажные воды — это воды, которые вытекают из дрен и коллекторов с орошаемой территории и часто попадают обратно в реки и их притоки или же сбрасываются в различные природные понижения: озера, впадины, овраги и др. (рис. 2). Эти воды — часть так называемых возвратных вод, понимая под этим воды, забранные на орошение в верховьях рек и частично вернувшиеся в их русла ниже по течению подземным и поверхностным стоком, т. е. они имеют подземную и антропогенную составляющие.

При рассмотрении происхождения коллекторно-дренажных вод выделяют: а) воды, профильтровавшиеся через орошаемые поля и выклинившиеся в дрены, б) аварийные сбросы речных вод из оросителей и каналов, которые иногда попадают в дрены в результате неумелого использования всего объема оросительной воды; в) грунтовые воды, сформированные в орошаемой зоне в более ранние годы и также заметно выклинивающиеся в русла дрен и коллекторов.

В данном учебном пособии не выделены различные генетические компоненты коллекторно-дренажного стока, дана только общая характеристика величины расходов воды в отдельных наиболее крупных коллекторах и дренах и ее минерализация, а при наличии данных — и химический состав воды.

Подробнее отмеченные характеристики будут рассмотрены в последующих главах, здесь же они будут описаны только в общих чертах по отдельным водохозяйственным районам бассейнов Сырдарьи и Амударьи. Это соответствует принятому нами принципу бассейнового разделения территории Средней Азии.

Наибольший годовой объем коллекторно-дренажных вод в бассейне Сырдарьи формируется в Ферганской долине (до 7,5 км^3) и Голодной степи (включая старую и новую зоны орошения), где за год выносится 2,6 км^3 дренажных вод. С территории Ташкентского оазиса выносится 1,2 км^3 воды. Значительно меньше ее выносится с орошаемых массивов низовьев реки.

Наиболее минерализованы коллекторно-дренажные воды бассейна Сырдарьи в Кзылординском оазисе — до 4,2 г/л, эти воды обычно сульфатно-натриевые. Несколько меньше минерализация коллекторных вод в Арысь-Туркестанском и Голодностепском массивах (2,7 г/л), еще меньше (2,2 г/л) — в Ферганской долине, а наименьшая минерализация этих вод (1,7 г/л) наблюдается в Ташкентском оазисе (табл. 1).

За пределы орошаемых массивов бассейна Сырдарьи выносятся миллионы тонн солей в год и большая часть их попадает в русла главных рек, дренирующих эти орошаемые массивы.

В бассейне Амударьи наибольший объем коллекторно-дренажных вод формируется в пределах Туямуюнского ирригационного района (до 4,71 км^3 в год). Причем здесь они имеют минерализацию равную 4,2 г/л. По составу эти воды сульфатно-хлоридные — кальциево-магниево-натриевые (ХС — КМН). Большая часть коллекторно-дренажных вод данного оазиса отводится межреспубликанскими коллекторами в Сарыкамышскую впадину.

В пределах Туркменского прибрежного (Чарджоуского) ирригационного района формируется 2,31 км^3 коллекторно-дренажных вод с минерализацией равной 3,5 г/л. Состав этих вод преимущественно сульфатно-хлоридный — кальциево-магниево-натриевый (СХ-КМН). Примерно столько же коллекторно-дренажных вод образуется в низовьях бассейна Амударьи в орошаемой зоне КК АССР. Минерализация этих вод также высокая: до 4,0 г/л, состав воды преимущественно хлоридно-сульфатный — кальциево-магниево-натриевый.

На территории Вахшского массива образуется 2,67 км^3 коллекторных вод, а в пределах Сурхан-Шерабадского —0,95 км^3. Менее минерализованы эти воды в Вахшской долине (1,8 г/л), а на Сурхан-Шерабадском массиве этот показатель равен 2,4 г/л. Состав этих вод преимущественно сульфатно-хлоридный — магниево-натриево-кальциевый.

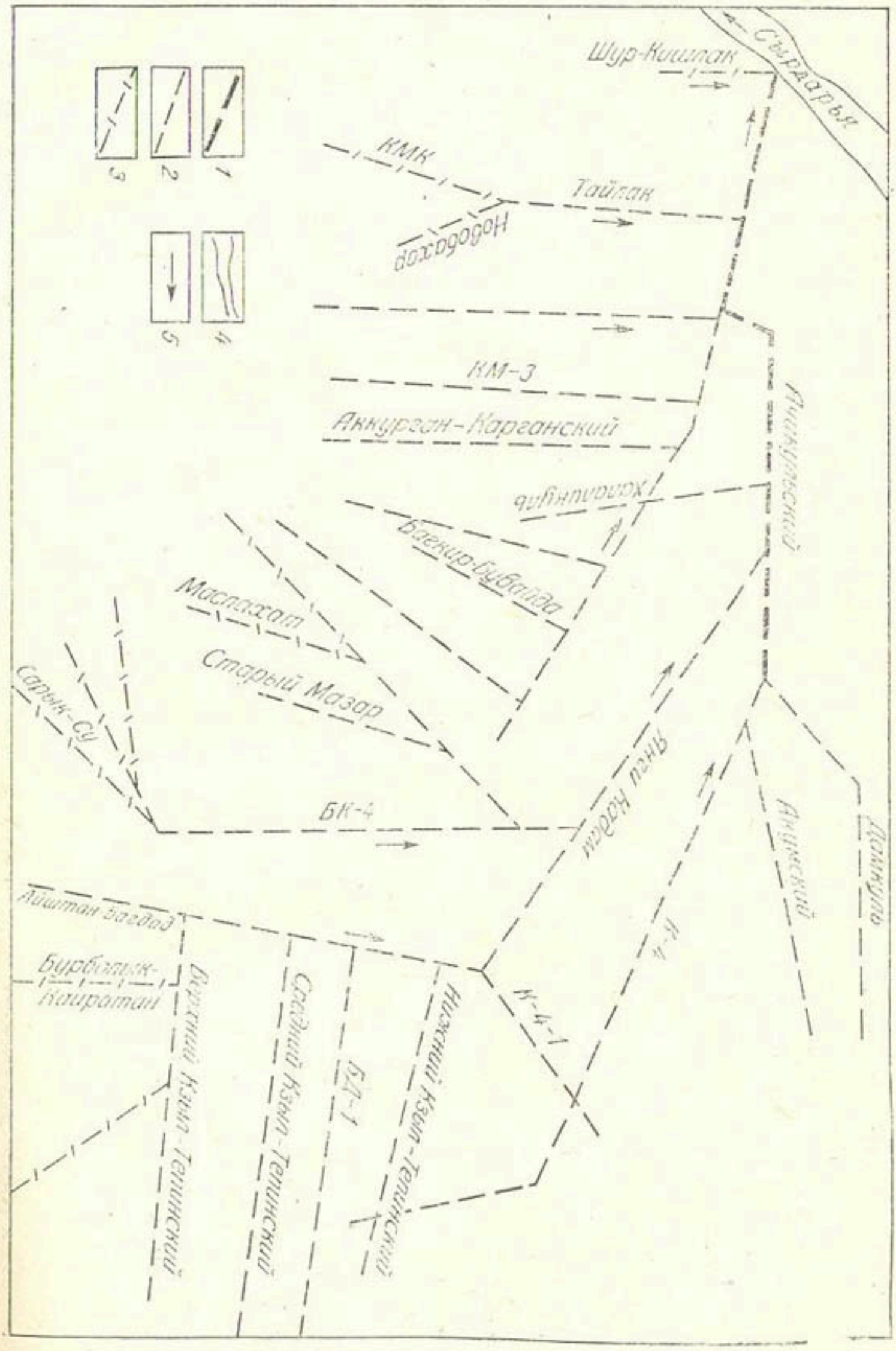
За пределы орошаемых массивов бассейна Амударьи в год выносится до 33,84 млн т солей и больше всего из Хорезмского и Ташаузского оазисов (до 19,7 млн т), меньше — из Сурхан-Шерабадского массива (2,3 млн т).

Таким образом, на каждом орошаемом массиве Средней Азии формируются коллекторно-дренажные воды с более высокой минерализацией по сравнению с речными водами. Попадая обратно в реки, эти воды не только увеличивают ее расходы, но и изменяют величину естественной минерализации.

Необходимость учета химического состава воды при ее использовании

При использовании обычной воды, как правило, не учитывается нахождение в ней различных химических элементов. Между тем любая природная вода (поверхностная, грунтовая или даже дождевая и ледниковая) всегда содержит определенное количество естественных солей и ионов: гидрокарбонатного (HCO_3^-), хлоридного (Cl^-), сульфатного (SO_4^{-2}), кальция (Ca^{+2}), магния (Mg^{+2}) и натрия (Na^+).

Рис. 2. Схема дрен системы Ачиккульского коллектора (Ферганская долина): *1* — русло главного коллектора; *2* — коллекторы второго порядка; *3* — коллекторы третьего порядка; *4* — Сырдарья; *5* — направление течения воды.


Сырдарья
Шур-Кишлак
КМК
Тайлак
Аккурган-Каргаанский
Ташкентский
Бегкир-Субаши
Маслахат
Старый Мазар
Сарык-Су
БК-4
Новый Ханым
Ташкентский
Ленинский
Айшан-Багдад
Бурбашлык-Каиратан
Восточный Кзыл-Ташинский
Средний Кзыл-Ташинский
БА-1
Нижний Кзыл-Ташинский
К-4-1
К-4
Ленинский
Ленинский

1. Коллекторный сток крупных ирригационных районов Средней Азии в 1984 — 1986 гг.

Ирригационный район	Орошаемая площадь, тыс. га	Длина коллекторной сети, км	Годовой объем, км³	Минерализация, г/л	Преобладающий состав	Гидрохимическая стадия	Солевой сток, млн т
1	2	3	4	5	6	7	8
Бассейн Амударьи							
Вахшский	180	1600	2,67	1,8	ХС — МНК	С — К	4,81
Сурхан-Шерабадский	275	7300	0,95	2,4	ХС — МКН	С — Н	2,28
Чарджоуский	193	5470	2,31	3,5	СХ — КМН	Х — Н	8,08
Туямуюнский	485	13000	4,71	4,2	СХ — КМН	Х — Н	19,74
Тахиаташский	469	16746	2,35	4,0	СХ — КМН	Х — Н	9,40
Каршинский	435	5054	1,22	7,7	ХС — МН	С — Н	9,39
Бухарский	317	7197	1,47	4,2	ХС — МН	С — Н	6,17
Мургабский	347	8218	1,20	10,5	СХ — МН	Х — Н	12,60
Теджекский	278	4570	0,44	14,2	СХ — МН	Х — Н	6,25
Бассейн Сырдарьи							
Ферганский	1300	24710	7,47	2,2	ХС — КМН	С — Н	16,43
Голодностепский	475	16000	2,58	2,7	ХС — МКН	С — Н	6,96
Ташкентский	375	7920	1,20	1,7	ХС — МНК	С — К	2,04
Арысь-Туркестанский	185	1528	0,05	6,03	ХС — КМН	С — Н	0,30
Кзыл-Ординский	252	4244	0,2	4,2	ХС — МН	С — Н	0,84

Примечание. При определении состава воды учтено содержание главных ионов, превышающих 10% экв. (когда их сумма принималась за 50% экв). В названии использованы только заглавные буквы ионов, а преобладающие ионы поставлены последними. Средние величины гидрохимических характеристик и объемов коллекторных вод определены бассейновым ландшафтно-галогеохимическим методом.

Генезис этих ионов в водах связан с процессами выветривания горных пород и миграции выщелоченных минералов по рельефу местности. В этих процессах наибольшую роль (как источника солей) играют осадочные породы (каменная соль, гипс, известняки, мергели, доломиты) морского происхождения. Выщелачивание солей из изверженных и образовавшихся из них обломочных пород меньше.

Распространение солей подчинено определенной природной зональности, при которой содержание солей от гор к более низким отметкам местности возрастает, одновременно меняется и их состав. Это связано с выщелачиванием солей из нижележащих почв и пород, реакциями обмена и выпадением некоторых солей в осадок. Воды равнинных участков могут засоляться за счет поступления высокоминерализованных потоков грунтовых и возвратных вод, особенно при освоении части речных долин под орошение. В приморских районах источником солей служат моря и океаны. Здесь значительная часть солей попадает на сушу в результате эолового (ветрового) приноса. Такая картина наблюдается, например, на территории, прилегающей к Аральскому морю.

На особенности внутригодового и территориального распределения солей в водах влияют климат, рельеф, водный режим поверхностных и грунтовых вод.

Химический состав воды и содержащейся в ней соли (минерализация) необходимо учитывать при использовании ее для питья, орошения и других нужд в народном хозяйстве.

К воде, предназначенной для бытового водоснабжения, предъявляются особо повышенные требования, прежде всего, она должна быть безвредной для организма и приятной на вкус, прозрачной, без запаха, цвета и других внешних примесей. Питьевая вода должна содержать (по ГОСТу 17.1.3.03—77) сухого остатка не более 1000 мг/л, сульфатов —500 мг/л, хлоридов —350 мг/л, иметь жесткость 7 мг-экв/л, запах и привкус при температуре 20°—2 балла, кишечных палочек в 1 л воды не более 10000, если вода будет подвергаться полной очистке и хлорированию.

Вода, идущая на питье животным, должна быть примерно такой же, хотя некоторые животные могут выносить и более минерализованную воду: верблюды и овцы, например, могут пить хлоридно-натриевую воду с минерализацией 6—9 г/л.

К воде, применяемой в различных отраслях промышленности, также предъявляются требования соответственно специфике данного вида производства. На предприятиях пищевой промышленности помимо общих требований предъявляются дополнительные. В сахарном производстве, например, необходима вода с минимальной минерализацией, так как присутствие солей затрудняет варку сахара, в пивоваренном производстве вода не должна содержать сульфата кальция, препятствующего брожению солода, и т. д.

Существуют требования и к оросительной воде (гл. 9). В условиях Средней Азии для поливов лучше всего использовать гидрокарбонатные — кальциевые или сульфатные — кальциевые

воды с минерализацией до 1 г/л. Полив водой с повышенной минерализацей, как правило, вызывает засоление орошаемых почв и потерю урожая сельскохозяйственных культур. Особо опасны содовые воды (т. е. гидрокарбонатные — натриевые), при поливе такой водой растение гибнет.

В настоящее время в бассейне Аральского моря орошается около 8 млн га земель, а земельный фонд, пригодный для орошения,— около 30 млн га. Между тем, по расчетам специалистов, на уровне предельного использования водных ресурсов Сырдарьи и Амударьи можно дополнительно освоить под орошение не больше 0,5—1,0 млн га земель.

Поэтому в дальнейшем на орошение, видимо, будут использовать не только речные (которые в среднем и нижнем течении уже не имеют естественную минерализацию), но и более минерализованные коллекторно-дренажные воды. Использование последних для орошения еще мало изучено, поэтому и возникает необходимость освещения химического состава речных и коллекторно-дренажных вод при изучении особенностей распространения поверхностных вод на территории Средней Азии.

Изменение минерализации речных вод Средней Азии за последние сорок два года можно проследить на рис. 3 и в табл. 2.

Как видно, начиная с 1960—1963 гг. минерализация речных вод постепенно возрастает с колебанием в зависимости от водности лет. Аналогичный процесс наблюдается и на других реках Средней Азии.

В 1925—1986 гг. минерализация в Сырдарье (Кызылкишлак) увеличилась с 0,42 до 1,25 г/л, в Чирчике — с 0,29 до 0,63 г/л, в Амударье (Темирбай) — с 0,51 до 1,62 г/л, в Сурхандарье (Мангузар) — с 0,57 до 1,19 г/л, в Зеравшане (Навои) — с 0,46 до 1,22 г/л и в Кашкадарье (Каратикон) — с 0,38 до 2,57 г/л, т. е. минерализация воды в этих реках повысилась за многолетие в 2,2—6,8 раза (табл. 2).

Изменился и химический состав речных вод. Если в 1938—1950 гг. в устье почти всех рек преобладал гидрокарбонатно-кальциевый состав, то в последние годы в Сырдарье и Зеравшане вода стала сульфатно-магниевой, в Амударье — хлоридно-натриевой, в Сурхандарье — сульфатно-кальциевой, в Кашкадарье — сульфатно-натриевой, и только в Чирчике состав речной воды по преобладающим ионам остался гидрокарбонатно-кальциевый, но со значительным увеличением содержания сульфатного иона, натрия и магния.

Формирование минерализации и химического состава речных вод Средней Азии в условиях влияния орошения необходимо тщательным образом изучить, чтобы не только остановить дальнейший рост их минерализации, но и по возможности вернуть качество воды в наших реках к прежнему естественному состоянию.

Рис. 3. Многолетние изменения минерализации в реках Ферганской долины: *1*) р. Сырдарья—Каль; *2*) р. Сырдарья — Бекабад; *3*) р. Карадарья — Учтепе; *4*) р. Нарын — Учкурган.


1938
1940
1945
1950
1955
1960
1965
1970
1975
1980
Rok
4
3
2
1

2. Гидрохимические характеристики речных вод бассейнов Амударьи и Сырдарьи (обозначения: 1 — минерализация воды г/л; 2 — химический состав и стадия засоления)

Река	Створ	Этапы орошения									
		1925—1950 гг.		1951—1960 гг.		1961—1970 гг.		1971—1980 гг.		1981—1986 гг.	
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Бассейн Амударьи											
Вахш	Туткаул (Чорсада)	0,41	ХГС—НК	0,42	ХГС—НК	0,43	ХГС—НК	0,44	ХГС—НК	0,45	ХГС—НК
Пяндж	Шидз	не наблюдалась				0,19	СГ—МК	0,20	СГ—МК	0,20	СГ—МК
«	Нижний Пяндж		»		»	0,38	СХГ—НК	0,39	СХГ—НК	0,40	СГХ—НК
Кафирниган	Чинар	0,15	Г—К	0,15	Г—К	0,16	Г—К	0,16	Г—К	0,17	Г—К
Сурхандарья	Жданова	0,30	СГ—МК	0,32	СГ—МК	0,35	СГ—МК	0,38	СГ—МК	0,40	СГ—МК
«	Мангузар	0,57	ГС—НК	0,60	ГС—НМК	0,88	ГС—НМК	1,08	ГС—НМК	1,20	ГС—НМК
Шерабад	Дербент					1,16	ХС—НК	1,21	ХС—НК	1,38	ХС—КН
«	Устье р. Майдан	1,48	СХ—КН	1,52	СХ—КН	1,68	СХ—КН	1,85	СХ—КН	2,01	СХ—КН
Амударья	Керки	0,50	СХГ—НК	0,51	ХГС—НМК	0,57	ГХС—НМК	0,59	ГХС—НМК	0,65	ГХС—МКН
«	Теснина Туямуюн	0,51	ГХС—НК	0,52	ГХС—НК	0,58	ГХС—КН	0,75	СХ—КН	1,12	СХ—МКН
«	Саманбай (Чатлы)	0,51	ГХС—НК	0,52	ГХС—НК	0,64	ГХС—МКН	0,75	СХ—МКН	1,20	СХ—МКН
«	Темирбай	0,51	ГХС—НК	0,53	ГХС—НК	0,65	ГХС—КН	0,77	СХ—КН	1,62	СХ—МКН
Кашкадарья	Варганзи	0,26	Г—МК	0,27	Г—МК	0,28	Г—МК	0,30	СГ—МК	0,31	СГ—МК
«	Каратикон	0,38	СГ—К	0,49	СГ—НК	1,01	ГС—НМК	1,82	ХС—КМН	2,57	ХС—МН
Зеравшан	Дупули	0,22	СГ—МК	0,23	СГ—МК	0,24	СГ—МК	0,24	СГ—МК	0,24	СГ—МК
«	Навои		—	0,55	СГ—МК	0,73	ГС—КМ	0,88	ГС—КМ	1,22	С—МКН
Мургаб	Тахта-Базар	0,45	СГ—МНК	0,48	СГ—МНК	0,49	СГ—МНК	0,50	СГ—МНК	0,55	СГ—МНК
Теджен	Пуль-и-Хатум		—	1,16	ХСГ—МН	1,20	СГХ—МН	1,25	СХ—МН	1,30	СХ—МН

Продолжение 2

		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Бассейн Сырдарьи											
Нарын	Нарын	0,21	СГ—НК	0,22	СГ—НК	0,22	СГ—НК	0,23	СГ—НК	0,23	СГ—НК
«	Учкурган	0,28	СГ—МК	0,29	СГ—МК	0,29	СГ—МК	0,30	СГ—МК	0,30	СГ—НМК
Карадарья	Кампыррават	0,30	СГ—МК	0,31	СГ—МК	0,32	СГ—МК	0,35	СГ—МК	0,40	СГ—МК
«	Учтепе	0,48	СГ—МК	0,49	СГ—МК	0,50	СГ—МК	0,52	ГС—МК	0,53	ГС—МК
Чирчик	Ходжикент	0,17	Г—НК	0,18	Г—НК	0,18	Г—НК	0,19	Г—НК	0,20	Г—НК
«	Чиназ	0,34	СГ—МК	0,40	СГ—МК	0,44	СГ—НМК	0,65	ГС—НМК	0,72	ГС—НМК
Ахангаран	Турк	0,12	СГ—НК	0,12	СГ—НК	0,13	СГ—НК	0,13	СГ—НК	0,14	СГ—НК
«	Солдатское	0,32	СГ—НК	0,33	СГ—НК	0,44	СГ—НК	0,68	ГС—МНК	0,32	ГС—МНК
Келес	Устье	не наблюдалась				0,63	ГС—МКН	1,80	С—КМН	1,85	С—КМН
Арысь	Арысь	0,48	Г—НК	0,50	СГ—НМК	0,61	СГ—МНК	0,70	ГС—МКН	0,72	ГС—МКН
Сырдарья	Каль	0,40	СГ—МК	0,45	ГС—НМК	0,62	ГС—НМК	1,04	С—МНК	1,10	С—МНК
«	Кызылкишлак	0,42	СГ—МК	0,59	ГС—НМК	1,03	С—МНК	1,20	С—МКН	1,25	С—МКН
«	Кзыл-Орда	0,48	СГ—МК	0,70	ГС—МНК	1,13	С—КМН	1,27	ХС—КМН	1,80	ХС—КМН
«	Казалинск	0,49	СГ—МК	0,78	ГС—МНК	1,20	С—КМН	1,40	ХС—КМН	1,90	ХС—КМН

Химический состав природных вод и их гидрохимическая классификация

Происхождение солей. В почвах, грунтовых и поверхностных водах всегда содержатся соли естественного происхождения, т. е. соли, образовавшиеся благодаря круговороту веществ в природе. Установлено, что даже атмосферные осадки содержат от 40 до 120 мг/л и более солей. Появлению солей в почвах и водах способствуют процессы выветривания горных пород и миграция выщелоченных минералов по рельефу местности. В этих процессах наибольшую роль (как источника солей) играют осадочные породы морского происхождения: каменная соль, гипс, известняки, мергели, доломиты и др. Соли из изверженных и образовавшихся из них обломочных пород выщелачиваются меньше.

Распространение солей подчинено определенной зональности. Так, от гор к более низким отметкам местности их содержание возрастает, одновременно меняется и состав. Это связано с выщелачиванием солей из нижележащих почв и пород, реакциями обмена и выпадением некоторых солей в осадок.

Почвы и воды равнинных участков могут засоляться и под влиянием поступающих потоков грунтовых и поверхностных вод, особенно при освоении земель под орошение. Часть солей поступает в почвы и воды из зольных остатков отмерших растений.

На особенности территориального и глубинного распределения и перераспределения солей в почвах и водах (в том числе и в региональном плане) влияют климат, рельеф, водный режим почв, поверхностные и грунтовые потоки.

Состав солей в почвах и водах. Большую часть солей, находящихся в почвах и водах, составляют: $NaCl$ — поваренная соль; Na_2SO_4 — глауберова соль[1]; Na_2CO_3 — сода нормальная; $NaHCO_3$ — двууглекислая сода; $MgCl_2$ — хлористый магний; $MgSO_4$ — горькая соль; $MgCO_3$ — углекислый магний, или магнезит; $Mg(HCO_3)_2$ — двууглекислый магний; $CaCl_2$ — хлористый кальций; $CaCO_3$ — углекислый кальций, или известняк, мел; $CaSO_4$ — гипс; $Ca(HCO_3)_2$ — бикарбонат кальция и др.

Как видно, основную часть естественных солей составляют гидрокарбонаты, сульфаты и хлориды кальция, магния и натрия.

Содержание химических соединений, находящихся в почвах и водах, можно выражать в виде формул солей, в виде окислов или отдельных ионов: гидрокарбонатного — HCO_3^-, сульфатного — SO_4^{-2}, хлоридного Cl^-, кальция — Ca^{+2}, магния — Mg^{+2}, натрия — Na^+ и калия — K^+ (перечисленные ионы обычно называют г л а в н ы м и). Содержание калия, ввиду его незначительности, при расчетах иногда приводят совместно с содержанием натрия, как сумму $(Na^+ + K^+)$.

Гидрокарбонатный ион HCO_3^- образуется при взаимодействии уголь-

---

[1] *Глауберова соль* и *гипс* в действительности содержат в себе молекулы воды ($Na_2SO_4 \cdot 10\ H_2O$; $CaSO_4 \cdot 2H_2O$).

ной кислоты (H_2CO_3), растворенной в воде с карбонатными породами, а также при разложении и окислении органических веществ. Карбонаты кальция и магния слаборастворимы в воде, лучше растворимы бикарбонаты кальция и магния, а карбонаты и бикарбонаты натрия и калия хорошо растворимы.

Сульфатный ион (SO_4^{-2}) образуется при разложении белка, а также при растворении изверженных (например, пирита FeS_2) и осадочных пород, содержащих серу (S).

Хлоридный ион (Cl^-) преобладает в сильнозасоленных почвах и солончаках, а также в высокоминерализованных водах. Причина этого кроется в хорошей растворимости всех солей хлора, источником которых обычно являются осадочные породы морского происхождения.

Кальций (Ca^{+2}) попадает в состав почв и вод главным образом благодаря выветриванию изверженных пород и растворению известняков, доломитов и гипса. Главнейшие соли кальция ($CaCO_3$; $CaSO_4 \cdot 2H_2O$) слаборастворимы, поэтому содержание их в природных растворах по абсолютной величине небольшое. Гидрокарбонат кальция преобладает в почвах незасоленных территорий и в пресных водах.

Магний (Mg^{+2}) по сравнению с кальцием менее распространен. В почвах и водах суши он содержится в основном за счет выветривания изверженных пород, разложения и выщелачивания магнезиальных минералов. Из солей магния наиболее растворимы $MgSO_4$ и $MgCl_2$, хуже растворяется $Mg(HCO_3)_2$, слаборастворим $MgCO_3$.

Натрий (Na^+) содержится в почвах и водах также благодаря выветриванию изверженных пород, выщелачиванию и растворению осадочных пород, богатых натриевыми солями. Все соли натрия хорошо растворимы, поэтому они легко выносятся из горных и предгорных областей и накапливаются в пониженных частях местности, образуя в аридных условиях засоленные почвы.

Гидрохимические классификации. Для выражения химического состава и минерализации природных вод существует много классификаций, но каждая из них удобна и наиболее применима в определенных условиях. Например, классификация В. А. Сулина предложена для характеристики подземных вод нефтяных месторождений; разделение химического состава вод по классификации М. Г. Валяшко — для систематизации рассолов соленых озер и т. д. Универсальной и общепринятой классификации не существует.

В гидрохимии вод часто используют классификацию О. А. Алекина (1970). Она удобна тем, что сочетает в себе принципы деления по преобладающим анионам и катионам с делением по количественному соотношению между ними. Воды делятся сначала по преобладающим анионам (по эквивалентам) на три класса: *гидрокарбонатный* и *карбонатный* ($HCO_3^- + CO_3^{-2}$), *сульфатный* (SO_4^{-2}) и *хлоридный* (Cl^-). Каждый класс по преобладающему катиону подразделяется далее на три группы: *кальциевую*, *магниевую* и *натриевую*. Каждая группа в свою

очередь подразделяется на четыре типа вод, определяемых соотношением между ионами в эквивалентах:

I. $HCO_3^- > Ca^{+2} + Mg^{+2}$,

II. $HCO_3^- < Ca^{+2} + Mg^{+2} < HCO_3^- + SO_4^{-2}$,

III. $HCO_3^- + SO_4^{-2} < Ca^{+2} + Mg^{+2}$ или $Cl^- > Na^+$,

IV. $HCO_3^- = 0$.

При почвенно-мелиоративных исследованиях, на наш взгляд, удобнее разделять воды по химическому составу. При этом в его название включать все ионы, содержание которых составляет или превышает 20% суммы мг-экв анионов или катионов (суммы их раздельно принимаются за 100%). В этом случае преобладающий ион ставится последним. Таким способом определялся химический состав воды рек (см. табл. 2).

Если значение HCO_3^- больше суммы мг-экв $(Ca^{+2} + Mg^{+2})$, то часть ионов HCO_3^- может быть связана с Na^+. В этих случаях к названию химического состава вод надо добавлять — с содой.

Когда мг-экв HCO_3^- меньше суммы мг-экв $(Ca^{+2} + Mg^{+2})$, но HCO_3^- превышает 10%, это также надо указать при наименовании химического состава.

Следует также обращать внимание на возможность появления в водах токсичного хлористого кальция. Если значение мг-экв Ca^{+2} превышает сумму мг-экв $HCO_3^- + SO_4^{-2}$ или Cl^- больше $Na^+ + Mg^{+2}$, при наименовании химического состава надо добавить — с $CaCl_2$.

В данной работе формирование минерализации поверхностных вод Средней Азии связывается со степенью засоления орошаемых почв и их мелиорацией. Поэтому нами использована гидрохимическая классификация вод, применяемая почвоведами-мелиораторами.

По величине минерализации (М, г/л) природные воды обычно подразделяются на пресные — до 1,0 г/л; солоноватые 1—25 г/л; с морской соленостью —25—50 г/л и рассолы — более 50 г/л.

В Средней Азии целесообразнее минерализацию поверхностных (речных и коллекторно-дренажных) вод разделять по следующей градации: 1) до 0,2 г/л — характерная для горных частей бассейнов рек, 2) 0,2—0,5 г/л — встречается при выходе рек из гор и в верхних участках средних частей бассейнов, 3) 0,5—1,0 г/л — наблюдается в нижних участках рек, 4) 1,0—3,0— это минерализация воды в устьях рек и в коллекторах, вытекающих с незасоленных территорий, 5) 3,0—5,0 г/л — минерализация воды в коллекторах со слабозасоленных территорий, 6) 5,0—10,0— минерализация воды в коллекторах, вытекающих со среднезасоленных территорий, и 7) более 10,0 г/л — минерализация воды в коллекторах с сильнозасоленных участков.

При использовании природных вод в народном хозяйстве одинаково важно иметь сведения как о химическом составе вод, так и величине их минерализации.

Ландшафтно- галогеохимический метод изучения формирования химического состава поверхностных вод

Ландшафтно-галогеохимический метод изучения процессов миграции естественных солей состоит в том, что:

1) процессы миграции легкорастворимых солей в почвах, грунтовых и поверхностных водах орошаемых массивов необходимо рассматривать целиком по отдельным речным бассейнам: начиная с области образования стока, затем в зоне его транзита и наконец в области его рассеивания. Так, для анализа могут быть выбраны бассейны рек Чирчика, Ахангарана, Келеса, Арыси и т. д. Далее этот вопрос можно рассматривать в пределах более крупных речных бассейнов Сырдарьи или Амударьи;

2) при пользовании данным методом необходимо увязывать режим засоления (или рассоления) орошаемых почв с гидрохимическим режимом рек или коллекторов, дренирующих эти почвы.

При таком подходе можно увереннее прогнозировать формирование минерализации и химического состава поверхностных вод. В этом случае основные закономерности формирования минерализации речных вод в орошаемой зоне будут как бы зеркально повторять закономерности опреснения засоленных почв и грунтовых вод по стадиям: от хлоридно-натриевой (или сульфатно-натриевой) до предсодовой, содовой и послесодовой (гидрокарбонатно-кальциевой). По нашему мнению, перспективное изменение химического состава речных вод в орошаемой зоне по мере развития ирригации и мелиорации будет идти обратным путем: т. е. обычно в естественных условиях гидрокарбонатно-кальциевая речная вода при попадании в нее легкорастворимых солей из почв, пород и грунтовых вод орошаемых массивов будет постепенно трансформироваться в сульфатно-кальциевую, затем в сульфатно-натриевую и наконец в хлоридно-натриевую воду по преобладающим ионам. Понятно, что в различных бассейнах в силу различия их степени и типа засоления активной толщи почв и пород (зоны аэрации) возможно будет наблюдаться иная картина изменений химического состава речных вод. По нашим данным, ожидаемая стадийность в изменении минерализации и химического состава речных вод хорошо прослеживается на гидрологических створах, расположенных ниже многих крупных орошаемых массивов.

Так, по мере развития орошения в Ферганской долине и освоения засоленных почв минерализация воды в Сырдарье (табл. 3) постепенно возрастала и сменилась по составу с сульфатно-гидрокарбонатного — магниево-кальциевого (СГ—МК) на сульфатный—магниево-кальциево-натриевый (С—МКН). Отсюда следует, что почвы и грунты Ферганской долины богаты сульфатом натрия и магния, которые стали интенсивно выноситься в реку при освоении почв. Выявление стадийности в изменении химического состава воды Сырдарьи на данном участке за последние 50—60 лет

3. Многолетние изменения гидрохимических характеристик воды р. Сырдарьи по этапам ирригационного освоения земель в Ферганской долине

Этап освоения, годы	Орошаемая площадь, тыс. га	Доля засоленных почв, %	Водозабор, км³ в год	Длина коллекторной сети, км	Сбросы коллекторных вод, км³	Минерализация, г/л	Химический состав и стадия засоления коллекторных вод	Минерализация, г/л	Химический состав и стадия засоления воды р. Сырдарьи у створа Кызылкишлак
1925—1950	670—840	52	13—14	3000	1,41—1,73	4,0—3,5	ХС—МН	0,42	СГ—МК
1951—1960	851—977	60	16—17	13500	2,5—3,5	3,5—3,0	ХС—МН	0,59	ГС—НМК
1961—1970	до 1100	55	до 18	16700	4,0—4,5	2,8—2,5	ХС—КМН	1,03	С—МНК
1971—1980	до 1200	60	до 20	18000	6,0—7,0	2,2	ХС—КМН	1,20	С—МКН
1981—1986	до 1250	58	до 21	18200	до 7,5	2,1	ХС—КМН	1,25	С—МКН

позволяет с большей уверенностью предположить, что в ближайшие 15—20 лет состав речной воды станет сульфатным — магниево-натриевым (С—МН);

3) при анализе процесса минерализации речных вод надо выбирать начальные и замыкающие створы с наличием гидрохимических данных. При этом под начальными створами понимают посты, расположенные в верховьях бассейнов выше орошаемой зоны, обычно при выходе рек из области формирования стока. Если речной бассейн достаточно велик (как бассейн Сырдарьи) и в нем есть несколько орошаемых участков, то для отдельных конкретных массивов за начальные створы принимают гидрологические посты, расположенные выше этих массивов. При последовательном расположении массивов в долинах рек в качестве начальных створов для нижележащих оазисов служат посты, замыкающие верхние массивы. Под замыкающими створами понимаются посты, расположенные в устьях рек или ниже изучаемых орошаемых массивов.

Для некоторых наиболее крупных орошаемых массивов Средней Азии в качестве начальных и замыкающих створов нами предложены следующие гидрологические посты (табл. 4).

4. Гидрологические створы, ограничивающие наиболее крупные орошаемые массивы бассейна Аральского моря

Орошаемый массив	Река	Гидрологический створ	
		начальный	замыкающий
Бассейн р. Сырдарьи			
1. Ферганская долина	Нарын Карадарья Сырдарья	Учкурган Учтепе	Кызылкишлак и Бекабад
2. Ташкентский	Ахангаран Чирчик Келес Сырдарья	Турк Ходжикент (Газалкент) Степное	Солдатское Чиназ Устье Чиназ и на коллекторах Шурузяк, ГПК, ЦГК и др.
3. Голодная степь		Бекабад	
4. Арысь-Туркестанский	Арысь	Корниловка	Устье
5. Весь бассейн Сырдарьи	Нарын Карадарья Сырдарья	Учкурган Учтепе	Казалинск
Бассейн р. Амударьи			
1. Вахшский	Вахш	Туткаул и Чорсада	Устье
2. Нижне-Пянджский	Пяндж	Шидз	Нижний Пяндж
3. Кафирниганский	Кафирниган	Чинар	Тартки и устье
4. Сурхан-Шерабадский	Сурхандарья Шерабад	Жданова Дербент	Мангузар Устье р. Майдан
5. Хорезмский	Амударья	Туямуюн	Саманбай и устье коллектора Дарьялык

Орошаемый массив	Река	Гидрологический створ	
		начальный	замыкающий
6. Орошаемые земли КК АССР	«	Саманбай	Темирбай и устья коллекторов КС-1, КС-3 КС-4 и ККС
7. Самаркандский	Зеравшан	Дупули	Навои
8. Бухарский	«	Навои	На коллекторах
9. Кашкадарьинский	Кашкадарья	Варганзи	Каратикон
10. Каршинская степь	«	Каратикон	Устье Южного коллектора

Подобным же образом можно ограничить и другие массивы бассейна Аральского моря или же их отдельные части, занятые самостоятельными ирригационными системами;

4) для анализа формирования минерализации речных вод в условиях орошения необходимо изучить историю развития ирригации и мелиорации как в целом по бассейну, так и на отдельных его частях. Как известно, минерализация речных вод бассейна Аральского моря стала изменяться в связи с освоением под орошение засоленных почв с одновременной их мелиорацией. Поэтому при использовании ландшафтно-галогеохимического метода очень важно изучить почвенно-мелиоративное состояние орошаемых массивов. При этом в первую очередь определяют засоление почв на массиве, их современные размеры и многолетние изменения площадей, тип засоления и условия отточности солей с орошаемых массивов (естественный и искусственный дренаж). В дальнейшем изучают и другие ирригационно-мелиоративные характеристики: а) состояние и динамику уровня грунтовых вод, б) объемы водозаборов на орошение и промывку, в) динамику орошаемых площадей под различными культурами и др.;

5) Необходимо описать гидрохимические режимы речной и коллекторно-дренажной воды на начальных и замыкающих створах. При этом вначале дается характеристика ее гидрохимической изученности, далее приводится минерализация и химический состав поверхностных вод бассейна, затем графики и расчетные таблицы, позволяющие проследить сезонные и многолетние изменения минерализации и химического состава на створах.

Нужно отметить, что в зависимости от целей и задач исследований для обработки гидрохимических данных можно применять различные математические способы расчетов, вплоть до составления рабочей программы на электронно-вычислительных машинах (ЭВМ).

Минерализация и химический состав поверхностных вод

Качество речных вод бассейна Аральского моря. Появление первых сведений о химическом составе речных вод бассейна Аральского моря следует отнести к концу XIX—началу XX века. Вначале это были единичные данные, полученные по инициативе отдельных изыскателей и землеустроителей, носившие случайный характер.

Некоторый порядок в исследования гидрохимического режима рек был внесен лишь после создания Гидрометрической части при Земледельческом управлении Туркестанского края в 1910 г. Наблюдатели этой службы ежемесячно отбирали пробы воды на химический анализ в отдельных створах рек: например, в Сырдарье у створов Запорожская (ныне Беговат) и Казалинск, в Амударье у Керков и Чатлы, в Нарыне у Учкургана, в Карадарье у Кампырравата, в Чирчике у Чиназа и т. д. Результаты анализов публиковались в специальных «Отчетах Гидрометрической части», издававшихся в Петербурге. К большому сожалению, эта служба просуществовала недолго, и в 1917 г. наблюдения за химическим составом речных вод были практически прекращены. Позже подобные исследования проводились от случая к случаю и были связаны с обследованием территорий, намеченных к орошению.

Гидрохимические исследования речных вод приобрели широкий размах и стали стационарными лишь после установления Советской власти.

Начиная с 1938 г. в Киргизской, Узбекской и Казахской республиках при наблюдении за стоком рек начали отбирать пробы воды и на химический анализ.

Уже в 1938—1941 гг. наблюдения за минерализацией воды только в пределах Узбекистана велись более чем на 30 створах. К 1972 г. их количество увеличилось до 53, а в последние годы достигло примерно 100 створов (с учетом пунктов наблюдений, открытых на дренах и оросителях). Раньше в среднем в год отбиралось по пять-шесть проб воды, в настоящее же время сотрудники УГМС (переименованного сейчас в УГКС — Управление по гидрометеорологии и контролю природной среды) подобный отбор воды ведут ежемесячно. Суммарно за годы наблюдений отобрано более 15 тыс. проб.

До 1975 г. сведения о составе речных вод публиковали в гидрологических ежегодниках, позже их стали помещать в гидрохимических бюллетенях, выпускаемых отдельно в каждой республике УГКС.

Одним из первых, кто обобщил данные по минерализации и химическому составу оросительных вод Средней Азии, был А. С. Уклонский (1925). Автор использовал материалы гидрометрической части и вывел осредненные величины воды в наиболее крупных реках и каналах. При этом А. С. Уклонский проверил

существующие данные анализов, а также сделал пересчет из формы, представленной в виде окислов, в мг-эквивалентную и мг-экв. % формы. По данным автора, например, минерализация воды в реках Сырдарья и Чирчик, а также в Голодностепском (позже им. Кирова) канале в 1911—1916 гг. не превышала 0,5 г/л, состав воды был преимущественно гидрокарбонатный — кальциевый.

В. А. Ковда в монографии «Происхождение и режим засоленных почв» рассматривает оросительные воды как один из основных источников засоления орошаемых территорий.

К. М. Степанова выделила два типа рек, отличающихся гидрохимическими условиями: 1) горные реки малой мощности и небольшой протяженности с преобладанием в составе воды гидрокарбонатного иона и кальция и 2) мощные реки, протекающие в основном в предгорно-равнинных местностях с более сухим климатом и достаточно высокой температурой воздуха летом. В водах этих рек ионы кальция уступают место сульфатному иону, заметно меньше гидрокарбонатного иона, но повышается содержание ионов натрия, магния и хлора. К первому типу рек К. М. Степанова отнесла Угам, Пскем, Чирчик, Ахангаран (это только в пределах бассейна Сырдарьи); ко второму — Нарын, Карадарью и Сырдарью.

В конце 50-х годов О. А. Алекин по данным гидрологических ежегодников составил характеристику минерализации речных вод бассейнов Сырдарьи и Амударьи. Так, по его оценке, вода Сырдарьи ниже Ферганской долины в те годы относилась к гидрокарбонатному классу, второму типу (т. е. содержание гидрокарбонатного иона было меньше суммы кальция и магния). В Аральское море Сырдарья сбрасывала до 6,05 млн т солей в год. Минерализация воды в среднем и нижнем течении реки изменялась от 0,3 г/л (летом) до 0,6 г/л (зимой).

Новые сведения по химическому составу воды в низовьях Амударьи были получены С. К. Ревиной и др. (1968). В опубликованных материалах авторы дают также ожидаемое состояние речной воды: по их мнению, в перспективе в связи с орошением будет расти ее минерализация и изменяться относительный состав ионов. Ионы гидрокарбонатные и кальция не будут преобладать даже летом. Во все сезоны будет наблюдаться накопление ионов натрия и хлора. Это будет увеличивать засоление орошаемых почв.

Э. И. Чембарисов (1973) одним из первых обратил внимание на устойчивое увеличение минерализации в средних и нижних течениях большинства рек бассейна Аральского моря (в том числе в Чирчике, Кашкадарье, Зеравшане, Сырдарье, Сурхандарье и др.) в связи с развитием орошения и независимо от водности лет.

А. П. Орлова (1973) составила прогноз минерализации в бассейне Сырдарьи при различных условиях водопользования. По ее расчетам в перспективе ожидается некоторое увеличение минерализации речной воды в связи с орошением.

Л. А. Каррыева (1977), рассчитав среднемесячные и средне-

годовые величины минерализации по створам Керки и Ильчик с учетом водного режима р. Амударьи, не выявила ее заметного роста за 1953—1969 гг., т. е. в этот период влияние орошения на минерализацию воды было незначительным.

И. Н. Степанов и Э. И. Чембарисов (1978) установили влияние орошения на минерализацию воды отдельных рек Средней Азии и Азербайджана. По их данным, только за 1938—1971 гг. среднегодовая минерализация воды увеличилась в Сырдарье (створ Кызылкишлак) с 0,54 до 0,92 г/л, т. е. в 1,7 раза; в Чирчике (Чиназ) с 0,31 до 0,44 г/л, т. е. в 1,4 раза. С ростом минерализации изменился и химический состав речных вод, например в Сырдарье от гидрокарбонатно-кальциевого до сульфатно-натриевого (по преобладающим ионам).

По данным Н. Елибаева (1978), среднегодовая минерализация речных вод в низовьях Сырдарьи в течение семи-восьми лет увеличилась с 0,92 до 1,5 г/л, а в маловодные годы она достигала 2,4 г/л. При этом среднегодовая величина ионного стока р. Сырдарьи варьировала в пределах 7,6—10,2 млн т.

Качество коллекторно-дренажных вод. В последние годы в водохозяйственных районах бассейна Аральского моря ирригаторы все чаще стали использовать на орошение коллекторно-дренажные стоки. Эта часть поверхностных ресурсов данной территории изучена очень слабо, особенно минерализация и химический состав этих вод. Между тем, только в Узбекистане общий объем этих вод в настоящее время составляет около 20 км³. Несомненно, что эти воды (в естественном состоянии или после деминерализации) можно и следует использовать вновь в сельском хозяйстве, для разведения рыб, а иногда в отдельных отраслях промышленности, даже для питья (естественно, после соответствующей очистки и обессоливания).

Впервые сведения о минерализации и химическом составе коллекторно-дренажных вод стали появляться в отчетах и публикациях почвоведов-мелиораторов, которые исследовали и составили проекты по освоению новых земель под орошение. Так, незначительные сведения по минерализации дренажных вод Ферганской долины можно обнаружить в книге Б. Федорова, В. Малахова и Е. Федоровой «Засоленные земли Ферганы и их мелиорация». ОГИЗ, М.— Ташкент, 1934.

Значительно больше данных можно найти в труде В. А. Ковды «Происхождение и режим засоленных почв» (1946—1947). Например, по его данным, только в Ферганской долине минерализация коллекторно-дренажных вод колебалась от 1,14 г/л (дрена в Кокандском районе у с. Гоячи) до 15,6 г/л (коллектор Сарысу).

И. Н. Гурина (1958) изучала работу коллекторно-дренажной сети в Ферганской долине (Кувинский и Ташлакский районы Ферганской области и Ленинский район Андижанской области). Останавливаясь на динамике минерализации коллекторно-дренажных вод она пишет, что дренаж, построенный на засоленных

или подверженных засолению землях, вначале обычно отводит сильно минерализованную воду. Более интенсивно земли опресняются при первых промывках, а дальше величина минерализации падает. Так, на Федченковской опытной станции за 17 лет работы дренажа минерализация вод в его дренах снизилась с 10,1 (в 1938 г.) до 6,5 г/л (в 1954 г.).

В 1961 г. вышла в свет монография В. М. Легостаева «Об использовании вод повышенной минерализации на орошение». В ней автор обосновывает использование минерализованных вод в СССР и за рубежом, сообщает некоторые сведения о минерализации и химическом составе коллекторно-дренажных вод отдельных оазисов Узбекистана.

По данным В. И. Михайловского, М. Р. Рахимова, воды коллекторно-дренажной сети Арысь-Туркестанского орошаемого массива имеют среднюю минерализацию (2,7 г/л), а в отдельных коллекторах и дренах Яванской долины (бассейн р. Вахш) этот показатель составляет 10—30 г/л.

Часть 1. ГИДРОХИМИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД БАССЕЙНА СЫРДАРЬИ

2. ПРИРОДНЫЕ И ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ УСЛОВИЯ БАССЕЙНА СЫРДАРЬИ

Природные условия и административное положение

Бассейн р. Сырдарьи — крупнейший в Средней Азии по площади и длине главной реки. Сток воды образуется на отрогах хребтов Тяньшаня, откуда река выходит вначале на степные пространства, а затем, прорезая в низовьях пустыню Кызылкум, впадает в Аральское море (рис. 4). Границы бассейна Сырдарьи четко видны только в пределах горного рельефа (юго-восточная часть), что же касается равнинной, северо-западной его части, то там границы бассейна выражены недостаточно ясно. Поэтому точно площадь бассейна Сырдарьи может быть определена только до выхода реки из хребтов Ферганской котловины. Для этого пункта площадь бассейна Сырдарьи (по водному кадастру) превышает 143 тыс. км^2, а в горной области бассейна — чуть выше 150 тыс. км^2.

В пределах юго-восточной части бассейна его естественными границами служат *на юге* и *востоке* хребты Акшийряк, Боркольдай, Атбаши, Алайский, Туркестанский и являющийся его продолжением хребет Нурата; *на севере* — хребты Терскей-Алатау, Киргизский, Таласский Алатау и Каратау. Наибольшей высотой отличается Алайский и Туркестанский хребты, отдельные вершины которых возвышаются над уровнем моря почти на 6000 м. К наиболее низким относятся хребты Каратау и Нурата, далеко выдающиеся в равнинные пространства Средней Азии. Их наиболее высокие вершины едва превышают отметки 2000 м.

Благодаря высоким отметкам основных горных хребтов, слагающих водосбор бассейна Сырдарьи, вечные снега и оледенение здесь занимают сравнительно большое пространство, хотя и значительно меньшее, чем в бассейне Амударьи.

Характер питания и режим рек бассейна находятся в полном соответствии с высотами хребтов и связанным с ним развитием вечных снегов, снежников и оледенения. Реки ледниково-снегового питания встречаются только в верховьях р. Нарын и на северных склонах Туркестанского и Алайского хребтов (реки Аксу, Ходжабакирган, Исфара, Сох, Шахимардан, Исфайрам, Араван и Акбура). Все же наиболее крупные реки бассейна Сырдарьи и большинство более мелких притоков относятся к рекам снегово-ледникового питания, как Нарын и Карадарья, наиболее водоносный приток Сырдарьи Чирчик, крупные правые при-

вследствие разбора на орошение. Ниже выхода из Ферганской котловины р. Сырдарья, за исключением двух сравнительно крупных притоков Заамингай и Санзар, далеко до нее не доходящих, слева притоков не имеет. Справа же в нее впадает Ахангаран (Ангрен), далее наиболее крупный и водоносный приток р. Чирчик, а затем Келес и Арысь. Кроме перечисленных рек, Сырдарья имеет множество мелких притоков, которые, так же, как и большинство крупных, разбираются на орошение и свою воду до Сырдарьи не доносят.

Территория бассейна принадлежит четырем союзным республикам: Таджикской, Узбекской, Киргизской и Казахской. Здесь сосредоточено около половины населения Средней Азии. Сельское хозяйство и промышленность бассейна достигли высокого экономического развития. Большие запасы тепловых ресурсов и наличие плодородных земель, с одной стороны, и явный недостаток атмосферных осадков — с другой, обусловили широкое развитие искусственного орошения.

Основные сельскохозяйственные культуры — хлопчатник (до Чардары) и рис — в нижнем течении реки. В предгорьях, где больше атмосферных осадков, выращивают коротковегетационные сельскохозяйственные культуры, главным образом зерновые колосовые. В этой зоне распространено богарное земледелие. За пределами орошаемого земледелия расположены пастбищные угодья. По расчетам Средазгипроводхлопка, территория бассейна Сырдарьи равна 443 тыс. км², или 32% всей территории Средней Азии.

Водные ресурсы

Сырдарья — вторая по водоносности река Средней Азии. Общий сток ее округленно равен 1200 м³/с (37,8 км³), тогда как в бассейн Амударьи с гор стекает 2500 м³/с (79 км³) воды.

Поверхностные водные ресурсы бассейна Сырдарьи (до Чардары) оцениваются в размере 33,2 км³ и имеют отклонения в зависимости от водности лет (табл. 5).

5. Поверхностные водные ресурсы бассейна Сырдарьи, км³

Река и створ	Приток по гидрологическому ряду			От суммы притока, %
	наибольший	средний	наименьший	
Карадарья — Кампыррават	5,6	3,8	1,7	11
Нарын — Учкурган	18,3	13,5	9,9	41
Приток горных рек Ферганы	9,6	7,7	5,5	22
Итого по Ферганской долине	33,5	25,0	17,1	74
Чирчик, Ангрен, Келес	11,9	8,2	5,4	26
Всего до Чардары	45,4	33,2	22,5	100

6. Наиболее крупные водохранилища бассейна р. Сырдарьи

Водохранилище	Источник питания (река)	Полная емкость, млн м³	Год ввода в эксплуатацию
Фархадское	Сырдарья	330	1951
Кассансайское	Кассансай	540	1968
Кайраккумское	Сырдарья	4200	1956
Ташкентское (Туябугузское)	Ахангаран с подпитыванием из р. Чирчик	260	1964
Каркидонское	Кувасай	220	1964
Чардаринское	Сырдарья	5700	1966
Бугуньское	Арысь, Бугунь	400	1967
Тортгульское	Исфара	90	1973
Чарвакское	Чирчик	2000	1977
Ахангаранское	Ахангаран	400	1974
Токтогульское	Нарын	19500	1974
Андижанское	Карадарья	1750	1978

Основные водные ресурсы бассейна Сырдарьи (74%) образуются в Ферганской долине. В ее пределах река имеет русловую приточность 5,6 км³ в год.

Наиболее водоносными в бассейне Сырдарьи являются реки Нарын и Чирчик.

Расходы воды в реках подвержены не только внутригодовым колебаниям, но изменяются от года к году: маловодные годы чередуются с многоводными. Маловодные годы чаще всего бывают по два-три в ряду, реже — по одному. Многоводные, наоборот, чаще — по одному, реже по два-три года. Например, катастрофически маловодным был 1957 г., а очень многоводным 1969 г.

В 1960 г. в бассейне Сырдарьи на орошение использовали только 65% возможностей рек, и в среднем ежегодно Сырдарья сбрасывала в Аральское море до 13,2 км³ стока. В настоящее время степень использования речного стока бассейна доходит до 98%, а сброса в Арал вообще не наблюдается.

В настоящее время в республике построено 32 водохранилища общей емкостью около 40,0 км³ (табл. 6).

Строительство водохранилищ и увеличение водозабора из рек значительно изменило их водный режим, особенно в нижних течениях. Уменьшились расходы воды во время летнего половодья, и наоборот, в меженный период они несколько возросли. В связи с увеличением поступления в реки дренажных (возвратных) вод в осенние месяцы начал формироваться новый пик в динамике расходов воды. В целом гидрологические условия Сырдарьи по мере развития ирригации ухудшились, особенно в дельте реки.

Земельный фонд

Земельный фонд бассейна исчисляется из пригодных для орошения земель, которые неодинаково распределены по его территории.

7. Распределение земельного фонда в бассейне Сырдарьи, тыс. га

Ирригационный район	Валовая площадь	Пригодная для орошения (нетто)		
		в 1985 г.	свободный фонд	всего
Верховье Нарына	5228	160	116	276
Ферганская долина	8954	1300	239	1539
Среднее течение	3405	475	831	1306
Чирчик-Ахангаран-Келесский	2564	375	347	722
Арысь-Туркестанский	3605	185	1416	1601
Низовье	20637	252	7687	7939
Итого	44393	2747	10636	13383

Из современных оазисов наибольшая орошаемая площадь представлена Ферганской долиной (1300 тыс. га), ограниченной хребтами Тянь-Шаня. Значительная орошаемая площадь — Голодностепская равнина, находится в среднем течении реки, размеры которой вместе с Ташкентским оазисом составляют около 1 млн га. Ниже по течению наиболее крупным является Арысь-Туркестанский оазис (около 200 тыс. га). Выше Ферганской долины (в верховьях Нарына), а также в низовьях р. Сырдарьи (Кзыл-Ординский, Казалинский оазисы) орошаются меньшие по размерам площади.

В 1985 г. в бассейне Сырдарьи орошалось около 2,7 млн га, свободный земельный фонд, пригодный для орошения, составлял 10,6 млн га (табл. 7).

Как видно, наибольшая площадь свободного фонда земель, пригодных для орошения, расположена в низовьях Сырдарьи (7,7 млн га), значительна она в Арысь-Туркестанском оазисе (1,4 млн га) и в среднем течении реки (0,8 млн га). Остальные оазисы имеют меньшие площади свободных земель, пригодных для орошения.

Объясняется это природными и естественноисторическими условиями. Так, Ферганский и Ташкентский оазисы являются древними очагами орошаемого земледелия, поэтому здесь все лучшие земли уже давно используют под орошение. В среднем и нижнем течении реки, где имеется значительный свободный фонд земель, пригодных для орошения, поливное земледелие имеет меньшую историю развития. Здесь орошением стали заниматься лишь в годы Советской власти. Ярким свидетельством этого является подписание в 1918 г. В. И. Лениным исторического декрета Совета Народных Комиссаров «Об ассигновании 50 млн руб. на оросительные работы в Туркестане и об организации этих работ», где, в частности, предусматривалось орошение 500 тыс. десятин в Голодной степи и обеспечение головным сооружением оросительной системы Дальверзинской степи на площади 40 тыс. десятин. Однако освоение новых земель под орошение в среднем и нижнем течении Сырдарьи ограничено имеющимися водными ресурсами.

С развитием агротехнического уровня сельскохозяйственных предприятий пересматриваются и размеры свободного фонда земель, пригодных для орошения. Если раньше для этого в основном использовали наиболее плодородные пойменно-аллювиальные, луговые почвы и сероземы, то в последние годы в сельхозоборот включают в различной степени засоленные почвы и солончаки, а также каменистые и др., хотя их освоение и потребует проведения различных мелиораций.

По расчетам САНИИРИ, при предельно-полном использовании водных ресурсов бассейна (суммарный водозабор 50,8 км^3) орошаемую площадь в бассейне можно довести до 3,2 млн га. При этом в Ферганской долине соответственно до 1,44 млн га, в среднем течении — до 0,848, в ЧАКИРе — до 0,466 и в низовьях — до 0,436 млн га.

Особенности ирригации

Анализ истории развития и становления орошения в бассейне Сырдарьи позволил выявить следующие его особенности:

1. В отличие от бассейна Амударьи наиболее крупные оазисы бассейна (Ферганский, ЧАКИР, Арысь-Туркестанский) непосредственно связаны с руслом реки. Это значительно влияет на ее гидрологический и гидрохимический режимы. Именно водозабор воды для орошения и ее частичный возврат в реку существенно изменяет динамику водно-солевого баланса на различных участках реки. С вводом в орошаемое земледелие в различной степени засоленных почв и строительством на них дренажной сети эти массивы становятся очагами выноса солей. Если до развития орошения эти соли находились в стационарном состоянии, то при изменении влагооборота на их территории с проведением промывок и поливов они переходят в дренажные и грунтовые воды и двигаются вместе с ними к руслу реки.

Постепенно с усилением и развитием этих процессов минерализация и химический состав воды р. Сырдарьи значительно изменились, начиная с выхода ее из Ферганской долины. Если в 1910—1913 гг. минерализация воды в реке не превышала 0,5—0,6 г/л, а состав воды был сульфатно-гидрокарбонатным — магниево-кальциевым (СГ-МК), то в настоящее время минерализация воды в течение года не бывает ниже 0,8 г/л, а состав воды остается преимущественно сульфатным — магниево-натриево-кальциевым (С-МНК);

2. Расположение основных орошаемых массивов вблизи русла реки не вызвало необходимости строительства в данном бассейне крупных ирригационных каналов, отводящих сырдарьинскую воду далеко в глубь бассейна. Поэтому в начале строительства ирригационной сети чаще каналы связывали только отдельные реки бассейна между собой. Особенно заметно это прослеживалось в Ферганской долине и в Чирчик-Ахангаран-Келесском ир-

ригационном районе, где были построены Северный Ферганский канал (СФК), Большой Ферганский канал (БФК), Южный Ферганский канал (ЮФК), канал Зах, Карасу и др. Только по мере ввода под орошение худших по плодородию земель стали строиться каналы, отводящие речной сток на значительное расстояние от русла Сырдарьи: например, в Голодной степи канал им. Кирова (1954 г.), Южный Голодностепский канал (ЮГК, 1961 г.), в низовьях реки — Кзыл-Ординский левобережный (1958 г.), Казалинский левобережный (1957 г.) и др. Вода из этих каналов используется для орошения и промывок, теряется в виде безвозвратных потерь (инфильтрация, испарение и т. д.) и, как правило, обратно до русла Сырдарьи не доходит.

3. Несмотря на строительство таких крупных водохранилищ, как Кайраккумское и Чардаринское, сток р. Сырдарьи еще до конца не зарегулирован. Поэтому было начато и завершено строительство таких крупных новых водохранилищ, как Токтогульское, Андижанское и др.

4. В отличие от бассейнов малых рек низовья Сырдарьи (так же, как и р. Амударьи) подвержены усыхающему влиянию Аральского моря. Это значительно уменьшает общую водоносность территории (сокращается гидрографическая сеть, исчезают отдельные озера и др.) и увеличивает ее засоленность. Поэтому в настоящее время все усилия необходимо направить не только на улучшение современного состояния ирригации в районе, но и на спасение Арала. Этот крупнейший водоем Средней Азии за последние 25 лет значительно обмелел: бывшие объем и акватория моря сократились почти втрое, уровень моря по сравнению с началом 60-х годов понизился на 13—14 м, береговая линия отступила на 80—90 км. В настоящее время Аральское море полностью утратило рыбопромысловое и транспортное значение.

Сейчас перед специалистами водного хозяйства остро стоит проблема стабилизации уровня Аральского моря на определенной его отметке, что требует подачи до 40,0 км^3/год объемов различных стоков с территории его бассейна. Так, в 1987 г. по правобережью р. Амударьи, начиная с Сурхандарьинской области в сторону Арала, приступили к строительству трансмагистрального коллектора, названного в народе Шордарьей (соленой рекой). Согласно проекту этот коллектор будет собирать все сбросы с орошаемых массивов правобережья Амударьи (низовьев Бухарского оазиса, Каршинской степи, Чарджоуского оазиса) и, слившись с коллекторным стоком орошаемых земель КК АССР, донесет эти воды до Арала.

Большое внимание при этом будет уделяться не только спасению самого Арала, но и обеспечению хорошей питьевой и оросительной водой Приаралья.

Строительство коллектора Шордарья и водоводов Туямуюн — Нукус и Туямуюн — Ургенч позволит решить и эту задачу.

5. Несмотря на достаточно большую орошаемую площадь (2,7 млн га), в бассейне Сырдарьи еще имеются некоторые собст-

венные водные резервы, необходимые для дальнейшего развития орошения. Это позволяет делать прогнозные расчеты изменения минерализации в Сырдарье и ее притоках при дальнейшем росте орошаемой площади бассейновым способом.

3. СОВРЕМЕННАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ И ГИДРОХИМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД

Специалистам, связанным с использованием воды, важно знать, какую воду по качеству они в данный момент употребляют. Несмотря на отмеченное выше сезонное и многолетнее изменение минерализации и химического состава (за счет влияния природных и антропогенных факторов), речные воды обладают определенным постоянством качества воды в некоторый период времени. Особенно мало меняется минерализация и состав речных вод в верховьях бассейнов, где на них наиболее сильно влияет гидрологический режим.

В горной части бассейнов орошение и другие сферы деятельности человека незначительны. Поэтому влияние антропогенных факторов на качество речных вод здесь практически отсутствует. Они становятся заметными только в среднем и нижнем частях бассейнов. Однако у конкретных створов это влияние в течение нескольких лет все же существенно не меняется и это позволяет судить о современной минерализации и гидрохимическом режиме речных вод по данным за последние два-три года и даже пять лет.

Известно, что минерализация и химический состав речных вод, наблюдающийся в тот или иной месяц, во многом зависят от водного режима рек, менее минерализованные воды наблюдаются во время половодья, когда в них проходят большие расходы воды. После окончания половодья (вызванного таянием снежников и ледников), когда расходы в реке постепенно уменьшаются (в среднем начиная с сентября), минерализация воды, как правило, несколько возрастает. И это понятно, так как реки в этот период начинают питаться более минерализованными грунтовыми водами. Многие реки Средней Азии питаются грунтовыми водами примерно до марта, т. е. до начала таяния снега и льда в горах.

Более отчетливо подобная зависимость проявляется в тех речных бассейнах, где их водосборная площадь характеризуется засоленными почвами, породами и грунтовыми водами. Во время половодья засоление почв водосбора на минерализации речных вод отражается мало. Его роль возрастает во время межени, когда река начинает дренировать минерализованные грунтовые воды.

В незасоленных бассейнах почвы, грунты и грунтовые воды хорошо промыты естественными осадками, поэтому внутригодовое изменение минерализации прослеживается слабее. Она обычно подвержена меньшим колебаниям внутри года.

Величина минерализации несколько зависит от водности года. Давно установлен факт, что в маловодные годы доля грунтового питания рек возрастает, так как в такие годы пресных талых вод

с водосбора поступает меньше. В средние по водности года, и особенно в многоводные, доля питания талых вод намного больше, поэтому и наблюдаемые величины минерализации в эти годы меньше.

Отмеченные закономерности в формировании минерализации речных вод наблюдаются в естественных условиях, и на малых водотоках они хорошо прослеживаются на всем их протяжении. На больших реках (по их длине) данная закономерность нарушается из-за влияния водозабора, когда забранная на орошение, промывки и другие нужды вода в верхних участках частично возвращается в реки ниже по течению. При этом, естественно, изменяется не только их водоносность, но и минерализация воды.

Влияние орошения на минерализацию речных вод во многом зависит от объема и минерализации коллекторно-дренажных вод, попадающих в реки на том или ином участке. Поэтому характеристика минерализации, состав речных и коллекторно-дренажных вод будут рассмотрены отдельно.

Речные воды и водохранилища

Сведения по минимальной и максимальной величинам минерализации внутри года и соответствующие им данные по химическому составу воды приведены в табл. 8. Сведения эти были предварительно проверены, а содержание отдельных ионов переведено в мг-экв и % экв. формы. При написании состава воды были использованы только заглавные буквы ионов: Г — гидрокарбонатного, С — сульфатного, Х — хлоридного, К — кальция, М — магния и Н — натрия. Название преобладающего иона ставилось последним.

По данным табл. 8 можно судить о качестве речных вод. Например, считается, что для орошения опасны воды с минерализацией 1,0 г/л, поэтому в данной таблице выделены все реки, в которых минерализация воды в течение рассматриваемого периода лет превышала 1,0 г/л.

Известно, что у створа Исфара в р. Исфаре (Ферганская долина) минерализация превышает 1,0 г/л; такое же положение сохраняется на всем протяжении р. Сырдарьи, начиная с Каля и кончая Казалинском, в р. Ахангаран — у створов Солдатское и Устье, в устье коллектора Геджиген, в Левобережном Карасу — выше с. Солдатское, в устье Карасу-2, в канале Бозсу — у ГЭС-6 и в Чирчике — у Чиназа, т. е. практически в нижних течениях рек. Повышается минерализация в отмеченных водотоках в результате попадания в них более минерализованных возвратных вод с орошаемой территории.

По приведенным сведениям можно также судить об изменении минерализации и химического состава воды внутри года и по длине рек.

В составляющих р. Сырдарью (Нарын и Карадарья) и в ее большинстве притоков в пределах Ферганской долины (кроме

8. Изменение минерализации и химического состава речных вод в бассейне р. Сырдарьи, г/л

Река	Створ	Колебания минерализации, г/л	Состав воды
1	2	3	4
Нарын	Ниже устья р. Карасу	0,27—0,34	СГ-НК—СГ-МНК
«	Учкурган	0,26—0,34	СГ-МК—СГ-НМК
Карадарья	Карабагиш	0,40—0,44	СГ-МК—СГ-МК
«	Учтепе	0,49—0,66	ГС-МК—ГС-КН
Карасу (правая)	Устье	0,29—0,48	СГ-К—СГ-МК
Косчансай	Устье	0,43—0,50	СГ-МК—СГ-МК
Чангетсу	Чангет	0,36—0,43	Г-МНК—СГ-НМК
Яссы	Узген	0,22—0,43	Г-МК—Г-КН
Ходжабакирган	Андархон	0,26—0,44	СГ-МК—СГ-НМК
Майлисай	Устье р. Кайрагач	0,18—0,31	Г-К—СГ-НК
Чадаксай	Джулайсай	0,15—0,30	СГ-НК—СГ-НК
Исфара	Ташкурган	0,16—0,30	СГ-К—СГ-НМК
«	Исфара	[1]0,33—1,88	ГС-МК—С-НМК
Сох	Сарыканда	0,12—0,33	Г-К—ГС-МНК
Гавасай	Гава	0,11—0,25	СГ-МК—СГ-НК
Кассансай	Кзылтокай	0,19—0,63	СГ-МК—ГС-МК
«	Нижний бьеф	0,23—0,51	СГ-МК—ГС-МК
Аксу	Дазгон	0,22—0,30	СГ-МК—СГ-НМК
Большой Ферганский канал	Голова	0,27—0,46	СГ-МК—ГС-НМК
Сырдарья	Каль	[1]0,46—1,25	ГС-МНК—С-МНК
«	Акджар	[1]0,69—1,46	ГС-МНК—С-МКН
«	Чильмахром	[1]0,73—1,71	ГС-КН—С-КМН
«	Ниже Сохского коллектора	[1]0,52—1,46	ГС-МНК—С-МКН
Сырдарья	Ниже Северо-Багдадского коллектора	[1]0,54—2,52	ГС-МНК—С-МКН
«	1,5 км выше СБК	[1]0,54—1,30	ГС-МНК—С-КМН
«	Ниже коллектора Сарыксу	[1]0,67—1,44	С-МКН—С-МНК
«	Кзылкишлак	[1]0,87—1,47	С-МКН—С-МНК
«	Бекабад	[1]1,04—1,70	ХС-НМК—С-КНМ
«	Ниже коллектора ГПК	[1]0,99—2,24	С-МНК—С-КМН
«	Ниже ГПК—с	[1]0,97—1,38	ГС-МКН—С-МКН
«	Чиназ	[1]0,94—1,38	С-НМК—С-МКН
«	Кзыл-Орда	[1]0,82—2,08	С-КМН—С-НКМ
«	Тюмень-Арык	[1]0,67—2,16	С-КМН—ХС-МН
«	Казалинск	[1]0,54—3,51	С-КМН—ХС-МН
Ахангаран	Устье р. Ирташ	0,10—0,17	ХСГ-НК—СГ-НК
«	Ниже Ахангаранской плотины	0,11—0,24	ХСГ-НК—Г-НК
«	Нижний бьеф	0,37—0,72	СГ-НК—С-НК
	Солдатское	[1]0,70—1,67	ГС-МНК—С-МКН
«	Устье	[1]0,82—1,29	СГ-КН—ГС-КМН
Дукант	Дукант	0,12—0,26	СГ-НК—СГ-НК
Карабау	Самарчук	0,12—0,25	СГ-НК—СГ-КМ
Геджиген	Устье	[1]1,05—1,54	ГС-НК—С-МКН
Чирчик	Газалкент	0,16—0,29	Г-НК—СГ-НК

Продолжен

1	2	3	4
Чирчик	Выше коллектора Юмалак	0,17—0,54	СГ-К—СГ-НК
«	Троицкий	0,23—0,44	СГ-НК—СГ-НК
«	Ниже коллектора Юмалак	0,23—1,06	СГ-НК—ХС-МКН
«	Новомихайловка	0,32—0,50	СГ-МК—СГ-НМК
«	Куйлюк	0,31—0,43	СГ-МК—СГ-НК
Паркентсай	Киргиз	0,14—0,29	Г-НК—Г-К
Пскем	Муллала	0,14—0,21	Г-НК—Г-МК
Чаткал	Худайдот	0,15—0,23	СГ-НК—Г-НК
Акбулак	Устье	0,12—0,19	СГ-НК—Г-НК
Янгикурган	Янгикурган	0,21—0,29	Г-МК—Г-НМК
Чимган	Чимган	0,23—0,28	Г-НК—Г-НК
Угам	Хаджикент	0,19—0,28	Г-НК—Г-К
Карасу	Ниже г. Ташкента	0,34—0,62	СГ-МК—СГ-НМК
Карасу левобережный	Выше Солдатского	[1]0,76—1,83	ГС-МНК—С-КМН
Карасу левобережный	Голова	0,18—0,48	СГ-К—СГ-МНК
Карасу	Ташкент	0,16—0,30	Г-К—Г-НКМ
Карасу 2	Устье	[1]0,57—1,11	ГС-МК—ГС-МНК
Калган-Чирчик	Ниже Ташкента	0,61—0,88	СГ-НМК—СГ-КН
Салар	Выше Ташкента	0,19—0,67	Г-К—СГ-НК
«	Ниже Ташкента	0,52—0,84	СГ-НМК—СГ-КН
Бозсу	ГЭС—6	0,81—2,83	ГС-МКН—С-МКН
Чирчик	Чиназ	0,49—1,17	СГ-НМК—ГС-МНК
Уртатокайское водохранилище	Алабука	0,20—0,71	СГ-МК—ГС-НМК
Тюябугузское водохранилище	Вертикаль 21	0,31—0,52	ГС-НК—СГ-НК
«	Вертикаль 2	0,29—0,56	ГС-НК—СГ-НК
Правобережный канал Тюябугузского водохранилища		0,31—0,61	СГ-К—СГ-МНК
Чарвакское водохранилище		0,16—0,28	СГ-МК—ГС-МК

[1] Так отмечены реки, где максимальная наблюденная минерализация воды превысил 1,0 г/л.

р. Исфары) колебания минерализации внутри года не очень значительны, а максимальные ее величины не превышают 0,63—0,66 г/л.

Совершенно другая картина наблюдается с выходом Сырдарьи из Ферганской долины. Начиная со створа Каль и до самого Казалинска степень минерализации внутри года возрастает. Так, у последнего створа она в течение пяти-шести лет изменялась от 0,54 до 3,51 г/л, т. е. возрастала в шесть с половиной раз. Подобная картина по существу наблюдается и в других реках бассейна: Ахангаране, Чирчике, Келесе и Арыси.

Таким образом на створах, расположенных в средних и нижних течениях рек, в связи с влиянием орошения (поступлением

минерализованных возвратных вод) в последние годы диапазон колебания минерализации вод внутри года возрос. Одновременно наблюдается рост минерализации речных вод и по длине водотоков.

Как видно на рис. 5—6, в большинстве случаев наблюдается тенденция к уменьшению минерализации речных вод с ростом ее расходов. Как правило, у створов, расположенных в нижних течениях рек, изменение минерализации по месяцам протекает сложнее. Здесь наблюдается несколько ее подъемов и спадов, объясняющихся поступлением в русло рек возвратных вод с орошаемых полей во время их промывок и поливов.

Установлено, что минерализация воды в горных озерах, как правило, небольшая (0,18—0,35 г/л). Наоборот, в дельтовых озерах, которые аккумулируют сбросные и коллекторно-дренажные воды с орошаемой территории, минерализация воды повышена до 3—5 г/л, а иногда и более.

Минерализация воды в водохранилищах (особенно сезонного регулирования) практически повторяет минерализацию речной воды выше водохранилищ, при этом может иметь несколько большие величины за счет процессов смешения вод и испарения. Наблюдается также некоторое сглаживание колебаний минерализации внутри года, также объясняющееся смешением вод различного качества.

Коллекторно-дренажные воды

По сравнению с речными водами изменение расходов и минерализация воды в коллекторах бассейна Сырдарьи изучены недостаточно. Рассмотрим формирование расходов и минерализацию коллекторно-дренажных вод в пределах наиболее крупных орошаемых массивов бассейна: 1) Ферганской долины, 2) Ташкентского оазиса, 3) Голодной степи и 4) в нижнем течении. Первые три массива, как известно, расположены в пределах Узбекистана, низовья Сырдарьи находятся в Казахской ССР.

Значительную часть **Ферганской долины** охватывают Андижанская, Наманганская и Ферганская области. Поверхностный отток в долине происходит только через русло р. Сырдарьи, так как со всех сторон долина окружена горными хребтами. Поэтому все коллекторно-дренажные воды, формирующиеся в пределах орошаемой зоны названных областей, стекают в итоге в составляющие Сырдарьи и в ее русло.

Коллекторы и дрены в Ферганской долины были прорыты издавна, здесь их называли *зауpами*. Однако они были неглубокие и величина расходов воды была в них незначительна. Зауры использовали для отвода грунтовых вод с орошаемых полей, и за их состоянием не наблюдали.

Состояние отдельных коллекторов, их сток и минерализацию стали учитывать с начала 50-х годов, а в целом по всей Ферганской долине с 1968 г. За прошедшие годы (с 1968 по 1986 гг.)

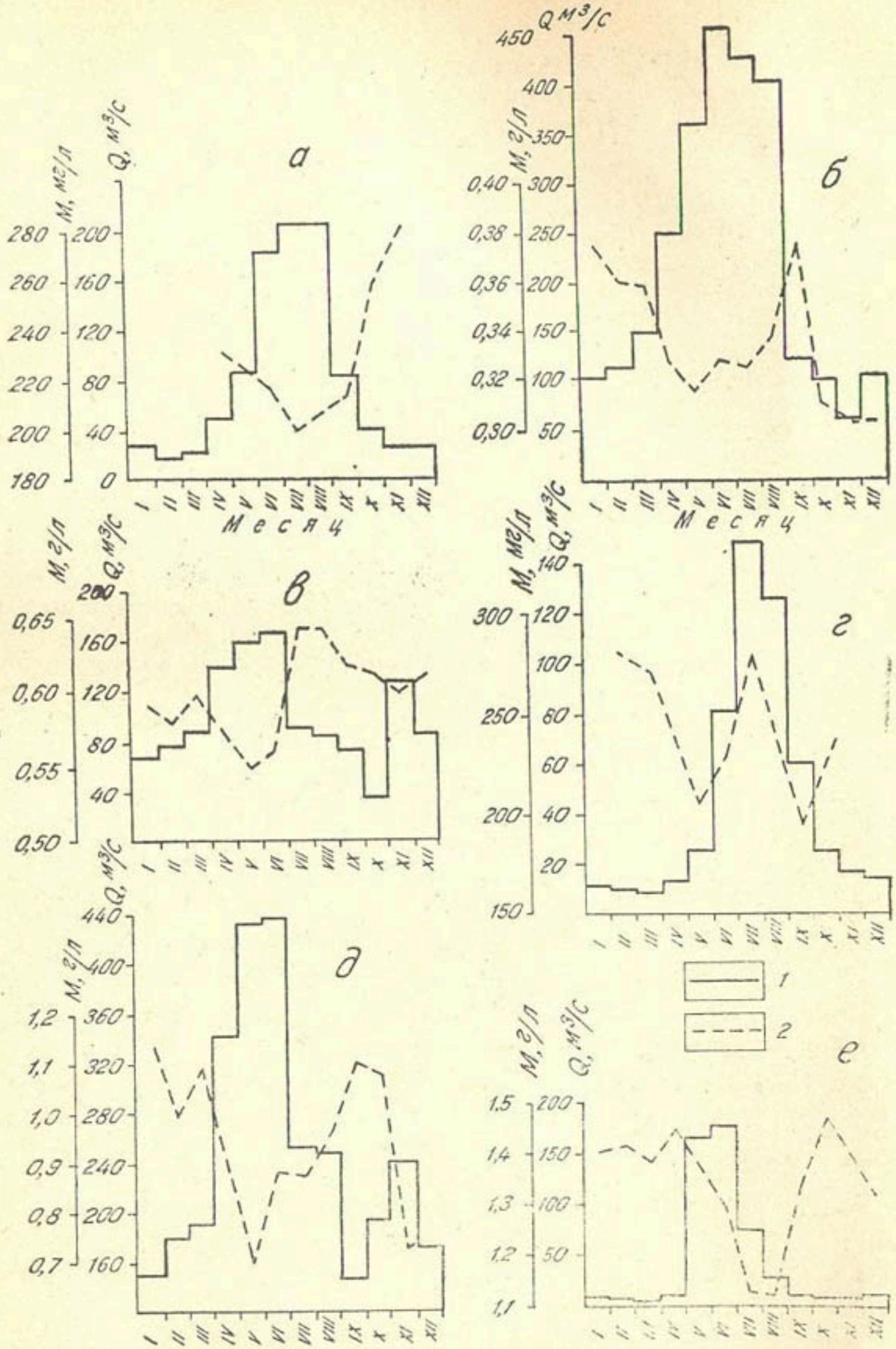


Рис. 5. Внутригодовое изменение:

1 — расходов воды; *2* — минерализации в реках верхнего течения бассейна р. Сырдарьи: а) р. Нарын — Нарын; б) р. Нарын — Учкурган; в) р. Карадарья — Учтепе; г) р. Сох — Сарыканд а) р. Сырдарья — Каль; е) р. Сырдарья — Бекабад.

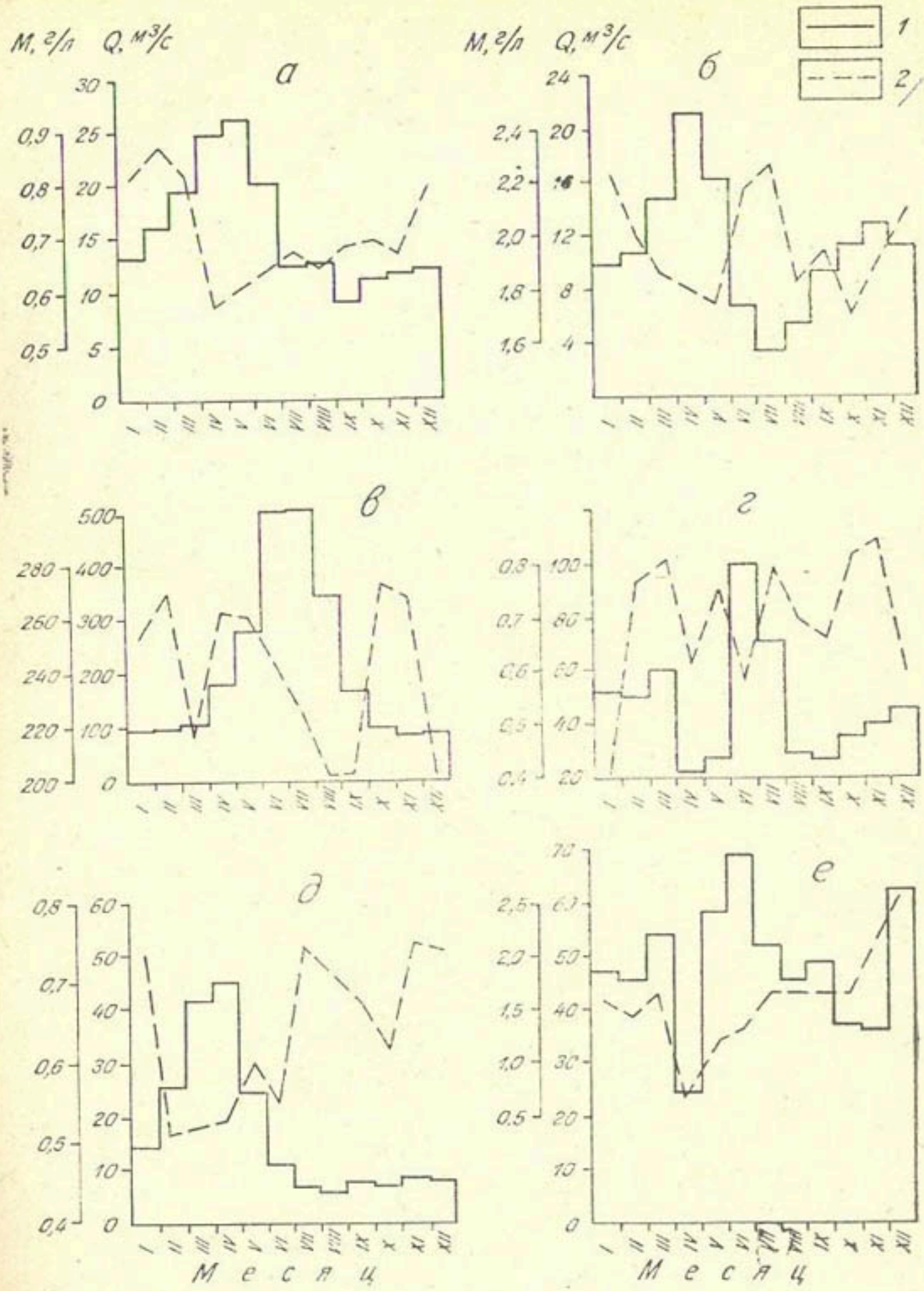


Рис. 6. Внутригодовое изменение:

1 — расходов воды; *2* — минерализации в реках среднего и нижнего течений бассейна р. Сырдарьи: а) р. Ахангаран — Солдатское; б) р. Келес — устье; в) р. Чирчик — Газалкент; г) р. Чирчик — Чиназ; д) р. Арысь — Арысь; е) р. Сырдарья — Казалинск.

протяженность коллекторно-дренажной сети увеличилась в долине с 15,5 до 24,7 тыс. км.

К наиболее крупным коллекторам Андижанской области следует отнести Каражой, Замбаркуль, 56— Д-1, Главный Каракурганский; в Наманганской области следует выделить коллекторы Каракалпак, Западно-Язъяванский, Сарыксу-Язъяванский. В Ферганской области — Северный, Средний Кзылтепинский, Нижний Кзылтепинский, Северо-Багдадский (позже он стал называться Ачикульским коллектором), Сох-Исфаринский.

В 1984—1986 гг. с территории Андижанской области в среднем отводилось 3,6 км³ воды в год, с Наманганской области 1,17, с Ферганской области —2,70 км³. В целом с орошаемой зоны Ферганской долины было отведено по 7,47 км³ воды в год. Установлено, что величина возвратных вод, стекающих с орошаемой зоны Ферганской долины в русло р. Сырдарьи, за последние пятнадцать-двадцать лет увеличилась почти в три раза.

Как видно (рис. 7), почти во всех коллекторах с ростом расходов воды ее минерализация, как правило, уменьшается. Видимо, это объясняется тем, что в коллекторы в эти месяцы попадают маломинерализованные остатки оросительных вод. В Северо-Язъяванском коллекторе с ростом расходов воды ее минерализация также повышается. Предположительно это связывается с тем, что при увеличении расходов воды данный коллектор начинает дренировать более засоленные слои почв и грунтовые воды орошаемой территории.

Определим, чему равна в среднем величина минерализации коллекторно-дренажных вод Ферганской долины. Для этого выберем несколько коллекторов с большими расходами воды (от 1,0 м³/с и более) и рассчитаем для них среднемесячные величины минерализации и расходов воды за последние пять лет. Затем для каждого коллектора определим произведения минерализации на расход воды за все месяцы года. Сложим отдельно полученные произведения и величины расходов воды за каждый месяц. Разделив полученные суммы, найдем, чему равна в среднем минерализация коллекторно-дренажных вод Ферганской долины за любой месяц. Такой способ определения средней величины какого-либо элемента с учетом величин расходов воды называется в гидрологии «взвешиванием» по стоку. Точно так же была определена среднегодовая величина минерализации. Рассчитанная таким образом (т. е. «взвешиванием» по стоку) средняя современная величина минерализации коллекторно-дренажных вод для всей Ферганской долины оказалась равна 2,39 г/л (табл. 9). Внутри года она меняется незначительно: от 2,2 (май) до 2,8 г/л (сентябрь). Это подтверждает то, что сбросы остатков оросительных вод в данном оазисе слабо влияют на формирование минерализации коллекторно-дренажных вод.

Химический состав коллекторно-дренажных вод нами взят из данных Управления по Гидрометеорологии и контролю природной среды (УГКС) УзССР. Сотрудники этого управления отби-

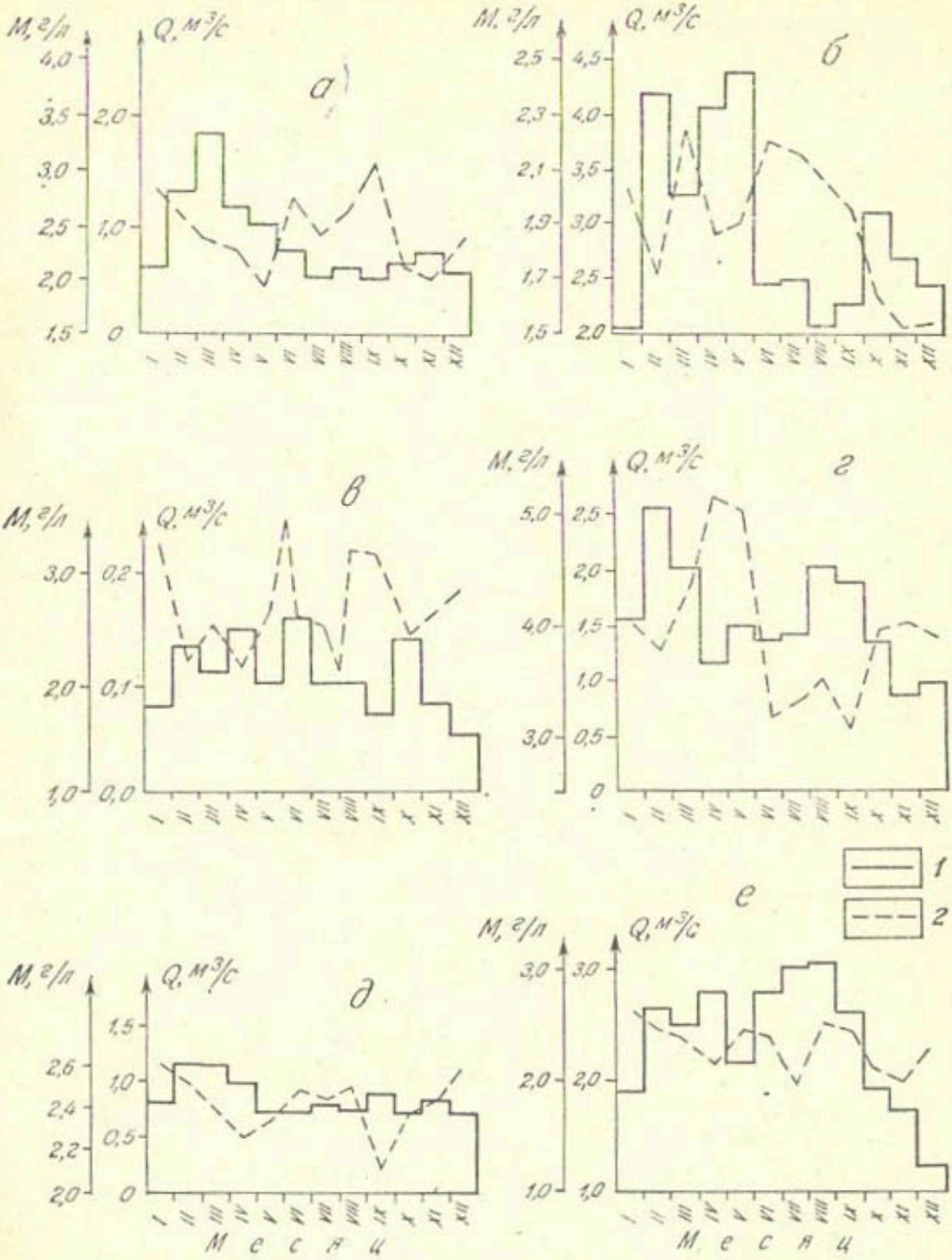


Рис. 7. Внутригодовое изменение:

1— расходов воды; *2*— минерализации в некоторых коллекторах Ферганской долины: а) Пишкаран; б) Сох сброс; в) Шуркишлак; г) Д—107; д) Шураккуль; е) ЖК-4.

рают пробы воды в устье самого крупного из коллекторов Ферганской долины Северо-Багдадского. Согласно этим данным (и другим отрывочным сведениям), состав коллекторно-дренажных вод Ферганской долины преимущественно сульфатный — магниево-кальциево-натриевый (С — МКН).

9. Современное внутригодовое распределение средневзвешенной по стоку минерализации воды в коллекторах Ферганской долины

Элемент	Месяц												Средняя годовая величина
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1. Коллектор Сох — створ № 80, Фрунзенский район Ферганской области													
M, г/л	2,03	1,70	2,25	1,87	1,91	2,19	2,16	2,08	1,96	1,64	1,53	1,54	1,87
Q, м³/с	2,03	4,17	3,26	4,07	4,38	2,46	2,49	2,04	2,27	3,08	2,68	2,45	2,96
$M \cdot Q$	4,12	7,10	7,34	7,61	8,36	5,40	5,37	4,25	4,45	5,05	4,10	3,77	5,52
2. Коллектор Сох-Исфара — створ № 70, Кировский район Ферганской области													
M, г/л	2,27	2,23	2,53	2,12	2,56	3,15	3,18	2,99	3,15	2,25	2,25	2,03	2,44
Q, м³с	10,32	11,79	9,16	9,53	7,91	3,91	2,25	4,01	4,91	5,97	7,34	11,80	7,40
$M \cdot Q$	23,4	26,3	23,2	20,2	20,3	12,3	7,15	12,0	15,5	13,4	16,5	24,0	18,1
3. Коллектор Северный — створ № 77, Кировский район Ферганской области													
M, г/л	1,87	2,04	2,15	2,02	1,97	2,75	2,95	2,54	2,25	1,98	1,86	1,74	2,04
Q, м³/с	0,86	1,19	1,37	1,47	1,66	0,89	0,77	0,83	0,75	1,05	1,09	0,92	1,11
$M \cdot Q$	1,61	2,42	2,95	2,97	3,27	2,45	2,27	2,10	16,9	2,08	2,02	1,60	2,26
4. Северо-Багдадский коллектор (Ачикуль) — створ № 60, Фрунзенский район Ферганской области													
M, г/л	2,85	2,50	2,67	2,54	2,32	2,74	2,66	2,72	2,65	2,48	2,88	2,40	2,60
Q, м³/с	69,0	87,6	74,3	69,8	69,8	51,0	51,8	57,8	51,7	45,0	33,1	57,6	60,0
$M \cdot Q$	197,0	219,0	198,0	177,0	162,0	140,0	138,0	157,0	137,0	112,0	95,3	138,0	156,0

Продолжение табл. 9

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
5. Коллектор Каракалпак — нижний створ. Задарьинский район Наманганской области													
M, г/л	1,66	2,13	1,86	1,81	1,01	1,12	1,18	1,16	1,84	1,64	2,25	1,94	1,63
Q, м³/с	5,50	5,35	4,47	2,89	3,61	4,49	5,02	5,17	2,69	2,30	3,05	3,91	4,02
$M \cdot Q$	9,13	11,4	8,33	5,23	3,65	5,04	5,91	6,00	4,95	3,78	6,86	7,39	6,55
6. Коллектор Карашахар — нижний створ													
M, г/л	1,66	1,68	1,39	1,52	1,92	1,14	1,02	1,14	1,01	1,65	1,06	1,43	1,36
Q, м³/с	2,15	1,02	0,88	0,83	0,94	1,58	1,41	1,33	0,64	0,34	0,67	1,38	1,10
$M \cdot Q$	3,57	1,71	1,22	1,26	1,80	1,80	1,44	1,52	0,65	0,56	0,71	1,97	1,50
7. Коллектор Восточный — нижний створ													
M, г/л	1,27	1,16	1,50	1,42	1,02	1,11	1,54	1,11	0,89	1,06	1,51	1,19	1,24
Q, м³/с	1,93	1,54	1,37	2,09	1,71	1,59	1,74	1,78	2,17	1,78	1,51	1,44	1,70
$M \cdot Q$	2,45	1,79	2,05	2,96	1,74	1,76	2,68	1,97	1,93	1,88	2,29	1,71	2,11
8. Коллектор Центральный — нижний створ													
M, г/л	1,14	1,29	1,26	1,20	1,03	1,00	1,13	1,14	1,15	1,38	0,88	1,48	1,17
Q, м³/с	1,85	1,84	1,87	2,01	2,04	1,93	2,20	1,71	1,88	1,91	1,98	1,90	1,91
$M \cdot Q$	2,11	2,37	2,36	2,41	2,10	1,93	2,48	1,95	2,16	2,64	1,74	2,81	2,24

Продолжение табл. 9

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
9. Коллектор Северный — нижний створ. Наманганский район Наманганской области													
М, г/л	0,75	0,75	0,85	0,79	0,62	0,64	0,89	0,58	0,70	0,67	0,83	0,64	0,73
Q, м³/с	1,42	1,48	1,22	1,83	1,71	1,58	1,25	1,37	1,39	1,39	1,35	1,51	1,46
$M \cdot Q$	1,06	1,11	1,04	1,45	1,06	1,01	1,11	0,80	0,97	0,92	1,12	0,96	1,06
Средневзвешенная по стоку минерализация													
$\Sigma M \cdot Q$	244,45	273,2	246,49	221,09	204,28	171,69	166,41	187,59	184,51	142,31	130,64	182,21	195,31
ΣQ	95,06	115,99	97,9	94,52	93,76	69,43	68,93	76,04	68,37	62,85	52,77	82,81	81,66
$M_{ср. взв.}$	2,56	2,36	2,5	2,34	2,18	2,48	2,42	2,46	2,70	2,26	2,47	2,20	2,39
В % от $M_{ср. год.}$	107	98,7	105,0	98,0	91,3	104	101	103	113	94,5	103	92,0	100
$Q_{ср.}$ м³/с	10,6	12,9	10,9	10,5	10,4	7,71	7,66	8,45	7,69	6,98	5,86	9,20	9,07

Примечание. М — минерализация воды, Q — расход воды.

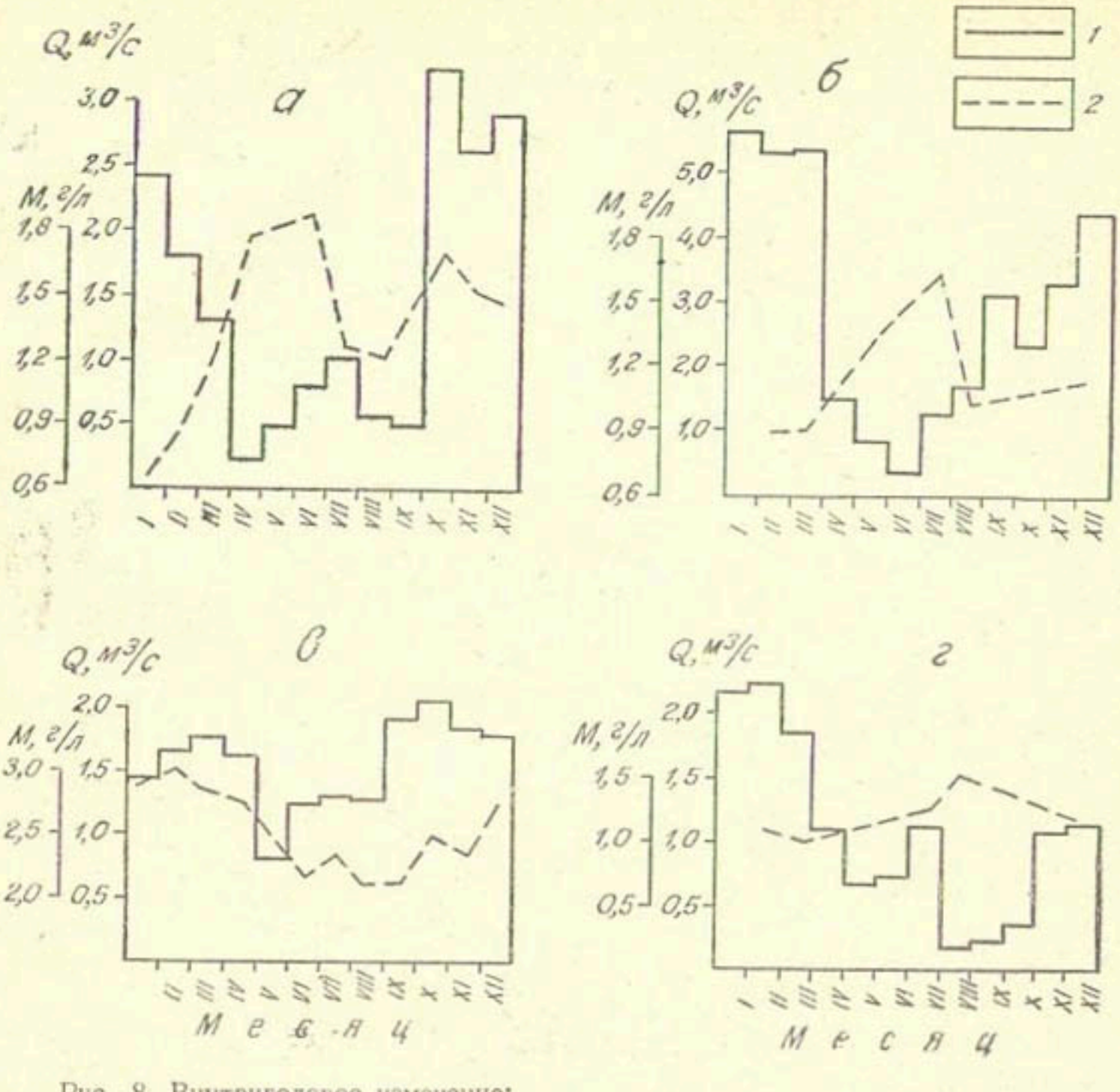


Рис. 8. Внутригодовое изменение:

1 — расходов воды; *2* — минерализации в некоторых коллекторах Ташкентского оазиса: а) ГВСК; б) Геджиген; в) Улавливающий; г) Карасу- 1.

Ташкентская область охватывает бассейны р. Чирчика и Ахангарана и расположена в среднем течении Сырдарьи по правобережью. Мелиоративное состояние орошаемых земель здесь благоприятное: почвы оазиса преимущественно не засолены, однако для предохранения их от засоления на полях проложена коллекторно-дренажная сеть. Основное строительство коллекторов было проведено более тридцати лет назад, и к настоящему времени протяженность их достигла 7920 км.

Среди наиболее крупных коллекторов области (по расходам воды) следует выделить следующие: ГВСК, Улавливающий, Геджиген, Ачисай и Каракамыш. Во всех этих коллекторах величина среднегодового расхода воды превышает 1,0 м³/с.

Установленная для Ферганской области закономерность, что с повышением расходов воды ее минерализация несколько уменьшается, справедлива и для районов Ташкентской области (рис. 8). Это объясняется тем, что в этот период в коллекторы попадают

остатки менее минерализованных оросительных вод. Установлено также, что химический состав коллекторно-дренажных вод Ташкентского оазиса в основном гидрокарбонатно-сульфатный — магниево-кальциево-натриевый (ГС — МКН).

Нужно отметить, что водно-солевой баланс данного массива отрицательный: например, если в один год на орошаемые поля вместе с оросительными водами поступило 1,5 млн т солей, то коллекторно-дренажным стоком было вынесено около 3,2 млн т солей. В расчете на 1 га орошаемой площади вынос превысил поступление солей на 6,5 т.

В данном ирригационном районе на формирование химического состава речных вод влияют не только стоки с орошаемой территории, но и стоки промышленных предприятий, расположенных в бассейнах Чирчика и Ахангарана. В бассейне Чирчика, например, имеется до 35 промышленных предприятий, объем загрязненных сточных вод которых достигает почти полмиллиона кубических метров в сутки. В бассейне Ахангарана только шесть предприятий ежесуточно отводят более 270,0 тыс. м^3/сутки загрязненных вод.

Голодная степь, как известно, охватывает земли среднего течения Сырдарьи по левобережью. В административном отношении она включала Сырдарьинскую и Джизакскую области, границей между которыми на юге служило русло Южно-Голодностепского канала. Территорию, которая охвачена Сырдарьинской областью, называют обычно *старой зоной орошения* Голодной степи, а Джизакскую степь — *зоной нового орошения.* Поэтому минерализация коллекторно-дренажных вод будет рассмотрена отдельно по этим зонам.

Общая длина коллекторно-дренажной сети в Сырдарьинской области к началу 1986 г. достигла 7920 км. Среди коллекторов данной зоны орошения можно выделить Центрально-Голодностепский (ЦГК), Главный Пойменный (ГПК), Шурузяк, Кзыл-Узбекистан, К-1.

В 1983—1985 гг. с территории Сырдарьинской области в среднем было отведено 2,24 км^3 воды в год. Установлено, что средняя величина минерализации коллекторно-дренажных вод в области за учтенные десять лет снизилась. Если в 1975 г. она была равна 2,6, то в 1985 г.—2,5 г/л. При подсчетах этой величины обычно усредняются сведения не по отдельным конкретным коллекторам, а по общим данным, приведенным в отчетах районных УМСов. Поэтому эти сведения следует считать приближенными.

Согласно нашим расчетам, средняя минерализация коллекторно-дренажных вод старой зоны орошения Голодной степи, подсчитанная «взвешиванием» с учетом стока трех коллекторов (ГПК, Шурузяк и Кзыл-Узбекистанский), равна в последние годы 2,4 г/л.

Минерализация воды в большинстве коллекторов этой зоны, несмотря на колебания ее расходов, меняется внутри года незначительно. Это свидетельствует о том, что данные коллекторы

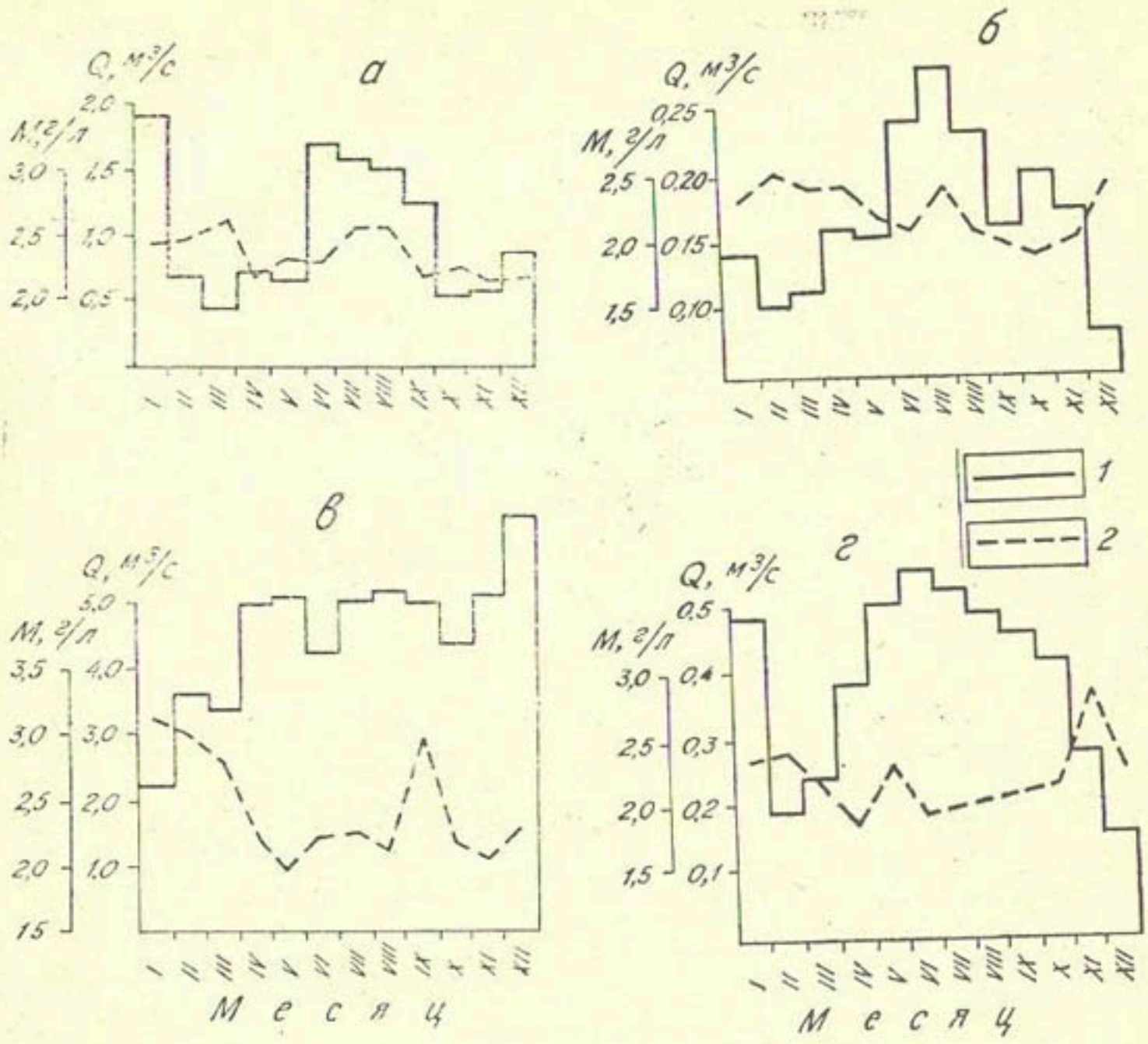


Рис. 9. Внутригодовое изменение:

1 — расходов воды; *2* — минерализации в коллекторах старой зоны орошения Голодной степи: а) коллектор ГПК — створ Граница; б) ГПК — створ № 56; в) Шурузяк — устье; г) Кзыл-Узбекистанский — створ Устье.

отводят воду с достаточно промытой территории, орошаемые земли которой в настоящее время являются преимущественно слабо- и незасоленными (рис. 9).

Водно-солевой баланс Сырдарьинской области отрицательный: с оросительными водами поступает от 2,2 млн т солей, а коллекторами выносится до 3,4 млн т солей. В целом по области вынос солей превышает их поступление в расчете на 1 га на 5,8 т.

Из коллекторов Голодной степи следует особо выделить Центрально-Голодностепский коллектор (ЦГК). Образуется он на территории Сырдарьинской области (после слияния Баяутского и Джетысайского коллекторов), а оканчивается в Джизакской области впадением в Арнасайское понижение. У устья коллектора расходы воды могут достигать 50,3 м³/с. Среднегодовая минерализация воды в нем в 1986 г. была равна 6,0 г/л.

Джизакская область занимала в основном территорию, которая считается новой зоной орошения Голодной степи. Область

образовалась 29 декабря 1973 г. В 1986 г. здесь орошалось 279,6 тыс. га. Подача на орошение с 1974 по 1986 г. увеличилась с 1,3 до 3,2 км³ воды.

В орошаемой зоне данной области также существует коллекторно-дренажная сеть. Общая ее протяженность в 1986 г. была равна 7863 км. С орошаемой территории в год отводится 0,55—0,62 км³ воды. Большая часть дренажных вод отводится р. Клы и коллекторами Токурсай, Акбулак, Пограничный, Кугайли, Джизакский главный коллектор (ДГК).

Средняя величина минерализации коллекторно-дренажных вод Джизакской области в 1981 г. была равна 7,97 г/л, а в 1986 г.— 6,8 г/л, т. е. более чем в два раза выше минерализации дренажных вод старой зоны орошения Голодной степи. Этот факт свидетельствует о том, что территория Джизакской области более засолена, чем земли Сырдарьинской области. Это различие в величинах минерализации коллекторно-дренажных вод в разных частях Голодной степи необходимо учитывать при определении степени их минерализации.

Фактическая минерализация воды в коллекторах изменяется от 0,8 до 19,0 г/л.

На рис. 10 отражено современное внутригодовое распределение минерализации в наиболее крупных коллекторах Джизакской области. Однако четкой зависимости между изменением расходов воды и динамикой минерализации в коллекторах не наблюдается. По-видимому, это объясняется тем, что рассматриваемые коллекторы дренируют в основном засоленные земли со значительной минерализацией грунтовых вод (до 20—25 г/л), и поэтому повышение расходов воды в них часто не приводит к понижению ее минерализации.

В 1981—1982 гг. солевой баланс орошаемой зоны в области был отрицательным: вместе с оросительной водой на поля поступало 2,37—2,88 млн т солей, а коллекторами было вынесено 3,13—3,80 млн т солей (табл. 10).

Однако в отдельных районах поступление солей превышает их вынос. Такая картина наблюдается, например, в Арнасайском, Галляаральском и Дустликском районах. Поэтому здесь необходимо расширить коллекторно-дренажную сеть и тем самым увеличить вынос возвратных вод с орошаемых полей.

Из данных табл. 11 видно, что наибольшее количество солей выносится коллекторами Акбулак, Клы и ЦГК.

Химический состав коллекторно-дренажных вод Голодной степи, также как и величина минерализации, в зависимости от района орошения различен. В старой зоне орошения преобладают воды с хлоридно-сульфатным — кальциево-магниево-натриевым составом. В новой зоне орошения (при значительных величинах минерализации) состав коллекторно-дренажных вод хлоридно-сульфатный — магниево-натриевый, т. е. они более насыщены токсичными солями.

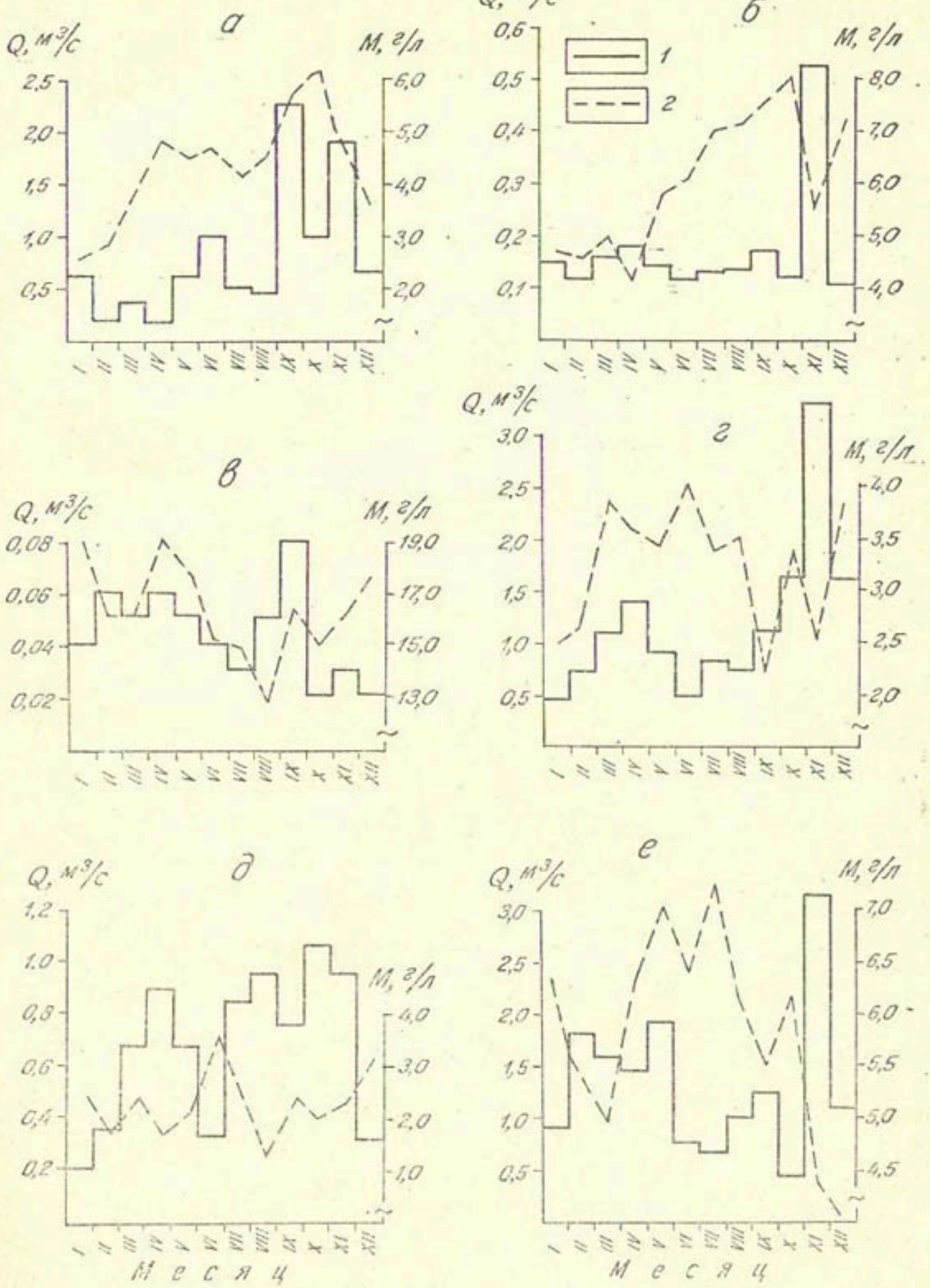


Рис. 10. Внутригодовое изменение:

1 — расходов воды; 2 — минерализации в коллекторах Джизакской области: а) Акбулак; б) ПК-2; в) ПК — 12; г) Токурсай; д) Клы; е) Джизакский Главный коллектор (ДГК).

10. Приближенный водно-солевой баланс Джизакской области[1]

Район	Год	Приходная часть		Поступление солей, тыс. т	Расходная часть		Вынос солей, тыс.т	Изменение количества солей: (+)—увеличение, (—) — уменьшение
		суммарный водозабор, млн м³	минерализация, г/л		коллекторно-дренажный сток, млн м³	минерализация, г/л		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Арнасайский	1981	334,2	1,13	376,9	21,4	9,70	206,2	+170,7
	1982	305,3	1,15	350,5	34,9	6,92	241,2	+109,3
Галляаральский	1981	61,6	0,83	51,2	16,5	1,60	26,4	+24,8
	1982	45,8	0,30	13,6	7,03	1,07	7,52	+6,08
Джизакский	1981	379,1	0,31	119,0	124,3	3,43	426,6	—307,5
	1982	288,4	0,34	97,5	119,6	4,16	497,1	—399,6
Дустликский	1981	296,8	1,37	406,0	44,1	7,50	435,2	+70,8
	1982	326,0	1,18	383,4	50,0	6,35	317,4	+65,9
Мирзачульский	1981	296,9	1,47	437,6	88,7	12,4	1099,4	—661,7
	1982	320,0	1,68	536,1	53,9	8,20	442,4	+93,7
Октябрьский	1981	341,9	1,08	369,6	137,3	4,83	653,2	—283,6
	1982	320,7	1,55	497,4	198,4	6,27	1244,6	—747,1
Пахтакорский	1981	219,2	0,79	173,2	48,1	13,8	657,8	—484,6
	1982	233,8	1,39	326,0	43,3	10,9	471,2	—145,3
Итого по области	1981	2381,6	1,0	2377,4	480,0	7,97	3801,8	—1424,4
	1982	2305,9	1,25	2882,4	507,5	6,17	3129,5	—247,1

[1] В 1988 г. Джизакская область вошла в состав Сырдарьинской области.

11. Солевой сток коллекторов Голодной степи в 1985 г.

№ п/п	Коллектор	Расход воды, м³/с	Объем стока, млн м³	Минерализация, г/л	Солевой сток, тыс. т
1.	Баяутский	3,82	120	2,30	276
2.	Джетысайский	4,74	149	3,30	491
3.	Акбулак устье	8,50	268	6,06	1620
4.	Акбулак средний	5,90	186	5,61	1040
5.	Акбулак верхний	2,24	705	6,39	450
6.	Клы устье	9,30	293	6,00	1760
7.	КЗО	0,84	26,4	7,15	189
8.	Временный	0,38	12,0	9,50	104
9.	Токурсай устье	1,65	52,0	6,04	314
10.	Токурсай верхний	0,96	30,2	3,07	92,5
11.	ЦК6-12	1,25	39,4	9,60	378
12.	ЦК6 устье	4,15	131	7,95	1040
13.	ЦГК ниже ЦК-6	15,3	481	4,90	2360
14.	Катастрофический устье	3,41	107	2,07	221
15.	Катастрофический верхний	4,56	143	1,69	241
16.	17К-7	2,48	78,0	7,90	546
17.	ЦГК, ниже 17К-7	33,2	1045	4,74	4950
18.	ПК-6 устье	9,94	313	6,24	1950
19.	ЦГК ниже ПК-6	4,26	134	4,88	653
20.	ЦГК устье	50,0	158	4,70	7400
21.	ЦК-9	2,67	84,1	10,2	859
22.	ЦК-11 устье	1,38	43,5	8,1	352
23.	ЦК-12 устье	0,33	10,4	13,9	145
24.	Пограничный	1,76	55,4	6,39	354
25.	Арк-1	0,58	18,3	7,53	138

Особенность распределения коллекторно-дренажной сети Голодной степи заключается в том, что одна часть магистральных коллекторов (Алкакуль, Ирджар, Кзыл-Узбекистанский, ГПК, Шурузяк и др.) впадает в Сырдарью, а остальные (Арнасайский, Клы, Кызылкумский, Акбулак, Пограничный, Кугайли, ЦГК и др.) — в Арнасайское понижение. В это понижение в многоводном 1969 г. было сброшено около 20,0 км³ речной воды из Сырдарьи.

Интересно, что в Арнасайском понижении минерализация воды не одинакова: наиболее повышена она в приплотинной зоне, а также в районе впадения коллекторов Акбулак и Клы —до 13—15 г/л, в южной части (бывшее озеро Тузкане)—9—10 г/л и в западной части —4—6 г/л. По составу вода преимущественно сульфатно-натриевая. Подсчитано, что коллекторами в Арнасайскую впадину в год сбрасывается 5,16—5,38 млн т солей.

Определенный практический интерес представляют данные по внутримесячному изменению минерализации коллекторно-дренажных вод. Располагая этими данными, ирригатор может правильно оценить качество этих вод в любое время года, что очень важно для более широкого использования их в орошаемом земледелии.

Подробные внутригодовые изменения минерализации, химического состава и расходов воды показаны на примере крупных коллекторов Голодной степи (рис. 11—13): Джетысайском, Баяуте и Центрально-Голодностепском (ЦГК).

В Джетысайском коллекторе (см. рис. 11) наименьшие колебания минерализации наблюдаются с февраля по август. В течение года имеется три пика минерализации: в начале января, начале сентября и начале октября. Это, по-видимому, связано с уменьшением расходов воды в коллекторе. В целом тенденция увеличения минерализации с уменьшением расходов воды здесь наблюдается. По составу большую часть года вода в этом коллекторе хлоридно-сульфатная — кальциево-магниево-натриевая (ХС—КМН).

В коллекторе Баяут (см. рис. 12) также наблюдается обратная взаимосвязь между водным и гидрохимическим режимами. По составу вода этого коллектора большую часть года хлоридно-сульфатная — магниево-кальциево-натриевая (ХС — МКН).

В Центрально-Голодностепском коллекторе, который образуется после слияния Джетысайского и Баяутского коллекторов, также наблюдается обратная взаимосвязь между водным и гидрохимическим режимами. Большую часть года вода в устье этого коллектора хлоридно-сульфатная — магниево-натриевая (ХС — МН).

Как показал анализ имеющегося материала, несколько нарушенная обратная взаимосвязь между расходами воды и минерализацией наблюдается и в других коллекторах Голодной степи (ПК-6, Акбулаке, Пограничном, Токурсае, Клы и др.).

По имеющимся данным, нами были рассчитаны средние «взвешенные» по стоку величины минерализации коллекторно-дренажных вод за каждый месяц в целом для всей Голодной степи (с учетом старой и новой зон орошения). При расчетах были использованы данные по следующим наиболее крупным коллекторам: Главному Пойменному, Шурузяку, Кзыл-Узбекистанскому, К-1, Акбулаку, Клы, ЦГК и ЦК-9.

Расчеты показали, что в целом наименьшая минерализация воды в коллекторах наблюдается в январе: 4,1 г/л, наибольшая — в марте —7,8 г/л. В период с мая по декабрь колебания минерализации небольшие: 4,56—5,16 г/л. В среднем за год средневзвешенная по стоку минерализация коллекторно-дренажных вод равна 5,31 г/л (рис. 14). Видно, что между расходами воды и ее минерализацией наблюдается обратная взаимосвязь.

Таким образом, следует отметить, что внутригодовые изменения минерализации в коллекторах Голодной степи целиком зависят от их питания: при малых расходах воды, когда коллекторы дренируют только грунтовые воды, минерализация в них наибольшая, и она существенно уменьшается, когда в период поливов в них попадает часть оросительных вод. На гидрохимический режим коллекторов влияют также сбросы с орошаемых полей во время их промывок. Влияние оросительных мелиораций на режим минерализации требует более подробного изучения.

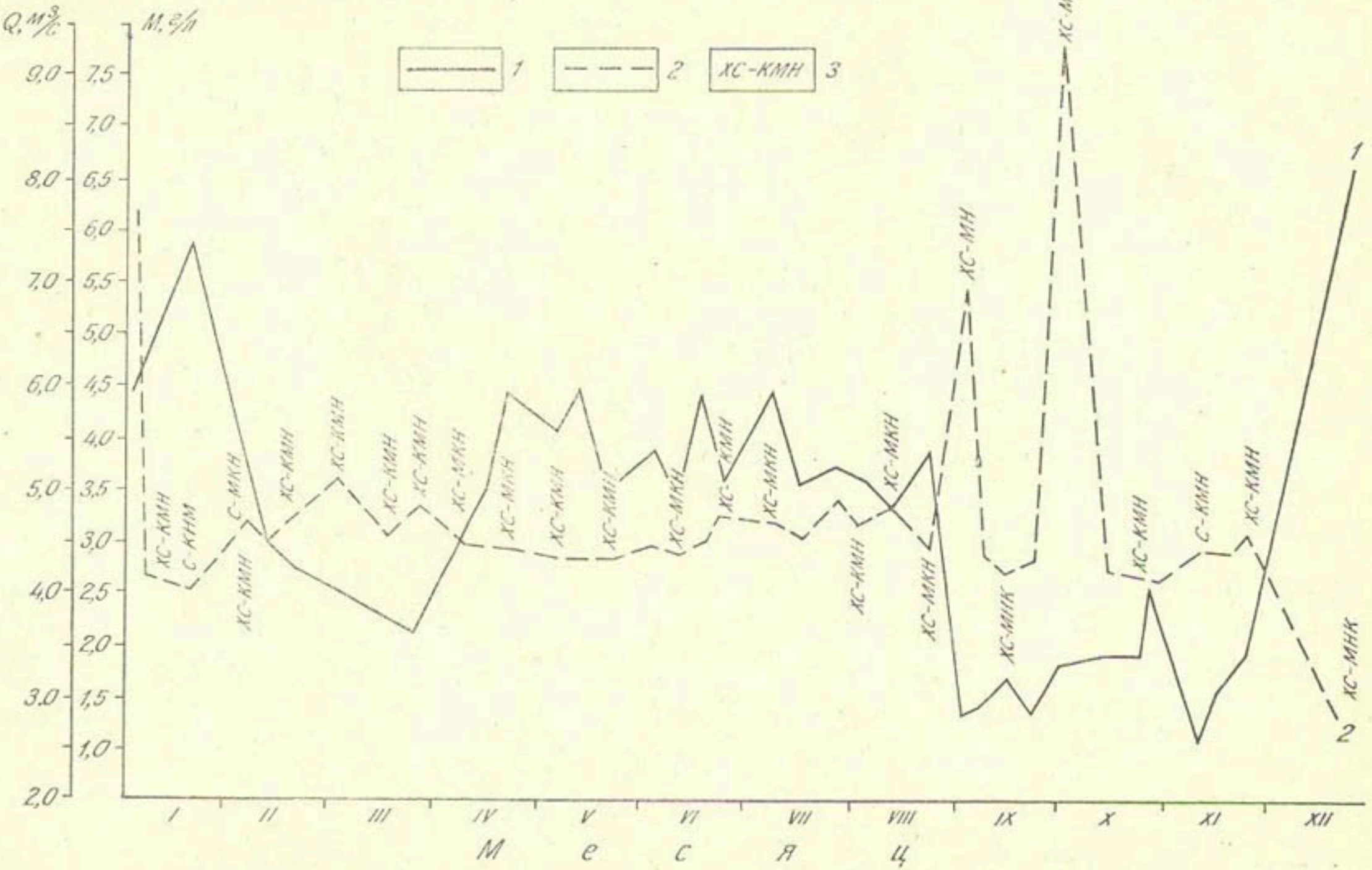


Рис. 11. Внутригодовое изменение:

1 — расходов воды; *2* — минерализации; *3* — химического состава по преобладающим ионам в Джетысайском коллекторе (Голодная степь).

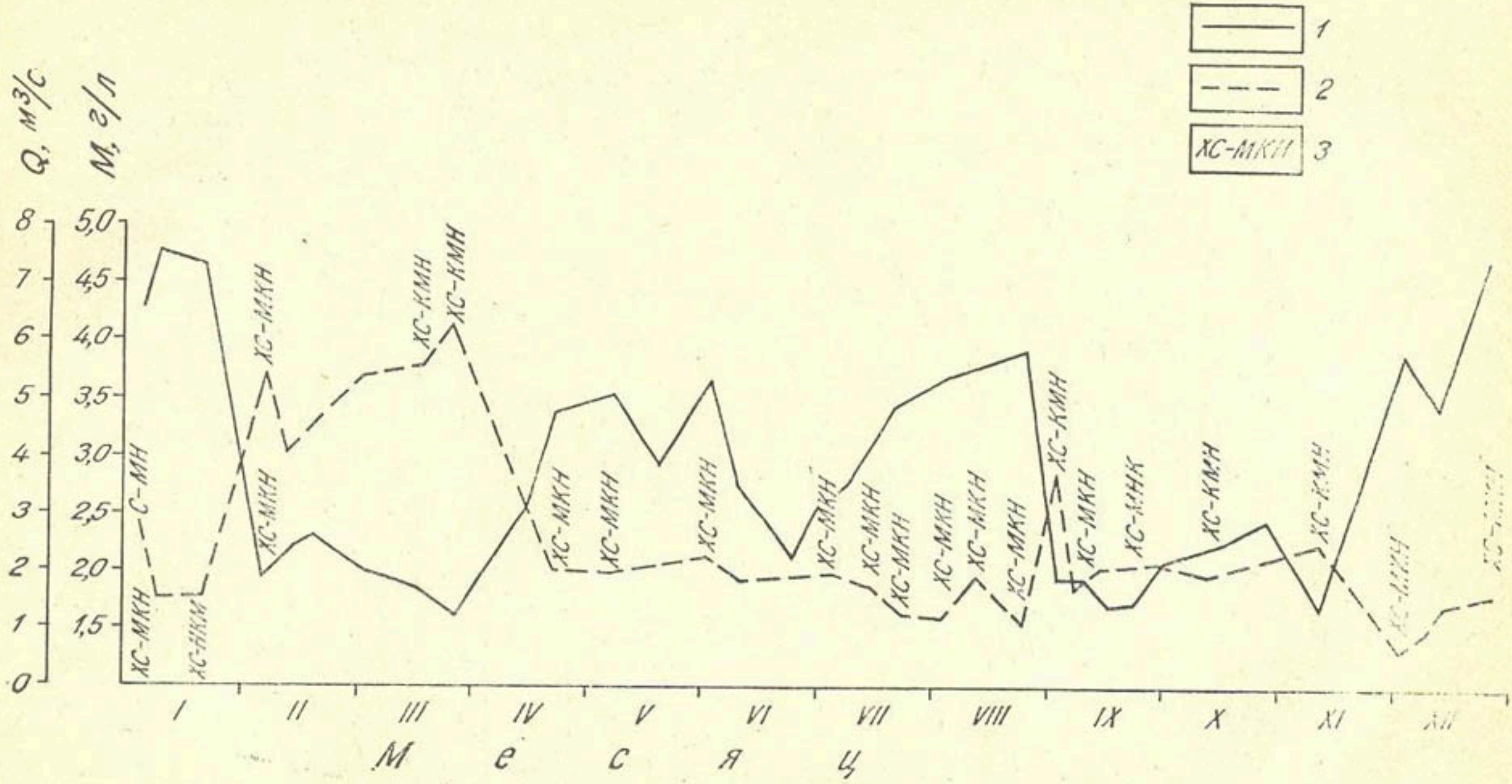


Рис. 12. Внутригодовое изменение:

1 — расходов воды; *2* — минерализации; *3* — химического состава по преобладающим ионам в коллекторе Баяут (Голодная степь).

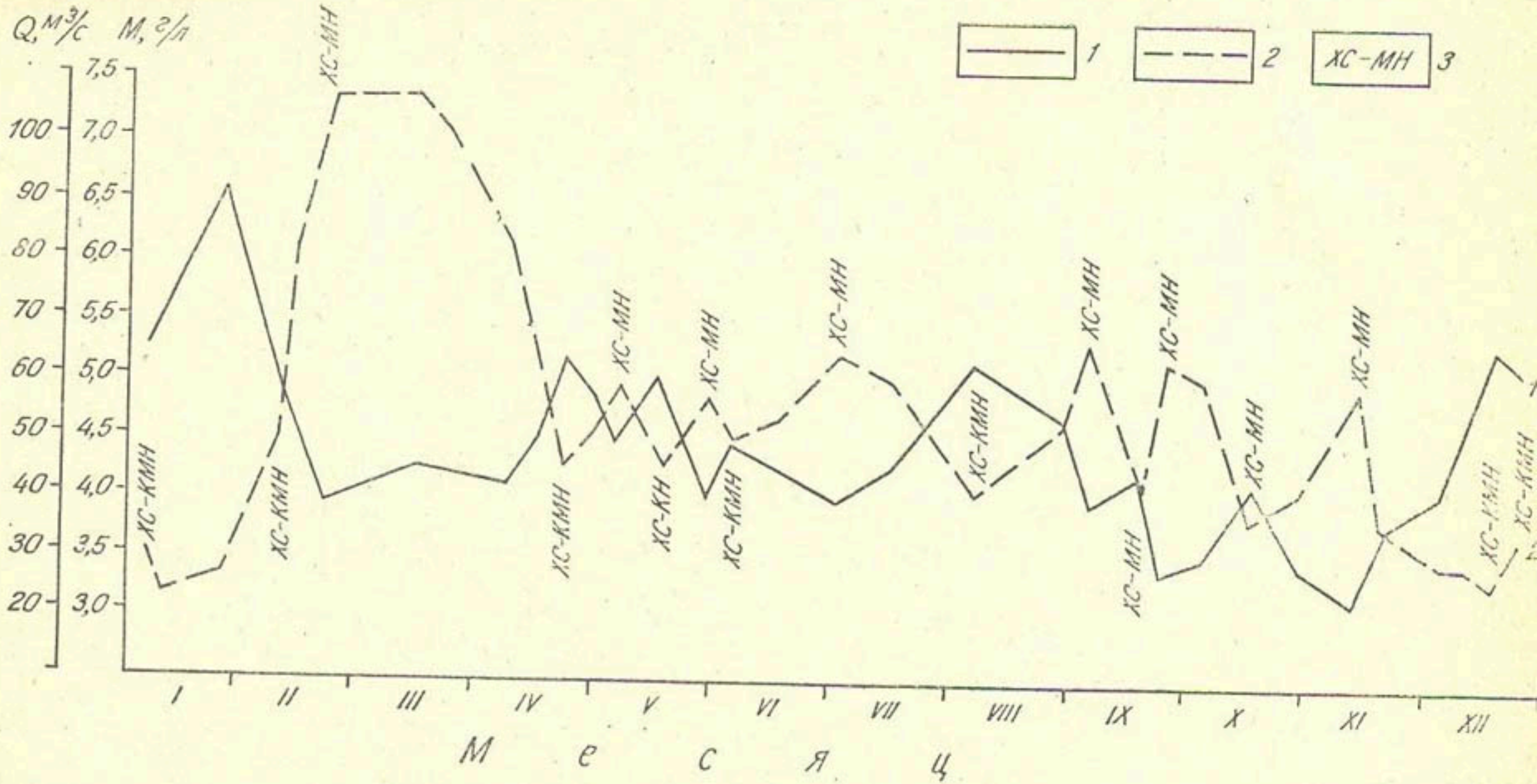


Рис. 13. Внутригодовое изменение:

1 — расходов воды; *2* — минерализации; *3* — химического состава по преобладающим ионам в Центрально-Голодностепском коллекторе (ЦГК) у устья.

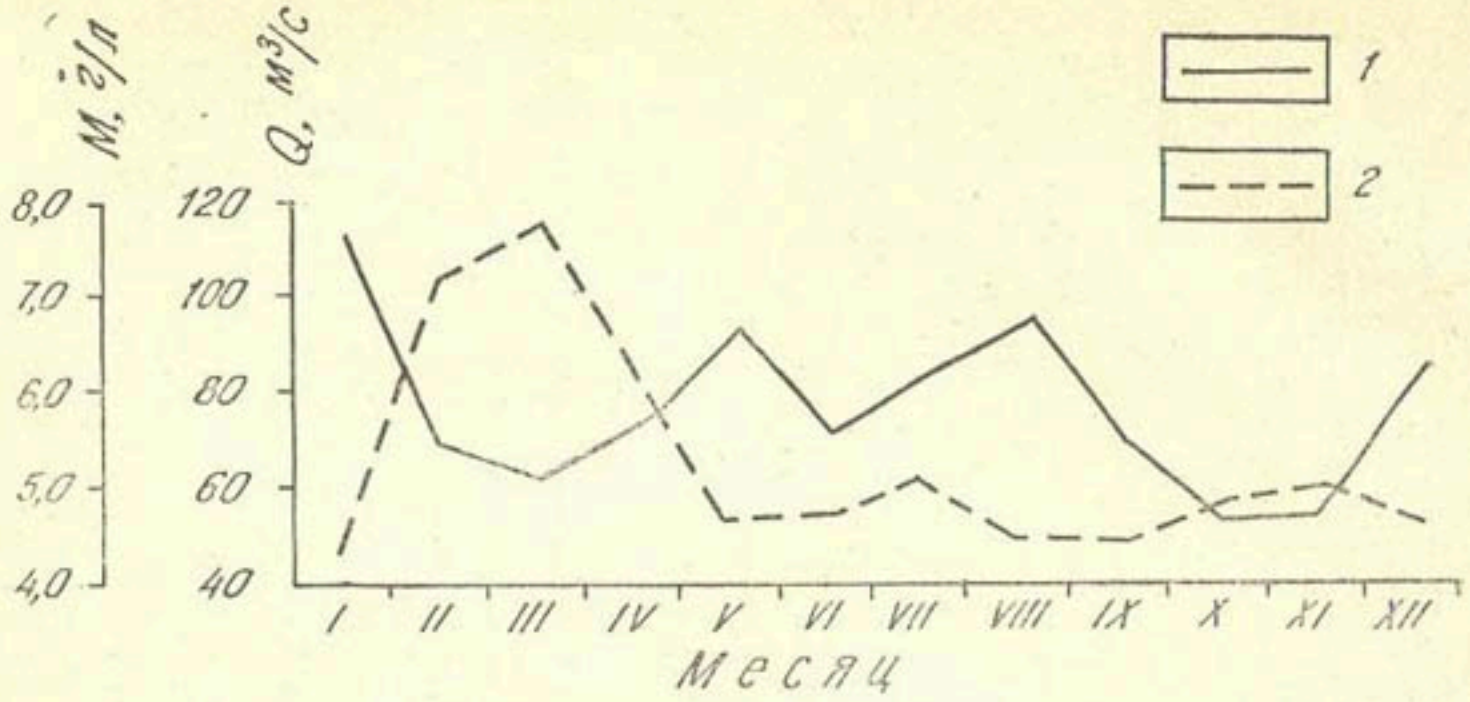


Рис. 14. Внутригодовое изменение:

1 — расходов воды; *2* — минерализации в коллекторах Голодной степи.

Нижнее течение бассейна. Водный и гидрохимический режим коллекторов в низовьях бассейна Сырдарьи изучен слабо. Как в Кзыл-Ординском, так и в Казалинском орошаемых массивах имеются коллекторы, отводящие грунтовые воды за пределы поливной зоны.

Сведения о минерализации и химическом составе вод этих коллекторов, по исследованиям сотрудников Казфилиала ВНИИВО, представлены в табл. 12. Видно, что минерализация воды в них изменяется от 3,1 (Северный) до 11,24 г/л (коллектор ОВКК-2). Состав воды в коллекторах изменяется от сульфатного — магниево-натриевого (С — МН) до хлоридно-сульфатного — кальциево-натриевого (ХС — КН).

4. ВЗАИМОСВЯЗЬ МЕЖДУ МЕЛИОРАТИВНЫМ СОСТОЯНИЕМ ОРОШАЕМЫХ МАССИВОВ И МИНЕРАЛИЗАЦИЕЙ ВОДЫ В ДРЕНИРУЮЩИХ ИХ ВОДОТОКАХ

Ферганская долина

Ферганская долина представляет собой межгорную впадину, расположенную в верхнем течении Сырдарьи, и имеет эллипсовидную форму. Протяженность ее в широтном направлении около 300 км, а в меридиональном—60 км. Ферганская долина ограничена с северо-запада Кураминским хребтом, с севера — Чаткальским, с востока — Ферганским, а с юга — Туркестанским и Алайским (рис. 15).

По административному делению Ферганская долина относится к Узбекской и частично к Киргизской и Таджикской ССР. На ее территории в основном расположены Ферганская, Андижанская и Наманганская области УзССР, составляющие 75% всей площади. Общая территория котловины занимает 10,5 млн га, из кото-

12. Минерализация и химический состав коллекторно-дренажных вод в низовьях бассейна Сырдарьи

Минерализация, г/л	Форма выражения анализа	Содержание ионов						Состав воды
		HCO_3^-	SO_4^{-2}	Cl^-	Ca^{+2}	Mg^{+2}	Na^+	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
		1. Восточно-Карманчинский коллектор						
3,94	мг/л	262,3	3403,2	1420,0	276,2	235,2	1886,0	
	%-экв	1,8	30,8	17,4	5,9	8,5	35,6	ХС — Н
		2. Коллектор ОВКК-12						
11,24	мг/л	488,0	4953,6	2584,4	616,0	735,6	2113,7	
	%-экв	2,2	28,0	19,8	8,3	16,7	25,0	ХС — МН
		3. Коллектор ВКК						
5,00	мг/л	366,0	2256,8	727,0	316,0	36,0	1488,1	
	%-экв	4,0	32,0	14,0	10,7	2,1	37,2	ХС — КН
		4. Южный коллектор						
4,06	мг/л	329,4	2193,4	540,0	256,0	350,4	361,8	
	%-экв	5,4	34,5	11,5	9,7	22,0	18,3	ХС — НМ
		5. Северный коллектор						
3,10	мг/л	451,4	1401,6	525,8	208,0	218,4	524,4	
	%-экв	7,2	28,3	14,5	10,0	17,6	22,4	ХС — КМН
		6. Главный сбросной канал						
4,43	мг/л	280,5	2054,0	752,6	276,0	60,0	1145,4	
	%-экв	3,3	31,2	15,5	10,1	3,6	36,3	ХС — КН
		7. Коллектор К-12						
9,74	мг/л	317,2	6211,2	554,2	200,0	667,2	1945,8	
	%-экв	1,8	43,0	5,2	3,3	18,5	28,2	С — МН

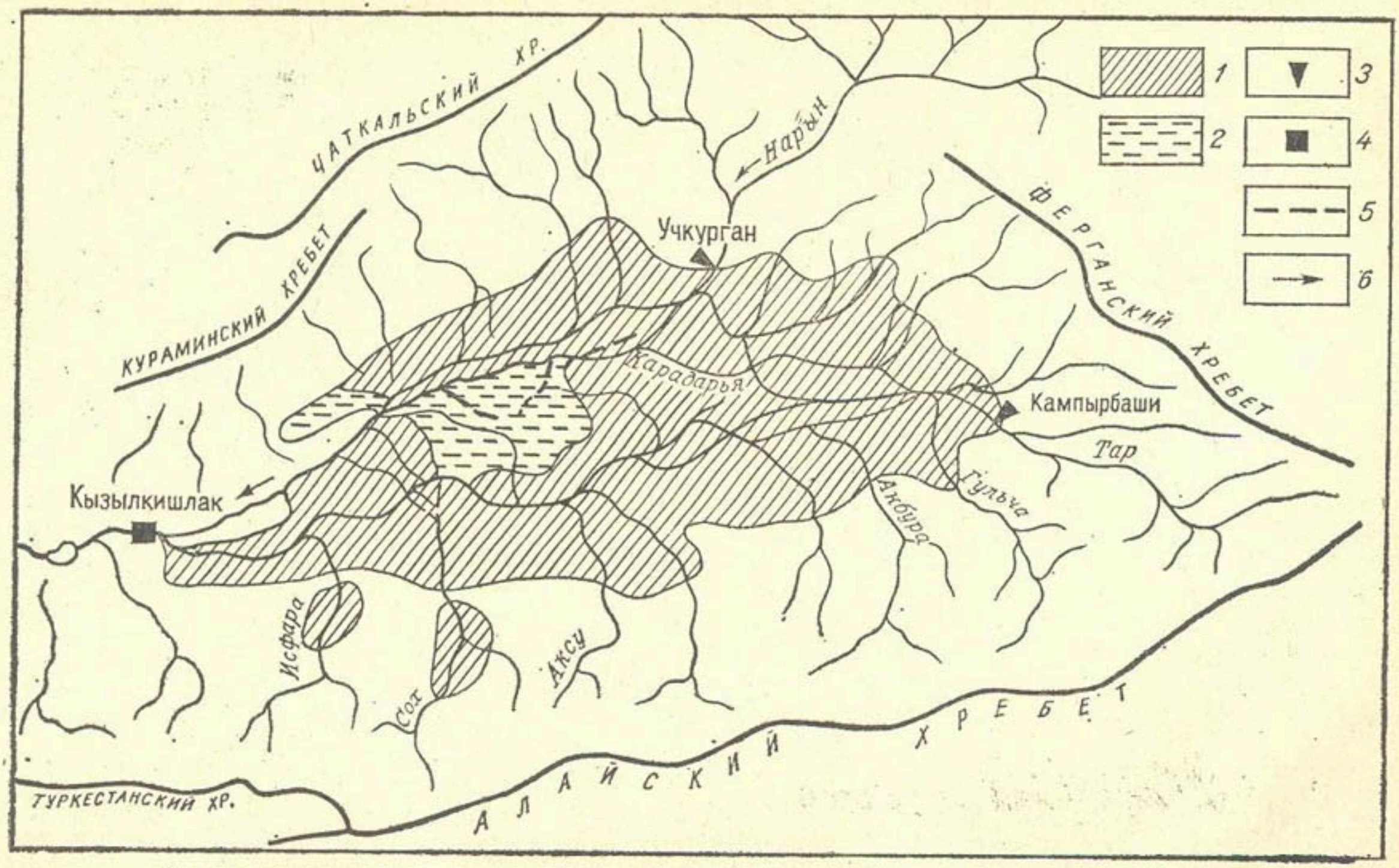


Рис. 15. Ферганская долина:

1 — земли существующего орошения; *2* — земли перспективного орошения; *3* — начальный гидрологический створ; *4* — замыкающий гидрологический створ; *5* — наиболее крупные коллекторы; *6* — направление течения воды.

рых 1,8 млн га принадлежит УзССР. В пределах долины специалисты выделяют Северную, Восточную, Западную, Южную и Центральную Фергану, отличающиеся друг от друга почвенно-мелиоративными условиями.

Ферганская долина — одна из наиболее обширных межгорных впадин Средней Азии — характеризуется рядом особенностей рельефа, связанных с историей ее формирования. Низменная равнинная часть Ферганской долины обрамлена тройным рядом кулисообразно поднимающихся горных возвышенностей: *первый ряд* — низкая полоса плоских адырных гряд, *второй* — более высокая и рассеченная полоса предгорий и, наконец, *третий* — высочайшие в Средней Азии горные хребты. Согласно исследованиям геологов Ферганская долина как тектоническая впадина сформирована еще в палеозое.

В настоящее время в Ферганской долине выделяют предгорную зону, адыры, конуса выносов, заадырные и межконусные понижения, аллювиальные террасы Карадарьи и Сырдарьи.

Характерным для горной котловины типом рельефа являются конуса выносов. Они обрамляют Ферганскую долину с севера и юга. Значительную роль в формировании рельефа сыграла река Сырдарья. Сырдарья образует три надпойменные террасы. На правобережье хорошо выражена только третья, лёссовая терраса. Основная территория равнинной части долины занята второй террасой Сырдарьи. На нее накладываются периферии конусов выносов. На формирование рельефа и покровных отложений влияют ветер и деятельность человека.

По данным «Средазгипроводхлопка», валовая площадь Ферганской долины равна 8554 тыс. га, из них для орошения пригодно лишь 1539 тыс. га. Пятьдесят лет назад в этом регионе орошалось 822 тыс. га, в том числе около 300 тыс. га занимали посевы хлопчатника. За годы войны орошаемая площадь несколько сократилась (817 тыс. га), но начиная с 1945 г. наблюдается непрерывный рост в основном за счет посевов хлопчатника. В 1965 г. она приблизилась к миллиону гектаров (979 тыс. га), под хлопчатником —600 тыс. га. К 1986 г. величина орошаемой площади в Ферганской долине достигла почти 1300 тыс. га. Из-за недостатка свободного земельного фонда под орошение начали осваивать в основном засоленные почвы Центральной Ферганы.

Поверхностные водные ресурсы Ферганской долины складываются из суммарного притока рек: Нарына — створ Учкурган (с учетом водозабора в Большой Ферганский канал — БФК), Карадарьи — створ Кампыррават (с каналом Отузадыр), правобережных и левобережных притоков. По данным «Средазгипроводхлопка», в среднем за многие годы (1926—1970 гг.) водные ресурсы долины равны 25,1 км^3, или в расходах воды 797 м^3/с. Водозабор из рек в 1956—1958 гг. составлял 15,5 км^3 в год, в 1986 г. он увеличился до 22,0 км^3.

Несмотря на то, что Ферганская долина — древний оазис, основное освоение земель здесь началось в годы Советской власти.

В настоящее время все оросительные системы соединены каналами, большинство из которых были построены перед войной. Наиболее крупными являются: Большой Ферганский канал (БФК), Северный Ферганский канал (СФК) и Южный Ферганский канал (ЮФК). Только к 1967 г. общая протяженность оросительных каналов в долине достигла 30 тыс. км.

Для регулирования стока построены водохранилища: Уртатокайское (Касансайское) на реке Касансай (1954 г.), Каркидонское на Кувасае (1964 г.), на реке Карадарье — Андижанское (Кампырраватское) водохранилище, проектируются Сохское, Гавасайское, Исфайрамское, Папанское.

Гидрогеологические условия орошаемых земель определяются их положением на современных конусах выноса, в межадырных впадинах, на аллювиальных террасах Сырдарьи, в межконусных понижениях и т. д. По данным Д. М. Каца (1969), только в Ферганской области в первые послевоенные годы площадь земель с глубиной залегания грунтовых вод от 0 до 1,5 м составляла 69%. Периферия конусов выноса и межконусные понижения, а также аллювиальная долина р. Сырдарьи характеризуются неглубоким залеганием грунтовых вод. Глубина залегания грунтовых вод на орошаемых землях, как правило, составляет 1—2 м, на неорошаемых —3,5 м.

В предгорьях, а также вдоль русла Сырдарьи минерализация грунтовых вод не превышает 1 г/л, на территории Центральной Ферганы она достигает 5—10 г/л, а на некоторых сильнозасоленных участках доходит до 20—50 г/л.

Почвенный покров Ферганской долины отличается большим разнообразием: немного меньше половины орошаемых земель занято автоморфными почвами — темными, типичными и светлыми сероземами, а остальная площадь — гидроморфными: луговыми, болотно-луговыми и болотными. Большая часть неорошаемых земель приходится на темные и типичные сероземы предгорий. В Центральной Фергане, где расположен основной фонд новоосваиваемых земель, доминируют лугово-болотные и солончаковые сероземные почвы.

Степень засоления орошаемых почв была изучена еще в 40-е годы. К 1946 г. (СоюзНИХИ) из общей орошаемой площади 765 тыс. га незасоленные занимали 47,7%, слабозасоленные — 25,1%, среднезасоленные —12,5%, сильнозасоленные —8,1% и солончаки —6,6%.

По мнению В. А. Ковды (1946), происхождение солей в Ферганской долине тесно связано с речными и оросительными водами, а также с геоморфологическими и гидрогеологическими условиями различных ее участков. Орошение способствовало передвижению легкорастворимых солей с поливных территорий в центральные и малодренируемые нижние районы. Поэтому наибольшее выражение засоление получило в Центральной Фергане и несколько меньшее — в Западной. В Восточной и правобережной Фергане засоление было выражено слабее. Орошаемые засолен-

ные почвы Ферганской долины по типу засоления относятся к сульфатно-натриевой (магниевой) провинции соленакопления (Ковда, 1946: Панков, 1974). Более подробно вопросы солепроявления в орошаемых почвах Ферганской долины рассмотрены ниже.

Орошаемое земледелие в Ферганской долине издавна нуждалось в мелиоративных работах: промывках почв от излишков солей и их отводе посредством дренажной сети. Поэтому отдельные дрены были прорыты еще в прошлом веке — так называемые з а у р ы.

Наибольшее развитие строительство коллекторно-дренажной сети получило в годы Советской власти. В 1986 г. общая протяженность достигла почти 25 тыс. км. Наиболее крупные коллекторы были построены в 1940—1952 гг. Среди них такие, как Сох-Исфаринский (длиной 36 км), Сары-Джуга (52 км), Северо-Багдадский (72 км), Средний Кызылтепинский (27 км) и др. В 1959 г. при Ферганском областном управлении оросительных систем начал работать отдел мелиорации с двумя химическими лабораториями, расположенными в Фергане и Коканде. Начиная с этого года сотрудники отдела ежемесячно отбирали пробы коллекторно-дренажных вод на химический анализ (как правило, в конце месяца). Число коллекторов, из которых отбирали пробы, ежегодно увеличивалось. Так, только по Ферганской области в 1959 г. пробы были отобраны в шести коллекторах, в 1960 г.— уже в 16, в 1965 г.— в 38, а к 1986 г. число точек наблюдения достигло 80. В настоящее время пробы воды в отдельных коллекторах (Северо-Багдадский, Сох-Исфаринский, Пишкаран и др.) берут в двух-четырех точках по длине коллектора.

Сток всех магистральных коллекторов сбрасывается в р. Сырдарью. Наибольшая величина расходов воды, доходящая до 92 м^3, наблюдается в коллекторах Северо-Багдадский и Сарысу. В устьях остальных она меньше: от 0,09 до 10,4 м^3/с.

В пределах Андижанской области только среднегодовая величина минерализации коллекторно-дренажных вод изменяется от 0,41 (Бабагазы) до 3,66 г/л (Пограничный); в пределах Наманганской области — от 0,50 (40 лет Октября) до 1,92 г/л (Каракалпак) и в пределах Ферганской области — от 1,49 (К-Я-К) до 4,68 г/л (коллектор ДН-7^а).

Предположительный состав коллекторно-дренажных вод[1]: до 0,7 г/л — сульфатно-гидрокарбонатный — магниево-кальциевый, от 0,7 до 1,5 г/л — сульфатный — магниево-кальциевый, от 0,7 до 1,5 г/л — сульфатный — магниево-натриево-кальциевый, выше 1,5 г/л — сульфатный — натриево-кальциево-магниевый.

Сток коллекторно-дренажных вод играет большую роль в водно-солевом балансе орошаемой территории Ферганской долины. Здесь коллекторно-дренажная сеть в целом пока не справляется с выносом необходимого количества солей из почвенно-грунтовой

---

[1] Приняты по аналогии изменения химического состава грунтовых вод с ростом минерализации.

толщи поливных угодий (особенно при освоении засоленных почв), поэтому протяженность коллекторно-дренажной сети продолжает увеличиваться.

Так как Сырдарья не имеет единого русла до выхода в Ферганскую долину, то за начальные створы для нее приняты два — Учкурган на р. Нарын и Кампыррават на р. Карадарья. Первый от места слияния этих рек створ находится на расстоянии 42 км, второй —155 км. Первый створ был открыт в сентябре 1896 г., второй — в сентябре 1910 г. Гидрохимические наблюдения здесь ведутся УГМС УзССР с 1938 г.

С некоторой погрешностью анализ колебаний минерализации воды в р. Сырдарье выше значительной части орошаемой площади можно производить и по створу Каль. Он отстоит от устья реки на расстоянии 2096 км и находится в верхней части Ферганской долины. Створ открыт в ноябре 1930 г.

В качестве замыкающего створа, характеризующего минерализацию воды Сырдарьи ниже орошаемой площади Ферганской долины, принят створ Кызылкишлак. Он расположен на выходе р. Сырдарьи из Ферганской долины ниже Кайраккумского водохранилища. От устья реки удален на расстояние 1864 км, открыт в январе 1948 г. Гидрохимические наблюдения проводятся с 1950 г. Для характеристики минерализации речной воды за более ранний период использованы сведения по створу Бекабад, который удален от створа Кызылкишлак на 45 км. Он открыт в мае 1910 г., гидрохимические наблюдения ведутся с 1937 г. По створу Бекабад имеются гидрохимические данные и за 1911—1913 гг.

С 1938 по 1974 г. среднегодовая величина расходов воды у створа Кампыррават (р. Карадарья) изменялась от 50,4 (1965 г.) до 213 $м^3/с$ (1969 г.), у створа Учкурган (р. Нарын) — от 205 (1974 г.) до 628 $м^3/с$ в год и у створа Каль (р. Сырдарья) — от 196 (1974 г.) до 936 $м^3/с$ (1969 г.).

Особенности солепроявлений в орошаемых почвах и их отражение на минерализации и составе речной воды. Анализ изменения мелиоративного состояния орошаемых земель позволяет выявить закономерности почвенных, геохимических, гидрогеологических и других процессов, происходящих внутри массивов, и послужит основой для выведения почвенно-мелиоративных прогнозов на перспективу.

Основываясь на данных почвенных организаций и Областной производственной гидрологической экспедиции, мелиоративное состояние земель можно изучить за определенный, как правило, небольшой период времени (20—25 лет). Между тем, существует значительный материал (за 70—80 лет) по минерализации и химическому составу речных вод (выше и ниже оазисов), который согласно бассейновому ландшафтно-галогеохимическому методу анализа природных территорий (Степанов, Чембарисов, 1978) можно с успехом использовать и для анализа почвенно-мелиоративного состояния орошаемых территорий. Применение этого метода в

Ферганской долине позволило выявить пять этапов в истории развития современного орошения: I этап —1925—1950 гг., II—1951—1960 гг., III—1961—1970 гг., IV—1971—1970 гг., V—1981—1986 гг.

Рассмотрим коротко, что характерно для почвенно-мелиоративного состояния орошаемых земель Ферганской долины в период каждого этапа (см. табл. 3).

I этап (1925—1950 гг.). К 1950 г. суммарная величина орошаемой площади в Ферганской долине достигла 840 тыс. га. Эти земли располагались в основном в междуречье Карадарьи и Нарына и на конусах выносов рек Сох, Исфары, Акбуры, Касансая. Орошались в основном светлые сероземы, сероземно-луговые и лугово-сазовые почвы.

Из всей орошаемой площади на долю незасоленных земель приходилось почти 48%. 52% территории занимали в различной степени засоленные почвы.

Согласно существующим материалам (Розанов, 1933; Федоров и др., 1934; Ковда, 1947 и др.), грунтовые воды в зоне орошения в этот период залегали на глубине 1,5—2,0 м. Минерализация их колебалась от 0,5 до 14 г/л с преобладанием сульфатов магния и натрия над другими солями (Шаврыгин, 1947).

Общее количество дренажных (возвратных) вод, поступающих в р. Сырдарью с орошаемой территории ежегодно в этот период, достигло 1,41—1,73 км³, а сбрасываемых солей, по нашим расчетам, 3—4 млн т.

Установлено, что минерализация речной воды выше орошаемой площади долины изменялась от 0,31 до 0,39 г/л, по составу вода была сульфатно-гидрокарбонатные — магниево-кальциевые (СГ — МК). Ниже орошаемой площади она равнялась 0,42 г/л, и по составу вода р. Сырдарьи была также сульфатно-гидрокарбонатная — магниево-кальциевая (СГ — МК).

Таким образом, при дренировании орошаемых рекой Сырдарьей земель в пределах Ферганской долины 670—840 тыс. га (из них 53,3% различной степени засоления) минерализация речной воды на пути от начального до замыкающего створа возросла в среднем на 0,7 г/л, при этом состав воды в реке практически не менялся.

II этап (1951—1960 гг.). К концу второго периода величина орошаемой площади в Ферганской долине увеличилась с 851 до 977 тыс. га, в том числе под хлопчатником от 471 до 559 тыс. га. В этот период в Ферганской области незасоленные земли занимали 85,3 тыс. га (или 30% всей орошаемой площади); остальные 197,3 тыс. га были засолены в различной степени; в Андижанской области незасоленные земли занимали 44,4 тыс. га, в различной степени засоления —114,4 тыс. га, или 34,7% площади поливной зоны (330 тыс. га); в Наманганской области незасоленные почвы составляли 156,4 тыс. га, а засоленные —48,8 тыс. га. (Панков, 1957; Горбунов, 1957; Шувалов, 1957.)

В. А. Гейниц (1949) в различных гидрогеологических районах наблюдал, как изменялась глубина залегания грунтовых вод. Так,

в юго-восточном районе она снизилась в среднем на 0,69 м; в северо-восточном районе — на 0,03 м; в центральном районе наблюдалось небольшое их повышение. От уровня залегания грунтовых вод зависит их минерализация. При их подъеме повышается минерализация, например, в верхнем слое от 3,6 до 10 г/л; при понижении грунтовых вод на 0,5—0,6 м, минерализация воды практически не меняется.

Длина дренажной сети в этот период достигала 13,5 тыс. км. Объем дренажных вод увеличился до 4,6 км^3 в год, а сумма солей, сбрасываемых в р. Сырдарью,— до 9,5 млн. т.

В верховьях долины минерализация и химический состав речных вод за прошедший период не изменились. Так, в воде Карадарьи у створа Кампыррават (1951 — 1960 гг.) среднегодовые величины минерализации ($М_{ср.год}$) изменялись от 0,24 до 0,37 г/л (во время первого этапа — от 0,26 до 0,40 г/л). По составу вода была в основном сульфатно-гидрокарбонатная — магниево-кальциевая (СГ — МК).

Среднегодовая величина минерализации воды в р. Нарын у створа Учкурган в 1925—1950 гг. изменялась от 0,24 до 0,39 г/л; в 1951—1960 гг. она колебалась от 0,24 до 0,34 г/л, т. е. практически оставалась такой же. Химический состав воды внутри года был устойчиво сульфатно-гидрокарбонатный — кальциевый (СГ—К).

Ниже орошаемой площади среднегодовая минерализация речной воды (створ Кызылкишлак) в эти годы изменялась от 0,39 (1951 г.) до 0,87 г/л (1957 г.). Состав воды р. Сырдарьи в этот период был, как правило, гидрокарбонатно-сульфатный — натриево-магниево-кальциевый (ГС—НМК) (см. табл. 3).

Таким образом, минерализация воды в р. Сырдарье при выходе ее из Ферганской долины за прошедшее время возросла на 0,19 г/л (в среднем с 0,42 до 0,59 г/л), а ее химический состав сменился с сульфатно-гидрокарбонатного — магниево-кальциевого (СГ — МК) до гидрокарбонатно-сульфатного — натриево-магниево-кальциевого (ГС—НМК). Это подтверждает увеличение выноса сульфата натрия из почв орошаемой зоны в этот период.

III этап (1961—1970 гг.). К 1970 г. орошаемая площадь в Ферганской долине увеличилась до 1100 тыс. га, из них под хлопчатником было занято 520 тыс. га.

В этот период в Центральной Фергане свободный фонд земель, пригодных под орошение, составлял около 200 тыс. га. Так как почвы этого района представлены в основном солончаками и в различной степени засоленными почвами, то для их освоения требовалось строительство дополнительных дрен и коллекторов, а освоение земель нужно было начинать с промывок и посевов риса для обессоливания почв (Летунов, 1962; Крюгер, Семенова, Умаров, 1970 и др.).

Сопоставление данных показало, что в орошаемой зоне Ферганской долины за прошедшие годы (1933 и 1963 гг.) произошло некоторое рассоление почв: по трем основным типам почв (сероземы и серо-бурые, луговые, болотно-луговые и болотные почвы)

незасоленных земель стало на 104,5 тыс. га больше. Вынос солей превысил их поступление на 1061 тыс. т (Панков, 1974).

По Н. Н. Ходжибаеву (1975), в зависимости от местоположения орошаемых участков, механического состава почв и грунтов и других факторов в Ферганской долине наблюдалось шесть типов режима грунтовых вод, отличающихся по времени наступления максимума и минимума глубины их залегания. В целом на интенсивно дренированных участках заметно было слабое понижение уровня грунтовых вод, и на слабо дренированных полях — их повышение.

Выше орошаемой площади минерализация речных вод за рассматриваемый период не изменилась и практически осталась такой же, как в 1925—1950 гг. Для данного этапа за многолетие она была в Нарыне 0.27 г/л, в Карадарье —0,32 г/л. Не изменился и состав вод. В Нарыне вода осталась сульфатно-гидрокарбонатной — магниево-кальциевой (СГ — МК), в Карадарье — гидрокарбонатно-сульфатной — натриево-магниево-кальциевой (ГС—НМК).

Длина дренажной сети в долине к концу этапа достигла 16,7 тыс. км; объем дренажных вод —4,0—4,5 км^3, в Сырдарью сбрасывалось до 10—11 млн т солей в год. Это незамедлительно повысило минерализацию воды р. Сырдарьи при выходе ее из Ферганской долины в среднем для данного этапа до 1,03 г/л, т. е. по сравнению с предыдущим этапом она возросла на 0,44 г/л. Изменился также состав воды, он стал сульфатным — магниево-натриево-кальциевым (С—МНК) (см. табл. 3).

В целом по данному этапу для Ферганской долины характерен рассолительный процесс, достигнутый строительством новых дрен и коллекторов, которые, как правило, отводили воду в р. Сырдарью. Это увеличивало ее водоносность, но одновременно повышало и минерализацию воды в реке, что является неблагоприятным фактором.

IV этап (1971—1980 гг.). Для этого этапа характерно современное мелиоративное состояние орошаемых почв. К 1980 г. в Ферганской долине орошалось почти 1200 тыс. га. Осваивать стали в основном засоленные почвы Центральной Ферганы.

Освоение земель в пределах Центральной Ферганы изменило направленность почвообразования в сторону луговости. Орошаемые массивы обычно заняты луговыми и реже болотно-луговыми почвами, как правило, в той или иной степени засоленными. Интересно, что некоторые почвы, имевшиеся до 1930 г., в 1970 г. исчезли, например, лугово-такырные. Появились также ранее отсутствовавшие, например, лугово-пустынные (по Максудову, 1979).

На мелиоративное состояние орошаемых земель Центральной Ферганы сильно влияют грунтовые воды. На большей части орошаемых почв они находятся на глубине 1—2 м и на меньшей — на глубине 2—3 м.

При помощи коллекторно-дренажной сети ежегодно только за пределы Центральной Ферганы отводится до 3,8 млрд м³ воды, а вместе с ней до 7,5 млн т солей. В пределах всей Ферганской долины в этот период в р. Сырдарью поступало до 13—15 млн т солей в год.

Минерализация и химический состав речных вод выше орошаемой площади практически не изменились: в р. Нарын она в среднем равна 0,31 г/л, состав воды преимущественно сульфатно-гидрокарбонатный — магниево-кальциевый (СГ—МК); в р. Карадарье —0,53 г/л, состав воды преимущественно гидрокарбонатно-сульфатный — натриево-магниево-кальциевый (ГС—НМК).

В р. Сырдарье при выходе из Ферганской долины минерализация воды увеличилась в среднем до 1,2 г/л, состав воды сменился на сульфатный — натриево-кальциево-магниевый (С—НКМ) (см. табл. 3). Таким образом, и в этот период минерализация речной воды ниже орошаемых площадей повысилась.

V этап (1981—1986 гг.). За эти годы орошаемая площадь в данном оазисе увеличилась до 1250 тыс. га, водозабор до 21,0 км³, а объемы коллекторных вод — до 7,3—7,5 км³. Установлено, что минерализация воды р. Сырдарьи ниже орошаемой площади Ферганской долины в эти годы достигла 1,25 г/л, состав воды остался сульфатным — магниево-кальциево-натриевым (С—МКН).

Таким образом, исторический анализ изменения гидрохимических характеристик воды р. Сырдарьи ниже орошаемых почв Ферганской долины показал, что в этой реке они изменились за прошедшие 60—63 года, причем вода стала более минерализованной, а ее состав — более токсичным.

Голодная и Джизакская степи

Голодная и Джизакская степи расположены в среднем течении Сырдарьи (по левобережью) от створа Бекабад до Чардаринского водохранилища. В структурно-геологическом отношении Голодная степь — это часть обширной межгорной впадины, ограниченной на юге Туркестанским, а на севере и северо-востоке Чаткальским и Кураминским хребтами (рис. 16). На протяжении значительной части третичного и всего четвертичного периодов Голодная степь являлась областью накопления обломочного материала, сносимого временными и постоянными потоками со склонов гор.

По административному делению территория Голодной степи до 29 декабря 1973 г. относилась к Сырдарьинской области УзССР, занимая в целом 2324,2 тыс. га.

На западе граница Голодной степи проходит по древнему руслу Арнасая, ограничивающему ее от песков Кызылкум. С востока и северо-востока она отделена от Дальверзинской степи и Ташкентского оазиса долиной р. Сырдарьи. Голодная степь представляет собой равнину с общим слабым уклоном на север и северо-запад. Большую часть Голодной степи занимает третья, над-

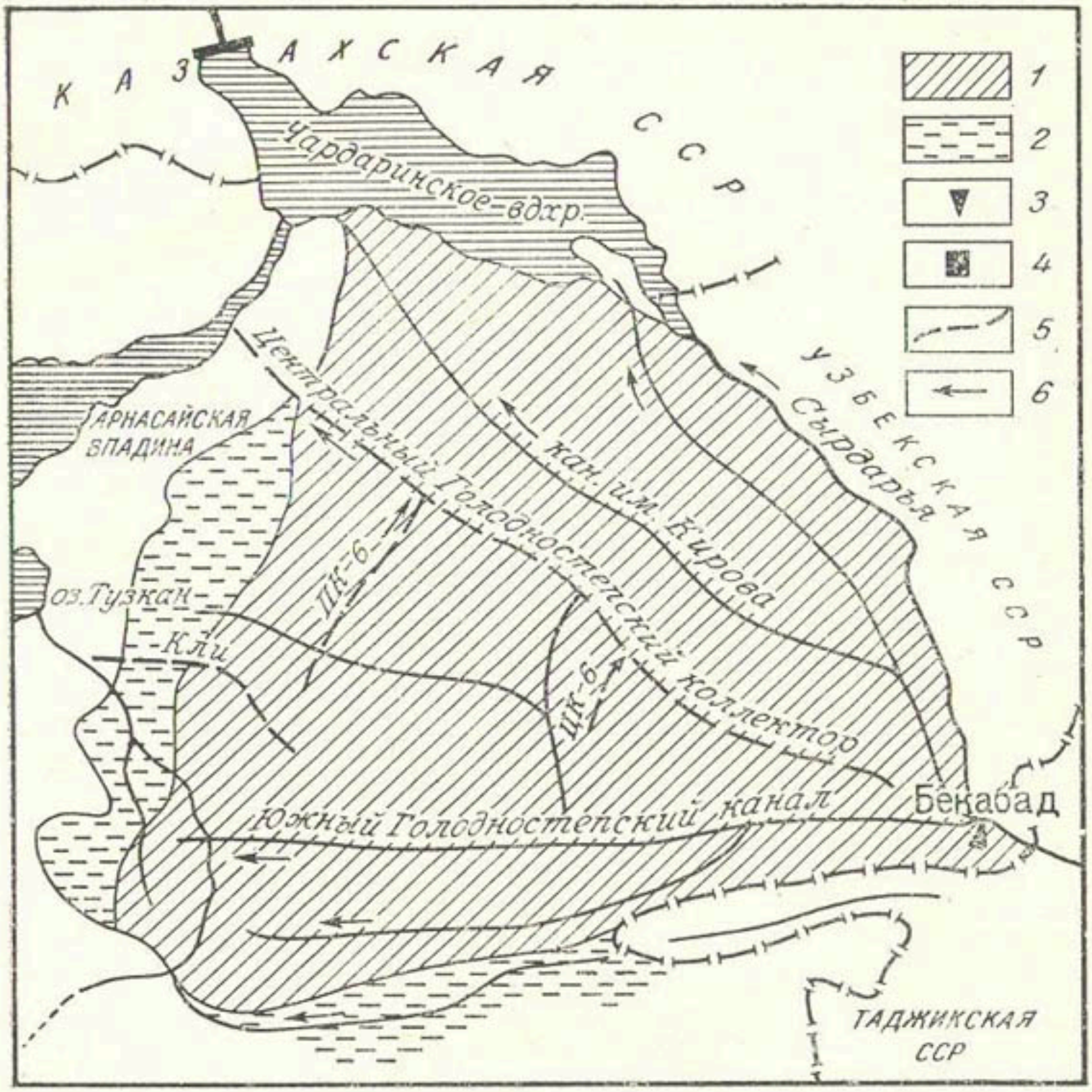


Рис. 16. Голодная степь:

1 — земли существующего орошения; *2* — земли перспективного орошения; *3* — начальный гидрологический створ; *4* — замыкающий гидрологический створ; *5* — наиболее крупные коллекторы; *6* — направление течения воды.

пойменная терраса р. Сырдарьи, представляющая собой плоскую равнину. Общая площадь Голодной степи (данные «Средазгипроводхлопка») 850 тыс. га, пригодных для орошения — около 750 тыс. га.

В 1986 г. в Сырдарьинской области (в новых границах) было орошено 279,4 тыс. га, под хлопчатником —173,2 тыс. га; в Джизакской области соответственно 267,2 и 158,2 тыс. га (зона нового орошения Голодной степи).

17 мая 1918 г. В. И. Ленин подписал исторический декрет «Об ассигновании 50 млн руб. на оросительные работы в Туркестане и об организации этих работ», где, в частности, предусматривалось орошение 500 тыс. десятин земель в Голодной степи.

В основу орошения и освоения Голодной степи положен проект, разработанный под руководством Г. К. Розенкампфа. Работы по проекту предполагалось осуществить в течение шестивосьми лет. За первые четыре года на базе Голодностепского канала (позже переименован в канал им. Кирова) планировали оросить 170 тыс. десятин северо-западной и 30 тыс. десятин — юго-восточной части степи.

В 1915 г. в Туркестане было занято под посевами 3,5 млн десятин (из них орошалось 2,4 млн десятин), к 1918 г. посевы сократились до 1,3 млн десятин, а поливные земли соответственно до 0,9 млн десятин. Посевы хлопчатника сократились с 680 до 80 тыс. десятин. Главными причинами сокращения орошаемых земель были развал многих оросительных систем и отсутствие ввоза хлеба из центральных районов России (Ходжиев, 1975).

Отмечая развитие орошения в Туркестане за 1918—1920 гг. (годы голода и разрухи), нужно отметить, что благодаря плодотворной деятельности партийных, советских и хозяйственных органов Туркестанской Автономной ССР не только удалось сохранить от полного разрушения ирригационное хозяйство, но в какой-то мере восстановить его и добиться определенного увеличения поливных площадей: с 0,9 млн десятин (в 1918 г.) до 1,4 млн десятин в 1920 г.

Дальнейшее успешное развитие ирригационных работ позволило увеличить орошаемую площадь Голодной степи к 1923 г. до 37,5 тыс. га, в том числе под хлопчатником — до 18,4 тыс. га (48,9% общей орошаемой площади). Голодностепская оросительная система в эти годы имела два больших независимых друг от друга водоотвода: Шурузякский и Сардобинский. Первый собирал сбросную воду орошаемой части Голодной степи на северо-восток от Северного канала (бывшей левой ветки) и отводил ее к Сайтенскому каналу, где она частично разбиралась на орошение, а большей частью сбрасывалась в котловину, лишенную естественного стока. Второй водосбор, имевший бассейн в несколько раз меньше Шурузякского, собирал воду с полей, расположенных на юго-западе от канала, и отводил ее несколькими сбросами в Сардобинскую впадину.

«Средазводхоз» (бывшее название «Средазгипроводхлопка») в 1926 г. составил проект дальнейшего развития орошения в Голодной степи. В нем предусматривалось оросить в течение восьми лет более 405 тыс. га земель, из них на территории КазССР— 326 тыс. га и УзССР —80 тыс. га. В 1926 г. Голодностепская оросительная система обслуживала 52,9 тыс. га посевной площади, из них по УзССР —22,7 тыс. га, по КазССР —30,0 тыс. га. Орошаемая часть Голодной степи насчитывала 10044 хозяйства, из них на территории Узбекистана 6365, Казахстана —3679.

В 1927 г. магистральный канал Голодностепской системы не только достиг предельной пропускной способности, но и стал работать с перегрузкой. По проекту его пропускная способность была рассчитана на 45—50 м³/с при оросительной способности 45 тыс.

десятин. Расчетный пропуск воды по Северному Голодностепскому каналу составлял 45 м³/с, а фактически в 1924 г. пропускалось 60, в 1925 г.—63, в 1926 г.—65, в 1927 г.—70 м³/с.

В 1929 г. Голодностепская система орошала 66,8 тыс. га, в том числе хлопчатника —37,6 тыс. га. По Узбекистанской части Голодной степи орошаемая площадь достигла 36,9 тыс. га, посевная —33,8 тыс. га, из них под хлопчатником —21,7 тыс. га. В 1930 г. магистральные ветви Голодностепского канала были расширены на пропуск расхода воды в 74 м³/с, а также построено и отремонтировано до 250 гидротехнических сооружений на распределительной и оросительной сетях. В 1935 г. фактически в Голодной степи орошалось 77,42 тыс. га, в том числе по Узбекской ССР 41,1, по Казахской —36,3 тыс. га. 62,2% орошаемой площади было занято под хлопчатником. Такова вкратце история развития орошения в Голодной степи.

В настоящее время ирригационная система Голодной степи располагает следующими водохозяйственными сооружениями:

Фархадский гидроузел обеспечивает основной забор воды из р. Сырдарьи для орошения всей Голодной степи. Расположен ниже Кайраккумского водохранилища, на 4 км выше г. Бекабада, построен в 1943 г.;

в 1948 г. на р. Сырдарье была построена Фархадская ГЭС и водохранилище суточного регулирования с полным и полезным объемами соответственно 0,33 и 0,15 км³. Из деривационного канала ГЭС начался водозабор в каналы Беговат и Баяут;

водозаборные сооружения, построенные в 1951 г., стали после переустройства (1961—1965 гг.) головным участком Южноголодностепского канала. Самотечный канал им. Кирова — КМК, реконструированный в 1954 г., забирает воду из отводящего канала Фархадской ГЭС. Протяженность его 113 км, головной водозабор 230 м³/с. Общая подкомандная площадь КМК —218 тыс. га. Самым крупным отводом Кировского магистрального канала является Правая ветка. Ее протяженность около 65 км с пропускной способностью в голове 60 м³/с.

В старой зоне оросительная сеть — это преимущественно сеть каналов в земляном русле. Она оборудована инженерными сооружениями, коэффициент полезного действия (КПД) сети 0,65 (Волынов, Забелин, Кияткин, Луженева, 1980).

Для орошения целинных земель южной части Голодной степи (территория Джизакской степи) в 1961 г. был построен самотечный Южноголодностепский канал (ЮГК). Протяженность его 127 км, расход в голове 360 м³/с. Воду в канал забирают из деривационного канала Фархадской ГЭС. На протяжении 93 км ЮГК проходит в земляном русле и только в концевой части — в облицовке из бетона. Из канала берут воду Фархадская (расход 10 м³/с), Баяутская (30 м³/с), Центральная (164 м³/с), Курган-тепинская (18 м³/с) и Акбулакская (31 м³/с) ветки (Волынов и др., 1980). В зоне ЮГК КПД оросительных систем около 0,8.

Во избежание вторичного засоления земель все межхозяйст-

венные каналы орошаемой зоны Голодной степи построены в бетонной облицовке или покрыты бетонными плитами, уложенными на полиэтиленовую пленку. Участковая оросительная сеть выполнена в виде железобетонных лотков на опорах или труб. В этих условиях КПД внутрихозяйственной оросительной сети не падал ниже 0,9.

Источниками питания грунтовых вод до орошения являлись подземный поверхностный сток с Туркестанского хребта, подземный поверхностный приток из Ферганской впадины по сырдарьинскому конусу выноса, подрусловой приток подземных вод со стороны Чаткальского хребта и атмосферные осадки. Расход слагался из подземного стока в Сырдарью, оттока в Кызылкум, на испарение и транспирацию. Основным источником питания грунтовых вод являлся подземный приток. Грунтовые воды до орошения расходовались главным образом на отток в Сырдарью, дренирующую Голодную степь, Арнасай и Кызылкум.

Глубина грунтовых вод на подгорной покатости была до орошения 17,5—20 м, ближе к горам — более 20 м, по мере удаления от гор глубина залегания их уменьшалась до 10, а затем до 5 м. Минерализация грунтовых вод до орошения колебалась в нешироких пределах: на верхних частях конусов выноса и на подгорной покатости — до 1 г/л, на периферии конусов —5—10 гл/л и более, в центральной части Голодной степи —10—15 г/л.

Основным источником солевого состава подземных вод в условиях Голодной степи являются горные породы, залегающие как в областях питания этих вод, так и в самой Голодной степи. Второй источник поступления солей в подземные воды Голодной степи — атмосферные осадки, средняя минерализация которых около 0,1 г/л. Следующий источник поступления солей — оросительные воды, трещинные и поровые воды глубоких горизонтов и эоловый принос. На территории Голодной степи А. С. Хасанов выделил шесть гидрохимических зон грунтовых вод: 1— зона гидрокарбонатно — кальциево-магниевых вод, 2— сульфатно-гидрокарбонатно — натриевых, 3— сульфатно-хлоридных — натриевых, 4— сульфатно-хлоридных — натриево-магниевых, 5— хлоридно-сульфатных — натриевых и 6— зону смешанного типа вод.

Началом орошения Голодной степи считается открытие Беговатского канала в 1895 г. В 1911 г. орошаемая площадь была равна 10 тыс. га, а в 1915 г.—24,1 тыс. га.

По Н. Н. Ходжибаеву (1975), в результате орошения естественный гидрологический процесс в Голодной степи нарушился. На естественные потоки грунтовых вод наложились фильтрационные воды ирригационных систем и орошаемых площадей. Уровень грунтовых вод приблизился к дневной поверхности. Это способствовало усилению процесса вертикального водо- и солеобмена. Под орошаемыми массивами сформировались ирригационно-грунтовые воды, режим и баланс которых резко отличался от естественных условий. Наибольшую роль в приходной части баланса подземных вод стала играть инфильтрация оросительных вод из

ирригационных каналов (30,23 м³/с) и орошаемых площадей (30,2 м³/с). В расходной части баланса наибольшую роль играет испарение —45,3 м³/с; выклинивание подземных вод в русло р. Сырдарьи равно 2,03 м³/с, а сток грунтовых вод по дренам и коллекторам составлял 14,8 м³/с. В зависимости от давности орошения, близости оросительных каналов и коллекторов, а также режима орошения и промывок Н. Н. Ходжибаев на территории Голодной степи выделил пять типов нарушенного режима уровня грунтовых вод.

Д. М. Кац (1976) по данным многолетнего режима грунтовых вод выделил соответствующие фазы, определяемые в основном изменениями ирригационно-хозяйственных условий:

— *подъем* и *неглубокое залегание* уровня грунтовых вод и нарастание их минерализации в связи с орошением в бездренажных условиях при избыточной водоподаче и редкой коллекторной сети. Охватывает период примерно до 30-х годов;

— *неоднородные изменения* уровня и минерализации грунтовых вод в зависимости от ирригационно-хозяйственных факторов с четкой тенденцией снижения на площадях упорядоченного водопользования и строительства коллекторно-дренажной сети. Соответствует периоду с 30-х до середины 60-х годов;

— *снижение уровня* и *минерализации* грунтовых вод в большинстве районов и относительная стабилизация уровня на массивах нового освоения благодаря дальнейшему улучшению водопользования, развитию коллекторно-дренажной сети и строительству вертикального дренажа.

М. М. Крылов (1977) выделяет два основных направления в процессе формирования подземного стока: а) в южной половине Голодной степи он направлен к северу от Туркестанского хребта и б) юго-западное направление, являющееся как бы продолжением подземного потока в мощных аллювиальных песках и галечниках Чирчика и Ахангарана. Подходя к руслу Сырдарьи с расходом до 25—30 м³/с, этот поток дренируется ею. Однако часть потока, возможно до 30—40%, минуя русло Сырдарьи, вступает в пределы Голодной степи.

Голодная степь находится в сероземной зоне. Подгорная покатость занята незасоленными типичными сероземами на лёссах. На конусе выноса р. Зааминсу (севернее железнодорожного полотна) распространены типичные сероземы и сероземно-луговые почвы, остаточно-солончаковые и солончаковатые. Типичные сероземы конуса выноса р. Санзар, развитые на пролювии, подстилаемом галечником, также не засолены. Голодностепская лёссовая террасовая поверхность занята светлыми сероземами. Почвы эти до орошения были незасоленные, но глубоко солончаковые. В толще грунта обнаружено четыре ясно выраженных яруса скопления воднорастворимых солей. М. А. Панков (1974) отмечает, что ярусное перемещение солей в однородной по механическому составу толще лёсса связано с изменением глубины грунтовых вод, более близких в ранние фазы развития и более глубоких

13. Минерализация и расходы воды коллекторов Голодной степи

№№ п/п	Коллектор	Колебания		Длина, км
		$M_{ср.\ год.}$, г/л	$Q_{ср.\ год.}$, м³/с	
1.	Шурузяк	2,49—3,58	9,29—18,93	82,4
2.	Главный Пойменный	2,56—3,70	3,58—11,15	70,0
3.	Центральный Голодностепский	3,57—4,64	22,9 —30,3	85,0
4.	Баяутский	1,97—3,63	1,0	32,3
5.	Джетысайский	3,39—5,45	1,0	32,4
6.	Восточный	1,93—2,98	2—4	12,0
7.	Северный	1,14—3,50	1,2 —1,4	8,0
8.	Арнасайский	0,89—1,93	0,5 —1,0	17,2
9.	Кызылкумский	0,98—2,36	1,3 —2,3	15,0
10.	К-1	0,65—2,03	0,08—0,38	7,0
11.	Кызыл-Узбекистанский	1,10—2,33	0,06—0,46	6,0
13.	Машинный	3,16—5,59	0,10—0,60	8,0

в современную (доорошаемую) фазу. Сероземы центральной части Голодной степи, развитые на озерно-пролювиальных отложениях, глубоко солончаковатые с ярусным скоплением солей. По днищам впадин развиты солончаковые лугово-сероземные почвы и солончаки. Тип засоления хлоридно-сульфатный. Часто поверхности солончаков покрыты гипсовой коркой, содержащей до 40% гипса. Вторая терраса по грядовидному повышению была занята слабосолончаковатыми и незасоленными светлыми сероземами. В пониженной ее части развиты сероземно-луговые и луговые солончаковые почвы с пятнами луговых и типичных солончаков по понижениям. Первая терраса занята аллювиальными луговыми, болотно-луговыми и болотными почвами, в той или иной степени засоленными. Пойменная терраса и острова заняты слаборазвитыми пойменно-аллювиальными луговыми слабозасоленными с поверхности почвами, периодически промываемыми при паводковом затоплении.

Орошение, начавшееся на основном массиве Голодной степи в 1912 г., с первых же лет вызвало подъем грунтовых вод и вторичное засоление почв.

Коллекторно-дренажная сеть в Голодной степи начала строиться в 1940 году. За 1957—1986 гг. ее длина только в пределах Сырдарьинской области увеличилась от 2000 до 8030 км.

Часть магистральных коллекторов (Главный Пойменный — ГПК, Шурузяк, Западный, Северный и Концевой) впадает в Сырдарью, а остальные (Арнасайский, Кызылкумский, Центрально-Голодностепский — ЦГК) сбрасывают воду в Арнасайское понижение (рис. 17).

Управление мелиоративных систем в Голодной степи при Сырдарьинском ОблУОСе было организовано в 1963 г. Начиная с

этого времени проводится ежемесячный отбор проб коллекторно-дренажных вод на химический анализ.

Наименьшая минерализация (0,65 г/л) была установлена в коллекторе К-1, а наибольшая (5,59 г/л) — в Машинном коллекторе. Наибольшие расходы воды (22,9—30,25 м³/с) наблюдались в Центральноголодностепском коллекторе (табл. 13).

По данным экспедиции ТашГУ и института «Средазгипроводхлопок», состав дренажных вод преимущественно хлоридно-сульфатный — кальциево-магниево-натриевый (ХС — КМН).

Водозабор на орошение составляет около 3,2 км³ в год, или 8—10 тыс. м³ на 1 га. Общий сток дренажных вод в 1977 г. составил 1,38 км³, в 1986 г.—2,24 км³. В последние годы часть дренажных вод (включая и воду из скважин вертикального дренажа) используется на поливы: в 1985 г. было отобрано 320 млн м³, а в 1986 г.—350 млн м³.

Джизакская степь считается зоной нового орошения Голодной степи. Площадь области —2030 тыс. га, из них в 1986 г. полито 267,2 тыс. га, соответственно под хлопчатником —158,2 тыс. га.

Земли Джизакской степи в основном орошаются водой р. Сырдарьи, поступающей по ЮГК. Меньшую роль играет сток многочисленных рек и саев, стекающих в южной части области с северного склона Туркестанского хребта. В наиболее водоносных реках (Санзар, Зааминсай) среднемесячные расходы воды не превышают 14,3 м³/с, а среднегодовые —5,5 м³/с.

На севере Джизакской области расположено Арнасайское понижение, в него в многоводном 1969 г. было сброшено 20,0 км³ воды из р. Сырдарьи.

Для лучшей водообеспеченности земель построено Джизакское водохранилище объемом 60 млн м³, питающееся стоком р. Санзар.

На р. Зааминсу минерализация воды определяется у створа Дуабе, а на р. Санзар — у створа Кырк. В период половодья она равна 0,30—0,36 г/л, по составу — сульфатно-гидрокарбонатная — кальциевая (СГ — К); в межень минерализация воды повышается до 0,50 г/л практически без изменения ее состава.

О минерализации и составе воды р. Сырдарьи, забираемой в Южный Голодностепский канал, можно судить по данным у створа Бекабад. Сведения о гидрохимии воды непосредственно в ЮГК приведены в работе О. К. Камилова (1976).

Дренажные воды отводятся р. Клы и коллекторами Токурсаем, Акбулакским, Пограничным и Кугайли. Минерализация воды в них изменяется от 2,6 до 5,3 г/л, состав воды преимущественно сульфатно-натриевый (С — Н).

В Арнасайском понижении минерализация воды неодинакова: наиболее повышена она в приплотинной зоне, а также в районе впадения коллекторов Акбулак и Клы — до 13—15 г/л, в южной части (бывшее оз. Тузкан)—9—10 г/л и в западной части —4—6 г/л; по составу вода везде сульфатно-натриевая (С — Н) (Видинеева, 1972; Горелкин, 1977). Использование этой воды для оро-

шения требует глубокого обоснования с постановкой полевых опытов.

Водозабор на орошение в 1985 г. составил 2,35 км³, а в 1986 г. 2,40 км³. Суммарный сток дренажных вод достиг соответственно 610,9 и 714,1 млн м³. Часть дренажного стока использована для поливов: в 1985 г.—32,7 млн м³, в 1986 г.—86,5 млн м³.

При освоении новых земель потребуется строительство дополнительной дренажной сети, так как поступление солей с оросительной водой превышает их вынос.

Отражение состояния засоления орошаемых почв на минерализации и составе коллекторно-дренажных вод. Охарактеризуем взаимосвязь между состоянием засоления орошаемых почв Голодной степи и минерализацией воды дренируемых ее водотоков для тех же этапов, выделенных ранее для Ферганской долины.

I этап (1925—1950 гг.). К концу этапа площадь орошаемых земель достигла 140 тыс. га, под хлопчатник освоено 77 тыс. га. В 1928 г. орошалось только 47 тыс. га (табл. 14).

В этом периоде коллекторно-дренажная сеть практически отсутствовала, поэтому в орошаемой зоне происходило засоление и заболачивание земель. Так, в 1908—1912 гг. под засоленными землями было 34% всей орошаемой площади, в последующие 12—15 лет (1923—1924 гг.) засоление охватило до 70%, а в 1935 г.—до 72%. Незначительная часть грунтовых вод отводилась с орошаемой зоны коллектором Шурузяк, по которому можно судить о ходе рассолительного процесса в зоне старого орошения Голодной степи.

По некоторым отрывочным данным (Ковда, 1946), средняя минерализация воды в этом коллекторе к концу данного этапа была равна 5,0—4,5 г/л. По составу вода была преимущественно сульфатно-хлоридная — кальциево-магниево-натриевая (СХ — КМН).

II этап (1951—1960 гг.). К концу этапа орошаемая площадь достигла 220 тыс. га, под хлопчатником 149 тыс. га. Вода для орошения в основном подавалась по Кировскому магистральному каналу (КМК), реконструированному в 1954 г.

В этот период были проведены значительные работы по строительству открытой коллекторно-дренажной сети (продолжение Шурузякского, Сардобинский и др.). В 1957 г. ее длина была равна 2000 км, а к 1960 г. достигла 3000 км. В связи с работой коллекторов мелиоративное состояние орошаемой зоны стало улучшаться. Так, в 1952 г. площадь в различной степени засоленных почв уменьшилась до 51%, а к 1958 г.— до 44%. После окончания капитальных промывок засоленных почв минерализация воды в устье коллектора Шурузяк понизилась до 4,2—3,7 г/л. Состав воды стал в этом периоде преимущественно хлоридно-сульфатным — кальциево-магниево-натриевым (ХС — КМН).

III этап (1961—1970 гг.). К концу данного периода площадь орошаемых земель в зоне старого орошения достигла 235 тыс. га, а площадь земель, занятых под хлопчатником,—225 тыс. га. Уве-

14. Многолетние изменения гидрохимических характеристик воды в коллекторах старой зоны орошения Голодной степи

Этап освоения, годы	Орошаемая площадь, тыс. га	Доля засоленных почв, %	Водозабор, км³	Длина коллекторной сети, км	Объем коллекторных вод, км³	Коллекторные воды	
						минерализация, г/л	химический состав и стадия
1925—1950	40—140	70—72	0,8—1,8	200	0,09—0,10	5,0—4,5	СХ—КМН
1951—1960	140—220	51—44	1,9—2,2	3000	0,20—0,80	4,2—3,7	ХС—КМН
1961—1970	220—235	40—33	2,3—2,4	6100	0,90—1,00	3,0—2,9	ХС—КМН
1971—1980	235—240	30—28	2,5—2,7	7135	1,30—1,50	2,7—2,5	С—МКН
1981—1986	до 279	28	до 2,9	7920	до 1,72	2,5—2,3	С—МКН

личилась в этот период и длина коллекторно-дренажной сети: в 1965 г. она была равна 4900 км, в 1970 г.—6100 км. В 1963 г. при областном Управлении оросительных систем было организовано Управление мелиоративных систем. Начиная с этого года сведения по минерализации коллекторно-дренажных вод Голодной степи стали более упорядоченными.

В связи с хорошей промытостью орошаемых почв в зоне, подкомандной КМК (называется зоной старого орошения), минерализация коллекторных вод (судили по Шурузяку) постепенно уменьшилась до 3,0—2,9 г/л. Состав воды стал преимущественно хлоридно-сульфатным — кальциево-магниево-натриевым (ХС — КМН).

В тот же период (в 1961 г.) для орошения целинных земель южной части Голодной степи был построен Южно-Голодностепский канал. Для отвода коллекторных вод с этой зоны, а также частично со старой зоны орошения был построен Центрально-Голодностепский коллектор, воды которого стали сбрасываться в Арнасайскую впадину. Среднегодовые величины минерализации в устье этого коллектора колебались в этот период в пределах 6,1—4,4 г/л. Состав воды был преимущественно сульфатно-хлоридным — кальциево-магниево-натриевым (СХ — КМН).

IV этап (1971—1980 гг.). В 1973 г. территория Голодной степи административно разделилась на Сырдарьинскую и Джизакскую области. В 1979 г. в пределах Сырдарьинской области было орошено 229,5 тыс. га земель, общая длина коллекторно-дренажной сети достигла 7135 км.

В Джизакской области в 1979 г. было орошено 197,7 тыс. га, а общая протяженность коллекторно-дренажной сети достигла 4325 км.

К концу этого периода в связи с успешной мелиорацией орошаемых земель старой зоны орошения минерализация воды в коллекторе Шурузяк стабилизировалась на уровне 2,7—2,5 г/л. Состав воды стал сульфатным — магниево-кальциево-натриевым (С — МКН). Минерализация воды в устье ЦГК в эти годы практически не изменилась (6,15—4,3 г/л). Не изменился пока и химический состав воды.

V этап (1981—1986 гг.). Орошаемая площадь в старой зоне орошения достигла 279 тыс. га, суммарный водозабор увеличился до 2,9 км^3, из них на промывки использовалось до 0,68 км^3. Фактические оросительные нормы составили 8—9 тыс. м^3/га при потребности —10,3 тыс. м^3/га. На промывные поливы было затрачено 3,4 тыс. м^3/га против плана 5,5 тыс. м^3/га.

Объем отведения коллекторных вод со староорошаемой зоны Голодной степи увеличился во время этого этапа до 1,72 км^3. Минерализация коллекторных вод существенно не изменилась, в среднем она была равна 2,5—2,3 г/л, химический состав ее также остался прежним: сульфатным — магниево-кальциево-натриевым (С — МКН, см. табл. 14).

По мере накопления данных отмеченную взаимосвязь можно выявить и для новой зоны орошения.

Установлено, что в последние годы у створа Чиназ (он расположен ниже многих коллекторов старой зоны орошения) минерализация воды р. Сырдарьи изменялась внутри года от 0,93 до 1,38 г/л, состав воды был преимущественно сульфатным — магниево-кальциево-натриевым (С — МКН). Однако у этого створа фиксируется влияние на минерализацию воды р. Сырдарьи и сбросов менее минерализованных вод Ахангарана и Чирчика. Но все равно коллекторные воды Голодной степи ухудшают качество воды в Сырдарье, так как их минерализация выше, чем минерализация речной воды ниже Ферганской долины.

Таким образом, можно отметить, что ввиду развития орошения (увеличение водозабора на поливы и промывки) объемы коллекторных вод со староорошаемой территории Голодной степи за многолетний период увеличились почти в 17 раз (с 0,10 до 1,72 км^3), средняя минерализация данных вод за эти же годы уменьшилась в 2,0—2,2 раза (с 5,0 до 2,5—2,3 г/л.). При этом в воде стало меньше хлоридного иона. Коллекторные воды данного массива попадают в основном в Сырдарью, увеличивая ее минерализацию и ухудшая химический состав.

Ташкентский оазис

Этот оазис охватывает бассейны рек Чирчика, Ахангарана и частично Келеса и при водохозяйственном районировании носит название ЧАКИР: Чирчик-Ахангаран-Келесский ирригационный район. По административному делению эта территория принадлежит в основном Ташкентской области, ее площадь равна 1557,5 тыс. га, из них в 1986 г. орошалось 975,3 тыс. га, соответственно под хлопчатником 146,2 (рис. 18).

Сток вышеназванных рек формируется в отрогах Таласского, Угамского, Пскемского, Чаткальского и Кураминского хребтов. Горные хребты сложены преимущественно интрузивными, эффузивными и осадочными породами. Речные долины имеют покатую поверхность от гор к р. Сырдарье.

Верхние террасы, являющиеся водораздельными, сложены мощными толщами лёссовидных пород. Нижние террасы, пролювиальные шлейфы, верхние и средние части конусов выноса сложены грубообломочными материалами (галечник, гравий, щебень), прикрытыми с поверхности слоем мелкозема (суглинки, супеси) мощностью до 3—5 м и больше.

Главная река оазиса Чирчик — крупнейший приток Сырдарьи: длина реки 174 км, площадь водосбора 14240 км^2, средневзвешенная высота водосбора выше села Ходжикент равна 2548 м. В верховье бассейна широко распространены сезонные снежники, оледенение незначительно.

По характеру питания река Чирчик относится к снегово-ледниковому типу, а Ахангаран и Келес — к снегово-дождевому (Шульц, 1965). Существенное возрастание расходов воды в р. Чирчик наб-

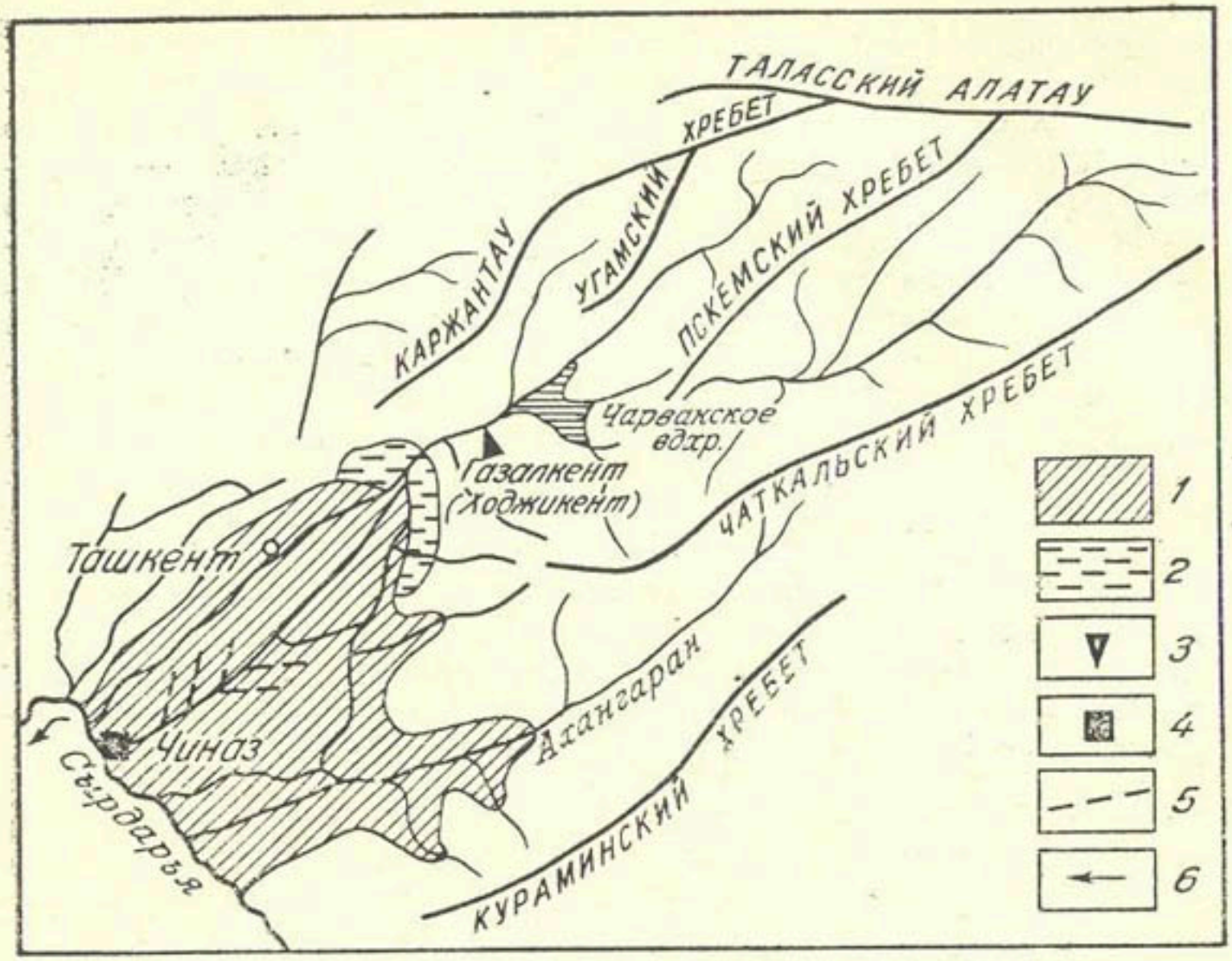


Рис. 18. Ташкентский оазис:

1 — земли существующего орошения; *2* — земли перспективного орошения; *3* — начальный гидрологический створ; *4* — замыкающий гидрологический створ; *5* — наиболее крупные коллекторы; *6* — направление течения воды.

людается в марте, максимум стока — в июне, минимум — в феврале.

Водные ресурсы ЧАКИРа складываются из суммарного притока рек Ахангарана (створ Теляу), Чирчика (Ходжикент), Келеса (Рамадан), Аксакаты (Карамазар), Акташа (Акташ). Значительная часть водных ресурсов приходится на долю Чирчика. Если судить по среднегодовым расходам воды, она составляет 70—90% суммарного притока. В среднем за многолетие (1926—1970 гг.) водные ресурсы равны 8,68 км^3, или 272 м^3/с; в створе Ходжикент средний многолетний расход воды равен 219 м^3/с, т. е. 80% всего притока.

Основной водозабор из реки Чирчик производится в двух гидротехнических узлах: Газалкентском, построенном в 1940 г., и Троицком, построенном в 1957 г. Для осуществления сезонного регулирования речного стока в 1970 г. в горах, выше с. Ходжикент, введена в эксплуатацию первая очередь Чарвакского водохранилища.

Наиболее крупными каналами, отбирающими воду, являются Бозсу и Зах, Карасу и Ташкентский. Канал Бозсу впадает в Сырдарью несколько ниже Чирчика. Через канал Зах чирчикская

вода перебрасывается в реку Келес, которая, разбираясь на орошение, достигает Сырдарьи с незначительными расходами воды. Левобережный Карасу несет воды Чирчика для орошения земель бассейна реки Ахангаран, где соединяется с последней выше Туябугузского водохранилища, построенного в 1962 г. Поэтому в Ахангаране, который также впадает в Сырдарью, имеется и чирчикская вода. Кроме вод Чирчика, в Карасу попадают селевые воды левобережных речек Паркентсая, Юзуруксая и др. В 1979 г. закончено строительство Паркентского канала с головным водозабором до 57 м³/с и протяженностью 69,6 км.

Протяженность всех крупных магистралей и межхозяйственных оросительных каналов составляет 4,7 тыс. км, мелкая внутрихозяйственная сеть —17,9 тыс. км, а всего —22,6 тыс. км.

Из оросительных систем р. Ахангаран наиболее крупной является система Право- и Левобережного магистральных каналов от Ахангаранского водохранилища, построенного в 1967 г., с полезным объемом 0,31 км³.

Оросительные системы р. Келес небольшие, водозабор для отдельных систем в среднем составляет менее 5—10 м³/с.

В бассейне Чирчика в 1970 г. орошалось 265 тыс. га, в 1975 г.— 271 тыс. га; в бассейне р. Ахангаран соответственно 55 и 60 тыс. га. В 1913—1914 гг. в Ташкентском оазисе орошалось 219 тыс. га, в том числе под хлопчатником было занято 33 тыс. га, под рисом —67 тыс. га и прочими культурами —119 тыс. га.

Водозабор из рек в 1955—1957 гг. был равен 5 км³ в год, в 1985—1986 гг. он увеличился до 7 км³.

Валовая площадь территории ЧАКИРа равна 2564 тыс. га. Для орошения пригодно лишь 722 тыс. га, из которых около 376 тыс. га в настоящее время орошаются, а остальные земли составляют свободный фонд.

Бассейн Чирчика характеризуется интенсивной естественной дренированностью. В неорошаемой его части преобладает глубина залегания грунтовых вод ниже 10 м, а в низовье реки 1—3 м. Раньше их выклинивание приводило к заболачиванию низких трасс. В настоящее время заболоченные участки осушены устройством коллекторов, по которым грунтовые воды попадают в Чирчик.

В предгорьях, вдоль русла реки Чирчик и по левобережной части бассейна, грунтовые воды имеют минерализацию до 1 г/л; в низовьях реки по правобережью —1—3 г/л, а участками даже 3—5 г/л. Среди ионов до 1 г/л преобладают гидрокарбонатные и кальциевые, с ростом минерализации повышается содержание сульфатного иона и натрия.

На орошаемой территории преобладают преимущественно тяжелосуглинистые типичные сероземы и луговые аллювиальные почвы, подстилаемые мощной толщей песчано-галечниковых отложений. Они занимают пойму, первую и вторую террасы долин Чирчика и Ахангарана. В понижениях почвы формируются на глинах. Орошаемые почвы бассейна Чирчика в основном не за-

солены: последние составляют 95,2%, слабозасоленные —3%, среднезасоленные —0,8% и сильнозасоленные —1%. Верхняя часть бассейна относится к карбонатно-кальциевой провинции солена-копления, нижняя — к сульфатно-кальциевой. В целом оазис характеризуется благоприятными галогеохимическими условиями. Засолению подвержены только отдельные его небольшие участки, например, часть орошаемых земель Букинского района (855 га), расположенного в Ахангаранской депрессии. Источником солей для современного вторичного засоления почв послужили соли, содержащиеся в толще лёссов, хотя верхние 1,5—2-метровые горизонты их до орошения были промыты атмосферными осадками, но в нижних слоях 10-метровой толщи их содержалось от 446 до 1040 т/га. В качестве основных мер борьбы с этим явлением предлагается улучшение эксплуатации ирригационной и коллекторно-дренажной сети и плановое нормирование водопользования.

По А. З. Генусову (1964), в луговых и болотно-луговых почвах Ташкентского оазиса можно встретить многочисленные гипсово-карбонатные новообразования — шохи, или арзыки. Однако плотного водонепроницаемого арзыкового горизонта в виде плиты, иногда обнаруживаемого в луговых и лугово-болотных сазовых почвах, здесь не образуется. Шоховые новообразования затрудняют строительство ирригационной и дренажной сети.

В Ташкентском оазисе также имеется коллекторно-дренажная сеть. Приемником многих коллекторов служит река Чирчик. Основное строительство коллекторов произведено в 1950—1960 гг. В 1972 г. на территории Ташкентской области было 5760 км дренажной сети, к 1986 г. ее длина увеличилась до 7919 км. Среди сбросов в Чирчик следует выделить коллекторы РК-5, РК-10, Кирова, Пойменный, дрену ХД-Т. В Ахангаран впадают Сарысу-1, Карасу-1, Гулистанский. Отдельные коллекторы доносят свои воды до р. Сырдарьи (Карасу-2, Сарысу-2, Песчаный, Улавливающий).

Наблюдения за химическим составом воды в коллекторах начаты в 1968 г. По данным Ташкентского областного управления мелиоративных систем, минерализация воды большинства коллекторов невысокая: до 1,0 г/л. Лишь в некоторых внутрихозяйственных коллекторах Букинского (Чилисай) и Калининского (Ачисай, Каракамыш, Махамаджан) районов она доходит до 3,0—5,0 г/л.

Состав воды преимущественно сульфатно-гидрокарбонатный — кальциевый (СГ — К), в коллекторах с высокой минерализацией — сульфатный — натриевый (С — Н).

Среднемесячные расходы воды в коллекторах меняются от 0,10 (Азамат) до 5,67 м³/с (Геджиген). В целом с территории области в 1977 г. было отведено 1,94 км³, а в 1978 г.—2,24 км³ дренажных вод, что составляет 34—38% от водозабора этих лет, которые соответственно равны 5,63 и 5,93 км³.

В качестве начального створа, характеризующего минерализацию воды реки Чирчик выше орошаемой площади бассейна, принят створ Ходжикент, расположенный в 151 км от устья реки.

Створ открыт 1.V. 1930 г., гидрохимические наблюдения ведутся УГМС УзССР с 1938 г.

В качестве замыкающего створа, характеризующего минерализацию воды реки Чирчик ниже орошаемой площади бассейна, был принят створ Чиназ. Он расположен в 3,7 км от устья реки, действует с 1902 года, находится в ведении УГМС УзССР.

При проведении подобных исследований собственно для бассейна Ахангарана в качестве начального створа можно выбрать створ Турк, в качестве замыкающего — створ Солдатское; в бассейне р. Келес за начальный — створ Степное (для приближенных расчетов), а замыкающим — створ Устье.

Отражение мелиоративного состояния орошаемых почв на качестве воды р. Чирчик. Можно выявить взаимосвязь между мелиоративным состоянием орошаемых почв Ташкентского оазиса и главной рекой, его дренирующей. Как известно, такой рекой является Чирчик.

I этап (1925—1950 гг.). К концу данного периода орошаемая площадь в оазисе достигла 261 тыс. га, под хлопчатником соответственно было занято 113 тыс. га. В 1930 г. длина коллекторно-дренажной сети внутри орошаемой зоны была равна только 600 км, к 1947 г. она увеличилась до 1000 км.

Согласно расчетам в этот период средняя величина минерализации воды р. Чирчик у створа Чиназ была равна 0,34 г/л. По составу вода была сульфатно-гидрокарбонатной — магниево-кальциевой (СГ — МК) (табл. 15).

II этап (1951—1960 гг.). К концу этапа орошаемая площадь в оазисе увеличилась до 291 тыс. га, под хлопчатником было занято до 129 тыс. га земель. Общая протяженность всей коллекторно-дренажной сети в 1957 г. была равна 3450 км, а в 1960 г.— 4500 км. В 1957 г. ниже газалкентского гидроузла на р. Чирчик был построен Верхнечирчикский гидроузел для забора воды в Левобережный Карасу. Крупными отводами от Левобережного Карасу являются Ташкентский канал и канал им. Моргуненкова.

Минерализация воды в устье Чирчика за этот период в среднем увеличилась до 0,40 г/л, состав воды в течение этого периода практически не изменился (табл. 15).

III этап (1961—1970 гг.). К концу этапа орошаемая площадь достигла 325 тыс. га, под хлопчатником было занято до 150 тыс. га. Длина коллекторно-дренажной сети возросла за этот период до 5700 км.

Средняя величина минерализации воды р. Чирчик ниже орошаемой площади возросла до 0,44 г/л, состав воды несколько сменился и стал сульфатно-гидрокарбонатным — натриево-магниево-кальциевым (СГ — НМК), т. е. в воде увеличилось содержание легкорастворимых солей натрия.

IV этап (1971—1980 гг.). К концу этого этапа орошаемая площадь увеличилась до 327—350 тыс. га, а общая длина коллекторно-дренажной сети до 6604 км. Во время этого этапа в бассейне Чирчика было построено Чарвакское водохранилище с полез-

15. Многолетние изменения гидрохимических характеристик воды рек Чирчик, Ахангаран и Келес по этапам ирригационного освоения земель в бассейнах

Этап освоения	Орошаемая площадь, тыс. га	Доля засоленных почв, %	Водозабор, км³ в год	Объем коллекторных вод, км³	Минерализация, г/л	Химический состав и стадия засоления воды р. Чирчик у створа Чиназ	Минерализация, г/л	Химический состав и стадия засоления воды р. Ахангаран у створа Солдатское	Минерализация, г/л	Химический состав и стадия засоления воды р. Келес у створа Устье
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1925—1950 гг.	190—261	5	3,0—3,5	0,10	0,34	СГ—МК	0,32	СГ—НК	не наблюдалась	
1951—1960 гг.	270—291	5	3,5—4,0	0,2—0,5	0,40	СГ—МК	0,33	СГ—НК	не наблюдалась	
1961—1970 гг.	295—325	4	4,2—4,8	0,8—1,0	0,44	СГ—НМК	0,44	СГ—НК	0,63	ГС—МКН
1971—1980 гг.	327—350	4	5,0—5,5	1,2—1,8	0,65	ГС—НМК	0,68	ГС—МНК	1,80	С—КМН
1981—1986 гг.	до 375	5	до 6,0	до 2,0	0,72	ГС—НМК	0,82	ГС—МНК	1,85	С—КМН

ным объемом 1,6 км³. В последние годы сдан в эксплуатацию Паркентский канал, общая площадь орошения из которого достигнет 58 тыс. га.

По проделанным расчетам, минерализация воды в устье Чирчика за этот период в среднем увеличилась до 0,65 г/л, а состав воды заметно изменился и стал гидрокарбонатно-сульфатным — натриево-магниево-кальциевым (ГС — НМК), т. е. содержание сульфатов среди анионов стало преобладать.

V этап (1981—1986 гг.). В связи с развитием орошения в данном оазисе минерализация воды во всех дренирующих его реках (Ахангаран, Чирчик, Келес) продолжала увеличиваться (табл. 15).

Таким образом, и в данных практически незасоленных бассейнах были выявлены многолетние изменения гидрохимических характеристик речных вод, происходящие по мере развития орошения. При этом (табл. 3—13) ранее были выявлены следующие гидрохимические закономерности: 1) если орошаемый массив дренирует река, то ее минерализация по мере развития орошения возрастает; 2) если массив дренируют коллекторы, то их минерализация постепенно снижается и стабилизируется на определенных величинах, близких к минерализации грунтовых вод. Эти закономерности были использованы при прогнозе минерализации речных и коллекторных вод на перспективу.

Арысь-Туркестанский оазис

Арысь-Туркестанский оазис расположен в правобережной части бассейна Сырдарьи, несколько ниже Чардаринского водохранилища. По административному делению массив относится к Чимкентской области КазССР (рис. 19). Верхняя часть бассейна р. Арысь четко ограничена на юге отрогами хребта Таласский Алатау, а с севера — хребтом Каратау. На западе среди равнинной местности границы бассейна теряют свою определенность. По В. Л. Шульцу (1965), общая площадь бассейна составляет округленно 14500 км², на горную его часть приходится 7170 км², или около 50%. Длина реки 339 км.

Река Арысь берет начало в урочище, расположенном на седловине между Таласским Алатау и Каратау. Начало небольшой речке дает множество родников. В верхней части бассейна среди притоков можно выделить: Джебаглысу (лев.), Балыктысу (прав.), ниже — Боролдай (прав.), Машат, Аксу и Бадам (лев.). Кроме того, в долине имеются многочисленные выходы грунтовых вод, частично являющихся возвратными водами с полей орошения. Ниже г. Арысь (длина реки до города равна 117 км) она не принимает ни одного притока.

Геолого-геоморфологические особенности бассейна следующие: коренные отложения горных хребтов погружаются под четвертичные отложения предгорного шлейфа. Они представлены галечно-щебнистым материалом мощностью от 3 до 60 м, покрытым с поверхности мелкоземом, редко с включением гальки. Мощность

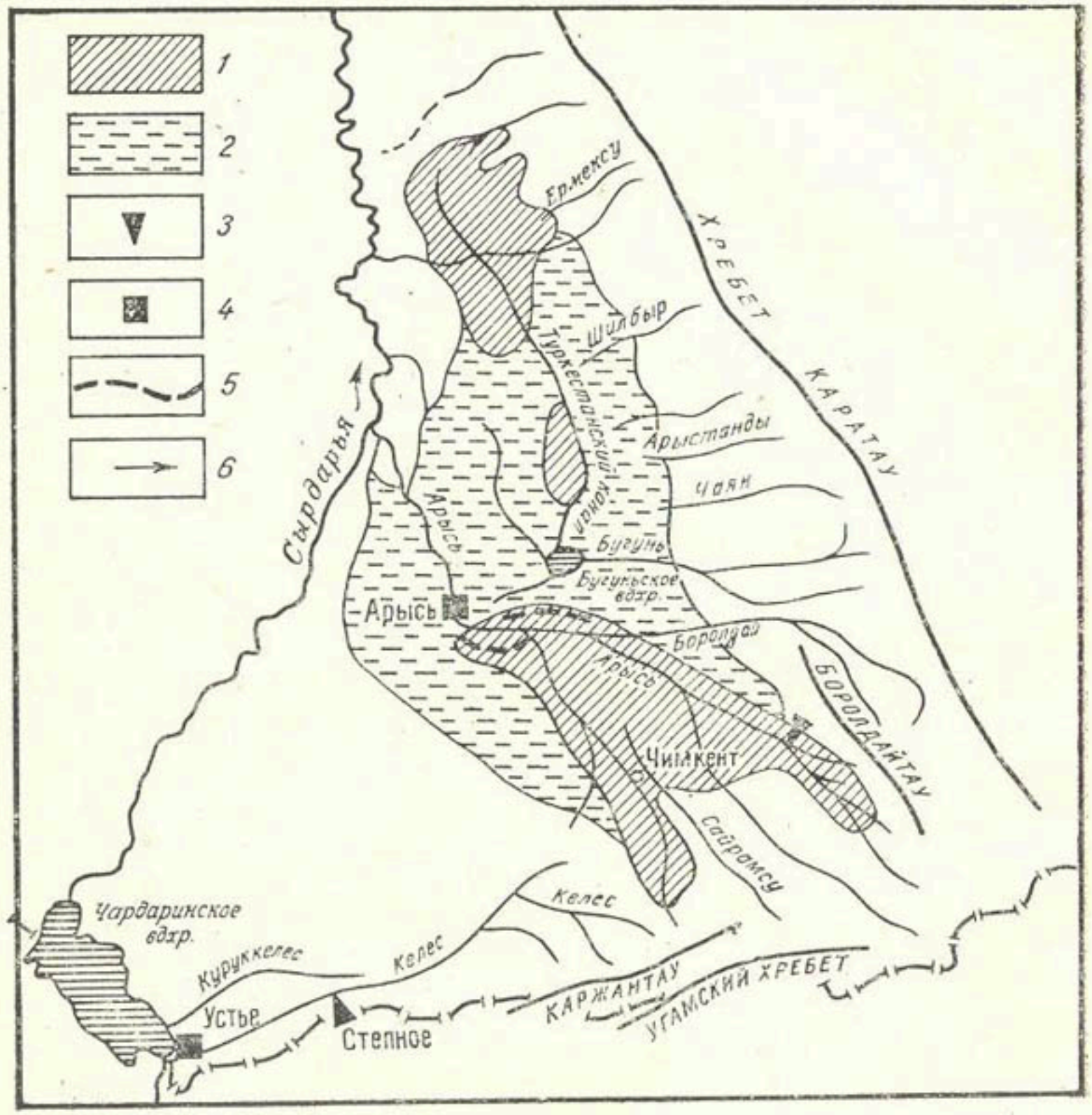


Рис. 19. Арысь-Туркестанский оазис:

1 — земли существующего орошения; *2* — земли перспективного орошения; *3* — начальный гидрологический створ; *4* — замыкающий гидрологический створ; *5* — наиболее крупные коллекторы; *6* — направление течения воды.

покровного слоя 2—6 м и больше. Пологонаклонная, сильно расчлененная равнина древних конусов выноса в междуречье Арысь — Бугунь сложена мощной толщей лёссовидных суглинков.

Сток верховьев р. Арысь формируется на небольших высотах, поэтому ее следует отнести к категории рек снегово-дождевого питания (по Шульцу, 1965).

Режим р. Арысь у села Балыкчи характеризуется ранневесенним половодьем и низкими расходами в июле-сентябре, когда проходит всего около 12% годового стока. Уменьшению стока за этот период способствует и разбор воды на орошение из р. Арысь и ее притоков. Осенне-зимний сток (октябрь-февраль) очень вы-

сок — почти 42% годового. Это объясняется возможным подтаиванием снежного покрова в течение почти всей зимы и выпадением жидких осадков.

Максимальных значений расходы воды достигают обычно в марте-апреле, за эти два месяца в среднем сбрасывается 31% годового стока реки. Средний расход р. Арысь у с. Балыкчи почти 5,0 м³/с. Между селами Балыкчи и Мамаевка р. Арысь принимает все свои основные притоки, кроме р. Бадам; здесь же сосредоточена основная масса поливных земель. Водоносность реки на этом участке резко возрастает, и у с. Мамаевка средний расход превышает 33,0 м³/с. Между с. Мамаевка и г. Арысь разбора воды на орошение непосредственно из самой р. Арысь нет. Поэтому благодаря усиленному выклиниванию грунтовых вод и сбросу воды в р. Арысь сток ее возрастает и у г. Арысь исчисляется 46,6 м³/с. Ниже река не принимает притоков и не используется для целей орошения. Сток реки постепенно уменьшается, и в 18 км от устья (близ ж.-д. станции Тимур) средний расход воды составляет 42,6 м³/с.

По В. Л. Шульцу (1965), поверхностный сток с горной части бассейна Арысь может быть приближенно оценен в 64 м³/с. Река Арысь ежегодно сбрасывает в р. Сырдарью до 1,3 км³ воды (средняя величина за 1941—1966 гг.), из них в апреле-сентябре — 0,6 км³, а в октябре-марте —0,7 км³.

При водохозяйственном районировании бассейн р. Арысь вместе с орошаемыми в нем землями относят к Арысь-Туркестанскому ирригационному району (сокращенно АРТУР). Согласно данным Ризенкампфа (1913—1914 гг.), на территории АРТУРа орошалось около 113 тыс. га. В 1985 г. в пределах района орошалось 185 тыс. га, к 1990 г. орошаемую площадь намечено увеличить до 195 тыс. га. Орошение новоосваиваемых и староорошаемых земель планируется проводить на базе полного использования собственных водных ресурсов: стоков рек Арысь, Бугунь и множества мелких рек, стекающих с южного склона хребта Каратау. Для более полного использования речного стока многие водотоки зарегулированы. Полезные емкости водохранилищ равны (млн м³): Бадамского —60,8; Бурджарского (проект.) —9,1; Акжарского (проект.) —80,8; Березовского (проект.) —340; Бугуньского —363; Ирмакузеньского —11,3; Сасыкбулакского — 10,0; Шертского —4,5 и Досан-Карабаского —6,0.

Основным оросителем оазиса является Арысь-Туркестанский канал (АТК), который от р. Арысь до Бугуньского водохранилища называется Арысским магистральным каналом, а от водохранилища — Туркестанским магистральным каналом.

Арысский магистральный канал с расходом воды 45 м³/с служит в основном для переброски сводного стока р. Арысь в Бугуньское водохранилище. Длина канала 60 км. Протяженность Туркестанского канала 140 км, расход воды в головной части 45 м³/с. Общая площадь, подкомандная Арысь-Туркестанскому каналу, составляет 122 тыс. га, в том числе регулярного орошения, включая

староорошаемые земли на местном стоке, 93 тыс. га, из них 52 тыс. га новых. Основной сельскохозяйственной культурой является хлопчатник.

Среди притоков наибольшую площадь орошения имеют реки Бадам и Аксу. Орошение ведется небольшими, но самостоятельными системами, где наблюдаются значительные потери из сети, излишняя протяженность каналов, многоголовье и др.

По данным В. И. Михайловского и М. Р. Рахимова (1973), для 1968 г., среднего года по водности, характерна неравномерность подачи воды по системе Арысь-Туркестанского канала: среднемесячные расходы в головной части Арысского магистрального канала колебались от 1,2 (август) до 45,1 (март) м³/с при среднегодовой их величине 25,4 м³/с; расходы Туркестанского магистрального канала (выход из Бугуньского водохранилища) — от 0,4 (январь-февраль) до 42,2 (июль) м³/с, при среднегодовом расходе около 20,8 м³/с.

Максимальная водоподача на поля орошения характерна для летнего периода (вегетация): с мая по август проектные нормы полива хлопчатника и люцерны (5—6 тыс. м³/га) были превышены в 1,5—2 раза и более. Забиралась вода из канала и подавалась на массив по распределителям. В зависимости от интенсивности подачи воды они размывались или зарастали. Всего на массиве в этот период было 70 распределителей, из них только 35 построены по проекту.

Режим орошения и промывок. В марте ведется полив люцерны и озимых культур; в июле-августе — вегетационные поливы технических культур; в сентябре-октябре — поливы озимых, не требующих существенного водопотребления; незначительно возрастает водоподача в декабре, во время промывок почв.

В общих чертах бассейн р. Арысь характеризуется следующими гидрологическими условиями: водоносными являются валунно- и гравийно-галечниковые отложения и пески, сменяющиеся вниз по долинам реки и к периферии конусов выноса более мелкозернистым материалом. Залегают грунтовые воды на глубине от 0,5—25 до 80—90 м. В предгорных равнинах и в долине р. Арысь горизонт слабонапорный. Величина напора 2—20 м. Величина минерализации пестрая. В верховьях речных долин и верхних частях конусов минерализация не превышает 1 г/л, в нижних частях долин и по периферии конусов выноса она увеличивается до 15 г/л. Наиболее перспективны для хозяйственного использования воды четвертичных и меловых отложений.

Общие динамические запасы района составляют 129,8 м³/с, из них 90,5 формируются в палеозойских породах хребтов Каратау и Угамского и в отложениях верхнего мела —5,7 м³/с. Запасы подземных вод четвертичных отложений — в пределах 33,6 м³/с. Из общей величины динамических запасов четвертичных отложений по весьма ориентировочным подсчетам 7,5—9,5 м³/с идет на пополнение запасов подземных вод аллювиальных отложений Сырдарьи.

По направленности водно-солевого баланса предгорная часть района отличается отрицательным балансом, территория здесь естественно дренирована. На остальной части баланс положительный, территория не дренирована, происходит засоление земель.

По Н. Н. Ходжибаеву (1975), в Арысь-Туркестанском оазисе выделяется один тип потоков грунтовых вод, представленный группой потоков пролювиально-аллювиальных отложений подгорных шлейфов и конусов выноса с депрессионной кривой литологического (пьезометрического) подпора. Водообмен смешанный: горизонтальный — в предгорной зоне, на участках выклинивания и неглубокого залегания уровня грунтовых вод — вертикальный.

Интересно, что в Чушкакульской впадине, расположенной в низовьях р. Бугунь, минерализация грунтовых вод достигает 115 г/л.

Режим вертикального водообмена между разными слоями грунтовых вод имеет свои особенности в эксплуатационный и мелиоративный периоды и характеризуется: а) восходящим притоком воды в зону аэрации из галечниковых горизонтов в период отсутствия инфильтрации (при принятом режиме орошения); б) нисходящим потоком воды из зоны аэрации в период наличия фильтрации (при опреснительном режиме орошения). Режим грунтовых вод в этот период относится к ирригационно-климатическому типу.

Промывки коренным образом меняют определение давлений в грунтовом потоке: естественно восходящее движение воды меняется нисходящим при резком росте градиентов напора. Нисходящие токи воды наблюдаются и после прекращения промывок в течение 25—30 дней. Режим грунтовых вод в промывной период зависит от режима водоподачи на промывку и относится к ирригационному типу.

Почвы Арысь-Туркестанского оазиса представлены в основном лёссовидными суглинками различной мощности. По Г. А. Егорычеву и В. М. Стародубцеву (1970), почвенный покров бассейна в зоне влияния Бугуньского водохранилища (до его строительства) был представлен в основном сероземами светлыми глубокозасоленными. Исключение составляли гидроморфные и полугидроморфные почвы поймы р. Бугунь.

Светлые сероземы характеризуются высоким реликтовым засолением всей толщи почвогрунтов с глубины 1,0—1,5 м до уровня грунтовых вод. Тип засоления хлоридно-сульфатный (или сульфатный) — натриево-кальциевый (или магниево-кальциевый). Ниже 3 м среди катионов часто преобладает натрий. Запасы солей в 10-метровой толще почвогрунтов достигают 1200 т/га. Распределение карбонатов в толще почвогрунтов относительно равномерное — от 5 до 8% со слабовыраженным максимумом на глубине 30—150 см. Гипса в почвенном покрове, как правило, много — до 0,3%, а с глубины 100—150 см его содержание резко возрастает (до 3—4%). К гипсовым горизонтам приурочены и запасы водно-

растворимых солей, преимущественно сульфатов. Объемная масса от 1,25 до 1,40 г/см^3, коэффициент фильтрации варьирует в пределах от 0,6 до 1,20 м/сутки.

По Г. А. Егорычеву и В. М. Стародубцеву (1970), приближенный расчет запасов легкорастворимых солей в почвогрунтах зоны аэрации чаши Бугуньского водохранилища дал величину порядка 10 млн. т.

Заполнение Бугуньского водохранилища, начавшееся в 1965 г., вызвало интенсивное перераспределение солевых масс в почвогрунтах, а также резкое изменение гидрогеологических и почвенно-мелиоративных условий на смежной с водохранилищем территории. Вследствие постоянной фильтрации воды из Бугуньского водохранилища, определенной по разным данным от 6 до 20 млн м^3 фильтрационных потерь из Арысского и Туркестанского магистральных (АМК и ТМК) каналов, уровень грунтовых вод в верхнем бьефе поднялся к 1966 г. в среднем на 7—10 м, а в зоне периодического затопления — до 15 м.

Столь резкое изменение гидрогеологических условий в зоне влияния водохранилища привело к образованию на территории, непосредственно примыкающей к урезу воды в водохранилище, лугово-сероземных почв. Известно, что до наполнения водохранилища почвенный покров здесь был представлен светлыми сероземами. В районе каналов А-9, АМК и ТМК в результате совместного влияния водохранилища и магистральных каналов светлые сероземы глубокозасоленные трансформировались в глубокосолончаковые и солончаковые. Наблюдения за солевым режимом почв в зоне затопления подтверждают прогрессирующее рассоление почвогрунтов под воздействием инфильтрации воды из водохранилища. Сравнение запасов солей в 10-метровой толще почвогрунтов, подвергнувшихся опреснению (263,45 т/га), с исходным засолением (1200 т/га) показывает, что первоначально около 8 млн т солей вынесено из чаши Бугуньского водохранилища фильтрационными водами на смежную территорию. Это в резкой степени повысило засоление почв, особенно в районе проектируемого орошения из АМК и на землях, расположенных ниже Бугуньской и Каражантакской плотин.

За мелиоративным состоянием орошаемых земель оазиса наблюдает Арысское управление оросительных систем. Оно обслуживает три района Чимкентской области: Алгабасский, Бугуньский и Кызылкумский. Вторичное засоление земель заметно проявляется в последних двух районах. Поэтому здесь для отвода грунтовых вод закладывается коллекторно-дренажная сеть, проектированием и строительством которой занимается институт «Союзгипрорис» и «Главриссовхозстрой». Протяженность коллекторно-дренажной сети в 1986 г. была равна 400 км. Сток коллекторов отводится в сторону Сырдарьи, а также сбрасывается в Чушкакульскую впадину. Среди сбросов, доносящих воду в эту впадину, можно отметить коллекторы Чаян, Джетыкудук, Бестогай, Мынбулак, Икансу, Чага, К-1, К-2. Роль естественных дрен

выполняют реки Карачик, Икансу и др. По коллекторно-дренажной сети отводится до 3,0 м³/с воды со средней минерализацией 2,7 г/л.

Согласно Ф. Ф. Вышпольскому (1970), на отдельных участках в период промывок и освоения минерализация дренажных вод менялась незначительно (1—2 г/л), а содержание хлора составляло 0,1—0,2 г/л.

Химический состав речных вод в пределах бассейна Арыси определялся на следующих створах: р. Арысь — Корниловка и ж.-д. ст. Арысь, р. Шебаглысу — Новониколаевка, р. Кокбулак — Пистели, р. Аксу — Кзылкишлак, р. Бадам — Михайловка, р. Сайрам — Блинково, р. Каттабугунь — Леонтьевка, р. Ашилган (Майдантал) — Майдантал и р. Баялдыр — Баялдыр. Число створов, на которых отбирали пробы воды на химический анализ, меняется. Так, в 1967 г. в р. Арысь пробы отбирали и у створа Ванновка, а в 1938—1941 гг. и у створа Тимур, который удален от устья реки на 15 км, створ Арысь — на 123 км. У створа Арысь пробы воды стали отбирать в 1950 г.

Из данных табл. 16 видно, что минерализация и состав воды в р. Арысь у створа Арысь за рассматриваемые этапы значительно изменились.

I этап (1925—1950 гг.). Средняя величина минерализации в эти годы была равна 0,48 г/л, по составу вода была гидрокарбонатной — натриево-кальциевой.

II этап (1951—1960 гг.). В связи с ростом орошаемых площадей в 1,2 раза минерализация воды увеличилась здесь в 1,05 раза. Состав воды при этом сменился на сульфатно-гидрокарбонатный — натриево-магниево-кальциевый.

III этап (1961—1970 гг.). Орошаемая площадь по сравнению с первым этапом увеличилась в этот период в 1,4 раза, а минерализация воды возросла при этом в 1,3 раза. Состав воды вновь изменился и стал сульфатно-гидрокарбонатным — магниево-натриево-кальциевым.

IV этап (1971—1980 гг.). Орошаемая площадь по сравнению с первым этапом увеличилась в 1,6 раз, а минерализация речной воды возросла в 1,5 раз. Состав воды вновь изменился и

16. Изменение минерализации и состава воды в низовье р. Арысь по этапам ирригационно-мелиоративного освоения Арысь-Туркестанского массива

Этап	Годы	Орошаемая площадь, тыс. га	Средняя величина минерализации, г/л	Преобладающий состав воды
I	1925—1950	120	0,48	Г—НК
II	1951—1960	145	0,50	СГ—НМК
III	1961—1970	169	0,61	СГ—МНК
IV	1971—1980	190	0,70	ГС—НКМ
V	1981—1986	200	0,75	ГС—НКМ

стал гидрокарбонатно-сульфатным — натриево-кальциево-магниевым.

V этап (1981—1986 гг.). Минерализация воды в нижнем течении р. Арысь увеличилась до 0,75 г/л; преобладающий состав остался прежним, однако доля токсичных ионов несколько увеличилась.

Таким образом, и в данном бассейне, как и в рассмотренных ранее, наблюдается взаимосвязь между выносом солей из орошаемой зоны и минерализацией воды в дренирующей реке. Эта взаимосвязь прослеживается по этапам развития орошения.

Орошаемые массивы низовьев (Кзыл-Ординский и Казалинский)

В низовьях р. Сырдарьи расположено несколько орошаемых массивов, наиболее крупными из которых являются Кзыл-Ординский и Казалинский (рис. 20). Морфологически территория представлена аллювиальной эрозионно-аккумулятивной равниной, включающей в себя пойму, первую, вторую и третью надпойменные террасы р. Сырдарьи, вытянутые вдоль ее русла.

Рассматриваемая территория характеризуется неблагоприятными мелиоративными условиями: 1) естественно не дренирована, 2) грунтовые воды большей частью высокоминерализованы, 3) солевой баланс положительный, т. е. процессы засоления преобладают над процессами рассоления. Причины этого, возможно, скрыты в ничтожных уклонах поверхности дельты, котловинном рельефе водоупорного ложа и отсутствии общего уклона его к Аральскому морю. Водоносный горизонт представляет застойный грунтовый бассейн с узко местной, весьма слабой циркуляцией грунтовых вод и интенсивным расходованием их на транспирацию и испарение.

Орошаемое земледелие ведется в основном в пределах Кзыл-Ординского и Казалинского оазисов.

Кзыл-Ординский орошаемый массив располагается в центральной части древней дельты Сырдарьи. Его площадь 412 тыс. га. От Кзыл-Ординского гидроузла и далее до станции Джусалы граница массива на севере и северо-востоке проходит по руслу Сырдарьи, на западе — по степи Джусан, на юге — по Южному коллектору. Административно массив входит в Сырдарьинский, Тернозекский, Джалагашский и Кармакчинский районы Кзыл-Ординской области. В границах Кзыл-Ординского массива насчитывается 120 тыс. га лугово-болотных почв, перспективных для развития рисосеяния.

В 1965 г. в данном оазисе орошалась 51 тыс. га, в настоящее время — около 190 тыс. га, а в перспективе (на уровень 1990 г.) здесь намечено орошать до 200 тыс. га. Строительством Кзыл-Ординской плотины было начато переустройство левобережной части системы, и к 1966 г. были построены магистральный канал и его ветви с сооружениями. Вся территория массива

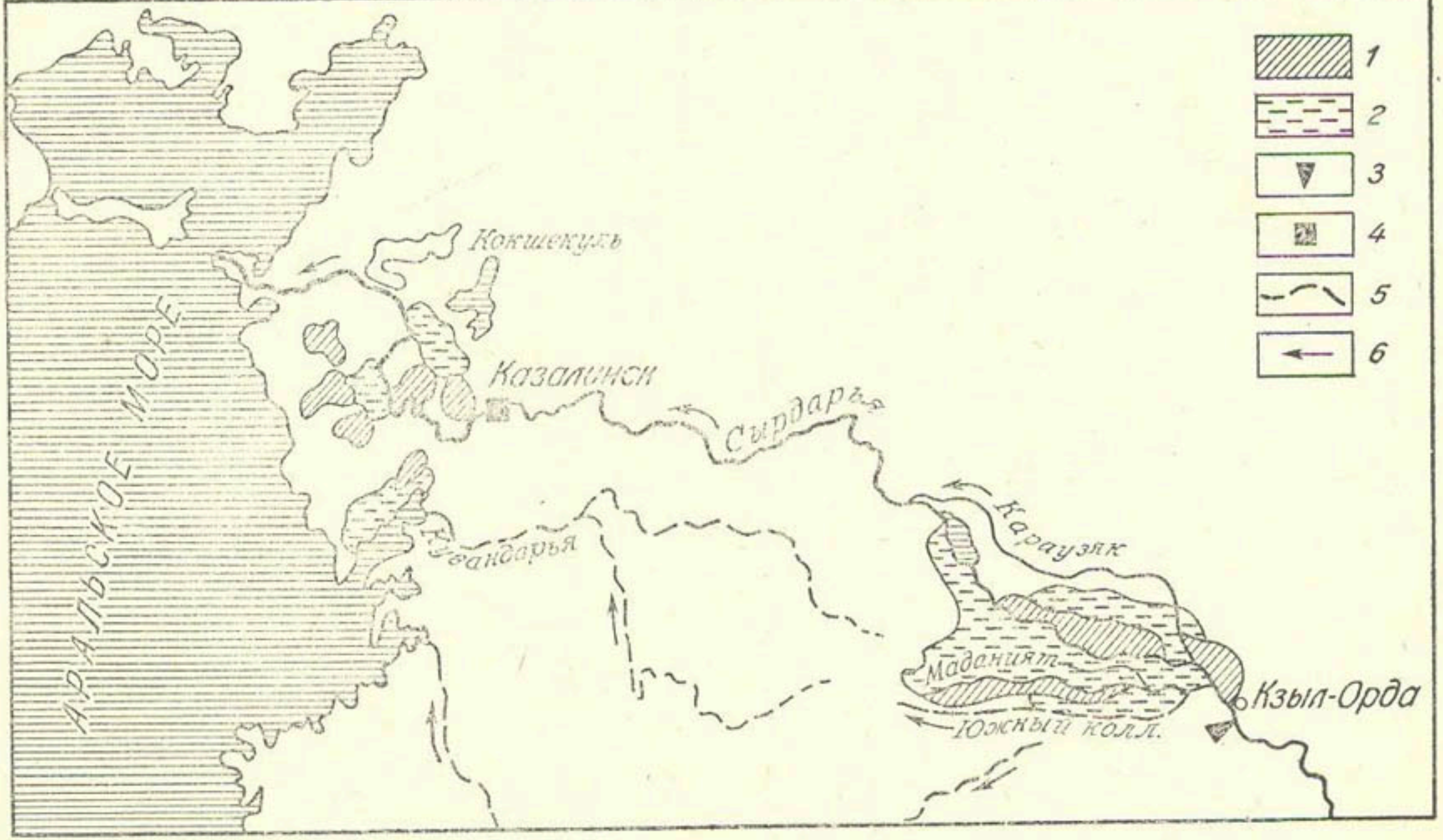


Рис. 20. Кзыл-Ординский и Казалинский орошаемые массивы в низовьях бассейна р. Сырдарьи:

1 — земли существующего орошения; 2 — земли перспективного орошения; 3 — начальный гидрологический створ; 4 — замыкающий гидрологический створ, 5 — наиболее крупные коллекторы; 6 —направление течения воды.

подкомандна Левобережному магистральному каналу (ЛМК) с регулируемым водозабором и максимальным расходом воды 220 м³/с. Существующие на массиве протоки используют как оросительные или водосборно-сбросные каналы. Коллекторно-дренажные воды за пределы массива выводятся по Южному коллектору, который впадает в обводнительный тракт Кувандарья. Максимальный расход этих вод в 1972 г. не превышал 21 м³/с. Земли первой очереди освоения в основном занимают под рисовые (64 тыс. га) и кормовые севообороты с посевом трав (11 тыс. га). Общая протяженность межхозяйственной оросительной сети 320 км.

По Н. Н. Ходжибаеву (1975), грунтовые воды под малыми уклонами движутся от р. Сырдарьи в глубь террасированной ее равнины и в целом в сторону Аральского моря — основной дрены подземных вод района. Глубина залегания грунтовых вод в зависимости от рельефа различна. В пойме 1—5 м, по мере удаления в глубь равнины на первой и второй надпойменных террасах глубина грунтовых вод достигает 3—10 м. Минерализация грунтовых вод пестрая: вдоль русел и ирригационных каналов и на первой надпойменной террасе она не превышает 1 г/л, а с удалением возрастает до 3 г/л, достигая в пределах второй надпойменной террасы 20 г/л и более. Состав воды изменяется от гидрокарбонатных — кальциевых до сульфатных — кальциевых.

По исследованиям казахских почвоведов, в затопляемой части дельты распространены преимущественно аллювиально-луговые, болотные, лугово-болотные почвы и солончаки, в незатопляемой — отакыренные лугово-аллювиальные, такыровидные почвы и остаточные солончаки. Большинство обследованных почв — сульфатного типа засоления, причем содержание солей преобладает в верхнем метровом слое.

Под руководством В. М. Боровского (1956, 1958, 1959, 1978) было установлено, что в процессе засоления в обводненных районах низовьев Сырдарьи в почвах накапливаются сульфаты натрия, а в грунтовых водах — хлориды натрия. Причем, наибольшее количество солей, заключенных в системе почва — грунтовая вода, находится в грунтовых водах. При опустынивании в пониженных участках рельефа наблюдается образование такыровидных солончаков, которые имеют хлоридно-натриевый состав верхнего солевого горизонта.

В. М. Боровский полагает, что смещение максимума соленакопления в грунтовую воду и формирование в ней же более токсичного, чем в почвах хлоридного типа, соленакопления побуждает опасаться подъема уровня грунтовых вод и их испарения с поверхности. Особенно это опасно при передаче гидростатического напора от каналов и залитых орошаемых полей. При повторном засолении почв в низовьях развивается именно хлоридный тип засоления.

Коллекторно-дренажная сеть, существующая на массиве, недостроена. Это вызывает ежегодное затопление земель собствен-

ными сбросными и дренажными водами, их засоление. Так, в вегетационный период на Кзыл-Ординский левобережный массив поступает около 2,5 млн т солей в год. В последние годы они не полностью остаются на массиве. Коллекторные воды отводятся по Южному коллектору и далее в русло Кувандарьи. За расчетный период суммарный отток дренажных вод составил 0,2 км^3. Средняя минерализация этих вод была равна 2,5 г/л, отток солей составил 500 тыс. т.

На массиве прогрессирует хлоридно-сульфатное соленакопление с ежегодным приростом солей 4,9 т/га при средних их запасах в почвогрунтах и грунтовых водах от дневной поверхности до водоупора от 2 до 7 тыс. т/га.

В Казалинском оазисе в 1940—1941 гг. была сооружена плотина, от которой позже (в 1957 г.) был проложен левобережный магистральный канал (протяженность 28 км, пропускная способность в голове канала 43 м^3/с), и правобережный магистральный канал (протяженность 84 км, пропускная способность 51 м^3/с). Таким образом, в Казалинском оазисе имеется лево- и правобережная оросительные системы. Левобережная, кроме магистрального канала, включает 13 отдельных каналов, ранее имевших самостоятельные водозаборы. Система правобережья неинженерного типа, имеет плохое техническое состояние.

В 1965 г. на территории Казалинского оазиса было орошено 15 тыс. га. К 1985 г. площадь земель, занятых ирригационной сетью, увеличилась до 30 тыс. га, однако орошалось из них не более 18—20 тыс. га, в том числе на левобережье реки 10 тыс. га (из них 8 тыс. га было занято под посевы риса). Вода с рисовых полей сбрасывается в ближайшие понижения местности и заболачивает их. Орошаемые земли изрезаны заброшенными и действующими каналами. Сбросная и коллекторная сеть отсутствует.

В пределах Казалинского массива орошение без специальных мероприятий сопровождается резким подъемом грунтовых вод и развитием процессов засоления почв, в силу чего землепользование здесь носит кочевой характер (Каражанов и др., 1970). Поэтому в год орошается 10—15 тыс. га. Дальнейшее освоение земель дельты в бездренажных условиях сильно ухудшит и без того тяжелое мелиоративное состояние территории. Для его коренного улучшения необходимы строительство коллекторов и промывки.

В данном районе земли, пригодные под культуру прерывистого орошения, составляют 63 тыс. га, под рис —84 тыс. га, а потенциально пригодные для ирригации —185 тыс. га.

Казалинский массив в гидрогеологическом отношении представляет собой бессточный грунтовый бассейн. Приходные статьи водного баланса определяются поступлениями речных вод (водоподача на орошение, паводковые разливы, инфильтрация из русла р. Сырдарьи) и атмосферными осадками, а расходные статьи — испарением и транспирацией.

Казахские почвоведы установили, что на Казалинском массиве на большей части почв засоление резко возрастает при уровне грунтовых вод выше 3 м, значительно снижается, если их положение ниже этого уровня, и прекращается совсем при уровне 4 м на болотно-луговой почве и 5 м — на лугово-болотной. Соленакопление в почве зависит от соотношения интенсивности выпота, промывок и отточности грунтовых вод.

Наименьшее засоление на массиве имеют аллювиально-луговые почвы прирусловых валов. Небольшое засоление имеют болотные и лугово-болотные почвы понижений и депрессий с более интенсивным выпотом, но и с более интенсивными промывками. Более сильное засоление имеют болотно-луговые почвы склонов прирусловых валов и водораздельных повышений со слабопроточными грунтовыми водами. Посев риса без дренажа рассоляет лугово-болотные почвы и солончаки незначительно и в основном на период затопления. После прекращения посева почвы засоляются в течение года.

В последние годы в связи с резким сокращением речного стока в русле Сырдарьи существенно изменяются природные условия современной ее дельты, в том числе почвенного покрова. Происходит общая аридизация территории: на ранее обводняемых понижениях снижается уровень грунтовых вод, высыхают отдельные озера. Сохранение существующего гидрологического режима реки приведет к дальнейшему усыханию территории дельты.

Выявление происшедших изменений гидрохимических стадий в речных и коллекторных водах ниже рассмотренных крупных ирригационных районов за многолетний период по выделенным этапам позволяет сделать вывод, что на формирование химического состава речных вод в условиях орошения в основном влияют объемы и минерализация коллекторных вод, поступающих в русла рек. Формирование же их объемов и химического состава в пределах орошаемых массивов происходит главным образом за счет влияния объемов и минерализации оросительных вод, глубины залегания и минерализации грунтовых вод, степени и типа засоления орошаемых почв.

Поэтому при проведенном бассейново-историческом изучении изменения гидрохимических стадий поверхностных вод в замыкающих створах в связи с развитием орошения наибольшее внимание уделяется анализу динамики перечисленных факторов.

Часть 2. ГИДРОХИМИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД БАССЕЙНА АМУДАРЬИ

5. ПРИРОДНЫЕ И ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ УСЛОВИЯ БАССЕЙНА АМУДАРЬИ

Природные условия и административное положение

Бассейн Амударьи занимает южную часть бассейна Аральского моря. Границы бассейна четко определяются только в пределах горной области. На равнинной территории, охватывающей, кроме оазисов, пески Каракумы (слева) и Кызылкум (справа), водораздельная линия выражена неясно, поэтому общая площадь бассейна определяется приближенно (рис. 21). Водосборная часть бассейна, включая водосборы рек Зеравшан и Кашкадарья, занимает площадь 227,8 тыс. км^2, а без них — 199,4 тыс. км^2 (Шульц, 1965).

В пределах горного рельефа границами бассейна являются на севере — Алайский, Туркестанский и Нуратинский хребты, на юге — хребет Гиндукуш и на востоке — Сарыкольский хребет.

Восточная часть бассейна, или область питания (образования стока), представляет собой типичную горную страну с высочайшими вершинами нашей страны.

Расположенные в области водосбора мощные горные хребты, тянущиеся преимущественно в широтном направлении (Туркестанский, Алайский, Зеравшанский и др.), отличаются очень большой высотой. Большинство хребтов имеет среднюю высоту 5000—5500 м, а отдельные их вершины поднимаются до отметки 7000 м. Поэтому для горной области бассейна Амударьи, несмотря на южное ее положение, характерно исключительно большое распространение вечных снегов и оледенение. Это обстоятельство определяет характер питания крупнейших рек бассейна, большинство из которых являются реками ледниково-снегового питания. К ним относятся: Пяндж, Вахш (составляющие р. Амударьи), Зеравшан, большинство их притоков, а также сама Амударья. Реки Яхсу, Кызылсу, Кафирниган, Сурхандарья, Кашкадарья и Кундуздарья относятся к рекам снегово-ледникового и частично — снегового питания.

Расходы воды обычно начинают увеличиваться в марте. Это связано с таянием снега в нижних зонах водосбора. Наибольшие расходы воды, вызванные таянием снегов высокогорья и ледников, наблюдаются в июне-августе; максимальные — в июле. С сентября расходы воды начинают снижаться, в январе-феврале, когда река переходит на грунтовое питание, наблюдаются минимальные их величины. Весной на формирование отдельных расходов воды влияют дождевые паводки.

Притоки Амударья принимает только в верховьях, в среднем и нижнем течении река не только не принимает притоков, но и разбирается на орошение, и постепенно сток ее уменьшается. В последние годы в отдельные месяцы вблизи Аральского моря река полностью пересыхает. Это является основной причиной экологической катастрофы, на грани которой находится сейчас данный обширный регион. Первой из крупных рек в Амударью впадает слева Кундуздарья, немного ниже справа — Кафирниган. Ниже по течению, но также в верховьях реки, справа в Амударью впадает, по существу, последний ее приток — р. Сурхандарья, так как впадающая немного ниже (также справа) р. Шерабад (Карасу) сбрасывает в нее малое количество воды.

Реки Зеравшан и Кашкадарья относятся по гидрографическим признакам к бассейну Амударьи, но до нее не доходят и поэтому могут рассматриваться как самостоятельные гидрографические объекты.

В бассейне Амударьи можно выделить следующие крупные ирригационные районы: а) в верховьях реки — Вахшский, Сурхан-Шерабадский; б) в среднем течении — Туркменский прибрежный (Чарджоуский), Каршинский и Бухарский; в) в нижнем течении — Туямуюнский и Тахиаташский. Для всех этих районов ниже будет приведена характеристика современной минерализации и гидрохимического режима поверхностных вод, а также дан прогноз их изменения на перспективу.

Водные ресурсы

По Шульцу (1958), общий сток с горной области бассейна Амударьи (водные ресурсы) исчисляется в 2500 $м^3/с$, или 79 $км^3$ в год (для сравнения отметим, что сток с горной области бассейна Сырдарьи равен 38 $км^3$).

Позднее (Бостанжогло, 1969) водные ресурсы поверхностного стока рек бассейна Амударьи оценивались в 89,6 $км^3$ с большими отклонениями в зависимости от водности лет (табл. 17).

Среднемноголетний сток бассейна Амударьи равен 79,5 $км^3$, ожидаемый на уровне 1990 г.—65,9 $км^3$, а возможно использовать в народном хозяйстве —57,5 $км^3$.

Почти все реки бассейна Амударьи зарегулированы (табл. 18). Список водохранилищ приведен в порядке их строительства и ввода в эксплуатацию. Общая емкость вышеуказанных водохранилищ составляет 24,5 $км^3$. В перспективе в бассейне Амударьи намечено построить Рагунское, Сантудинское (оба на р. Вахш), Кызылаякское, Чарджоуское (в среднем течении Амударьи), Парлытауское (в низовьях реки) водохранилища.

Несколько десятков лет назад в пределах речных бассейнов формировались и текли только речные воды. В настоящее время уже нельзя не обращать внимание на то, что в пределах оро-

17. Среднемноголетний поверхностный сток наиболее крупных рек бассейна Амударьи, км³

Река	Створ	Сток, км³		
		среднемноголетний	многоводный (5% обеспеченности)	маловодный (95% обеспеченности)
Вахш	Туткаул	20,0	23,5	16,2
Пяндж	Устье	34,8	46,7	26,0
Кафирниган	Тартки	5,5	7,1	3,6
Сурхандарья	Мангузар	3,6	—	2,5
Амударья	Керки	63,5	83,0	50,0
Зеравшан	Дупули	5,2	6,6	4,0

18. Некоторые сведения о наиболее крупных водохранилищах бассейна Амударьи

Водохранилище	Источник питания (река)	Полная емкость, млн м³	Год ввода в эксплуатацию
Каттакурганское	Зеравшан	850	1941
Куюмазарское	»	300	1957
Учкызылское	Канал Занг (р. Сурхандарья)	165	1957
Чимкурганское	Кашкадарья	500	1963
Южно-Сурханское	Сурхандарья	800	1962
Пачкамарское	Гузардарья	280	1967
Талимарджанское	Каршинский канал	3500	1978
Нурекское	Амударья	10500	1978
Туямуюнское	»	7300	1979

шаемой зоны бассейнов формируются коллекторно-дренажные воды.

Коллекторно-дренажные воды — это воды, которые вытекают из дрен и коллекторов. Они часто попадают в реки или же сбрасываются в различные природные понижения: озера, впадины, овраги и др. Коллекторно-дренажные воды составляют часть так называемых «возвратных» вод. Под возвратными водами обычно понимают воды, забранные на орошение в верховьях рек и частично вернувшиеся в их русла ниже по течению подземным и поверхностным путями.

По нашим расчетам, суммарный объем коллекторно-дренажного (возвратного) стока в бассейне Амударьи в среднем за 1984—1986 гг. составил 15,7 км³, а их минерализация в различных частях бассейна меняется от 0,7 до 8,0 г/л. Более подробная гидрохимическая характеристика этих вод по наиболее крупным ирригационным районам бассейна приведена ниже.

Земельный фонд

По последним данным учета, в Средней Азии и на юге Казахстана имеется примерно 30 млн га пригодных для полива земель, а орошается около 7,5 млн га.

В бассейне Амударьи площадь земель, пригодных для орошения, равна 12—14 млн га. Согласно данным «Средазгидпроекта», из них в 1960 г. орошалось 2,0 млн га, в 1970 г.—2,3 млн га, в 1977 г.—2,9 млн га, а в 1986 г.—3,7 млн. га.

По Г. В. Воропаеву (1983), при предельно полном использовании водных ресурсов бассейна (суммарный водозабор 66 км^3) орошаемую площадь здесь можно довести до 4,5 млн га, а по расчетам САНИИРИ — до 4,8 млн га.

Большая часть земель, пригодных для орошения, расположена в средней части бассейна Амударьи: в низовьях рек Кашкадарьи и Зеравшана. Если же бассейны этих рек рассматривать изолированно от бассейна Амударьи, то наибольший фонд земель, пригодных для орошения, находится в низовьях реки Амударьи.

В настоящее время в верховьях реки (Вахшский ирригационный район, орошаемые массивы в бассейнах Пянджа, Кафирнигана и Сурхан-Шерабадский ирригационный район) орошается около 550 тыс. га, в перспективе же здесь можно освоить под орошение еще около 400 тыс. га.

В среднем течении реки (Туркменский прибрежный район) орошается 180 тыс. га, общая площадь земель, пригодных для орошения в ближайшей перспективе, равна примерно 300 тыс. га.

В нижнем течении реки (Туямуюнский и Ташаузский ирригационные районы, а также поливные угодья Каракалпакской АССР) орошаемая площадь равна 660 тыс. га, дополнительно под орошение можно освоить еще около 750 тыс. га.

Нужно иметь в виду, что сейчас под орошение в основном будут осваиваться трудномелиорируемые засоленные почвы, которые раньше считались малопригодными для орошения. Легкорастворимых солей только в 2-метровой толще таких почв может содержаться до 500 т в 1 га. Приближенно в свободном фонде земель, пригодных для орошения, только в прилегающей к руслу части бассейна Амударьи содержится около 600—700 млн т солей.

Что нужно делать с этими солями?

Прежде всего ни в коем случае нельзя допустить, чтобы эти соли попали в р. Амударью. Если даже считать, что в начале реки Амударьи в среднем проходит около 2000 м^3/с воды с минерализацией 1 г/л, то при попадании подобного количества солей в русло реки ее минерализация может возрасти к устью до 8—9 г/л. Это сделает ее воду совершенно не пригодной для использования в различных отраслях народного хозяйства, в том числе и для орошения.

Ознакомление с водохозяйственными условиями бассейна р. Амударьи позволило выявить следующие его ирригационные особенности:

— в отличие от бассейна р. Сырдарьи, где почти все орошаемые массивы так или иначе тяготеют к руслу реки, в бассейне Амударьи многие оазисы расположены вдали от русла реки. В первую очередь это земли Каршинской степи и Бухарского оазиса, Обручевская степь и др., которые обычно считают входящими в орошаемую зону среднего течения р. Амударьи;

— удаленность от русла реки перечисленных орошаемых массивов вызвала необходимость строительства здесь крупнейших в СССР оросительных каналов (Каракумский канал им. В. И. Ленина, Каршинский магистральный и др.). По этим каналам амударьинская вода отводится на земли, не только примыкающие к руслу реки, но и бассейнов Кашкадарьи, Зеравшана и бессточных рек Туркмении;

— несмотря на строительство таких крупных водохранилищ, как Нурекское и Туямуюнское, сток р. Амударьи еще до конца не зарегулирован. Поэтому в ближайшем будущем предусмотрено строительство ряда новых водохранилищ;

— в отличие от бассейнов малых рек, низовья бассейна Амударьи (так же, как и р. Сырдарьи) подвержены влиянию усыхающего Аральского моря. Это влечет за собой уменьшение общей водоносности территории (сокращается гидрографическая сеть, исчезают отдельные озера, отмирают некоторые протоки в нижнем течении Амударьи и др.), увеличивается засоленность. Поэтому при разработках проектов дальнейшего развития орошения в низовьях бассейна (особенно на территории Каракалпакской АССР) необходимо предусмотреть меры, направленные не только на улучшение современного состояния почвенно-мелиоративных условий в области, но и меры, направленные против отрицательных последствий снижения уровня воды в Аральском море;

— несмотря на достаточно большую современную орошаемую площадь, в бассейне Амударьи еще имеются собственные водные ресурсы, необходимые для дальнейшего развития орошения. Это позволяет сделать прогнозные расчеты изменения минерализации воды в р. Амударье при освоении данных земель на базе собственных водных ресурсов, т. е. выявить дальнейшую взаимосвязь между ростом орошаемых площадей в бассейне и увеличением минерализации воды в реке.

По данным института «Средазгипроводхлопок», современный водозабор в бассейне Амударьи составляет около 60 км³, а орошается около 3,2 млн га. Это стало возможным благодаря тому, что сейчас построено и эксплуатируется здесь свыше 1200 оросительных каналов общей протяженностью около 95000 км, в

том числе межхозяйственных 13854 км. Фактический водозабор на 1 га орошаемой площади изменяется от 9400 м³/га (Кашкадарьинский район) до 30700 м³/га (Тахиаташский ирригационный район).

Характеристика наиболее крупных оросителей и коллекторов. Еще в древние времена реки Зеравшан и Кашкадарья были соединены между собой каналом Анхор (Монас).

В 1955 г. был восстановлен канал Эскиангар протяженностью 184 км, забирающий воду р. Зеравшан у Хишрау ГЭС около г. Самарканда и сбрасывающий ее в р. Кашкадарью выше г. Карши.

Наиболее крупный канал бассейна Амударьи — Каракумский канал им. В. И. Ленина. Строительство 1-й очереди канала от русла Амударьи до р. Мургаб (длина 396 км) завершено в 1959 г., первоначальный забор воды в голове канала составлял 130 м³/с. В 1960 г. было закончено строительство 2-й очереди канала от р. Мургаб до Теджена (длина 140 км), водозабор при этом увеличился до 198 км³/с. В 1962 г. канал протянулся еще на 256 км (3-я очередь), и амударьинская вода стала доходить до г. Ашхабада. В настоящее время длина канала около 1000 км, головной водозабор повысился до 500 м³/с.

В последние годы значительные работы проделаны по переброске части стока р. Амударьи в бассейны Зеравшана и Кашкадарьи. В 1963 г. началось строительство Аму-Бухарского канала, по которому до 175 м³/с амударьинской воды подавалось как в центральную часть Бухарской области, так и в Каракульский оазис. К 1979 г. его пропускная способность была доведена до 220 м³/с.

В 1976—1978 гг. для орошения земель Каршинской степи построены Каршинский и Ульяновский машинные каналы с забором до 200 м³/с воды из Амударьи выше створа Керки, в районе намеченного к строительству Кызылаякского гидроузла.

В бассейне Амударьи построена также значительная коллекторно-дренажная сеть, общая протяженность которой к 1975 г. составила 32790 км. Удельная ее протяженность колеблется от 4,8 до 30 м/га.

По нашим расчетам, суммарный объем возвратного (в том числе и коллекторно-дренажного) стока в бассейне р. Амударьи в среднем за 1981—1986 гг. составил 15,7 км³, а их минерализация в различных частях бассейна изменяется от 0,7—1,0 г/л (верховья) до 4,3—8,0 г/л (среднее течение). В низовьях реки минерализация коллекторно-дренажных вод равна 3,2—4,0 г/л.

Часть коллекторно-дренажного стока попадает в русло р. Амударьи, повышая ее минерализацию. Много дренажных вод поступает с территории Шерабадской степи в пределах Туркменского прибрежного ирригационного района. В последние годы в Амударью стали сбрасывать воду Южного (с территории Каршинской степи) и Главного Бухарского коллекторов.

Сброс коллекторно-дренажных вод в реки наблюдается и в верховьях бассейна. Так, например, в р. Вахш в течение года попадает 702—750 млн м³ дренажной воды, в р. Пяндж —288—321 млн м³, а в Кафирниган —570—659 млн м³. Минерализация коллекторно-дренажных вод в Вахшском ирригационном районе изменяется от 0,52 до 4,02 г/л; в пределах Пянджского ирригационного района от 0,16 до 5,9 г/л; в Кафирниганском ирригационном районе от 0,25 до 1,53 г/л.

В бассейне Сурхандарьи в реку впадает около двадцати коллекторов, ежегодно сбрасывающих до 720 млн. м³ воды. Только в пределах северной орошаемой зоны, занимающей территорию верховьев бассейна, в Сурхандарью поступает 446—500 млн м³ коллекторно-дренажных вод (до створа Шурчи). В пределах южной орошаемой зоны в Сурхандарью поступает 224—291 млн м³ воды. Минерализация коллекторно-дренажных вод в северной зоне равна в среднем 0,34 г/л, а в южной —1,46 г/л. Несомненно, что эти сбросы оказывают влияние на минерализацию воды р. Сурхандарьи, а позже и на минерализацию воды р. Амударьи.

С территории Шерабадской степи в Амударью в год попадает до 296 млн м³ коллекторно-дренажных вод, минерализация которых в среднем равна 5,35 г/л.

В коллекторно-дренажной системе Туркменского прибрежного района следует выделить Главный Левобережный коллектор (ГЛК). Он впадает в Амударью, сбрасывая в нее ежегодно до 1,24 км³ воды с минерализацией 3,0—3,5 г/л.

В пределах Туямуюнского ирригационного района (охватывающего территорию Хорезмской области УзССР и Ташаузской области ТуркССР) следует выделить межреспубликанские коллекторы Озерный и Дарьялык. Сток их направляют не в Амударью, а отводят в Сарыкамышскую впадину. В среднем за год во впадину поступает 4,5—5,4 км³ таких вод со средней минерализацией 4,16 г/л. В пределах данного района в Амударью поступает в год около 190 млн м³ дренажных вод.

И, наконец, в северной части низовьев Амударьи (Тахиаташский ирригационный район) длина коллекторно-дренажной сети сейчас превышает 7 тыс. км. Среди коллекторов следует выделить КС-1, КС-3, КС-4, отводящие в Аральское море до 1,0 км³ воды в год, а также ККС, сбрасывающий в оз. Судочье до 0,27 км³ воды. Средняя минерализация коллекторно-дренажных вод области равна 4,16 г/л.

Таким образом, уже сейчас в Амударьинском бассейне формируется значительный объем коллекторно-дренажного стока (15—16 км³ в год). По приведенным расчетам, в перспективе сток этих вод в данном бассейне уменьшится до 11—12,0 км³.

Само время ставит перед специалистами данного региона вопросы тщательного изучения формирования количества и качества коллекторно-дренажных вод и составления объективных

рекомендаций по возможности их более полного использования в различных сферах народного хозяйства.

6. СОВРЕМЕННАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ И ГИДРОХИМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД

Ирригаторам, а также специалистам других отраслей народного хозяйства важно знать, какую воду по качеству они в данный момент употребляют. Несмотря на изменения минерализации и химического состава поверхностных вод за счет влияния различных природных и антропогенных факторов, все же эти воды обладают определенным постоянством состава в некоторый период времени, особенно в малозасоленных территориях, например, в верховьях речных бассейнов.

Эта способность позволяет нам на основании прошлых данных по качеству воды судить о ее современном состоянии на рассматриваемый год или же последние два-три и даже пять лет. Можно также предположить, что это состояние вод в ближайшие два-три года существенно не изменится, поэтому сведения о современной минерализации и гидрохимическом режиме поверхностных вод представляют определенный практический интерес.

Речные воды и водохранилища

Минерализация воды в нижних течениях рек бассейна Амударьи, Сурхандарьи, Кашкадарьи и Зеравшана уже стала превышать 1,0 г/л (табл. 19).

При оценке состава воды использовали способ анализа гидрохимических данных, часто применяемый гидрогеологами и почвоведами. Он заключался в том, что в состав воды включались все ионы, содержание которых превышало 10% экв, если сумма всех катионов или анионов принималась при анализе за 50% экв; или же ионы, содержание которых превышало 20% экв, если сумма всех катионов или анионов принималась при анализе за 100% экв. Естественно, что для установления состава воды все имеющиеся данные анализов были предварительно проверены и переведены в мг-экв и %экв формы.

Уже по приведенным данным (табл. 19) можно судить о качестве речных вод. Так, считается, что для орошения опасны воды с минерализацией более 1,0 г/л, поэтому в данной таблице выделены все реки, в которых минерализация воды в течение года превышала 1,0 г/л.

На основании анализа (табл. 19) определены некоторые черты в современном распределении минерализации речных вод в бассейне Амударьи.

Так, в реках бассейна р. Пяндж (Гаричашма, Гунт, Бартанг, Язгулем и др.) минерализация воды, как правило, не превышает 0,45 г/л, состав воды в большинстве рек по преобладающим ионам гидрокарбонатно-кальциевый. Только в Бартанге

19. Минерализация и химический состав речных вод в бассейне Амударьи, г/л

Река	Створ	Колебания минерализации, г/л	Состав воды
1	2	3	4
Гаричашма	Гаричашма	0,12—0,33	СГ-К — СГ-НК
Гунт	Аличур	0,22—0,24	Г-МК — Г-МК
»	Сардем	0,11—0,17	СГ-К — СГ-НМК-
»	Хорог	0,18	Г-НК
Тузукбулак	Дузахбора	0,06—0,17	СГ-МК—СГ-МК
Патхур	Патхур	0,06—0,11	СГ-К — СГ-МК
Шахдара	Хабаст	0,09—0,26	Г-К — СГ-МК
Лянгор	Устье	0,08—0,14	ХК-НК — СГ-МК
Бартанг (Аксу)	Тохтамыш	0,25	Г-МК
Бартанг (Мургаб)	Мургаб	0,31	СГ-НМК
Бартанг	Боргадив	0,20—0,30	СГ-МНК — ГС-МК
»	Шуганд	0,19—0,34	ГС-К — ГС-МНК
Возвит	Боргадив	0,25	СГ-МК
Кудара	Чухч	0,22—0,44	ГС-МК—СГ-МК
Кокуйбель	Кудора	0,19—0,35	СГ-МК—СГ-МК
Танымак	Кудора	0,16—0,40	СГ-К — СГ-МК
Язгулем	Мотравн	0,27—0,45	ГС-НМК — ГС-МК
Ванч	Бичхарв	0,17—0,35	СГ-МК — ГС-МК
Обихумбоу	Устье	0,14—0,22	ГС-МНК — ГС-КН
Кызылсу	Бобохонсиод	0,58—0,99	С-МК — ГС-НК
»	Саманчи	[1]0,44—1,12	ХСГ-К — СХ-Н
»	Пархар	[1]1,02—1,92	ХС-КН — СХ-КН
Яхсу	Карбозтонак	0,20—0,33	Г-К — ХГ-НК
»	Восе	0,42—0,89	СХГ-МК — ХСГ-КН
Таирсу	Шахбур	[1]2,23—5,17	ХС-НК — ХС-Н
Кызылсу	Домбрачи	[1]0,45—1,17	ГХС-МК — С-КН
Муксу	Давсеар	0,19—0,37	ГС-МК — С-НМК
Ярхиг	Хаит	0,12—0,15	СГ-МК — СГ-К
Сарбог	Сашмакуль	0,09—0,16	СГ-НМК — СГ-НКМ
Обихингоу	Сангвор	0,18—0,22	СГ-К — СГ-НК
»	Лайроп	0,27—0,47	ГС-К — ГС-НК
»	Тавильдара	0,21—0,39	СХГ-МКН—ГХС-НКМ
Обимазар	Санчвор	0,14—0,21	СГ-НК — ГС-МНК
Сарноб	Калайсанг	0,16—0,25	Г-МК — Г-К
Езген	Езгана	0,24—0,37	СГ-НМК — СГ-НК
Нурек	Дангара	[1]0,66—1,52	ГС-МК — С-МНК
Вахш	Гарм	0,33—0,73	ХС-МНК — ХС-КН
»	Комсомолабад	0,30—0,66	ХГС-МНК — СХ-КН
»	Саригузар	0,36—0,66	ХГС-НК — ГХС-КН
»	Калининабад	0,39—0,90	ГХС-НК — СХ-КН
»	Курган-Тюбе	0,40—0,63	ГХС-НК — ХС-НК
Пяндж	Шихашим	0,18—0,32	СГ-МК — СГ-НК
»	Шидз	0,19—0,27	ГС-МК — ХСГ-НК
»	Хирманджой	0,16—0,28	ХСГ-МК — ГХ-МКН
»	Нижний Пяндж	0,23—0,52	ХГ-НМК — СГХ-КН
Кафирниган	Рамит	0,12—0,19	Г-МК — Г-НК
»	Чинар	0,11—0,18	Г-К — Г-К
»	Орджоникидзе-абад	0,14—0,21	Г-К — Г-МК
»	Душанбе, № 58	0,13—0,40	ГК — СГ-МК

1	2	3	4
»	Душанбе, № 60	0,18—0,32	СГ-МК — СГ-МК
»	Латтабанд	0,18—0,51	СГ-МК — ГС-МНК
»	Тартки	0,26—0,84	СГ-К — С-НК
Сардаймиена	Рамит	0,15—0,22	Г-МК — СГ-КН
Пондема	Устье	0,20—0,35	Г-МК — СГ-МНК
Варзоб	Догона	0,11—0,24	Г-К — СГ-НМК
Зидды	Устье	0,13—0,29	Г-К — СГ-НМК
Такоб	Такоб	0,19—0,46	СГ-К — ГС-КН
Тайкуталь	Такоб	0,06—0,16	СГ-МК — ГС-КН
Харангон	Чехон	0,19—0,36	СГ-К — ГС-КНК
Иляк	Файзобад, №74	0,32—0,85	ХС-К — ХГС-НМК
»	Янгиюль	0,34—0,56	СГ-МК — СГ-МНК
Ханака	Гиссар	0,14—0,22	СГ-К — СГ-МК
»	Алибеги	0,11—0,23	СГ-К — СГ-МК
Сурхандарья	Жданова	0,25—0,57	СГ-МК — ГС-НМК
»	Шурчи	0,31—0,79	СГ-НК—ГС-НК
»	Мангузар	[1]0,70—1,39	СГ-НМК — ГС-МНК
»	Ниже Южно-Сурханского водохранилища	0,49—1,07	ГС-МК — С-МНК
Шерабад	Дербенд	[1]0,95—2,50	ХС-КН — ХС-КН
Шерабад	Выше устья р. Майдан	[1]0,86—2,76	ХС-КН — СХ-КН
Майдан	Устье	[1]2,18—3,27	С-МНК — ХС-КНМ
Каратаг	Каратаг	0,10—0,27	СГ-МК — ГС-МК
Туполанг	Зарчоб	0,16—0,32	СГ-К — ГС-НК
Обизаранг	Дашнабад	0,24—0,40	СГ-НК — СГ-МК
Шеркент	Джаросурх	0,13—0,24	СГ-К — СГ-МК
Туполанг	устье р. Обизаранг	0,20—0,42	СГ-НК — СГ-МК
Халкаджар	Базарджой	0,64—0,93	ГС-НК — С-НК
»	Устье	[1]0,66—1,50	ГС-НК — С-НМК
Шаргунь	Чинар	0,30—0,48	ГС-МК — ГС-НМК
Сангардак	Кинггузар	0,22—0,43	СГ-К — ГС - НМК
Хангарсансай	Байсун	0,27—0,48	СГ-МК — ГС-НМК
Амударья	Термез	0,43—0,83	ХГС-МНК — ХС-КН
»	Керки	[1]0,40—1,03	ГХС-НМ — СХ-КН
»	Ильчик	[1]0,38—1,21	ХСГ-КН — ГСХ-КН
»	Туямуюн	[1]0,54—1,56	ГХС-НМК—ГХС-МКН
»	Саманбай (Чатлы)	[1]0,69—2,17	ГХС-НК — СХ-МКН
»	Кзылджар	[1]0,93—1,86	ХС-КН — ХС-МКН
»	Темирбай	[1]0,55—1,69	ГХС-КМН — ХС-МКН
Казахдарья	Казахдарья	[1]1,10—4,05	ХС-МКН — ХС-МН
Зеравшан	Похут	0,16—0,29	ГС-КМ — ГС-МК
»	Хушкат	0,15—0,27	Г-МК—СГ-МК
»	Дупули	0,17—0,30	СГ-МК — СГ-МК
»	Пенджикент	0,18—0,76	ГС-К — ГС-КН
«	Аккарадарьинский вододелитель	0,23—0,40	СГ-НК — СГ-МК
Зеравшан	Навои	[1]0,85—1,37	ГС-КМ — С-МКН
Гузи	Пид	0,18—0,32	СГ-К — Г-КН
Фандарья	Печпе	0,19—0,31	Г-МК — СГ-МНК
Ягноб	Токфон	0,17—0,32	Г-МК — ГС-КН
Анзоб	Устье	0,15—0,30	Г-МК — Г-МК
Саритаг	Устье	0,09—0,16	Г-МК — Г-МК
Кштут	Зерихисор	0,20—0,26	Г-МК — Г-МК
Пхрут	Пиньеп	0,13—0,30	Г-МК — СГ-КН

1	2	3	4
Магиандарья	Суджи	0,20—0,33	СГ-МК — Г- МК
Канал Таликумен	Мост Джума	0,23—0,54	СГ-К — ГС- МК
Подводящий канал Каттакурганского водохранилища	Устье	0,37—0,56	СГ-МНК — СГ-НМК
Отводящий канал Каттакурганского водохранилища		0,41—0,62	ГС-НМК — ГС-НМК
Подводящий канал Куюмазарского водохранилища		[1]1,43—2,40	ХС-МКН — ХС-МКН
Отводящий канал Куюмазарского водохранилища		[1]0,93—1,55	ХС-КН — ХС- КН
Карадарья	Мирзабор	0,29—0,90	СХ-МК — ГС-МКН
»	Чеганак	0,30—0,89	СГ-НМК — ГС-МКН
»	Хатырчи	0,27—0,78	СГ-К — ГС-МКН
»	Ниже слияния с Сиабом	0,43—0,70	СГ-МК — СГ-МК
Сарытаг	Устье	0,10—0,16	Г-МК — Г-К
Сазагансай	Сазаган	0,16—0.28	Г-НК — Г-НК
Тусунсай	Каракия	0,22—0,88	СГ-МКН — ГС-КН
Амубухарский канал		0,58—0,85	СХ-КМН — СХ- НКМ
1 ветка		0,16—0,54	СГ-НК — ГС-МНК
Танхаздарья	Каттагон	0,20—0,51	СГ-К — ГС-К
Яккобагдарья	Татар	0,30—0,36	СГ-МК — Г-НМК
Карасу	Умен	0,15—0,34	СГ-К — СГ-НК
Акдарья	Хазарнау	0,25—0,35	Г-МК — Г-НК
Кашкадарья	Варганзи	0,42—0,64	СГ-НМК — ГС-НМК
»	Чиракчи		
»	Нижний бьеф Чимкурганского водохранилища	[1]0,71—1,09	ГС-НМК — С-МКН
»	Каратикон	[1]0,68—4,12	ГС-НКМ — ХС- МН
Правобережный канал Чимкурганского водохранилища		0,66—0,80	ГС-МКН — ГС- МКН
Левобережный канал Чимкурганского водохранилища		0,63—0,84	ГС- КНМ—ГС- НМК
Каракумский канал	Совхоз им. К. Маркса	0,48	ГСХ- НК
»	Колхоз Тахирова	0,61	ГХС-КН
»	Поселок Кулиева	0,68	ХС- КН
Мургаб	Тахтабаз	[1]0,37—5,45	СГ-КМ — С-КН
Теджен	Пуль-и-Хатум	[1]0,52—2,82	ХСГ-КН — СХ-Н
Южносурханское водохранилище		0,35—0,75	ГС-К — ГС- МК
Учкызылское водохранилище		[1]0,83—1,14	С-МНК — С- МКН
Тюямуюнское »		[1]0,61—1,83	ХС-КН — ХС- КН
Каттакурганское »		0,31—0,49	СГ-МК — ГС- МНК
Куюмазарское »		[1]0,98—1,28	ХС-КН — ХС- КН

Продолжение табл. 19

1	2	3	4
Чимкурганское водохранилище	Озерный	[1]0,63—1,49	ГС-КНМ — С-МКН
Водохранилище Шоркуль	Буй №1	[1]1,18—2,46	ГС-НМК — С-МК
Хаузханское водохранилище		0,75	СХ-МКН
Озеро Искандеркуль	Северо-восточный берег	0,09—0,16	Г-МК — Г-МК
» Каракуль		[1]0,57—12,3	ГХС-НМ — ХС-Н
» Сарезское	Залив Иркт	0,19—0,24	ГС-К — ГС-МК
» Куккуль		[1]4,88	ХС-МНК
» Судочье	В западной части	[1]17,42	СХ-МН
» Тудакуль		[1]2,43—3,57	ХС-МНК — ХС-КН
Аральское море в районе мыса Костау		[1]20,0	СХ-МН

[1] створы с минерализацией воды выше 1,0 г/л

(Боргадив), Язгулеме и Ванче при максимальных величинах минерализации состав воды становится сульфатным — кальциевым, а в р. Обихумбоу — даже сульфатным — натриевым.

Повышена минерализация воды в р. Кызылсу у створов Саманчи и Пархар. Здесь она превышает 1,0 г/л, состав воды сульфатно-хлоридный — кальциево-натриевый. Также повышена минерализация воды в р. Таирсу — до 5,17 г/л, состав воды сульфатный — натриевый.

Наличие соленосных пород в бассейне реки вызывает повышенную минерализацию воды и в русле р. Вахш. Так, от Гарма до Курган-Тюбе максимальные ее величины изменяются от 0,63 до 0,90 г/л, состав воды при этом может быть даже сульфатно-хлоридным — кальциево-натриевым.

В р. Пяндж минерализация воды меньше, чем в Вахше. Даже по максимальным величинам она у нижнего створа не превышает 0,52 г/л, состав воды при этом сульфатно-гидрокарбонатно-хлоридный — кальциево-натриевый.

Малой минерализацией воды характеризуются небольшие реки бассейна Кафирнигана (Пондема, Варзоб, Зидды и др.): 0,11—0,56, состав воды в них преимущественно сульфатно-гидрокарбонатный — кальциево-натриевый. Также незначительна минерализация воды в верхнем течении р. Кафирниган (Чинар, Рамит): 0,11—0,19 г/л, состав воды гидрокарбонатный — натриево-кальциевый. К нижнему створу Тартки она повышается до 0,84 г/л, по-видимому, в связи с влиянием орошения. Состав воды при этом меняется на сульфатный —натриево-кальциевый.

В бассейне р. Сурхандарьи в зоне формирования стока минерализация речных вод небольшая: 0,10—0,42 г/л, состав обычно сульфатно-гидрокарбонатный — магниево-кальциевый. Только в притоке Халкаджар минерализация воды может достигать 1,5 г/л,

состав воды при этом становится сульфатным — натриево-магниево-кальциевым.

Существенно меняется минерализация и состав воды в русле самой Сурхандарьи. У верхнего створа она равна 0,25—0,57 г/л, а у нижнего — Мангузар —0,70—1,39 г/л. Естественно, сульфатно-гидрокарбонатная — магниево-кальциевая вода в нижнем течении реки становится гидрокарбонатно-сульфатной — натриево-магниево-кальциевой. Причиной такой метаморфизации минерализации и химического состава воды по длине реки является влияние возвратных вод с орошаемой территории бассейна.

В бассейне р. Шерабад много соленосных пород, поэтому минерализация воды в реке повышена — до 2,5—2,75 г/л, по составу вода большую часть года хлоридно-сульфатная — кальциево-натриевая. Значительна минерализация воды и в притоке Майдан —2,18—3,27 г/л. Состав ее хлоридно-сульфатный — кальциево-натриево-магниевый.

Существенно меняется минерализация и состав воды по длине самой Амударьи. У самого верхнего створа (г. Термез) она равна 0,43—0,83 г/л, состав воды хлоридно-гидрокарбонатно-сульфатный — магниево-натриево-кальциевый. К нижнему створу Темирбай минерализация воды увеличивается до 1,69 г/л, а состав меняется на хлоридно-сульфатный — магниево-кальциево-натриевый. Конечно, такие изменения минерализации и химического состава речной воды связаны с попаданием в ее русло возвратных вод с орошаемых массивов, которые последовательно расположены по течению реки (Туркменский прибрежный, Хорезмский оазис, орошаемые земли КК АССР).

Влияние орошения на минерализацию речной воды проявляется и в бассейне р. Зеравшан. Если в верховьях реки она изменяется в пределах 0,09—0,33 г/л, то к створу Навои (замыкает Самаркандский оазис) она возрастает до 0,85—1,37 г/л. Состав воды меняется от сульфатно-гидрокарбонатного — магниево-кальциевого до сульфатного — магниево-кальциево-натриевого. Судя по минерализации воды в отводящем канале Куюмазарского водохранилища, она в нижнем течении Зеравшана еще более возрастает.

Очень заметно меняются минерализация и химический состав воды в р. Кашкадарье. В верховьях реки и в многочисленных левых притоках (Акдарья, Танхаздарья, Яккобагдарья и др.) она небольшая —0,16—0,54 г/л, состав воды чаще сульфатно-гидрокарбонатный — кальциевый. В створе нижний бьеф Чимкурганского водохранилища минерализация увеличивается до 1,09 г/л, состав воды при этом меняется на сульфатно-магниево-кальциево-натриевый. У створа Каратикон минерализация воды доходит в последние годы до 4,12 г/л, т. е. по существу становится равной минерализации коллекторно-дренажных вод, состав воды при этом меняется на хлоридно-сульфатный — магниево-натриевый.

В Каракумском канале им. В. И. Ленина, который, как известно, забирает воду из р. Амударьи, минерализация воды

практически соответствует минерализации речной воды —0,48 г/л. Однако ниже по течению она несколько увеличивается: до 0,61 г/л на территории колхоза Тахирова и до 0,68 г/л у поселка Кулиева. Состав воды в нижнем течении канала хлоридно-сульфатный — кальциево-натриевый.

Минерализация воды р. Мургаб в течение года значительно меняется: от 0,37 до 5,45 г/л. Первоначально сульфатно-гидрокарбонатная — кальциево-магниевая вода становится с ростом минерализации сульфатной — кальциево-натриевой. Такая же картина наблюдается и в р. Теджен, только в несколько меньшем соотношении — от 0,52 до 2,82 г/л. Состав воды меняется здесь от хлоридно-сульфатно-гидрокарбонатного — кальциево-натриевого до сульфатно-хлоридного — натриевого.

Минерализация воды в водохранилищах (табл. 19) обычно такая же, как и в самой реке выше водохранилища. Однако, когда в них в течение нескольких месяцев накапливаются речные воды, минерализация воды может и превышать ее значения, наблюдаемые в верхнем створе. Минерализация воды в водохранилищах также может несколько увеличиваться и за счет процессов испарения.

Минерализация воды в горных озерах небольшая: 0,09—0,24 г/л, состав воды чаще гидрокарбонатный — магниево-кальциевый или гидрокарбонатно-сульфатный — магниево-кальциевый. Наоборот, повышенной минерализацией характеризуется вода низинных дельтовых озер (Тудакуль, Куккуль, Судочье), минерализация воды в них равна 2,43—4,88 г/л, а в озере Судочьем, которое за последние годы значительно обмелело, минерализация воды возросла до 17,42 г/л. Состав воды в таких озерах хлоридно-сульфатный — кальциево-натриевый или сульфатно-хлоридный — магниево-натриевый.

Минерализация воды в Аральском море в районе мыса Костау в последние годы равна 18,0—20,0 г/л, состав ее сульфатно-хлоридный — магниево-натриевый.

Анализ современного распределения минерализации и химического состава речных вод в бассейне Амударьи позволил отметить следующее:

— наименьшие величины минерализации речных вод (0,10—0,30 г/л) наблюдаются в верховьях рек, в зоне формирования стока;

— в отдельных речных бассейнах (Кызылсу, Таирсу, Шерабад, Майдан) минерализация речных вод несколько повышена из-за того, что реки дренируют соленосные породы, широко распространенные в этих бассейнах;

— практически во всех крупных реках бассейна (Пяндж, Вахш, Кафирниган, Сурхандарья, Зеравшан, Кашкадарья) наблюдается влияние орошения на минерализацию речной воды. Она заметно возрастает от истоков к устью в зависимости от объемов возвратных вод, попадающих в русла рек;

— минерализация воды в водохранилищах практически по-

вторяет минерализацию речной воды выше водохранилищ, но при этом может несколько увеличиться в результате процессов смешения и испарения;

— минерализация воды в горных озерах, как правило, небольшая, наоборот, в дельтовых озерах, которые служат аккумуляторами сбросных и коллекторно-дренажных вод с орошаемой территории, минерализация воды повышена до 3—5 г/л, иногда и более.

Здесь были приведены самые общие сведения по минерализации и химическому составу речных вод бассейна Амударьи. Между тем, специалистам важно знать не только минимальные и максимальные величины минерализации, но и как она меняется внутри года, т. е. гидрохимический режим водотоков.

Гидрохимический режим речных вод рассмотрим по начальным, расположенным выше влияния зоны деятельности человека, и замыкающим створам, расположенным ниже крупных орошаемых массивов или в устье рек.

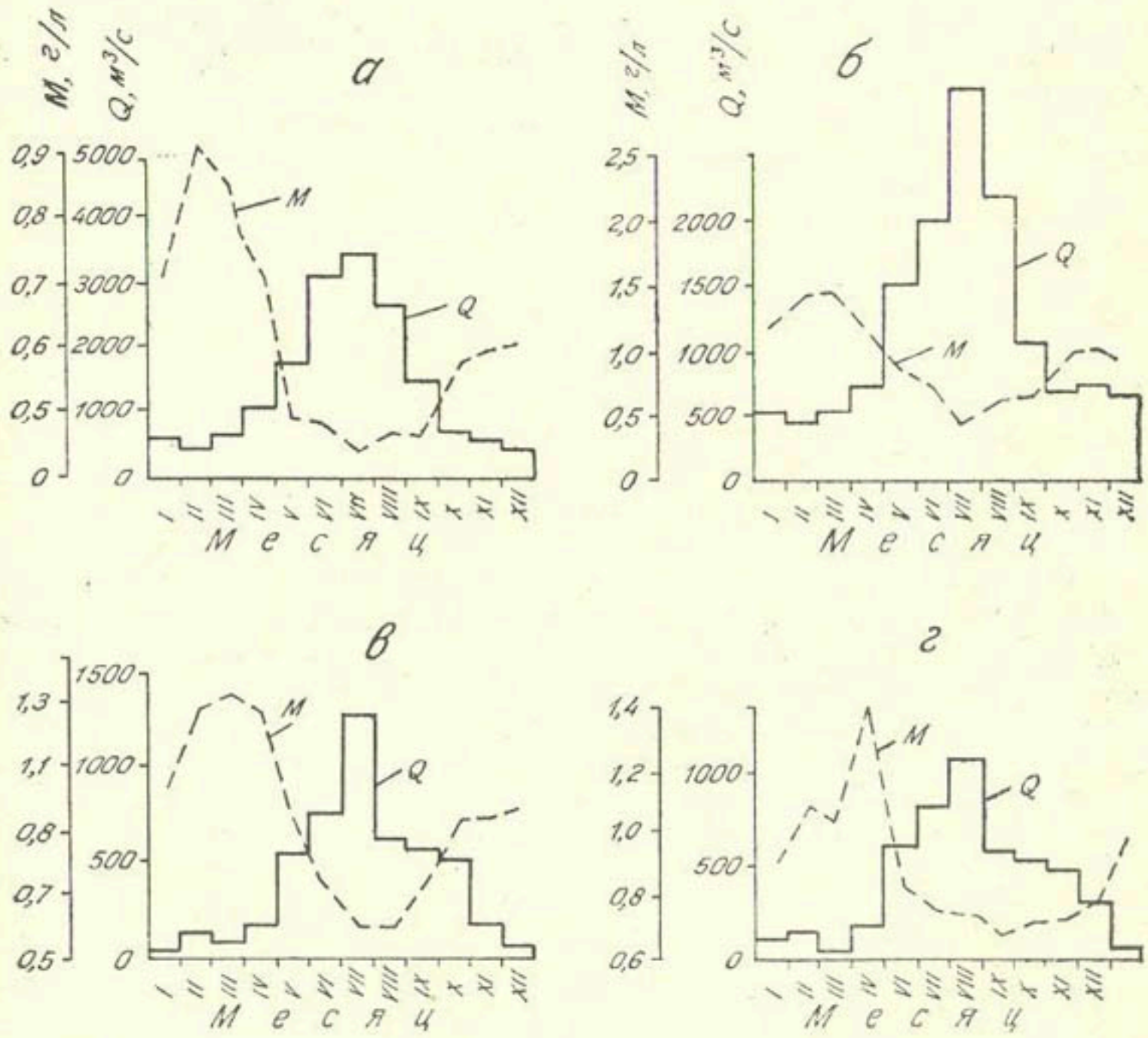


Рис. 22. Внутригодовое изменение минерализации и расходов воды в р. Амударье у створов:

а) Керки; б) Тюямуюн; в) Саманбай; г) Темирбай.

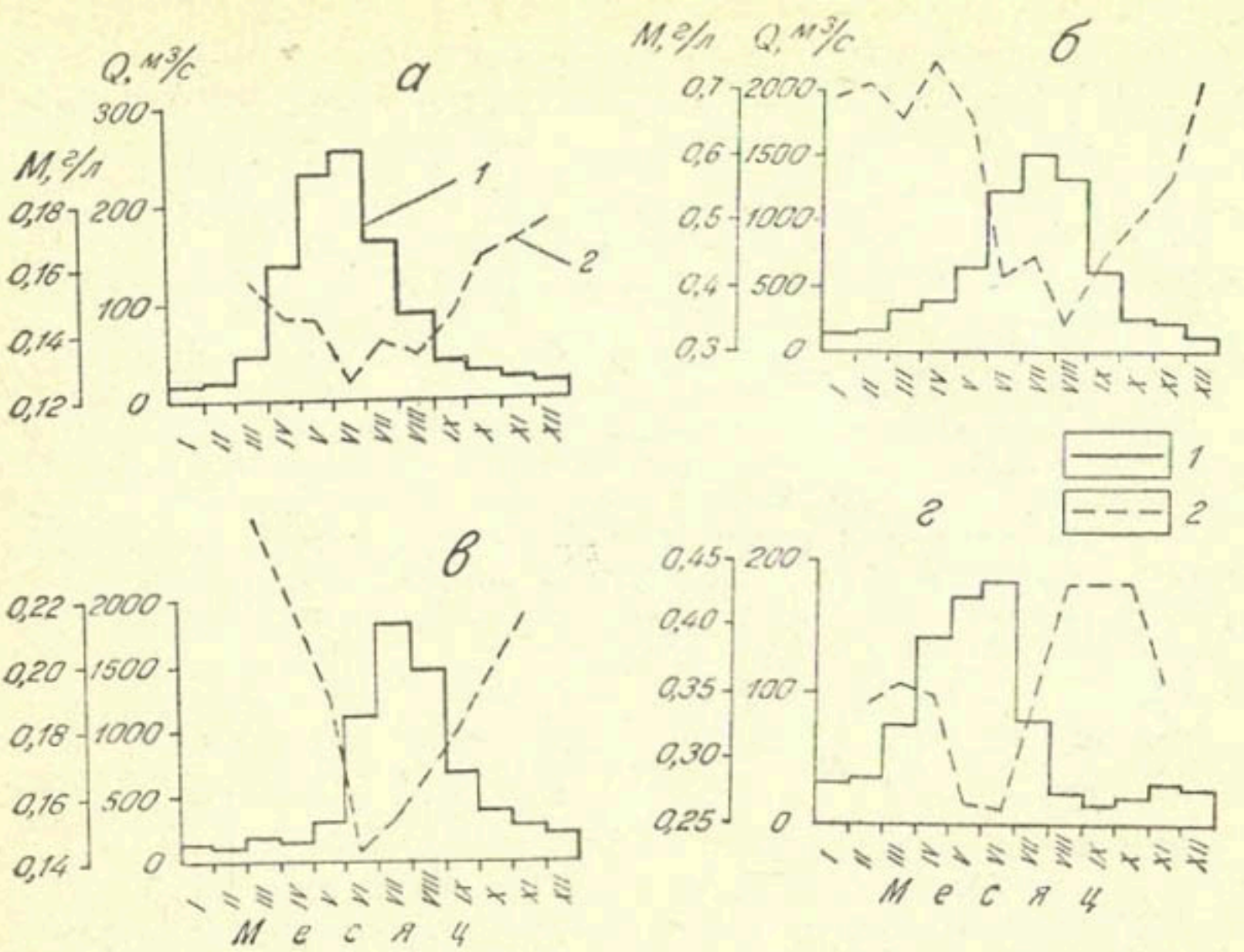


Рис. 23. Внутригодовое изменение:
1 — расходов воды; *2* — минерализации в реках верхнего течения бассейна Амударьи: а) р. Кафириниган — Чиназ; б) р. Вахш — Саригузар; в) р. Пяндж — Шидз; г) р. Сурхандарья — Жданова.

Естественно, что режим минерализации речных вод следует рассматривать совместно с водным режимом рек, так как известно, что изменения первой величины во многом определяются динамикой расходов воды.

Анализ современного водного и гидрохимического режимов наиболее крупных рек бассейна Амударьи (рис. 22—23) показывает, что на протяжении всей длины р. Амударьи (от створа Керки до створа Темирбай) наблюдается четкая обратная зависимость между расходами воды в реке и ее минерализацией. Так, у створа Керки при расходах воды до 1000 м³/с минерализация воды равна 0,6—0,8 г/л и более. При возрастании расходов воды до 2000—3000 м³/с минерализация соответственно понижается до 0,5—0,4 г/л.

У самого нижнего створа Темирбай, несмотря на влияние деятельности человека на сток реки, обратная зависимость между расходами воды (Q) и минерализацией (M) сохраняется. Только здесь наименьшие величины минерализации равны 0,68—0,72 г/л (при расходах воды 600 м³/с и более), а наибольшая ее величина повышается до 1,4 г/л (при расходах воды менее 200 м³/с).

Обратная зависимость между расходами воды и минерализацией наблюдается и в других реках бассейна Амударьи: Вахше, Пяндже, Кафирнигане, Сурхандарье.

Так, минерализация воды р. Вахш у створа Саригузар при расходах ее менее 500 м³/с равна 0,65—0,75 г/л, при увеличении расходов воды более 1200 м³/с ее минерализация соответственно уменьшается до 0,45—0,35 г/л.

В р. Пяндж у створа Шидз при расходах воды в реке менее 200 м³/с ее минерализация равна 0,26 г/л, а при увеличении расходов воды до 1750 м³/с она понижается до 0,15 г/л.

В р. Кафирниган у створа Чинар при расходах воды менее 40 м³/с ее минерализация равна 0,16—0,18 г/л, а при расходах воды более 240 м³/с она уменьшается до 0,13 г/л.

В р. Сурхандарье у верхнего створа при расходах воды до 40 м³/с ее минерализация равна 0,35—0,45 г/л, а при увеличении расходов воды до 175 м³/с она уменьшается до 0,25 г/л. Интересно, что данная зависимость полностью нарушается у устьевого створа Мангузар: несмотря на сохраняющееся некоторое увеличение расходов воды в апреле-июне, ее минерализация в течение всего года изменяется в пределах 0,9—1,3 г/л, а в июне даже возрастает до 3,0 г/л.

Коллекторно-дренажные воды

Ежегодно увеличивающийся дефицит оросительной (речной) воды ставит перед специалистами задачу изучения формирования качества коллекторно-дренажных вод, имеющихся в каждом из ирригационных районов бассейна Аральского моря, в том числе и в бассейне Амударьи.

Водный, особенно гидрохимический режим коллекторов, изучен слабо. Основная причина здесь, по-видимому, кроется в том, что эти воды ирригаторам мало нужны, так как они соленые и их обычно не учитывают в хозяйстве, а сбрасывают за пределы орошаемой зоны.

Рассмотрим водный и гидрохимический режимы коллекторно-дренажных вод следующих ирригационных районов бассейна Амударьи: Вахшского, Пянджского, Кафирниганского, Сурхан-Шерабадского, Туркменского прибрежного, Низовьев Амударьи, зоны Туямуюнского, Тахиаташского, Каршинского и Бухарского гидроузлов.

Вахшский ирригационный район. В верховьях бассейна р. Вахш расположена Явано-Обикиикская оросительная система (ЯОС). В 1975 г. она охватывала 33,8 тыс. га, водозабор для орошения составлял 527,8 млн м³. На данном массиве достаточно хорошо развита коллекторно-дренажная сеть, а число коллекторов, впадающих в водоприемники (оросители, реки и т. д.), равно 119, ими за год выносится до 60,2 млн м³ воды. Средняя минерали-

зация этих вод равна 3,15 г/л, а оросительных (речных)— 0,65 г/л.

Однако в отдельных коллекторах Яванской долины минерализация коллекторно-дренажных вод может достигать 10—30 г/л. Естественно, что это наблюдается на участках с засоленными почвами и грунтовыми водами (Аминджанов, 1969).

Ниже Явано-Обикиикского массива расположен хорошо известный Вахшский массив, оросительной системой которого в 1965 г. было охвачено 81,4 тыс. га, водозабор для их орошения был равен 2,597 км³. К 1975 г. орошаемая площадь увеличилась до 101,0 тыс. га, а водозабор был равен 2,524 км³. В р. Вахш и оросители впадает 33 коллектора, которыми за год отводится до 1,21 км³ воды со средней минерализацией 1,8 г/л (расчеты автора).

По приведенным расчетам, за 1970—1986 гг. суммарные сбросы коллекторно-дренажных вод в р. Вахш увеличились с 684 млн м³ до 1200 млн м³.

По данным О. А. Грабовской (1957), в 1940-е годы минерализация коллекторно-дренажных вод зимой была равна 5 г/л, летом 2—3 г/л. К 1965 г. Вахшская долина была рассолена, в 1985—1986 гг. среднегодовая минерализация коллекторных вод не превышала 2 г/л.

В настоящее время средняя минерализация коллекторно-дренажных вод ирригационного массива (табл. 20), взвешенная по стоку, равна 1,8 г/л. Расчеты проведены с учетом данных по следующим коллекторам: В-8, В-9, В-10 В-12, КВ, В-7, В-23, В-Д-6 и В-Д-10; по ним отводится большая часть стока.

Рассмотрим внутригодовое распределение минерализации воды в наиболее крупных коллекторах массива и в целом для массива (рис. 24). Как видно, почти во всех случаях наблюдается отчетливое понижение минерализации воды в коллекторах при возрастании их расходов. В среднем внутри года минерализация воды в коллекторах Вахшской долины меняется от 1,37 (сентябрь) до 2,8 г/л (январь). По отношению к среднегодовой величине среднемесячные величины минерализации колеблются от 75,1 до 151%. Исходя из этого можно оценить возможность использования коллекторно-дренажных вод в народном хозяйстве в любое время года.

Согласно нашим представлениям, сведения о минерализации и химическом составе коллекторно-дренажных вод можно использовать в качестве интегрального показателя, характеризующего мелиоративное состояние орошаемой территории. Так, по среднегодовой величине минерализации можно судить о степени засоления массива, а по подъемам и спадам среднемесячных величин можно выделить периоды поливов и промывок, проводимых на массиве в течение года. Причем в малых по размерам бассейнах коллекторов (площадью несколько сот гектаров) это можно сделать точнее. По данным, полученным при определении минерализации, можно заключить, что орошаемая зона Вахшской

20. Внутригодовое изменение современной минерализации коллекторно-дренажных вод ирригационных районов бассейна Амударьи

Ирригационный район		Месяц												Средняя величина минерализации, г/л
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Вахшский	1	2,80	2,71	2,01	2,08	1,75	1,41	1,48	1,38	1,37	1,40	1,59	2,20	1,80
	2	151	150	111,5	115,5	97	78,3	82,3	76,6	75,1	77,8	88,4	122	
Сурхан-Шерабадский:	1	0,29	0,28	0,29	0,29	0,37	0,34	0,36	0,35	0,37	0,35	0,36	0,35	0,34
а) северная зона	2	85	82	85	85	109	100	106	103	109	103	106	103	
б) часть южной зоны — в бас.	1	1,491	1,40	1,35	1,53	1,53	1,24	1,29	1,30	1,33	1,36	1,71	1,75	1,46
Сурхана	2	102	96	92,5	105	105	85	88,5	89,0	91,0	93,0	117	120	
в) часть юж. зоны — в бас.	1	6,35	5,65	4,90	4,70	4,30	4,60	5,31	5,41	5,91	6,13	6,63	5,25	5,35
Шерабада	2	119	106	92	88	80,5	86	99,5	101	110	115	124	98	
Туркменский прибрежный	1	2,89	2,87	3,00	3,17	3,15	2,61	2,66	2,69	2,72	3,59	4,43	4,18	3,01
	2	96	95,4	99,6	105	104,7	86,8	88,4	86	90,4	119	147	139	
Туямуюнский	1	4,44	4,25	4,32	4,34	3,83	4,03	3,89	4,07	4,36	4,26	4,46	4,29	4,16
	2	107	102	104	104	92	97	93,5	98	105	102	107	103	
Тахиаташский	1	5,16	4,90	4,36	3,80	3,04	2,11	1,89	1,98	2,60	2,82	3,08	3,96	3,04
	2	170	161	143	125	100	69,5	62,3	65,0	85,6	93	101	130	
Каршинский	1	8,00	6,44	8,15	8,00	8,10	7,21	7,94	8,5	7,12	7,84	7,19	7,03	7,70
	2	104	83,5	106	104	105	93,6	103	110	92,5	102	93,5	91,5	
Бухарский	1	5,51	5,05	4,40	4,29	4,10	3,87	3,00	3,21	3,27	2,82	2,80	3,32	3,05
	2	180	165	144	141	134	139	98,4	105	107	92,5	92,0	109	

Примечание. 1 — фактическое, 2 — проценты к среднегодовой величине.

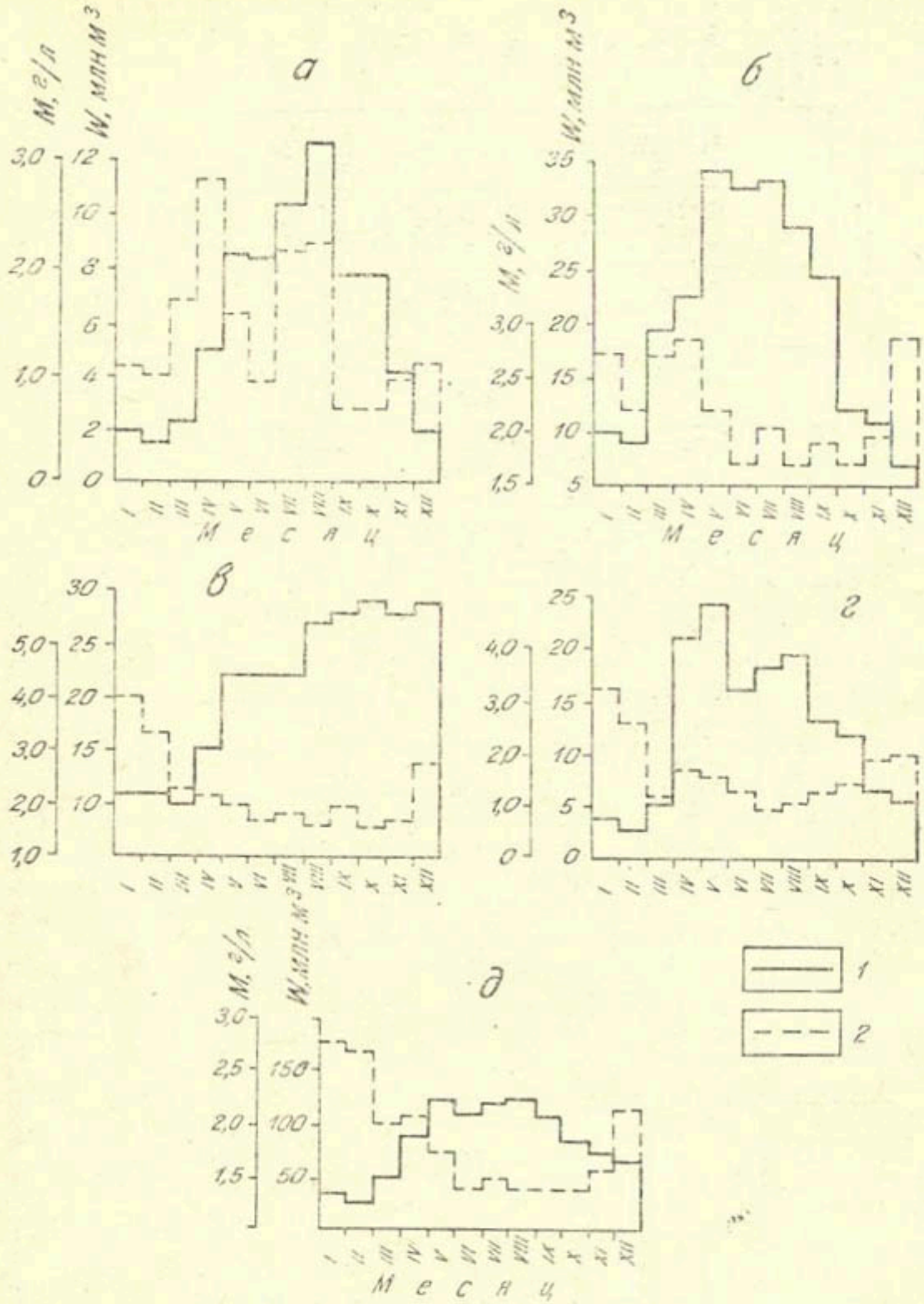


Рис. 24. Внутригодовое изменение:

1 — стойка; *2* — минерализации в коллекторах Вахшской долины; а) В-10, б) коллектор КВ; в) В - Т; г) В-Д-6; д) в среднем по долине.

долины рассолена, промывки проводят в апреле, а основные поливы сельскохозяйственных культур — в июле. Для более точного выделения различных периодов в хронографах минерализации коллекторно-дренажных вод необходимо сопоставить данные по режиму орошения и промывок с изменением минерализации воды в коллекторах за прошлые годы.

Пянджский ирригационный район. Сведений о минерализации коллекторно-дренажных вод оросительных систем, расположенных в бассейне р. Пяндж (Кызылсу-Яксуйская, Пархар-Чубекская, Пянджская), мало. Они отсутствуют даже в отчетах Таджикгипроводхоза. Некоторые сведения имеются в схемах комплексного использования и охраны водных и земельных ресурсов бассейнов отдельных рек.

В *Кызылсу-Яксуйской оросительной системе* (КЯОС) в 1965 г. орошалось 26,8 тыс. га при водозаборе в 331,0 млн м³. К 1975 г. величина орошаемой площади возросла до 29,9 тыс. га, а водозабор — до 384,8 млн м³. По данным «Таджикгипроводхоза», в водоприемники системы поступают дренажные воды из пяти коллекторов, которые за год отводят до 113,9 млн м³ воды.

В 1975 г. минерализация воды в коллекторах во время вегетационного периода изменялась от 0,16 до 3,26 г/л, а в невегетационный — от 0,27 до 5,90 г/л, из чего следует, что на данном массиве есть участки незасоленные и сильнозасоленные.

Пархар-Чубекская оросительная система (ПЧОС) охватывала в 1965 г. 26,8 тыс. га при водозаборе в 331,0 млн м³, к 1975 г. величина орошаемой площади увеличилась до 29,9 тыс. га, а водозабор — до 384,7 млн м³. В водоприемники попадает вода из 10 коллекторов, через которые за год отводится до 832,3 млн м³ воды.

Сведений о минерализации этих вод пока нет, по-видимому, она мало отличается от минерализации коллекторных вод массива КЯОС.

Пянджская оросительная система (ПОС) в 1965 г. охватывала 12,7 тыс. га, водозабор был равен 247,34 млн м³, к 1985 г. орошаемая площадь увеличилась до 22,4 тыс. га при водозаборе 405,8 млн м³. В пределах данной системы в водоприемники впадает 7 коллекторов, которыми в год отводится 184,9 млн м³ воды. Наиболее крупной является система коллектора К-1. В 1984—1985 гг. средняя минерализация коллекторно-дренажных вод составила 0,9—1,0 г/л (т. е. орошаемые земли преимущественно слабозасоленные). В этот период коллекторами было отведено 86,9—118,2 млн м³ воды и 83,5—113,6 тыс. т солей, большая часть которых попала в р. Пяндж.

Таким образом, можно отметить, что минерализация коллекторно-дренажных вод в пределах Пянджского ирригационного района изменяется от 0,16 до 5,9 г/л. Это зависит от засоленности орошаемых почв и минерализации грунтовых вод. Необходимость дальнейшего изучения гидрохимического режима коллекторов

данного района совершенно очевидна, так как показатель минерализации коллекторной воды, равный 0,16 г/л, вызывает сомнение.

По приведенным расчетам, суммарный объем коллекторных вод, сбрасываемых в р. Пяндж, в последние годы составляет 7,53 м³/с (237 млн м³) — 14,6 м³/с (460 млн м³).

Кафирниганский ирригационный район. В пределах Гиссарской долинной оросительной системы (ГДОС) в 1965 г. здесь орошалось 71,9 тыс. га при водозаборе 964,4 млн м³. К 1975 г. орошаемая площадь увеличилась до 76,0 тыс. га, а водозабор — до 1,12 км³.

По сведениям «Таджикгипроводхоза», в водоприемники района впадает 22 коллектора, которые и отводят до 1,02 км³ воды в год.

Сведений по минерализации коллекторных вод по данному массиву не обнаружено, но, судя по преобладанию здесь незасоленных почв, можно заключить, что минерализация этих вод в общем невысокая и равна в среднем 1,0—1,5 г/л.

Нижне-Кафирниганская оросительная система (НКОС) в 1965 г. охватывала 26,9 тыс. га, водозабор был равен 774,4 млн м³, к 1985 г. орошаемая площадь увеличилась до 42,5 тыс. га, водозабор — до 954 млн м³. В водоприемники впадает 7 коллекторов, которыми с орошаемой территории отводится до 290 млн м³ воды. Средняя минерализация коллекторных вод в 1985 г. была равна 1,9 г/л.

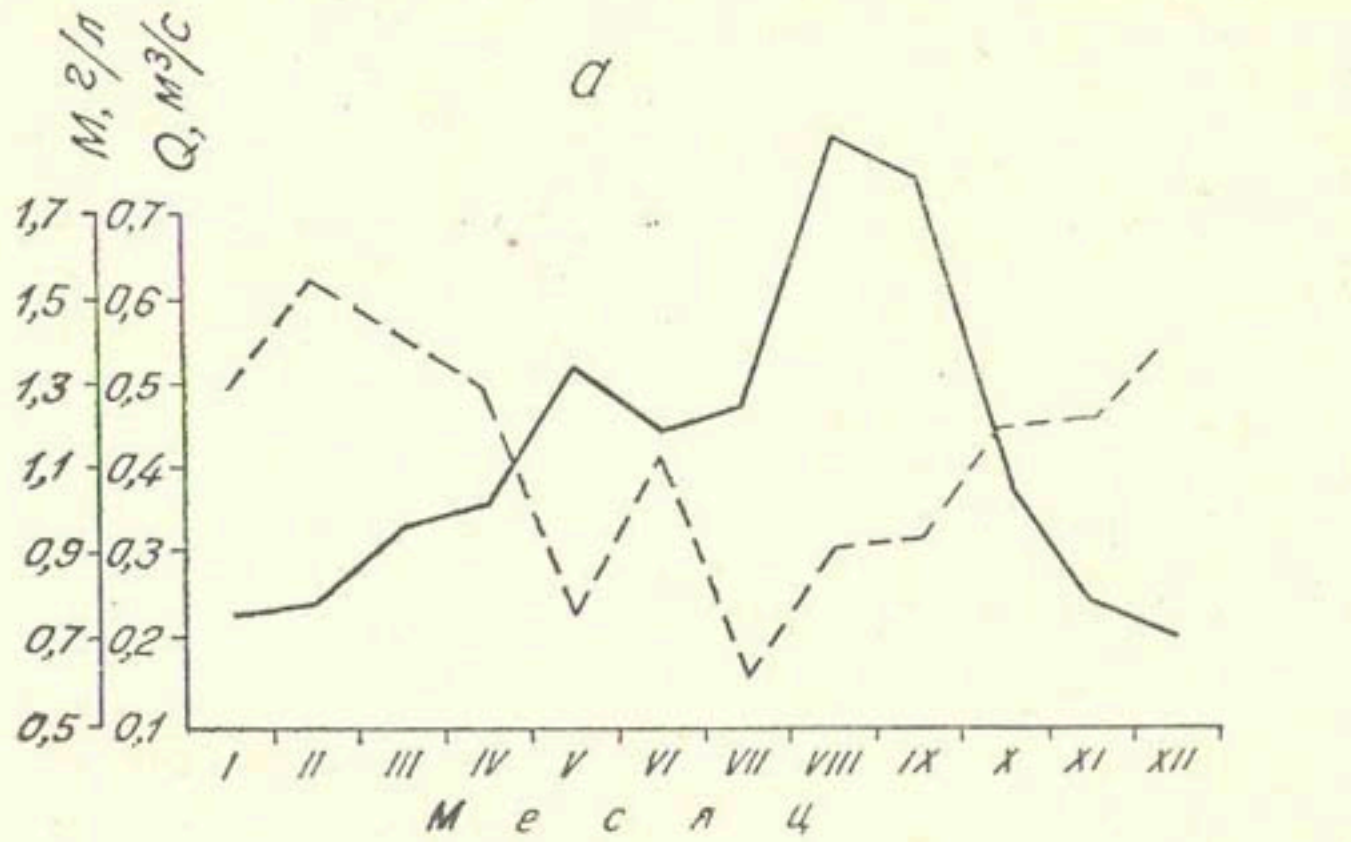
Как видно, и на данном массиве распространены преимущественно слабозасоленные почвы.

В последние годы величина годового суммарного коллекторного сброса в р. Кафирниган колебалась от 18,0 м³/с (570 млн м³) до 23,7 м³/с (746 млн м³).

Внутригодовое распределение минерализации коллекторных вод и отдельных коллекторов (Москва) приведено на рис. 25. Видно, что как в отдельных коллекторах, так и в целом для района с увеличением расходов воды ее минерализация уменьшается, а при понижении расходов воды она, наоборот, увеличивается.

Судя по средневзвешенному хронографу минерализации, можно отметить, что земли, дренируемые указанными коллекторами, преимущественно незасолены и слабозасолены, промывают их, по-видимому, в феврале-марте, а основные влагозарядковые поливы проводят в июне.

Сурхан-Шерабадский ирригационный район включает в себя бассейны собственно Сурхандарьи и Шерабада. Недостаточная дренированность поливных угодий этих бассейнов обусловила здесь интенсивное строительство коллекторно-дренажной сети. По данным Госкомводхоза УзССР, ее протяженность в 1986 г. составила 7355 км. Приемником многих коллекторов служит р. Сурхандарья. Большинство коллекторов Шерабадской степи впадает справа в р. Амударью.



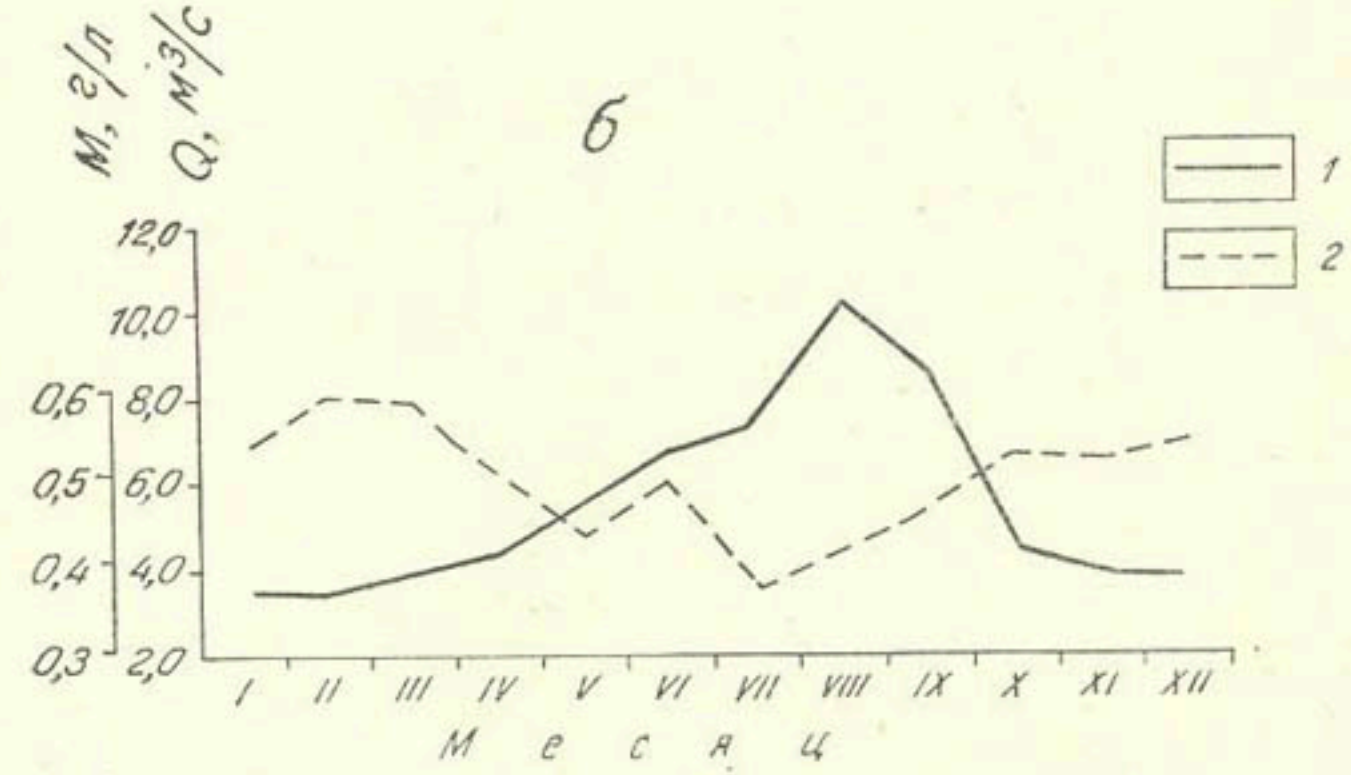


Рис. 25. Внутригодовое изменение:

1 — расходов воды; *2* — минерализации в коллекторах Кафирниганского ирригационного района: а) коллектор «Москва»; б) в среднем для района.

Как известно, орошаемая зона в данном районе делится на две части: 1) *северную,* занимающую территорию верховьев бассейна р. Сурхандарьи, и 2) *южную,* занимающую низовья Сурхандарьи и Шерабадскую степь.

Выявлено, что формирование минерализации коллекторно-дренажных вод данного района необходимо рассматривать по отдельным подрайонам: 1) подрайон, включающий в себя коллекторы выше створа Шурчи, 2) подрайон, включающий коллекто-

ры ниже створа Шурчи, и 3) подрайон, где расположены коллекторы Шерабадской степи, впадающие в основном в Амударью (Ангорский, К-2, К-3, ЖК и др.).

Установлено, что во всех подрайонах минерализация коллекторно-дренажных вод разная (табл. 20).

В 1-м подрайоне за прошедшие десять лет (с 1976 по 1986 гг.) величина коллекторного стока существенно не изменилась: в 1976 г. она была равна 413,0 млн м³, а в 1986 г.—446 млн м³. Минерализация коллекторных вод практически также не изменилась. Согласно расчетам, в среднем для всего подрайона в 1976 г. она была равна 0,4 г/л, а в 1986 г.—0,34 г/л, т. е. даже несколько уменьшилась, хотя вряд ли можно считать воду с такой минерализацией коллекторно-дренажной, скорее это оросительные воды, прошедшие транзитом через русла коллекторов.

Во 2-м подрайоне сбросы коллекторно-дренажных вод изменились также незначительно: в 1976 г. они были равны 270 млн м³, в 1986 г.—291 млн м³. Практически не изменилась минерализация коллекторно-дренажных вод, впадающих в р. Сурхандарью ниже створа Шурчи: в 1976 г. она была равна в среднем для подрайона 1,4 г/л, а в 1986 г.—1,5 г/л.

Сток коллекторно-дренажных вод в р. Амударью с Шерабадской степи *(3-й подрайон)* за рассматриваемые годы несколько увеличился: со 196 до 268 млн м³. Минерализация этих вод за прошедшие годы даже несколько снизилась: с 6,2 до 5,3 г/л, что подтверждает успешность работы коллекторно-дренажной сети.

Внутригодовое распределение минерализации коллекторно-дренажных вод (фактическое и в % от среднегодовой величины) внутри выделенных подрайонов приведено в табл. 20 и на рис. 26 и 27.

Как видно, в общем случае гидрохимический режим коллекторов противоположен их водному режиму. При этом в 1-м подрайоне наименьшая минерализация (0,29—0,30 г/л) коллекторно-дренажных вод наблюдается в январе-апреле, во 2-м (1,22—1,36 г/л) — июне-октябре и в 3-м (4,3—4,9 г/л) — мае-июне.

Судя по хронографам минерализации, в 1-м подрайоне промывки проводят в марте, влагозарядковые поливы — в мае. Во 2-м и 3-м подрайонах засоленные земли промывают, по-видимому, в январе. Выделение более тесной взаимосвязи между гидрохимическим режимом коллекторов и режимом орошения требует специального изучения.

Туркменский прибрежный ирригационный район находится в Туркменской ССР в пределах Чарджоуской области. В данном ирригационном районе в 1985—1986 гг. орошалось около 210 тыс. га; длина всей коллекторно-дренажной сети была близка к 4300 км, через нее за год за пределы орошаемой зоны (в этом районе в основном в р. Амударью) выносилось воды в зависимости от водообеспеченности года 1,0—2,1 км³ со средней расчетной минерализацией 3,5 г/л. В течение этого периода через коллекторы выносилось в год 3,5—7,3 млн т солей.

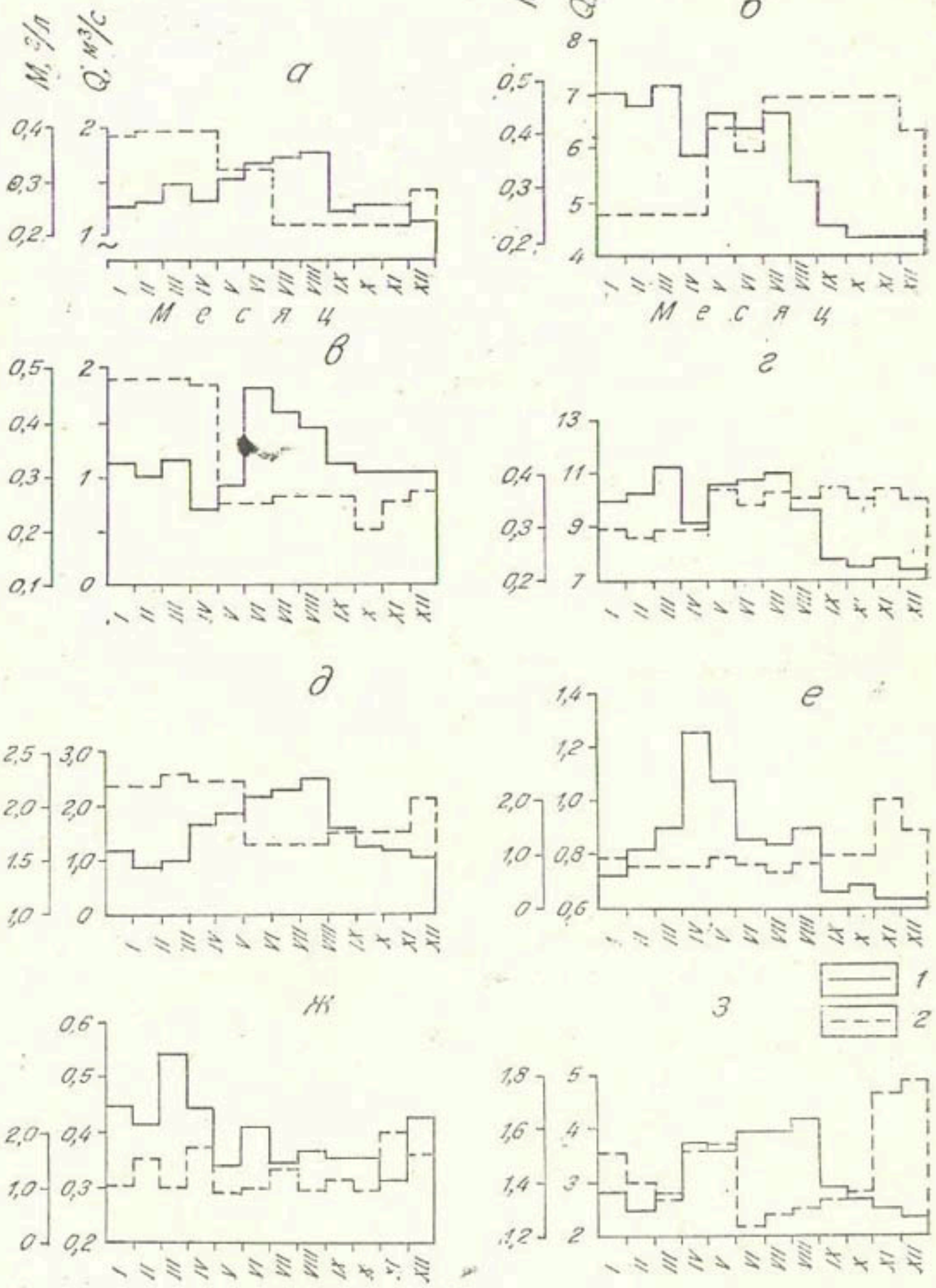


Рис. 26. Внутригодовое распределение:

1 — расходов воды; *2* — минерализации в коллекторах Сурхан-Шерабадского ирригационного района. Выше створа Шурчи: а) коллектор К-2; б) коллектор Карасу; в) Кампыркуль; г) в среднем для района выше створа Шурчи, ниже створа Шурчи; д) коллектор Ахматкуль; е) Ильбаясай; ж) Мехнат-Рахат-4; в среднем для района ниже створа Шурчи.

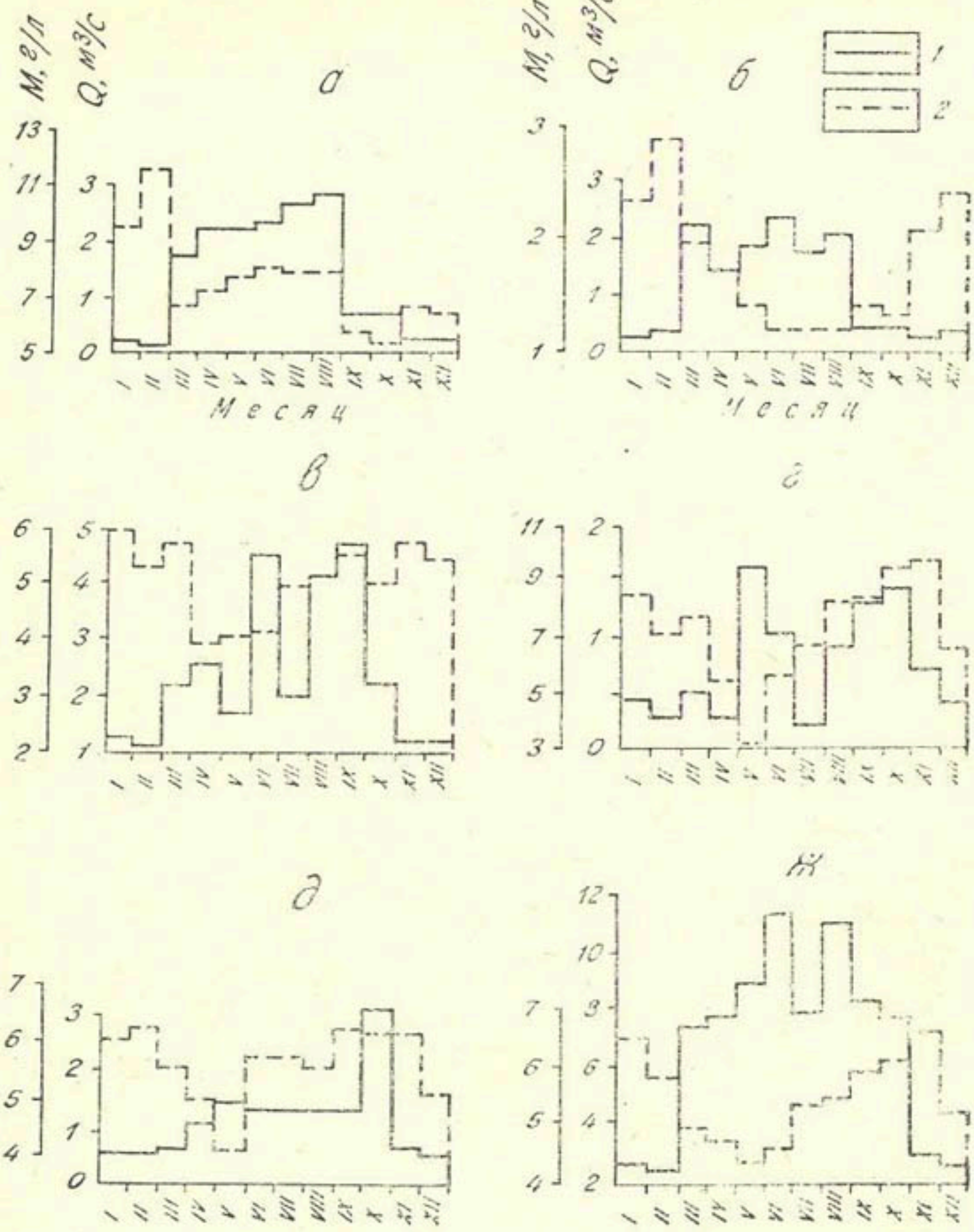


Рис. 27. Внутригодовое изменение:

1 — расходов воды; *2* — минерализации в коллекторах Шерабадской степи: а) коллектор М-С; б) Ангорский; в) К-2, г) К-3; д) Ж-К; ж) в среднем для Шерабадской степи.

В пределах района (практически между створами Керки — теснина Туямуюн) в р. Амударью впадают с п р а в а следующие коллекторы: 1) Ходжамбасский с Колхозным, 2) Мекан, 3) Бурдалык, 4) Фарабский-1 (Ф-1), сейчас он называется Самотечным, 5) Усты; с л е в а: 1) Халачский, или Халачпарвартский, 2) Глав-

ный Левобережный коллектор (ГЛК), 3) Дарганатинский. ГЛК — самый крупный коллектор данного ирригационного района, сток его частично впадает в оз. Катта-Шор. Величина сбросов в Амударью в пределах данного района была равна 955 млн м³ (30,3 м³/с), к 1985—1986 гг. она увеличилась до 1970 млн м³ (62,6 м³/с).

Установлено, что средняя взвешенная по стоку минерализация коллекторно-дренажных вод района равна 3,01 г/л (см. табл. 20). Минерализация воды внутри года изменяется от 2,61 (июнь) до 4,43 г/л (ноябрь). С января до сентября минерализация меняется незначительно: в пределах 2,61—3,15 г/л. В октябре-декабре она заметно выше: 3,59—4,43 г/л.

Графики внутригодового изменения расходов воды (Q, м³/с) и минерализации (М, г/л) в наиболее крупных коллекторах района и в целом по району представлены на рис. 28.

Почти во всех случаях с ростом расходов воды в коллекторах ее минерализация уменьшается. Это говорит о том, что расходы воды в коллекторах увеличиваются главным образом за счет сброса в них остатков менее минерализованных оросительных вод.

По имеющимся данным, для массива характерны в основном слабо- и среднезасоленные земли. Промывают почвы здесь, по-видимому, в марте-апреле (резко увеличиваются расходы воды в коллекторах и ее минерализация), в июне-сентябре идут основные поливы сельскохозяйственных культур.

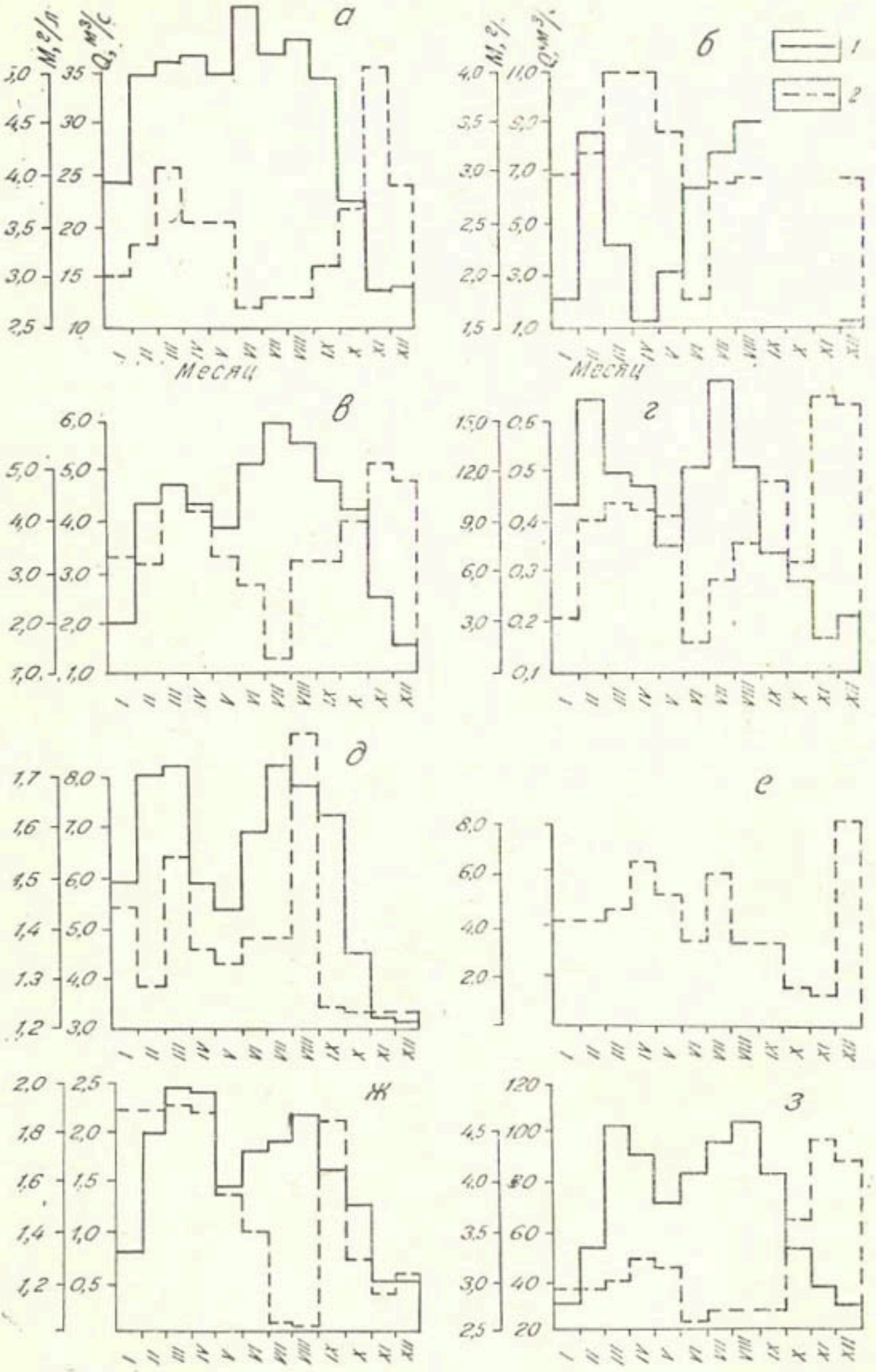
Низовья Амударьи включают в себя два ирригационных района: а) зону Туямуюнского гидроузла и б) зону Тахиаташского гидроузла.

Туямуюнский ирригационный район охватывает территорию Хорезмской области УзССР и Ташаузской области ТуркССР.

Коллекторно-дренажные воды с орошаемой территории в основном отводятся по межреспубликанским коллекторам Озерному и Дарьялыкскому. После слияния (коллектор после слияния также называется Дарьялыкским) их сток попадает в Сарыкамышскую впадину (с 1961 г.). В последние годы во впадину поступило около 18,0 км³ воды. Вода Сарыкамышского озера соленая, с минерализацией от 4,0 до 12,0 г/л. Меньшая минерализация наблюдается со стороны впадения Дарьялыкского коллектора. Состав воды по преобладающим ионам — хлоридный — натриевый.

Из других коллекторов данного ирригационного района следует выделить Шават-Андреевский (длиной 15 км), Диванкульский (33 км), Газават-Даданский (59 км). За более чем полувековой период общая длина коллекторно-дренажной сети только в пределах Хорезмской области увеличилась с 600 до 8640 км.

В р. Амударью между створами Туямуюн — Саманбай (Чатлы) сбрасывается незначительное количество коллекторно-дренажных вод (153—189 млн м³), основной отвод их, как уже было отмечено, производится в Сарыкамышскую впадину.


а
б
в
г
д
е
ж
з
M, г/л
Q, м³/с
M, г/л
Q, м³/с
1
2
Месяц
Месяц
I II III IV V VI VII VIII IX X XI XII

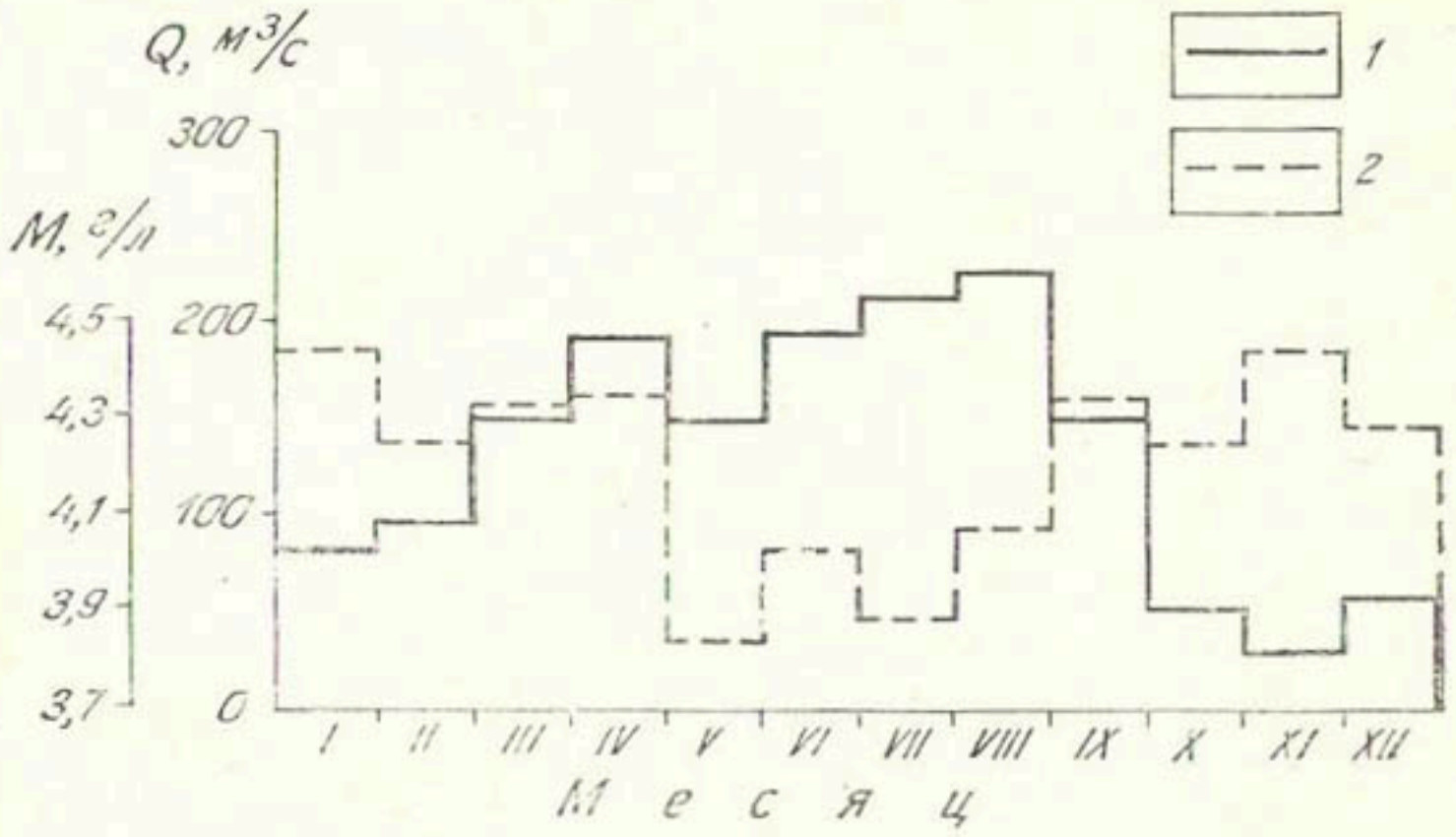


Рис. 29. Внутригодовое распределение:

1 — расходов воды; *2* — минерализации в коллекторе Дарьялык (Туямуюнский ирригационный район).

Внутригодовое распределение минерализации в устье Дарьялыкского коллектора в средние по водности годы приведено в табл. 20. Она внутри года меняется незначительно: от 3,83 до 4,46 г/л. Наименьшая величина минерализации наблюдается в мае —3,83 г/л, начиная с этого месяца она постепенно увеличивается к ноябрю до 4,46 г/л. С ноября до февраля минерализация почти постоянная: 4,46—4,25 г/л. Среднегодовая минерализация воды равна 4,16 г/л.

График среднего внутригодового хода расходов воды (Q, м³/с) и минерализации (М, г/л) для устья коллектора Дарьялык представлен на рис. 29. Наблюдается обратная зависимость между расходами и минерализацией воды: с увеличением расходов она несколько понижается, при уменьшении расходов, наоборот, возрастает. Это свидетельствует о том, что в питании коллектора Дарьялык существенную роль играют остатки оросительных вод. По хронографу минерализации можно отметить, что данный коллектор дренирует преимущественно слабо- и среднезасоленные земли. Промывают почвы, по-видимому, в марте-апреле, а вегетационные поливы проводят в июне-августе.

Тахиаташский ирригационный район. Коллекторно-дренажные воды с территории данного ирригационного района отводят-

▲

Рис. 28. Внутригодовое распределение:

1—расходов воды; *2*—минерализации воды в коллекторах Туркменского прибрежного ирригационного района: а) Главный Левобережный коллектор (ГЛК) — устье; б) ГЛК — у впадения в оз. Катташор; в) Самотечный (Ф-1); г) Усты, д) Халачский; е) Ходжамбасский; ж) Меканский; з) в среднем для района.

ся обширной сетью, которая в 1986 г. достигла 16746 км. Среди коллекторов района следует выделить КС-1, КС-3, КС-4, отводящие в Аральское море до 1,0 км³ воды в год, и ККС (Кунградский). По этому коллектору вода сбрасывается в оз. Судочье. Составляющими коллектора ККС являются Правая ветка и Главный Левобережный. Через ККС в оз. Судочье поступает до 0,27 км³ воды в год.

За последние десять-пятнадцать лет объем коллекторных вод в зоне увеличился с 294 до 3200 млн м³. При этом их минерализация несколько уменьшилась — с 5,2—4,3 до 3,0—2,6 г/л. Это говорит о том, что в прилегающих к коллекторам территориях наблюдается рассоление почв, несмотря на общую аридизацию низовьев Амударьи в связи с постепенным усыханием Аральского моря.

По данным «Средазгипроводхлопка», суммарные сбросы коллекторно-дренажных вод в Аральское море и о. Судочье за 1970—1986 гг. увеличились с 510 до 1000 млн. м³.

Современное внутригодовое распределение минерализации коллекторно-дренажных вод в зоне приведено в табл. 20 и на рис. 30. В среднем за год минерализация воды была равна 3,04 г/л, наибольшая минерализация воды наблюдается в январе (5,16 г/л), наименьшая — в июле (1,89 г/л).

Между водным и гидрохимическим режимами наблюдается обратная взаимосвязь: с ростом воды минерализация понижается, при понижении расходов воды она возрастает.

Судя по хронографам минерализации и гидрографам стока отдельных коллекторов (рис. 30), можно отметить, что здесь промывают в январе-феврале, а вегетационные поливы проводят в мае-августе.

Каршинский ирригационный район представлен сетью коллекторов, объединенных трассой Южного магистрального коллектора. Эти воды собираются в Султандагском понижении и далее с 1982 г. попадают в р. Амударью выше г. Чарджоу.

Расходы воды коллектора Южный в замыкающем створе учитываются с 1966 г., а минерализации — с 1968 г. На других коллекторах-притоках организация наблюдений, как правило, совпадала с вводом их в эксплуатацию. Систематический учет динамики стока и минерализации в коллекторах Каршинской степи начат институтом «Средазгипроводхлопок» в 1981 г.

Современное внутригодовое распределение минерализации в устье Южного коллектора приведено в табл. 20 и на рис. 31. В среднем за год минерализация воды равна 7,7 г/л, наибольшая ее величина наблюдается в августе (8,5 г/л), наименьшая — в феврале (6,44 г/л).

Между водным и гидрохимическим режимами четкой обратной связи не наблюдается: в отдельные месяцы (например, в марте, августе) с ростом расходов воды ее минерализация также увеличивается. Это свидетельствует о том, что эксплуатационный режим Южного коллектора еще не стабилизировался, по-

Рис. 30. Внутригодовое изменение:

1 — расходов воды; *2* — минерализации в наиболее крупных коллекторах орошаемой зоны К К АССР: а) КС - 1; б) КС - 3; в) КС - 4; г) ККС; д) ХКС; е) ГЛК.

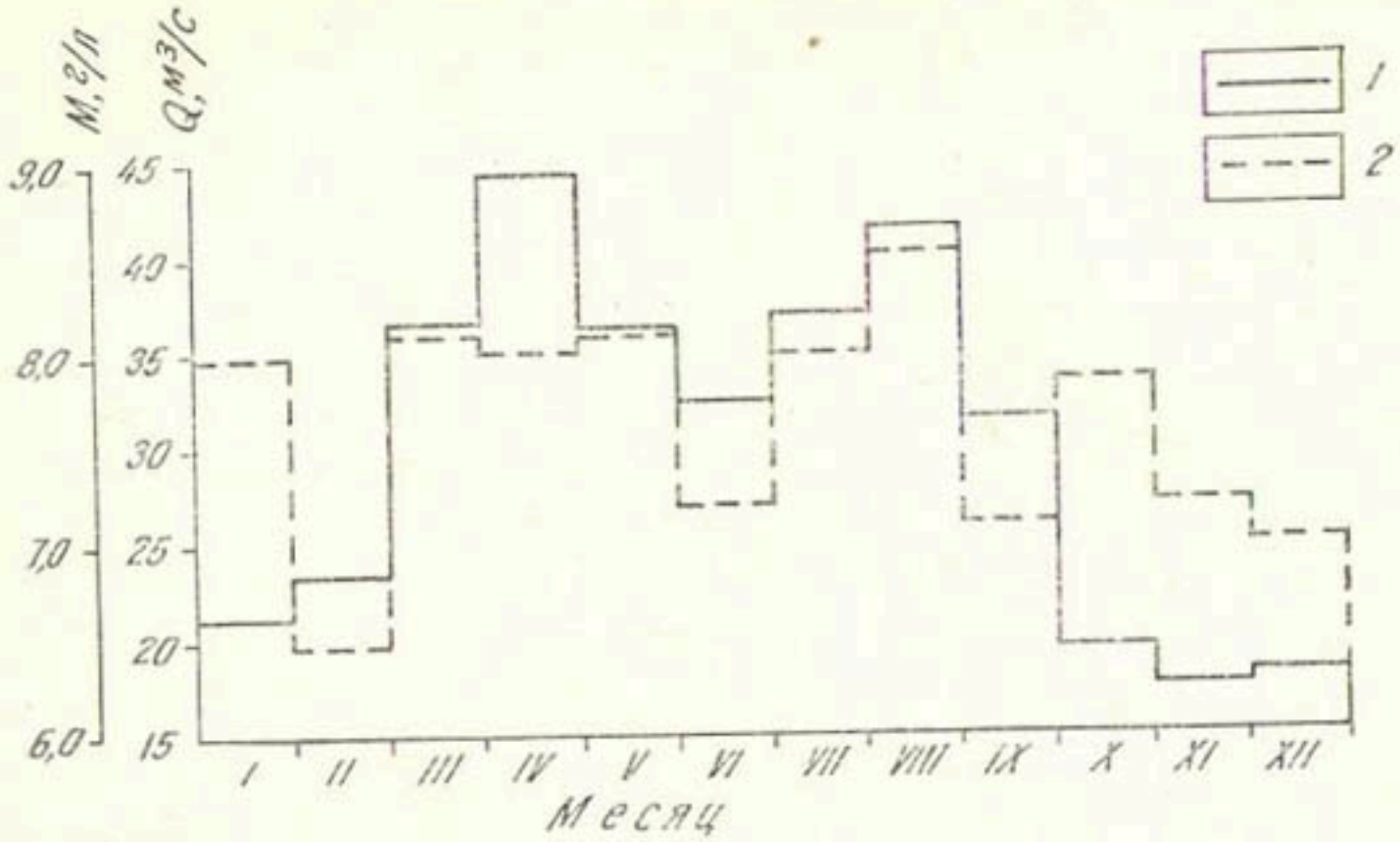


Рис. 31. Внутригодовое распределение:

1 — расходов воды; *2* — минерализации воды в Южном коллекторе (Каршинская степь).

этому из-за высокой степени засоления орошаемых почв и грунтовых вод повышение минерализации воды в коллекторе может происходить не только при малых расходах воды, но и при больших.

Бухарский ирригационный район. Отвод коллекторно-дренажных вод с орошаемых земель этого района практически начался с 1932 г. За 1956—1986 гг. общая протяженность коллекторно-дренажной сети возросла с 1368 до 5833 км, объем воды — со 157 до 1464 млн $м^3$.

Основная часть коллекторно-дренажного стока отводится в естественные понижения и впадины, расположенные за пределами орошаемой зоны. Так, в Соленое озеро сбрасывают свои воды Западно-Ромитанский, Маханкульский, Гурдюшский и Главный Каракульский коллекторы, во впадину Каракыр — Северо-Бухарский, в Агитминскую впадину — Агитминский коллектор, в озеро Денгизкуль — Денгизкульский коллектор. С 1981 г. часть коллекторно-дренажного стока через Главный Бухарский (Парсанкульский) коллектор попадает в р. Амударью.

Сведения о современном внутригодовом распределении минереализации коллекторно-дренажных вод в районе приведены в табл. 20. В среднем за год минерализация воды равна 3,05 г/л, наибольшая ее величина наблюдается в январе —5,51 г/л, а наименьшая в октябре —2,80 г/л.

На графиках (рис. 32—33) изменения расходов воды и ее минерализации в наиболее крупных коллекторах района можно выделить два типа гидрохимического режима: а) обратно пропорциональный водному режиму коллекторов (Бустонский, Накиб,

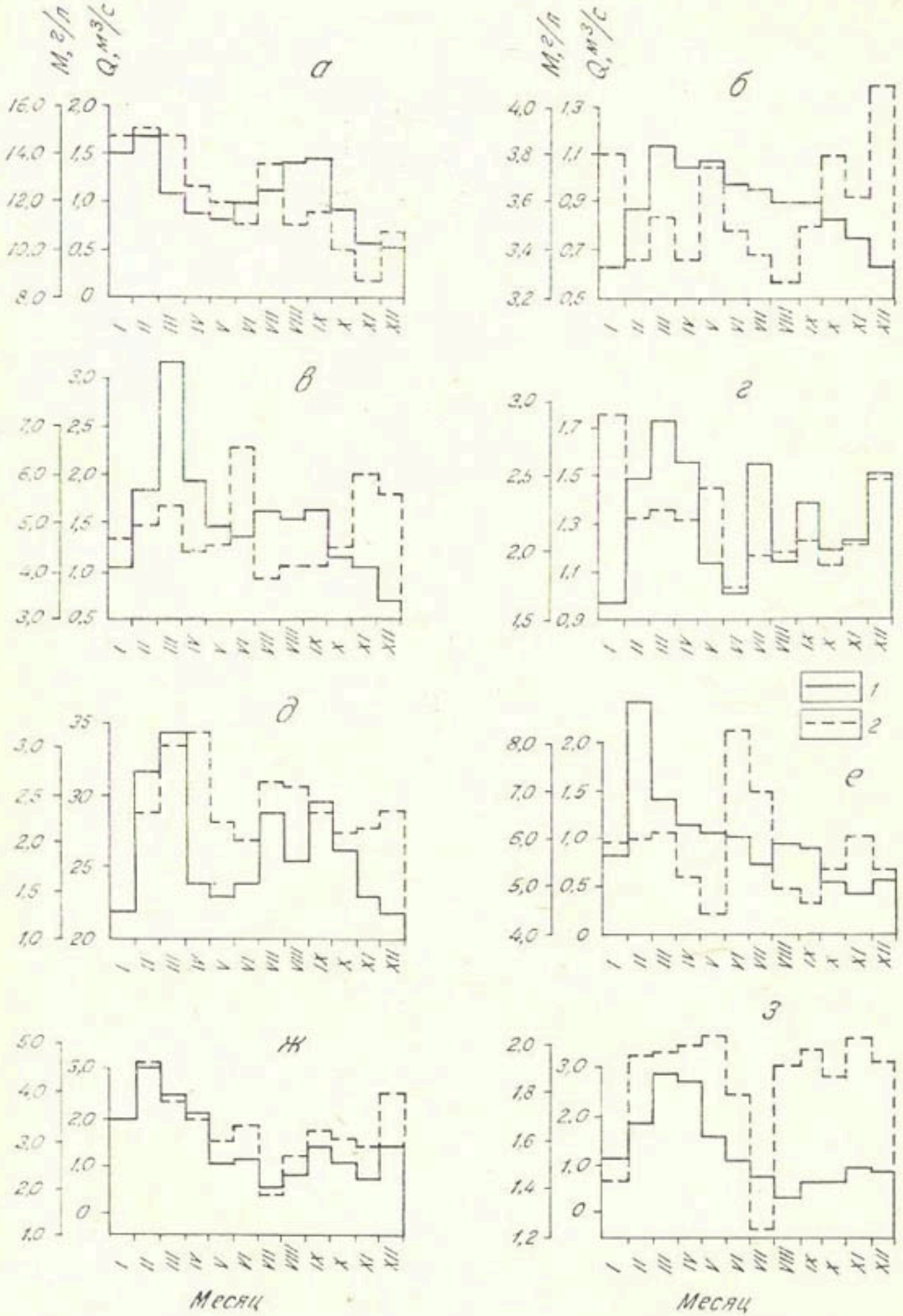


Рис. 32. Внутригодовое изменение:

1 — расходов воды; *2* — минерализации в коллекторах Бухарского оазиса: а) Джайхун; б) Эмир-Тимур; в) Курак; г) Богоутдин; д) ЦБК; е) Рахкент; ж) Северный; з) Шурарык.

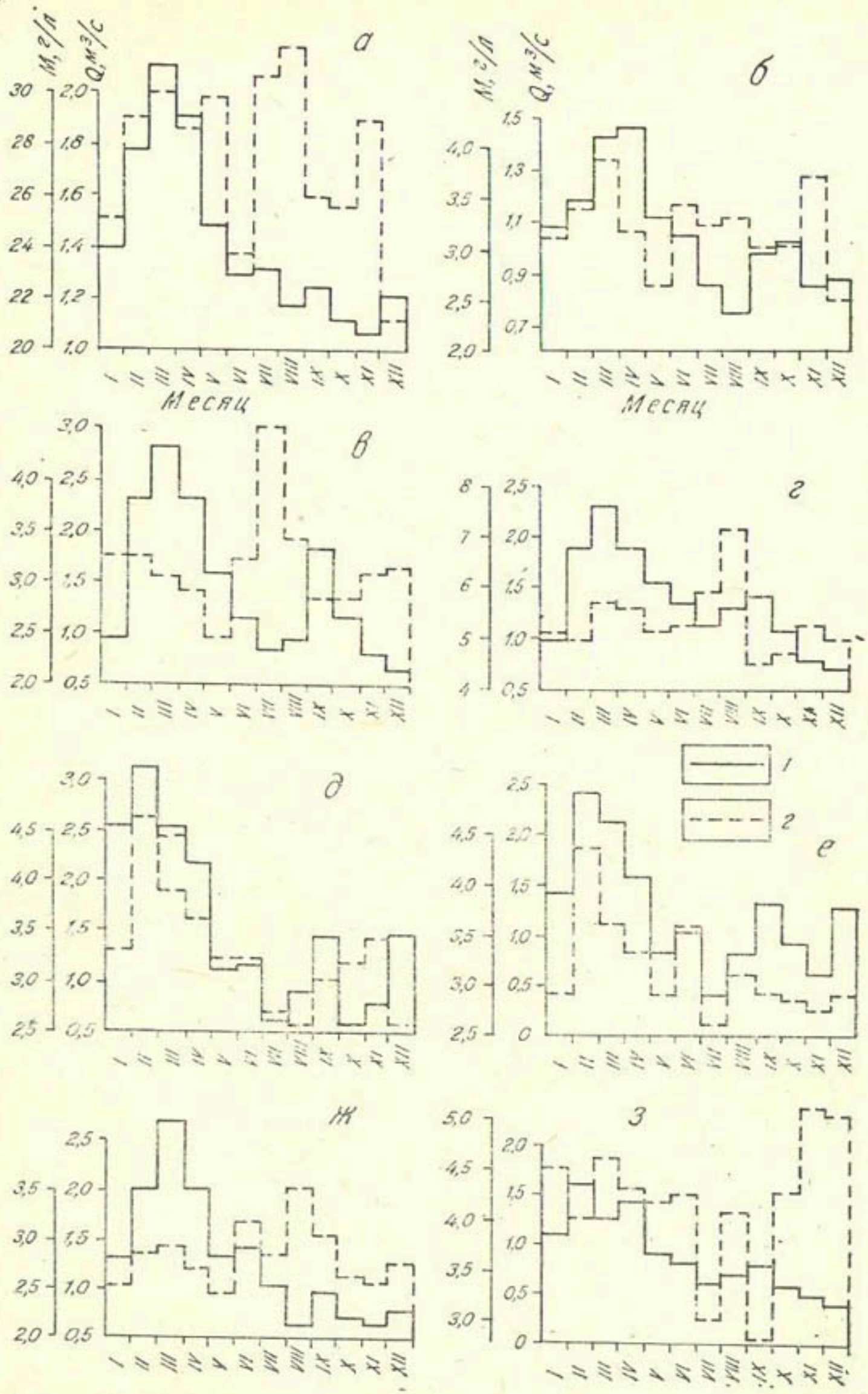


Рис. 33. Внутригодовое изменение:

1 — расходов воды; *2* — минерализации в коллекторах Бухарского оазиса: а) сброс Главного Каракульского коллектора; б) Бустонский; в) Каттазаур; г) Центральный; д) Дуль-Дуль; е) Накиб; ж) ЦБК на границе Свердловского района, з) Северо-Шафиканский.

Курак и др.) и б) прямо пропорциональный водному режиму коллекторов (ЦБК, Рахкент и др.).

Отметим некоторые черты формирования минерализации поверхностных вод бассейна Амударьи:

1. Формирование минерализации и химического состава воды р. Амударьи на различных ее участках происходит неодинаково: в горной части бассейна формируются в основном маломинерализованные воды (от 0,2 до 0,5 г/л), образованные таянием снежников и вечных снегов. В наиболее высокогорных частях бассейна, в зоне образования ледников, минерализация речных вод даже меньше — до 0,2 г/л. Эти воды по преобладающим ионам гидрокарбонатные — кальциевые. Почвы и породы верховьев бассейна преимущественно незасолены. Лишь только в отдельных бассейнах малых рек (Кызылсу, Таирсу, Сурху) минерализация воды несколько повышена (до 1,2—1,5 г/л) за счет наличия в водосборной части соленосных пород. Влияние орошения начинает сказываться уже в этой части бассейна. Так, из-за сбросов коллекторно-дренажных вод в реку минерализация воды в Амударье у створа Керки иногда превышает 1,0 г/л.

2. В среднем течении реки на минерализацию воды дополнительно влияют стоки коллекторов с Туркменского прибрежного, Каршинского и Бухарского оазисов. Минерализация воды Амударьи ниже этих оазисов повышается до 1,5—1,9 г/л. В составе воды начинают преобладать сульфат и хлорид натрия.

3. И, наконец, окончательный состав речной воды формируется в нижнем течении реки. Из-за значительного сокращения речного стока, увеличения выклинивания возвратных вод и за счет испарения минерализация воды в отдельные периоды даже превышает 2,0 г/л. В составе воды преобладают ионы легкорастворимых солей.

4. Особое внимание в бассейне следует обратить на коллекторно-дренажные воды, суммарный объем которых сейчас составляет около 14—16 км^3 в год. Эти воды несомненно можно использовать в народном хозяйстве после тщательного изучения.

7. ВЗАИМОСВЯЗЬ МЕЖДУ МЕЛИОРАТИВНЫМ СОСТОЯНИЕМ ОРОШАЕМЫХ МАССИВОВ И МИНЕРАЛИЗАЦИЕЙ ВОДЫ В ДРЕНИРУЮЩИХ ИХ ВОДОТОКАХ

Как известно, по солевому стоку, отводимому коллекторами за пределы орошаемых массивов, судят об их солевых балансах или, другими словами, об их мелиоративном состоянии. При этом, если отток солей превышает их приход, то наблюдается рассоление массивов; если поступление соли превышает их отток, то происходит засоление массивов, и если эти две части баланса равны, то процессы рассоления — засоления массивов стабилизируются на одном уровне.

О мелиоративном состоянии орошаемых массивов можно судить не только по данным водно-солевых балансов, но и по величине минерализации коллекторно-дренажных вод. При этом, если мелиоративное состояние массивов улучшается, то происходит постепенное уменьшение минерализации коллекторных вод и некоторое «улучшение» их химического состава. С другой стороны, и рост минерализации речных вод будет свидетельствовать о том, что мелиоративное состояние массивов улучшается и что определенная часть легкорастворимых солей попадает в реки.

Указанную взаимосвязь рассмотрим на примере хорошо изученных орошаемых массивов (Сурхан-Шерабадского, Туямуюнского, Тахиаташского, Каршинского и Бухарского), по которым удалось найти необходимые для этого данные. Причем более четко она прослеживается по отдельным этапам лет.

Сурхан-Шерабадский ирригационный район

Сурхан-Шерабадский ирригационный район включает в себя бассейн собственно Сурхандарьи и Шерабада (рис. 34). Обе реки являются правыми притоками Амударьи: первая впадает в нее на 137 км от начала реки, вторая, под названием Карасу, на 180 км. Горная область бассейна Сурхандарьи занимает площадь в 8230 км², или 60,5% от общей площади бассейна. Таким образом, на долю равнинной части приходится 5380 км² (Шульц, 1958). Длина р. Сурхандарьи 196 км. Длина р. Шерабад 186 км, площадь водосбора 2950 км², поэтому она немного уступает р. Сурхандарье по водоносности.

По данным института «Средазгипроводхлопок», площадь земель, пригодных к орошению, составляет здесь 529 тыс. га, из которых в 1986 г. было орошено 275 тыс. га, под хлопчатником соответственно 175 тыс. га.

Орошаемая площадь постоянно увеличивается благодаря строительству мелких и крупных каналов. В 1931—1938 гг. был построен канал Хазарбаг длиной 56 км. Он берет начало из р. Тупаланг (составляющая Сурхандарьи) и объединяет оросительные системы рек Сангардак и Ходжаипак (ее притоки). Ниже по течению Сурхандарьи для орошения новоосваиваемых земель правого берега построены каналы Шерабадский и Занг. Оба берут начало из р. Сурхандарьи.

Для осуществления сезонного регулирования стока рек бассейна построены водохранилища: в 1957 г.— Учкызылское (наливное), в 1958 г.— Дегресское (наливное, расположено в концевой части канала Хазарбаг), в 1962 г.— Южносурханское (русловое). Емкость Южносурханского водохранилища 800 млн м³, Учкызылского —165 млн м³; Дегресского — 13 млн м³.

Водные ресурсы Сурхандарьи в среднем за многолетие равны 3,59 км³, или 113,6 м³/с. Водные ресурсы р. Шерабад (рассчитанные по створу Шерабад) составляют всего 0,22 км³, или 6,9 м³/с.

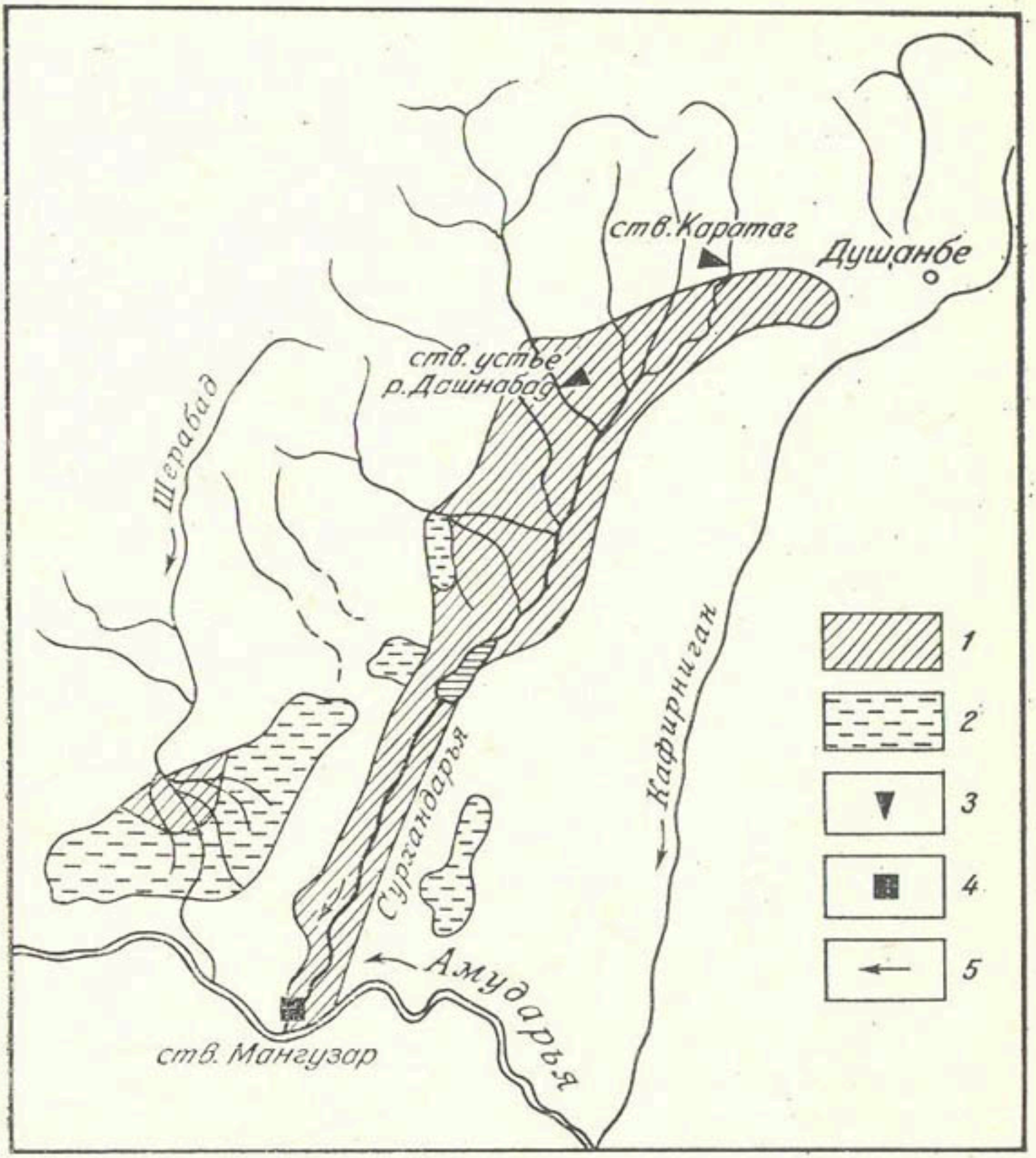


Рис. 34. Сурхан-Шерабадский оазис:

1 — земли существующего орошения; *2* — земли перспективного орошения; *3* — начальный гидрологический створ; *4* — замыкающий гидрологический створ; *5* — наиболее крупные коллекторы; *6* — направление течения воды.

Водозабор из рек бассейна ежегодно увеличивается. Если в 1940 г. он был равен 1,35 км^3 (только за период вегетации), то в 1985—1986 гг.—3,09—3,2 км^3.

Грунтовые воды на орошаемой территории бассейна залегают преимущественно на глубине от 0,5 до 4 м и имеют минерализацию: в верховьях реки до 1 г/л, по побережью ниже Южно-сурханского водохранилища до Амударьи — от 1 до 3 г/л, в бассейне р. Шерабад 3—5 и 10—20 г /л, реже до 50 г/л.

По условиям формирования подземных вод рассматриваемая территория разделяется на два бассейна: а) собственно бассейн

Сурхандарьи с обеспеченным оттоком грунтовых вод; б) Шерабадский, включающий террасы р. Амударьи, конус выноса р. Шерабад, высокую структурную равнину (урочище Каттакум) и предгорную равнину, примыкающую к Калиф-Сарыкамышской гряде.

Неодинаковые условия формирования грунтовых вод обусловливают различия в их химическом составе: в верховьях бассейна Сурхандарьи они в основном гидрокарбонатные — кальциевые (Г—К), в низовьях бассейна с повышением минерализации до 3 г/л состав меняется на сульфатный — кальциево-натриевый (С—КН).

На равнинной части бассейна р. Шерабад преобладают воды хлоридно-сульфатного — кальциево-натриевого (ХС — КН) состава.

Сурхандарья на всем протяжении является естественной дреной для поверхностного и подземного стоков. Солевой баланс в долине р. Сурхандарьи отрицательный.

В Шерабадской части депрессии основной поток грунтовых вод формируется в пределах одноименного конуса выноса. При движении к периферии поток грунтовых вод поступает в центральную часть конуса, где водопроницаемые слои не развиты. Поэтому создаются условия подпора потоку грунтовых вод, что приводит к его частичной разгрузке.

Данная территория естественно засолена. Причиной этого, как указывает В. А. Ковда (1947), является высокая минерализация (до 2,6 г/л) воды р. Шерабад, что «вызывает высокую соленость пород, слагающих конус выноса, высокую минерализацию грунтовых вод и соленость почвенного покрова».

Почвенный покров представлен *в южной части* бассейна Сурхандарьи (зона пустынных низменных равнин) такырными, серо-бурыми, песчаными пустынными почвами и такырами; *в северной части* (зона предгорных и подгорных равнин) — преимущественно светлыми сероземами. Наиболее подвержены засолению почвы южной части бассейна: незасоленных почв здесь 34,5% общей площади орошения, слабозасоленных —15,6% и сильнозасоленных —6,6%. Почвы данной территории относят к хлоридно-сульфатной провинции соленакопления.

Площадь незасоленных земель в Шерабадской равнине составляет от общего земельного фонда (159,1 тыс. га) всего 7,1% (11,3 тыс. га). Эти земли расположены на хорошо дренированных верхних частях конуса выноса. Основная же часть земель (61,4%—97,93 тыс. га) либо слабо и средне засолена, либо представлена сильнозасоленными почвами и солончаками (31,5%—49,9 тыс. га).

Орошаемые земли (64,8 тыс. га) по степени засоления разделены следующим образом (тыс. га): незасоленные —10,9, слабо- и среднезасоленные —51,8, сильнозасоленные и солончаки —2,1.

При этом в Шерабадской долине засолены не только почвенные горизонты, но и вся грунтовая толща, сложенная пролювиальными и аллювиальными отложениями, генетически связанными с размывом соленосных третичных и меловых пород, входящих в состав Келиф-Шерабадской и Келиф-Сарыкамышской горных гряд.

Недостаточная дренированность поливных угодий бассейна Сурхандарьи обусловила здесь интенсивное строительство коллекторно-дренажной сети. Протяженность коллекторно-дренажной сети здесь в 1986 г. составила 7,4 тыс. км, а удельная ее протяженность 42,7 м/га (по отношению к дренированной площади). Строительство коллекторов и дрен продолжается. Приемником многих существующих коллекторов служит р. Сурхандарья.

По расчетам «Средазгипроводхлопка», сбросы из коллекторов только с 1937 г. по 1986 г. возросли с 1,2—1,4 до 9,7—12,0 $м^3/с$. Объем выклинивающихся вод в русле Сурхандарьи (ниже Южносурханского водохранилища) в 1970 г. был равен 0,41 $км^3$ в год, из них около 0,1 $км^3$ поступало по коллекторам, к 1986 г. сброс коллекторно-дренажной сети увеличился до 0,40 $км^3$. Наибольшие расходы воды наблюдаются в коллекторах К-1, К-2, Ленинский центр; в среднем за год они равны 0,71—1,62 $м^3/с$.

В пределах бассейна Сурхандарьи минерализация дренажных вод меняется от 0,36 (К-2) до 1,90 г/л (Мехнатрохат-1). По составу они в основном сульфатные — натриево-кальциевые (С — НК).

В пределах Шерабадской долины минерализация вод повышена: на новоосваиваемых засоленных землях от 6,2 г/л (К-2—2) до 42,9 г/л (К-2—3—2—2). Последнее обусловлено значительной естественной засоленностью почв и грунтов долины. Так, по данным С. Азимбаева (1980), наличие солей только в 20-метровой толще варьирует от 1500 до 4300 т. Причем в условиях орошения и мелиоративных воздействий соли распространены по профилю с постепенным нарастанием их количества сверху вниз.

Для вовлечения земель Шерабадской равнины в орошаемое земледелие нужно повсеместно мелиоративное воздействие. Наиболее легкие условия освоения и использования земель складываются в верхних частях конусов выноса и на периферии, примыкающих к возвышенностям Хаудаг и обрыву второй надпойменной террасы Амударьи. Труднее будут осваиваться земли, расположенные в средних и остальных периферийных частях конусов выноса. Напомним, что земельный фонд долины насчитывает около 160 тыс. га, а используется под орошение пока 40—45%.

Отражение мелиоративного состояния орошаемых почв в бассейне Сурхандарьи на качестве воды главной реки за отдельные этапы лет приведено в табл. 21.

21. Многолетние изменения гидрохимических характеристик воды р. Сурхандарьи по этапам ирригационного освоения земель в бассейне

Этап освоения	Орошаемая площадь, тыс. га	Доля засоленных почв, %	Водозабор, км³ в год	Длина коллекторной сети, км	Объем коллекторных вод, км³	Минерализация, г/л	Химический состав и стадия засоления коллекторных вод	Минерализация, г/л	Химический состав и стадия засоления
								воды р. Сурхандарьи у створа Мангузар	
1925 — 1950 гг. — период условного отсутствия влияния на минерализацию воды в реке	110—121	70	1,5—1,8	250	Крупные коллекторы отсутствовали			0,57	ГС — МК
1951 — 1960 гг. — период слабого влияния	122—152	70	1,9—2,5	1200	0,10—0,12	2,0—1,8	ХГС — КМН	0,60	ГС — НМК
1961 — 1970 гг. — период заметного влияния	153—193	68	2,6—2,8	3900	0,22—0,31	1,9—1,5	ХГС — МКН	0,88	ГС — НМК
1971 — 1980 гг. — период интенсивного влияния	194—235	65	3,0—3,5	6364	0,60—0,78	1,5—1,4	ХГС — МКН	1,08	ХГС — НМК
1981 — 1986 гг. — современное состояние	250—286	65	3,7—3,8	7100	0,90—1,00	1,5—1,3	ХГС — МКН	1,20	ХГС — НМК

В 1925—1950 гг. в пределах оазиса орошалось 110—121 тыс. га, около 70% орошаемых земель в нижней части бассейна были в различной степени засоленными. Длина коллекторно-дренажной сети в этот период составляла всего 250 км, а крупные коллекторы отсутствовали. Минерализация воды р. Сурхандарьи была равна в среднем 0,57 г/л, по составу она была гидрокарбонатно-сульфатной — магниево-кальциевой.

К 1960 г. орошаемая площадь увеличилась до 152 тыс. га. Доля засоленных почв оставалась практически прежней — около 70% всей орошаемой площади. Длина коллекторно-дренажной сети постепенно достигла 1200 км. Минерализация воды в большинстве коллекторов была равна 2,0—1,8 г/л, состав вод был преимущественно хлоридно-гидрокарбонатно-сульфатным — кальциево-натриево-магниевым. Из-за увеличения поступления легкорастворимых солей из орошаемой зоны минерализация воды в устье р. Сурхандарьи у створа Мангузар в этот период несколько увеличилась и достигла 0,60 г/л; состав речной воды сменился на гидрокарбонатно-сульфатный — натриево-магниево-кальциевый.

К 1970 г. орошаемая площадь увеличилась до 193 тыс. га. Протяженность всей коллекторно-дренажной сети достигла 3900 км, в связи с чем уменьшилась доля засоленных почв в нижней части бассейна — до 60%. Минерализация коллекторно-дренажных вод уменьшилась до 1,5 г/л, состав стал преимущественно хлоридно-гидрокарбонатно-сульфатным — магниево-кальциево-натриевым. В связи с увеличением длины коллекторно-дренажной сети минерализация воды в р. Сурхандарье возросла до 0,88 г/л, состав воды по преобладающим ионам остался прежним, но увеличилась доля легкорастворимых ионов.

К 1980 г. величина орошаемой площади достигла 235 тыс. га, а протяженность коллекторно-дренажной сети —6364 км. Минерализация коллекторно-дренажных вод достигла 1,5—1,4 г/л, состав вод остался практически прежним. Отвод этих вод с орошаемой территории увеличился со 132—215 млн $м^3$ до 224—291 млн $м^3$.

В связи с этим минерализация воды в Сурхандарье возросла до 1,08 г/л, а ее состав стал хлоридно-гидрокарбонатно-сульфатным — натриево-магниево-кальциевым.

В 1981—1986 гг. величина орошаемой площади в данном оазисе увеличилась до 286 тыс. га, а протяженность коллекторно-дренажной сети — до 7100 км.

Годовой водозабор на орошение возрос до 3,7—3,8 $км^3$ в год, а объемы коллекторных вод — до 0,9—1,00 $км^3$. Средняя минерализация коллекторных вод изменилась в этот период от 1,3 до 1,5 г/л, преобладающий состав был хлоридно-гидрокарбонатно-сульфатным — магниево-кальциево-натриевым.

Продолжающиеся сбросы коллекторных вод в русло Сурхандарьи повысили ее минерализацию в среднем до 1,20 г/л,

состав воды был хлоридно-гидрокарбонатно-сульфатным — натриево-магниево-кальциевым.

Анализ изменения минерализации воды р. Сурхандарьи в ее устье в связи с орошением за последние более чем полвека позволил установить следующее:

— в период условного отсутствия влияния орошения (1925—1950 гг.) на минерализацию воды в устье р. Сурхандарьи она была равна в среднем 0,57 г/л, в воде наблюдалась сульфатная — кальциевая стадия засоления;

— позже, в последующие десятилетия, минерализация воды в связи с увеличением сбросов коллекторных вод в реку повысилась до 1,20 г/л. Хотя стадия засоления воды по преобладающим ионам при этом не изменилась, в воде значительно повысилось содержание легкорастворимых ионов: магния, натрия, сульфатного и хлоридного.

В бассейне р. Шерабад прямую связь между увеличением объема коллекторных вод, попадающих в русло реки, и ростом минерализации речной воды проследить не удалось, так как замыкающий створ в устье реки (называемой на данном участке Карасу) отсутствует, а большинство коллекторных вод Шерабадской степи сбрасывается в р. Амударью.

Туямуюнский ирригационный район

Этот район в основном охватывает Хорезмский оазис, который расположен в древней Сарыкамышской дельте Амударьи. По дельте проходят два древних русла Амударьи — Даудан и Дарьялык (Кунядарья), доходящие до Сарыкамышской котловины (рис. 35). В пределах рассматриваемой части дельты выделяют два геоморфологических района: 1) современная долина Амударьи с пойменной и надпойменной террасой; 2) древнедельтовая долина с вложенными в нее староречьями Дарьялыка и Даудана.

Наиболее пониженные участки заняты озерами и солончаками. Пойменная и надпойменная террасы сложены слабопылеватыми песками, прикрытыми слоистой толщей из суглинков, супесей и глин. Орошаемые земли покрыты слоем агроирригационных наносов из суглинков и глин с прослоями супесей. Из общей площади 456 тыс. га, пригодных под орошение, в 1954 г. оросительной сетью было охвачено 176 тыс. га, а орошено 149,7 тыс. га. В 1986 г. было орошено 240,5 тыс. га, соответственно под хлопчатником —160 тыс. га.

Основные ирригационные системы: Палван-Газаватская, Ханка-Арнинская, Шаватская и Кипчак-Бозсуйская объединены в единую Ташсакинскую систему, которой орошается до 65% всех поливных земель. Кроме этого, вода из Амударьи забирается каналами Питняк-Арна, Ургенч-Арна, Октябрь-Арна, Клыч-Ниязбай. Только в 1961 г. общая протяженность каналов составляла 2966 км. В последние годы в низовьях Амударьи построен Туя-

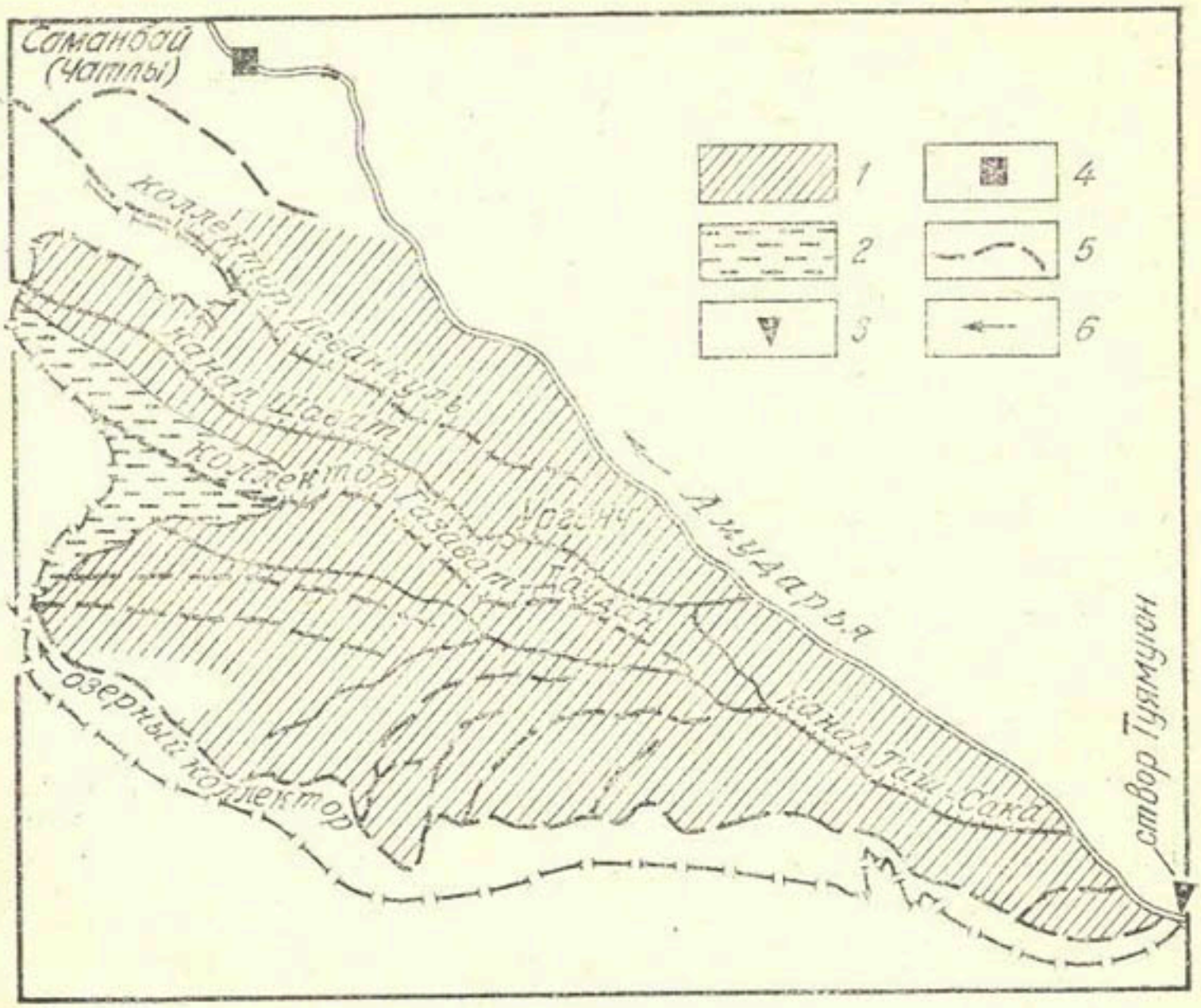


Рис. 35. Хорезмский оазис:

1 — земли существующего орошения; *2* — земли перспективного орошения; *3* — начальный гидрологический створ; *4* — замыкающий гидрологический створ; *5* — наиболее крупные коллекторы; *6* — направление течения воды.

муюнский гидроузел (вместе с водохранилищем), который сыграет большую роль в дальнейшем развитии орошения.

Водозабор из Амударьи постоянно увеличивается: если в 1963 г. он был равен 2,3 км³, то в 1986 г.—5,7 км³. Эти цифры относятся только к воде, которую используют в пределах Хорезмской области; в целом из Амударьи забирается на 2,5—3 км³ воды больше за счет подачи ее по основным каналам области транзитом в Ташаузский оазис.

Основные источники питания — ирригационные воды и атмосферные осадки. В пределах современной долины Амударьи глубина грунтовых вод зависит от уровня воды в реке. Наиболее высоко стоят воды в период паводка, осенью и зимой они резко падают. На поливных землях режим грунтовых вод также меняется, резко поднимаясь при поливах и снижаясь в межполивной период.

Минерализация грунтовых вод оазисов очень пестра и на орошаемых землях колеблется от 0,5—1 до 10 г/л. На орошаемых землях вода по составу сульфатная — натриевая и хлоридно-

сульфатная — натриевая, а на солончаках — сульфатно-хлоридная — натриевая и хлоридная — натриевая.

Гидрогеологические условия современной дельты Амударьи кратко можно охарактеризовать следующим образом: крайняя затруднительность общего подземного стока вследствие слабых уклонов поверхностной дельты. В связи с этим грунтовые воды расходуются испарением; положительный солевой баланс характеризует дельту (с учетом южноприаральской части) в целом как область постоянного соленакопления.

Почвенный покров Хорезмского и Ташаузского оазисов в долине реки слагается из пойменно-аллювиальных орошаемых и целинных луговых, болотно-луговых почв и солончаков, а на древней дельте из древнеорошаемых луговых и болотно-луговых почв и солончаков. Основу орошаемого земельного фонда оазисов составляют лугово-оазисные и новоорошаемые луговые незасоленные и слабозасоленные почвы.

Среди орошаемых земель Хорезмского оазиса сильно засолены только 35,8 тыс. га (32%), остальные площади заняты слабозасоленными и рассоленными почвами. Среди неосвоенных земель слабозасоленные почвы встречаются лишь в долине Амударьи, остальные почвы сильно засолены.

При рассмотрении резервов земель, пригодных к освоению, обращает на себя внимание факт, что все намеченные к освоению земли представляют собой малопригодные и трудноосваиваемые. Многие из них до последнего времени вообще не рассматривались в качестве земельных ресурсов (солончаки, внутриоазисовые пески и др.). Однако возросшая техническая оснащенность колхозов позволила пересмотреть прежние взгляды на возможность освоения этих земель.

По данным института почвоведения и агрохимии АН УзССР, в Хорезмской области имеется около 100 тыс. га земель, по почвенным и рельефным условиям пригодных к орошению и освоению. В ближайшие двадцать лет намечается ввести в сельскохозяйственный оборот 75 тыс. га новых земель.

В связи с ограниченностью земельного фонда одной из основных задач, стоящих перед сельским хозяйством области, является осуществление мероприятий по более интенсивному использованию земель в зоне существующего орошения.

В пределах Ташаузского оазиса орошаемые земли (158,4 тыс. га) по степени засоления распределены следующим образом: незасоленные и слабозасоленные —139,64 тыс. га, а средне- и сильнозасоленные —18,8 тыс. га. В течение пяти-шести лет орошаемая площадь возросла до 200,2 тыс. га.

С орошаемой территории коллекторно-дренажные воды в основном отводятся по межреспубликанским коллекторам Озерному и Дарьялыкскому, сток с которых попадает в Сарыкамышскую впадину. Из других коллекторов можно выделить Шават-Андреевский, Диванкульский, Газават-Дауданский, Карадинский. Только с 1930 г. по 1972 г. длина всей коллекторно-дренажной

сети увеличилась с 600 до 5068 км, а к 1986 г. превысила 8600 км.

За пределы области выносится до 2,9 млн $м^3$ воды в год, со средней минерализацией 3,5—3,8 г/л. Вынос солей дренажной сети превышает их поступление с оросительной водой на 3,8—5,9 млн т (выносится 7,0—10 млн т, а поступает 3,2—4,2 млн т).

Наибольшая величина расхода воды наблюдается в Озерном коллекторе: $Q_{ср.год}$ — 60,6 $м^3/с$, наименьшая — в протоке Ташсака — $Q_{ср.год}$ — 1,24 $м^3/с$. Среднегодовая величина минерализации воды изменяется от 0,93 (Чалузяк) до 6,11 г/л (Шават-Андреевский).

Если судить по отобранным пробам воды в отдельных коллекторах Хорезмской области и данным ее анализа, то по составу она была отнесена к сульфатно-хлоридной — кальциево-магниево-натриевой (СХ—КМН).

В пределах Ташаузской области к 1979 г. длина дренажной сети достигла 5498 км, в том числе межрайонной —668,4 км, межхозяйственной —3382,5 км. За 1978 г. было построено 179,9 км дренажной сети со стоком в 1,29 $км^3$, а количество отведенных солей —3,84 млн т.

Влияние мелиоративного состояния орошаемых почв на качество поверхностных вод оазиса за отдельные этапы лет приведено в табл. 22.

В 1925—1950 гг. в пределах оазиса орошалось 134—138 тыс. га, около 35—40% орошаемых земель были сильно засолены. В этот период общая длина коллекторно-дренажной сети составляла около 600 км. Магистральные коллекторы, отводящие сбросные воды со значительной территории, в этот период отсутствовали. У створа Чатлы минерализация воды р. Амударьи в этот период в среднем была равна 0,48 г/л, по составу вода была хлоридно-сульфатно-гидрокарбонатной — натриево-кальциевой.

В 1951—1960 гг. орошалось 142—154 тыс. га. Доля сильнозасоленных почв среди поливных земель составляла 35%. Общая длина коллекторно-дренажной сети к концу периода увеличилась до 2950 км.

Межреспубликанские коллекторы (Озерный, «Дружба народов») только начинали строить. Минерализация воды р. Амударьи в этот период практически не изменилась: в среднем она была равна 0,5 г/л, состав воды был тот же.

В 1961—1970 гг. величина орошаемой площади практически не изменилась: в зависимости от водообеспеченности лет орошалось 146—150 тыс. га. Однако существенно возросла длина коллекторно-дренажной сети в этот период — до 5068 км. Были построены и стали функционировать межреспубликанские коллекторы Озерный, Дарьялык, «Дружба народов». По гидрохимическим наблюдениям (с 1961 г.) минерализация воды в них понизилась с 9,2 до 6,3 г/л. По составу вода была сульфатно-хлоридной — магниево-натриевой. В связи с увеличением протяженности коллекторно-дренажной сети несколько улучшилось ме-

22. Многолетние изменения гидрохимических характеристик воды р. Амударьи ниже Хорезмского оазиса по этапам ирригационного освоения земель

Этап освоения, годы	Орошаемая площадь, тыс. га	Доля засоленных почв, %	Водозабор, км³ в год	Длина коллекторной сети, км	Сбросы коллекторных вод, км³	Минерализация, г/л	Химический состав и стадия засоления	Минерализация, г/л	Химический состав и стадия засоления воды
						коллекторных вод		р. Амударьи у створа Саманбай	
1925—1950	134—138	35—40	1,8—2,0	600	до 0,2	Магистральные коллекторы отсутствовали		0,48	ХСГ—НК
1951—1960	142—154	35	2,3—2,5	2950	0,25—0,5	»		0,50	ХГС—НК
1961—1970	146—150	31	3,3—3,9	5068	до 1,9	9,2—6,3	СХ—МН	0,64	ХГС—МКН
1971—1980	158—173	28	4,5—5,3	6384	2,7—3,5	5,0—3,2	СХ—КМН	0,74	СХ—МКН
1981—1986	до 237	30	до 5,5	6700	до 3,5	3,3—3,2	СХ—КМН	0,80	СХ—МКН

лиоративное состояние орошаемых почв — доля сильнозасоленных почв сократилась до 32%. Часть солей при этом стала попадать в русло Амударьи, поэтому ее минерализация в этот период возросла до 0,64 г/л, а состав сменился на гидрокарбонатно-хлоридно-сульфатный — магниево-кальциево-натриевый.

В 1971—1980 гг. орошаемый земельный фонд охватывал 158—173 тыс. га. Коллекторно-дренажная сеть протянулась на 6384 км. В связи с ее успешной работой доля сильнозасоленных почв в оазисе сократилась до 28%, а минерализация воды в магистральных коллекторах уменьшилась до 5,0—3,2 г/л, состав при этом сменился на сульфатно-хлоридный — кальциево-магниево-натриевый. В Амударье, наоборот, минерализация воды повысилась до 0,74 г/л, а состав воды стал сульфатно-хлоридным — магниево-кальциево-натриевым.

В 1981—1986 гг. орошаемая площадь в Хорезмском оазисе расширилась до 237 тыс. га, годовой водозабор возрос до 5,5 км^3/год. Протяженность коллекторно-дренажной сети превысила 6700 км.

Средняя величина минерализации воды р. Амударьи у створа Саманбай в этот период возросла до 1,20 г/л, состав воды был преимущественно сульфатно-хлоридным — магниево-кальциево-натриевым.

Тахиаташский ирригационный район

Этот район охватывает орошаемые земли Каракалпакской АССР. Автономная республика расположена в низовьях бассейна Амударьи и своими северными границами выходит к Аральскому морю (рис. 36). Это — последняя орошаемая зона в бассейне Амударьи, которая испытывает отрицательное влияние усыхающего Арала, а также вынуждена использовать на орошение амударьинскую воду с измененным в верхних частях бассейна качеством. Поэтому рассмотрим данный оазис более подробно.

Территория Каракалпакской АССР (площадь 165,6 тыс. км^3) представляет собой пологоволнистую дельтовую равнину в пределах Туранской низменности. Равнинность территории нарушается выходами коренных пород: Дульдульазизган, Султануиздаг, Назымхансупа, Тахиаташ, Краштау, Кызилджар, Кушканатау, на западе плато Устюрт, на востоке — возвышенность Бельтау, Бузгуль и др. Левобережная дельтовая часть наклонена от Тахиаташской теснины к северо-западу, т. е. в сторону Сарыкамышской впадины. Такой уклон поверхности обусловливает региональный подземный сток грунтовых вод в сторону Аральского моря и к Сарыкамышской котловине.

Изменения основных форм рельефа во многом связаны с наличием развивающихся песчаных староречий Амударьи, а в пределах орошаемых земель — с ирригационно-хозяйственной деятельностью человека.

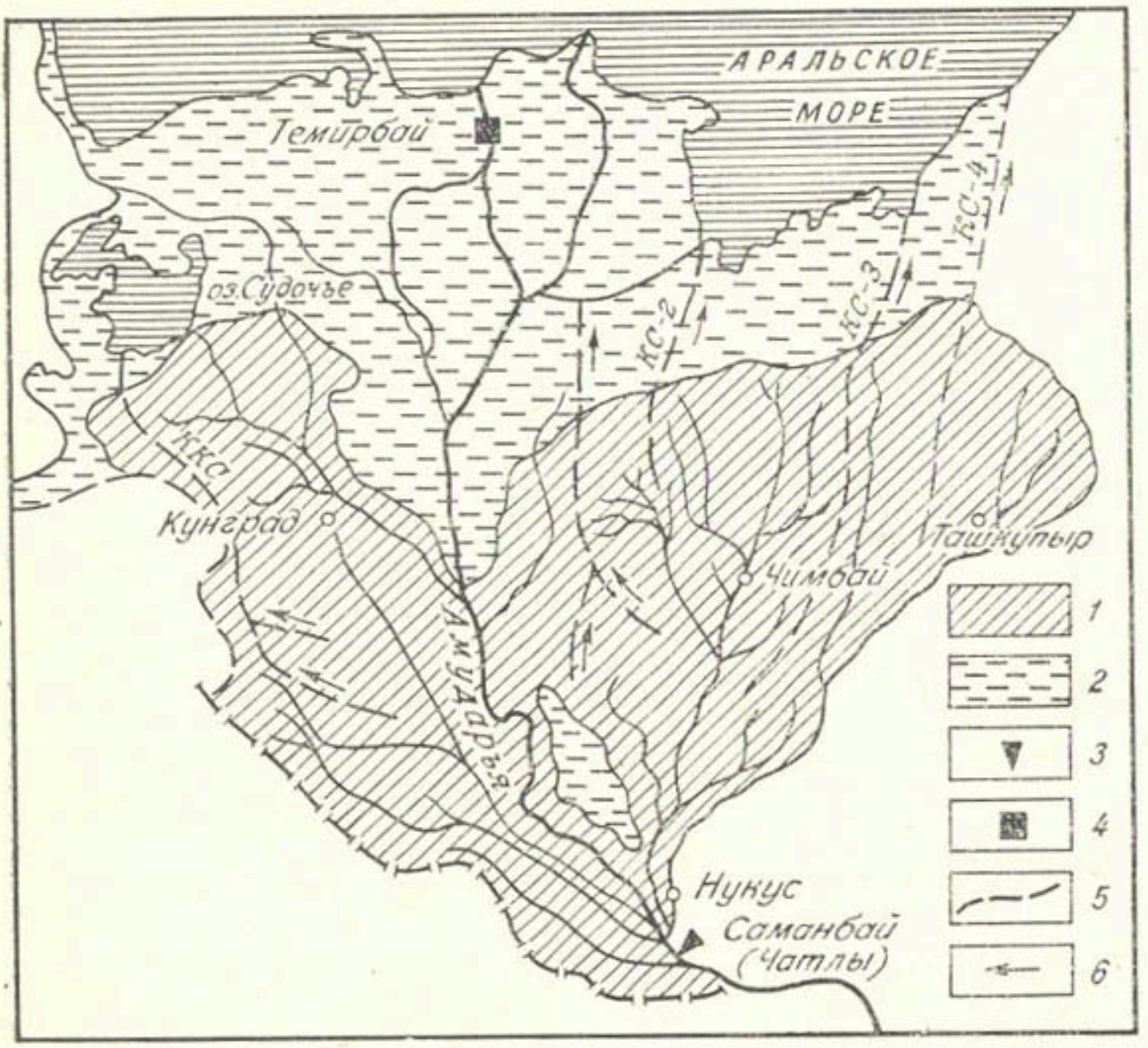


Рис. 36. Тахнаташский ирригационный район (орошаемая зона КК АССР):

1 — земли существующего орошения; *2* — земли перспективного орошения; *3* — начальный гидрологический створ; *4* — замыкающий гидрологический створ; *5* — наиболее крупные коллекторы; *6* — направление течения воды.

В последние годы вдоль прибрежных полос Аральского моря сильно развиваются цепеобразные понижения и многочисленные озера, образующиеся за счет снижения уровня воды в Аральском море. На дне понижений развиты пухлые белые солончаки, а в некоторых понижениях образуются солевые озера.

Низкогорье Султануиздаг делит территорию Каракалпакии на северную и южную зоны, несколько отличающиеся климатическими условиями. По побережью Аральского моря расположена приморская зона.

Территория Каракалпакской АССР изрезана густой сетью оросительных каналов. Поливы ведутся по системам каналов им. Ленина, Кызкеткен и Пахтаарна; источник орошения — Амударья.

Правобережный канал Пахтаарна забирает воду из излучины Туямуюн (до 65 м³/с) и орошает земли южных районов (Турткульский, Бируниийский, Элликкалинский). Перед плотиной гид-

роузла Тахиаташ воду забирает левобережный канал им. Ленина (до 100 м³/с) и правобережный канал Кызкеткен (до 180 м³/с), орошающие земли северных районов (Ходжейлинский, Шуманайский, Ленинабадский, Кунградский и др.).

До революции оросительные системы были реконструированы, питание каналов переведено на самотечное с использованием местами насосных установок.

Орошаемая площадь с 1913 г. по 1982 увеличилась со 109 до 365,8 тыс. га. Наибольшая часть орошаемой площади занята хлопчатником (в 1977 г.—127 тыс. га), значительны также посевы кормовых культур (81,1 тыс. га) и риса (43,6 тыс. га), наименьшая площадь отводится под картофель и овощебахчевые культуры (5,2 тыс. га).

Водозабор из реки Амударьи за 1968—1977 гг. увеличился с 6,09 до 8.2 км³, а при расчете на 1 га орошаемой площади с 26,4 до 31,7 тыс. м³. Такие высокие фактические оросительные нормы (расчетные равны всего 12—14 тыс. м³ на 1 га) приводят к большим фильтрационным потерям из оросительных каналов, подъему уровня грунтовых вод в орошаемой зоне, что ухудшает ее мелиоративное состояние.

По условиям формирования грунтовые воды ККАССР можно разделить на две зоны: а) *орошаемую,* где основным источником питания являются поверхностные водотоки, связанные с орошением; б) *неорошаемую,* где режим грунтовых вод зависит в основном от природных факторов.

На юге орошаемая зона охватывает весь Турткульский оазис, на севере — всю Амударьинскую дельту. Условия формирования грунтовых вод здесь тесно связаны с деятельностью Амударьи. Река, проходя по командным отрезкам территории, благоприятствует движению грунтовых вод по обеим сторонам берегов в направлении от реки в глубь оазисов. Влияние реки на подъем уровня грунтовых вод сказывается на расстоянии 5—10 км и более. Вблизи реки грунтовые воды залегают на глубине 1—2,5 м, а со значительным удалением от реки они погружаются до 10—15 м.

Минерализация грунтовых вод также увеличивается с удалением от реки. В зоне влияния Амударьи и каналов она меньше 1,0 г/л, по составу гидрокарбонатно-сульфатная — натриево-кальциевая (ГС—НК). С удалением от реки сухой остаток в грунтовых водах поднимается до 2,5 г/л, а химический состав меняется на хлоридно-сульфатный — кальциево-натриевый (ХС — КН).

По Ф. М. Рахимбаеву (1980), в период орошения уровень грунтовых вод повсеместно повышается до 0,2—0,3 м со средней скоростью 0,3—0,6 см/сут. На орошаемых землях минерализация в верхнем слое составляет 2—6 г/л, на глубине 30 м колеблется от 44 до 40,3 г/л. На большой части орошаемой территории глубина грунтовых вод изменяется от 1 до 2 м, а минерализация — от 1 до 5 г/л.

На величину минерализации и состав воды в реке сильно влияют ее обмен с грунтовой водой в пределах изучаемой территории. Водообмен поверхностных и грунтовых вод дельты Амударьи за 1956—1976 гг. изучен К. А. Дамладжановым (1980). Данные руслового баланса на участках Амударьи (Чатлы-Кызылджар, Кызылджар-Темирбай и Чатлы-Темирбай) свидетельствуют о преобладании потерь стока реки. По картам залегания уровня грунтовых вод выявлено, что, несмотря на снижение расходов воды в русле Амударьи, она все же питает грунтовые воды. В перспективе в связи со значительным уменьшением воды в Амударье на значительном протяжении реки будет протекать процесс берегового регулирования грунтовых вод, а в средней и нижней частях дельты начнется обратный процесс — река будет служить дреной.

В современном развитии гидрографической сети дельты наблюдается ярко выраженная русловая фаза. После введения в эксплуатацию Тахиаташского гидроузла не наблюдается перелива вод через берега и более 95% стока идет через дельту транзитом до моря одним руслом.

На процессы перераспределения солей на поверхности дельты влияет их эоловый принос с осушающегося дна Аральского моря, площадь которого в 1988 г. составила 23 тыс. км². Содержание солей в почвах, породах и грунтовых водах бывшего дна моря высокое: например, минерализация грунтовых вод доходит до 40—60 г/л.

Почвы дельты Амударьи в границах ККАССР сравнительно молодые, наиболее распространены здесь (более 80% всей площади) лугово-такырные и такырные.

После усыхания территории начался переход гидроморфных почв в автоморфные, свободные от влияния грунтовых вод, которые стали залегать глубже. Эта стадия сопровождается постепенным остепнением, засолением и приобретением свойств лугово-такырных и лугово-пустынных почв; в автоморфной стадии почвенный покров представлен такырными, пустынно-песчаными почвами, солончаками.

Согласно почвенно-мелиоративному районированию низовьев Амударьи здесь можно выделить следующие районы:

а) *дельта Амударьи:* 1) район пойменно-аллювиальных почв «живой» дельты, 2) район автоморфных почв «живой» дельты; 3) район орошаемых луговых почв современной дельты;

б) *Акчадарьинская древняя дельта* (Акчадарьинский район автоморфных почв);

в) *Устюрт:* 1) район серо-бурых почв в восточной части центрального Устюрта; 2) район солончакового понижения Барса-Кельмес; 3) район солончаковых впадин (Ассаке-Даудан и Сарыкамыш);

г) *Кызылкумское плато*: 1) район песков и серо-бурых почв; 2) район серо-бурых почв возвышенности Бельтау;

23. Резервы орошаемых земель ККАССР, тыс. га

Оросительная система	Общая площадь	Орошаемая площадь	Пригодная к орошению
Пахтаарна	114,3	44,3	70,0
Магнит-Кипчакская система	42,6	21,8	20,8
Всего по южной зоне	156,9	66,1	90,8
Имени Ленина	296,5	75,2	221,3
Кызкеткен	446,6	93,3	353,3
Всего по северной зоне	743,1	169,0	574,1
Всего по ККАССР	900,0	235,1	664,9

д) *низкогорье Султануиздаг:* 1) район серо-бурых почв на подгорной равнине;

е) *приморские аккумулятивные равнины Арала* (район приморских солончаков). Особенности этих почв следует учитывать при их освоении.

По С. Джаманкараеву (1975), неиспользуемая площадь земель, пригодная к орошению, составляет 664,9 тыс. га (табл. 23). Среди коллекторов следует выделить КС-1, КС-3, КС-4, отводящих в Аральское море до 1,0 км³ воды в год, а также ККС, сбрасывающего свой сток в оз. Судочье.

В 1977 г. с орошаемой территории было отведено 1247,7 млн м³ дренажных вод со средней минерализацией 4,0 г/л. Наименьшая величина среднегодовой минерализации (2,58 г/л) наблюдается в Куиградском коллекторе, наибольшая —6,28 г/л — в Районном коллекторе.

Состав дренажных вод, по данным анализа отобранных проб, в основном сульфатно-хлоридный — кальциево-магниево-натриевый (СХ—КМН).

В связи с постепенным понижением уровня воды в Аральском море наблюдается повышение минерализации оросительных и коллекторно-дренажных вод. Даже летом, когда по реке проходит наиболее пресная вода, ее минерализация достигает 0,84 г/л.

Взаимосвязь между мелиоративным состоянием территории и химизмом речных и коллекторно-дренажных вод (табл. 24) позволила судить об изменении мелиоративного состояния орошаемой зоны КК АССР на перспективу.

I этап (1925—1950 гг.). В эти годы орошалось до 110—140 тыс. га. До 97% орошаемых земель были засолены, поэтому часть земель с оросительной сетью не использовалась в сельском хозяйстве. Водоподача на орошение составляла 2,5—3,1 км³ в год.

Река Амударья в эти годы проносила через массив до 16,0—26,6 млн т солей, большая часть которых сбрасывалась в Аральское море. Минерализация речной воды при выходе Амударьи из орошаемой зоны была равна в среднем 0,51 г/л, а ее состав был преимущественно гидрокарбонатно-хлоридно-сульфатным — натриево-кальциевым (ГХС — НК).

24. Многолетние изменения гидрохимических характеристик воды р. Амударьи ниже орошаемой зоны ККАССР по этапам ирригационного освоения

Этап освоения, годы	Орошаемая площадь, тыс. га	Доля засоленных почв, %	Водозабор, км³ в год	Длина коллекторной сети, км	Объемы коллекторных вод, км³	Минерализация, г/л	Химический состав и стадия	Минерализация, г/л	Химический состав и стадия засоления
						засоления коллекторных вод		воды р. Амударьи у створа Темирбай	
1925—1950	110—140	96—97	2,5—3,1	Магистральные коллекторы отсутствовали				0,51	ГХС—НК
1951—1960	150—170	95—96	3,0—3,7	300—400	0,05—0,08	7—8	СХ—МН	0,53	ГХС—НК
1961—1970	до 212	95,3	4,0—4,9	до 3500	0,13—0,45	6—5	СХ—КМН	0,65	ГХС—КН
1971—1980	280	92,5	5,7—10,1	до 6932	1,06—2,60	4—3	ХС—КМН	0,77	СХ—КН
1981—1986	433	95—97	11—12	до 7200	3,0—3,2	3,5	ХС—КМН	1,62	СХ—МКН

Магистральные коллекторы в этот период отсутствовали. Протяженность внутрихозяйственной коллекторно-дренажной сети — 100—200 км³. На орошаемой территории наблюдался подъем грунтовых вод, приводя к засолению орошаемые участки. В этот период были построены основные оросительные каналы данного массива: Кызкеткен, канал им. Ленина, Пахтаарна.

II этап (1951—1960 гг.). Орошаемая площадь к концу этапа достигла 170 тыс. га, из них 95—96% земель были с высокой степенью засоления. Водоподача на орошение увеличилась до 3,0—3,7 км³, вместе с оросительными водами на поля в течение года поступало 1,6—2,0 млн т солей.

Магистральные коллекторы только начинали строиться, общая длина коллекторно-дренажной сети равнялась 300—400 км. Незначительные объемы коллекторно-дренажных вод отводились в местные понижения и на более засоленные почвы. Предположительно их минерализация была 7—8 г/л, а состав — сульфатно-хлоридный — магниево-натриевый (СХ—МН).

В Амударье через оазис проходило в год до 14,7—24,8 млн т солей. Ниже орошаемых площадей минерализация воды Амударьи в этом периоде несколько увеличилась (0,53 г/л), а состав воды был гидрокарбонатно-хлоридно-сульфатный — натриево-кальциевый (ГХС—НК).

III этап (1961—1970 гг.). Величина орошаемой площади к концу этапа достигла 212 тыс. га. Несмотря на значительное увеличение орошаемых земель, их засоленность оставалась высокой: 95,3% всех поливных угодий были засолены. Водоподача на орошение увеличилась до 4,0—4,9 км³, с оросительными водами на поля в год поступало до 2,9—3,3 млн т солей.

Протяженность коллекторно-дренажной сети в данном периоде значительно увеличилась и достигла 3500 км. Сток коллекторно-дренажных вод, выносимых за пределы орошаемой зоны, составил 0,13—0,45 км³ в год. Средняя величина минерализации их была равна 6—5 г/л, а состав сульфатно-хлоридный — кальциево-натриевый (СХ—КМН).

Однако существующая коллекторно-дренажная сеть и магистральные коллекторы (ККС, КС-1, КС-3, КС-4 и др.) не справлялись с отводом солей. За год с орошаемой зоны выносилось до 2,67 млн т, т. е. меньше, чем поступало с оросительными водами.

Свидетельством продолжающегося засоления орошаемой территории являются и такие цифры: в реке Амударье выше орошаемой зоны в год проходило до 20,3 млн т солей, а ниже орошаемой зоны — только 15,8 млн т, т. е. часть легкорастворимых солей распределилась внутри поливных угодий. Минерализация воды р. Амударьи в этом периоде увеличилась до 0,65 г/л, а ее состав стал гидрокарбонатно-хлоридно-сульфатным — кальциево-натриевым (ГХС — КН).

Во время этого этапа наблюдалось постепенное снижение уровня Аральского моря и уменьшение водоносности р. Аму-

дарьи, что также приводило к ухудшению мелиоративного состояния орошаемой территории.

IV этап (1971—1980 гг.). К концу этапа орошаемая площадь увеличилась до 280 тыс. га. Из них 92,5% земель были в различной степени засолены. Водоподача на орошение увеличилась с 5,7 до 10,1 км³. С этими водами на орошаемые поля поступало 4,28—5,99 млн т солей в год.

Общая протяженность коллекторно-дренажной сети возросла до 6932 км. Сток коллекторно-дренажных вод внутри периода увеличился с 1,06 до 2,6 км³. Средняя величина минерализации этих вод несколько уменьшилась до 4—3 г/л (за счет промывок солей из зоны аэрации в первые годы работы коллекторов). Состав воды в коллекторах также несколько изменился и стал хлоридно-сульфатным — кальциево-магниево-натриевым (ХС—КМН).

В связи с продолжающимся уменьшением расходов воды в р. Амударье количество солей, проходящее в русло реки за год, уменьшилось до 14 млн. т, а проходящее ниже орошаемой зоны — до 11,6 млн т, т. е. и во время этого периода значительная часть солей, приносимых рекой, распределялась внутри орошаемой зоны.

Минерализация воды Амударьи к концу этого периода в нижнем течении увеличилась в среднем до 0,77 г/л, а ее химический состав стал сульфатно-хлоридным — кальциево-натриевым (СХ — КН).

В последние годы минерализация воды в устье Амударьи продолжает увеличиваться. Так, в 1981—1986 гг. (V этап) ниже данного оазиса она возросла в среднем до 1,62 г/л, состав воды стал преимущественно сульфатно-хлоридным — магниево-кальциево-натриевым (СХ — МКН).

Перспектива. Анализ изменения развития ирригации на территории КК АССР, характеристик мелиоративного состояния орошаемой зоны и изменения минерализации и химического состава воды Амударьи и коллекторов по этапам позволил дать оценку ожидаемых изменений мелиоративного состояния на перспективу (на ближайшие 15—20 лет без учета поступления части стока извне).

Было подсчитано, что в связи с уменьшением водоносности р. Амударьи и усилением влияния орошения минерализация воды при подходе к территории КК АССР достигает 1,7—1,8 г/л, состав воды будет в основном сульфатно-хлоридным — кальциево-натриевым (СХ — КН). Вместе с этой водой через территорию КК АССР будет проходить до 10—11 млн т солей.

При современных темпах строительства коллекторов их общая протяженность составит 10000—12000 км. Через эту сеть будет выноситься около 4,0 км³ воды со средней минерализацией 3,5—3,0 г/л, состав воды будет хлоридно-сульфатным — кальциево-магниево-натриевым (ХС — КМН).

Таким образом, при современном уровне ведения мелиоративных работ орошаемая зона территории КК АССР будет продол-

жать засоляться, доля засоленных почв увеличится до 97%. Процесс засоления орошаемых почв будет усиливаться общей аридизацией климата, усыханием Аральского моря и эоловым переносом солей с обсыхающего дна моря.

Кашкадарьинский ирригационный район

Данный район охватывает значительную часть бассейна Кашкадарьи. Химический состав воды рек бассейна Кашкадарьи формируется на западных оконечностях Зарафшанского и Гиссарского хребтов. При выходе из год в долину река Кашкадарья принимает слева притоки, большинство из которых по водоносности превышает Кашкадарью (рис. 37).

Первый ее приток — маловодная речка Джинылдарья. Ниже по течению также слева впадает самая водоносная река бассейна Аксу, а еще ниже — Танхаз. Вторая по водоносности река — Яккабаг — до Кашкадарьи не доходит, при выходе из гор она разделяется на два почти равноценных рукава: Карабаг и Кызылсу. Последняя впадает в р. Танхаз, и уже по ее руслу воды реки Яккабаг доходят до Кашкадарьи. Последним левым притоком Кашкадарьи, доносящим до нее воду, является река Гузардарья, образующаяся слиянием рек Каттауру и Кичикуру. Нижнее течение Гузардарьи носит название Карасу.

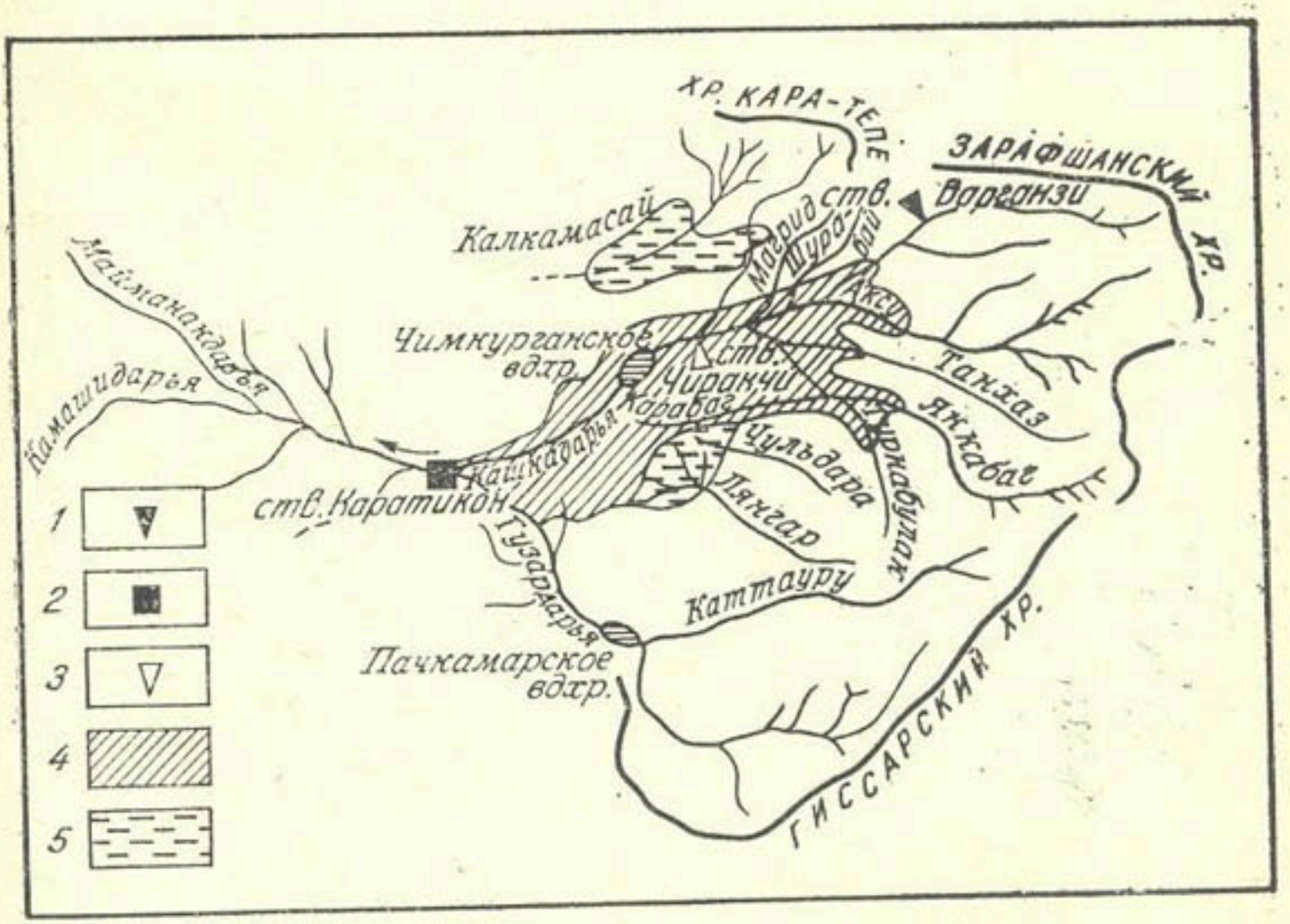


Рис. 37. Бассейн р. Кашкадарьи:

1 — начальный гидрологический створ; *2* — замыкающий гидрологический створ; *3* — прочие гидрологические створы, *4* — земли существующего орошения, *5* — земли перспективного орошения.

Следует отметить также небольшую речку Лянгар, расположенную между реками Яккабаг и Гузардарья. Лянгар разбирается на орошение по выходе из гор, далеко не доходя до Кашкадарьи.

Правобережные притоки Кашкадарьи, стекающие с южного склона невысокого хребта Каратепе, носят саевый характер. Они или совсем не доносят своих вод до Кашкадарьи, или сбрасывают в нее ничтожный объем воды.

В устье Кашкадарья целиком разбирается на орошение сетью каналов и поэтому нижнее течение реки, носящее название Майманакдарья, постепенно теряется в Каршинской степи.

Длина Кашкадарьи 310 км, площадь водосбора 8780 км², средневзвешенная высота 1823 м (Шульц, 1965). Ввиду незначительности высот оледенение здесь небольшое и поэтому по характеру питания Кашкадарья относится к снеговому типу, очень близко приближаясь к рекам снегово-дождевого питания. Наибольшие расходы, как правило, приходятся на апрель, наименьшие — на конец лета — начало осени.

Поверхностные водные ресурсы бассейна Кашкадарьи складываются из суммарного притока рек: Кашкадарьи, Джинылдарьи, Аксу, Карасу, Шурабсая, Танхаздарьи, Яккабага, Турнабулака, Чульдары, Джара.

В среднем за многолетие водные ресурсы составляют 1,11 км³ в год, или в расходах воды —35,2 м²/с.

Валовая площадь бассейна Кашкадарьи в административных границах (на 1 июля 1967 г.) равна 28,4 тыс. км². В бассейне имеется около 1,3 млн га пригодных к орошению земель, из них около 1 млн га расположено в нижней части бассейна, именуемой Каршинской степью. По данным «Средазгипроводхлопка», пригодно для орошения в верхней и средней частях бассейна Кашкадарьи 471 тыс. га, из которых в 1974 г. орошалось около 110 тыс. га. В 1982 г. в пределах Каршинской области было орошено 377,4 тыс. га.

Недостаточность водных ресурсов бассейна в период поливов привела к строительству канала Эскиангар (в 1955 г.), забирающего воду из канала Даргом (бассейн р. Зеравшан) и впадающего в Кашкадарью немного выше г. Карши; длина канала 184 км. Недавно построено новое русло канала Эскиангар, он впадает в Кашкадарью выше Чимкурганского водохранилища. Внутри бассейна следует выделить следующие каналы: Чоршанбе, Муминабад, Правобережный Аксуйский, Левобережный в системе реки Яккабаг.

Сезонный сток рек бассейна регулируется с помощью вошедших в строй водохранилищ: в 1957 г.— Камашинское (наливное) на р. Яккабагдарье, в 1963 г.— Чимкурганское (русловое) в среднем течении р. Кашкадарьи, в 1967 г.— Пачкамарское (русловое) на р. Гузардарья. Наибольшее значение для преобразования стока имеет Чимкурганское водохранилище, емкость которого равна 500 млн м³, Пачкамарского 280 млн м³, Кама-

шинского —18 млн м³. Строятся Шорсайское и Гиссарское водохранилища.

Водозабор из рек бассейна, из магистральных каналов все время возрастает: только за последнее время он увеличился с 1,28 до 3,29 км³.

Верхняя и средняя части бассейна Кашкадарьи имеют хорошую естественную дренированность. Залегают грунтовые воды в орошаемой зоне глубже 3 м; 10,8% орошаемой площади имеют глубину от 2 до 3 м; 7,9% — от 1 до 2 м и 1,3% — до 1 м. В верховье реки грунтовые воды имеют минерализацию до 1 г/л; ниже по течению по правобережью — до 3 г/л, местами до 5 г/л, а по левобережью — до 10 г/л.

В верховьях бассейна на подгорных слабопокатых равнинах конуса выноса р. Аксу, подпойменных террасах рек Кашкадарьи, Аксу, Танхаз, Яккабаг, Лянгар и центральной части Китабо-Шахрисабзской котловины расположены типичные сероземы. Они подстилаются аллювиально-пролювиальными лёссовидными отложениями. В средней части бассейна и на конусе выноса р. Гузардарьи развиты светлые сероземы.

В общем фонде орошаемых земель незасоленные почвы занимают 50,8%, слабозасоленные —38,2%, среднезасоленные —8,2% и сильнозасоленные —2,8%. Засоленные почвы характеризуются хлоридно-сульфатным типом засоления.

Орошаемое земледелие невозможно без дренажной сети. Интенсивное ее строительство велось в 1965—1975 гг. Если в 1960 г. общая длина дренажной сети была 278 км, то в 1986 г. она увеличилась до 4900 км.

Из коллекторов верхнего течения следует выделить Карасу, Гарау-Чашма, Сарысу, среднего — Кашан, Джамбассар. Расходы воды в этих коллекторах незначительны, так как большая часть возвратных вод с орошаемой территории поступает в Кашкадарью подземным путем.

По данным Кашкадарьинского областного управления мелиоративных систем, в 1970 г. среднегодовой расход коллекторных вод, отведенных за пределы области, составил 4,74 м³/с, а в 1986 г.—18,3 м³/с.

Сведения о минерализации коллекторно-дренажных вод малочисленны, так как до 1977 г. здесь не было химической лаборатории. В коллекторах Китабского и Шахрисабзского районов минерализация воды не превышает 1,2 г/л, в Чиракчинском равна 1,02—3,22, в Касанском —1,80—6,49, в Яккабагском —2,02—7,41, в Камашинском —2,95—7,69 и в Каршинском колебалась от 3,86 до 8,33 г/л. В Дехканабадском, Мубарекском, Нишанском, Ульяновском и Усман-Юсуповском районах минерализация коллекторных вод не определяется. Повышенная минерализация наблюдается в коллекторах, отводящих воду с сильнозасоленных земель. Предположительный состав дренажных вод при минерализации более 5 г/л — сульфатно-натриевый (был оценен по изменению химизма грунтовых вод). Необходимо дальнейшее изу-

чение гидрохимического режима коллекторно-дренажных вод по отдельным коллекторам и дренам.

Каршинская степь. Территория Каршинской степи охватывает западную часть Кашкадарьинской области УзССР и рассматривается как самостоятельный природный регион с присущими ему гидрологическими, гидрогеологическими и почвенными условиями, формирующими здесь другую минерализацию коллекторно-дренажных вод, чем в верхнем и среднем течении р. Кашкадарьи. В состав Каршинской степи входят подгорные покатости Зеравшанского хребта, занимающие ее северную часть, подгорные покатости Гиссарского хребта с конусом выноса Гузардарьи (восточная часть степи), конус выноса, дельта и долина Кашкадарьи (центральная часть), Девханинское (западная часть) и Самсоновское плато (южная часть).

Главные водные артерии описываемого района — Кашкадарья и Гузардарья. За год в Каршинскую степь подается до 1,88 км³ воды.

Каршинская степь — район интенсивного развития орошаемого земледелия. За последние годы здесь построен Каршинский магистральный канал с шестью насосными станциями, поднимающими воду Амударьи на 132 м. Благодаря каналу и его Ульяновской ветви к концу 1986 г. в Каршинской степи было освоено около 200 тыс. га земель. Построено Талимарджанское водохранилище объемом в 3,5 млрд. м³, которое питается из Каршинского канала. После завершения работ по освоению Каршинской степи здесь будет освоено под орошение до 900 тыс. га земель (Расулов, 1976). В 1986 г. в области было орошено 302 тыс. га.

В настоящее время ведутся работы по первой очереди орошения верхней зоны Каршинской степи на площади 200 тыс. га. Основная площадь (165 тыс. га) размещена в новой целинной зоне, а 35 тыс. га — староорошаемый массив, подлежащий коренному переустройству.

Общая протяженность всей оросительной сети в Кашкадарьинской области в 1986 г. достигла 9,5 тыс. км, из них около 2,5 тыс. км — хозяйственные каналы.

На большей части территории Каршинской степи грунтовые воды залегают глубоко. Так, на Девханинском плато они находятся на глубине 10—30 м. Минерализация их колеблется значительно. Наиболее слабоминерализованы глубокозалегающие грунтовые воды верхних частей конусов выноса, а также подгорных покатостей Зеравшанского хребта и северо-восточной части Каршинской степи. Минерализация здесь достигает 1—3 г/л. В районе Гузардарьи минерализация грунтовых вод в верхнем слое находится в пределах 25—30 г/л, с глубиной минерализация грунтовых вод уменьшается.

Почвенный покров Каршинской степи разнообразен. В ее пределах широко развиты типичные и светлые сероземы на лёссах и аллювии. На обширных пространствах пустынной зоны сформировались серо-бурые почвы, а на аллювии древней и современ-

ной дельты Кашкадарьи — орошаемые и неорошаемые такырные почвы, солончаки и такыры.

Орошаемое земледелие в Каршинской степи невозможно без дренажной сети. Вертикальный дренаж предусмотрен на площади 52 тыс. га, горизонтальный — на 148 тыс. га. Средняя удельная протяженность горизонтального дренажа по плану —50 м/га.

Большая часть коллекторно-дренажных вод с территории Каршинской степи отводится по системе Южного коллектора. Его протяженность —180 км с пропускной способностью до 60 м³/с. Временным водоприемником Южного коллектора являлись естественные понижения в песках Сундукли. Начиная с 1982 г. Южный коллектор доведен до р. Амударьи. В связи с расширением орошаемой площади в пределах Каршинской степи расход воды в Южном коллекторе увеличился за последние годы с 1,6 до 23,0 м³/с, или с 49 до 725 млн м³ в год.

Институт «Средазгипроводхлопок» разрабатывает проект повторного использования коллекторных вод в зоне выше Ульяновской ветки в объеме 13—15 м³/с, а также проект отвода вод Южного коллектора в понижение Денгизкуль, куда будет поступать до 4,5—5,4 млн т солей в год.

Отражение мелиоративного состояния орошенных земель бассейна Кашкадарьи на качестве воды дренирующих водотоков за отдельные этапы лет приведено в табл. 25.

К 1950 г. в бассейне орошалось 155 тыс. га земель. Около половины их были в различной степени засолены, остальные засолялись при орошении. Необходимо было строить дренажную сеть и коллекторы. В русле Кашкадарьи в нижнем течении (створ Каратикон) наблюдалась в основном вода, сформированная в верхнем течении реки, поэтому ее минерализация была незначительна и в среднем равна 0,38 г/л, по составу она была сульфатно-гидрокарбонатной — кальциевой.

К 1960 г. орошаемая площадь увеличилась до 180 тыс. га. Дренажная сеть только начинала строиться. Однако в связи с некоторым влиянием орошения минерализация воды р. Кашкадарьи в этом периоде увеличилась до 0,49 г/л, состав воды сменился на сульфатно-гидрокарбонатный — натриево-кальциевый.

В 1961—1970 гг. орошаемая площадь практически не увеличилась, что объяснялось дефицитом оросительной воды. В эти годы началось строительство системы Южного коллектора. Общая длина коллекторно-дренажной сети к 1970 г. достигла 1250 км, большая ее часть приходилась на земли среднего течения реки. В связи со строительством и работой дренажной сети минерализация воды в Кашкадарье увеличилась до 1,01 г/л, состав воды сменился на гидрокарбонатно-сульфатный — натриево-магниево-кальциевый..

Из вновь освоенных земель Каршинской степи часть грунтовых вод стала отводиться по Южному коллектору, поэтому в первые годы работы коллектора минерализация воды в нем была высокой —17—16 г/л.

25. Многолетние изменения гидрохимических характеристик воды р. Кашкадарьи по этапам ирригационного освоения земель бассейна

Этап освоения, годы	Орошаемая площадь, тыс. га	Доля засоленных почв, %		Водозабор, км³ в год	Длина коллекторной сети, км	Объемы коллекторных вод, км³	Минерализация, г/л	Химический состав и стадия засоления воды	Минерализация, г/л	Химический состав и стадия засоления
		в долине Кашкадарьи	в Каршинской степи				в Южном коллекторе		воды р. Кашкадарьи у створа Каратикон	
1925—1950	80—155	50	55,4	0,5—0,7	Коллекторная сеть отсутствовала		Коллектор отсутствовал		0,38	СГ—К
1951—1960	170—180	50	65,0	0,7—0,9	278	0,03			0,49	СГ—НК
1961—1970	175—180	49	74,8	0,9—1,2	1250	0,2—0,4	17—16	ХС—МН	1,01	ГС—НМК
1971—1980	180—280	45	60,0	3,0—3,3	1655	0,4—0,5	10—8,8	ХС—МН	1,82	ХС—КМН
1981—1986	до 430	45	60,0	4,8—5,0	4900	0,8—0,9	8,0—7,5	ХС—МН	2,57	ХС—МН

К 1980 г. орошаемая площадь, в основном благодаря освоению земель Каршинской степи, достигла 280 тыс. га. Общая длина коллекторно-дренажной сети достигла 1655 км. В связи с регулярной промывкой засоленных почв их площадь несколько уменьшилась. Понизилась также минерализация воды в устье Южного коллектора до 8,8 г/л, состав вод по преобладающим ионам остался прежним. В связи с усиливающимся влиянием орошения на гидрогеологический режим реки минерализация воды в Кашкадарье возросла в среднем до 1,82 г/л, состав воды стал хлоридно-сульфатным — кальциево-магниево-натриевым.

Как видно, минерализация воды ниже орошаемой площади продолжает увеличиваться. Так, в 1981—1986 гг. она возросла в среднем до 2,57 г/л, преобладающий состав был хлоридно-сульфатным — магниево-натриевым.

Таким образом, в этом бассейне развитие орошения постоянно отражалось на качестве речной воды.

Бухарский ирригационный район

Этот район охватывает нижнюю часть бассейна реки Зеравшан, который вытянут в широтном направлении и расположен между Туркестанским, Гиссарским и Зеравшанским хребтами. На значительном протяжении хребты поднимаются на снеговую линию, покрыты вечными снегами и множеством ледников.

Зеравшан образуется слиянием рек Матча и Фандарьи. Длина реки 781 км, площадь водосбора 12300 км^2, «средневзвешенная» высота его равна 2880 м. Среди притоков крупными являются реки Кштут и Магиандарья, тогда как остальные — это небольшие водотоки, многие из которых большую часть года не доносят своих вод до главной реки.

Вблизи г. Самарканда Зеравшан разделяется на два постоянных рукава: северный — Акдарья и южный — Карадарья. Рукава образуют остров Мианкаль длиной 120 км и шириной до 15 км. Рукава соединяются вновь у города Хатырчи. В нижнем течении Зеравшана, где река из котловины выходит в Кызылкум, притоки отсутствуют. Не принимая ниже устья Магиандарьи ни одного притока, Зеравшан интенсивно разбирается на орошение.

Зеравшан является ярким представителем рек ледниково-снегового питания. Расходы воды начинают увеличиваться в апреле и продолжаются чаще всего до июня, когда проходит гребень половодья. Спад расходов начинается в августе и продолжается до февраля-марта, когда наблюдается минимальное ее потребление.

Средний многолетний расход Зеравшана при выходе его из гор с учетом стока Магиандарьи равен 163 м^3/с, или 5,2 км^3 в год.

Среднее течение р. Зеравшан занимает Самаркандский оазис — древнейший в Средней Азии. На протяжении многих веков по всей длине реки строились каналы. Они выводились непосред-

ственно из Зеравшана и имели примитивные водозаборные сооружения.

Большие ирригационные работы проведены здесь в годы Советской власти. В 1927 г. в урочище Раватходжа была построена плотина инженерного типа. На рукаве Карадарьи построен Дамходжинский гидроузел. В 1954—1955 гг. восстановлен канал Эскиангар для переброски воды из Зеравшана в бассейн Кашкадарьи. В 1963 г. закончилось строительство Аму-Каракульского канала, посредством которого воды Амударьи через пустыню Кызылкум были поданы в низовья Зеравшана в Каракульский оазис. К 1971 г. построено Каттакурганское водохранилище, наполняемое водой Зеравшана по подводящему каналу от Дамходжинского гидроузла на Карадарье.

По сведениям института «Средазгипроводхлопок», пригодных для орошения в данном оазисе земель имеется 910 тыс. га, из которых в настоящее время орошается до 340 тыс. га (в 1979 г.— 302,6 тыс. га). Земли, занятые под хлопчатником, составляют значительную часть орошаемой территории (до 66%) и постоянно увеличиваются.

Бассейн Зеравшана в пределах Самаркандского оазиса характеризуется интенсивной дренированностью. Поэтому грунтовые воды на большей части орошаемой территории залегают глубже 3 м. Лишь 16,6% орошаемой площади имеет глубину от 2 до 3 м и 13,4% — от 0,5 до 2 м.

В верховье бассейна и на большей части правобережья грунтовые воды содержат минеральных солей до 1 г/л; в районе Каттакурганского водохранилища их содержание доходит до 5 г/л. Ниже по течению распространены грунтовые воды с минерализацией 1—3 г/л.

В зоне орошения преобладают темные, типичные и светлые орошаемые сероземы с развитыми среди них лугово-сероземными, луговыми и болотно-луговыми почвами. По данным Узгипрозема, в орошаемом земельном фонде незасоленные почвы занимают 72,5%, слабозасоленные —24,7%, среднезасоленные ---2,4%, сильнозасоленные — 0,4%. Данная территория имеет преимущественно карбонатно-магниевый и сульфатно-магниевый типы засоления.

Так как большая часть орошаемых земель оазиса незасолена, то протяженность коллекторно-дренажной сети здесь небольшая: если в 1930 г. ее длина составила 400 км, то в 1986 г.— 3024 км. Среди коллекторов следует выделить Сиаб Головной, Сиаб Нижний, Карасу, Объединительный, Каттакарасу, Кичиккарасу, Чавла, Янгикурган, Главный, Мирза, Чапаевский, Маркент, Харсан. Среднемесячные расходы воды в коллекторах изменяются от 0,03 (Сиаб Нижний) до 19,3 $м^3/с$ (Каттакарасу).

Геохимической особенностью территории является повышенное содержание магния не только в почвах, но и в воде. В целом на орошаемых землях области наблюдается процесс засоления.

Величина дренажного стока составляет 0,20—0,66 млн м³, а солевого —200—660 т.

Южную часть низовьев бассейна Зеравшана занимает Бухарский оазис. Последний расположен в субаэральной дельте Зеравшана — громадный конус выноса, образованный Зеравшаном при выходе из Хазаринской теснины. В тело дельты врезана современная долина реки с неширокой пойменной террасой, сложенной песчано-галечными отложениями и узкой первой надпойменной террасой. Конус выноса представляет третью террасу.

По данным почвоведов, общий земельный фонд Бухарской области составляет около 370 тыс. га, из них в 1986 г. было орошено 279 тыс. га.

Земли Бухарского оазиса орошаются стоком Зеравшана и водой Амударьи, подаваемой по Аму-Бухарскому каналу, построенному в 1965 г. (рис. 38).

Для более полной водообеспеченности орошаемых земель в 1957 году было введено в строй Куюмазарское водохранилище в Кызылтепинском районе. Оно питается водой Зеравшана через подпитывающий канал.

В пределах Бухарского оазиса значительная часть стока Зеравшана расходуется на орошение. Так, между поселками Хатырчи и Каракуль вода отводится более чем в сорок каналов с суммарным расходом 93,0 м³/с.

В ирригационные системы, питающиеся из Зеравшана, вода подается самотеком, в Аму-Бухарский и Аму-Каракульский каналы — машинным способом. Протяженность оросительной сети в области в 1960 г. составляла 4180,8 км, а к 1979 г. увеличилась до 19444,7 км. Водозабор, меняясь в зависимости от водности года, постоянно возрастает: в 1956 г. было забрано на орошение 2,5 км³, в 1973 г.—3,6 и в 1978 г.—4,33 км³.

Гидрогеологические условия оазиса самым тесным образом связаны с его геоморфологическими и литологическими особенностями. В верхней части дельты галечник залегает неглубоко. Это способствует достаточному подземному стоку. В центральной части дельты, где мелкоземистый покров более мощный и галечник залегает глубже, отток грунтовых вод затруднен и они расположены ближе к поверхности, особенно по левобережью. Наиболее плохие условия оттока — в южной и юго-восточной частях оазиса. Средняя глубина грунтовых вод в пределах орошаемой зоны колеблется от 2,3 до 2,8 м. На большей части орошаемой территории (до 55,8%) глубина грунтовых вод равна 1—2 м и 2—3 м (31,7% площади). Грунтовые воды с глубиной залегания более 3 м занимают до 10,0% орошаемой площади, а менее 1 м — 2,5%.

Минерализация грунтовых вод в пределах орошаемой зоны изменяется от 1,0 до 10 г/л и более. На большей части территории (65,6%) грунтовые воды имеют минерализацию до 3 г/л, с минерализацией от 3 до 5 г/л занимают 24,4% территории, от 5 до 10 г/л —7,7% и с минерализацией более 10 г/л —2,3% орошаемой зоны.

раллельного, Центрального, Бухарского, Главного Каракульского коллекторов. Основная часть дренажного стока отводится в естественные понижения и впадины, расположенные за пределами орошаемой зоны. Так, в Соленое озеро сбрасывают воды Западно-Ромитанский, Маханкульский, Гурдюшский и Главный Каракульский коллекторы, во впадину Каракыз — Северо-Бухарский коллектор, а в Агитминскую впадину — Агитминский коллектор. Часть коллекторов доносит воды до Амударьи. Построен Бухарский сброс, через него дренажная вода отводится из Соленого озера в Амударью (см. рис. 38). Объем дренажных вод, отводимых с орошаемых полей, в 1952—1986 г. увеличился со 157 до 1464 млн м^3.

Минерализация коллекторно-дренажных вод носит пестрый характер. Это вызвано различным засолением орошаемых почв и нижележащих грунтовых вод. Содержание солей в воде большинства коллекторов находится в пределах 2,5—4,0 г/л, в некоторых достигает 7—15 г/л (Богоутдин, Джамат, Яман-Джар), а иногда —22—30 г/л (Южно-Объединительный).

В Бухарском оазисе наблюдается постепенное опреснение засоленных почв. В 1976 г. через коллекторно-дренажную сеть было отведено на 2,5 млн т солей больше, чем поступило их с оросительными водами (вынос солей был равен 5,2 млн т, а приход —2,7 млн т), в 1977 г. вынос солей превысил их поступление на 1,3 млн т, в 1978 г.— на 3,5 млн т и в 1979 г.— на 3,3 млн. т. Таким образом, очевидно постоянное опреснение почв орошаемой зоны.

Мелиоративное состояние орошаемых земель ежегодно улучшается благодаря заботам специалистов, которые реконструировали межхозяйственную оросительную сеть (63,4 км), ввели 42 скважины вертикального дренажа, 16,9 км закрытого горизонтального дренажа и 213 км открытой коллекторно-дренажной сети. Для наблюдения за эффективностью работы дренажных систем построена наблюдательная сеть из 160 пунктов.

Отражение мелиоративного состояния орошаемых земель бассейна Зеравшана на качестве воды дренирующих водотоков по отдельным этапам приведено в табл. 26.

К 1950 г. в бассейне орошалось до 460 тыс. га. Около 30% земель в Самаркандской области и 50% земель в Бухарской области были в различной степени засолены. Длина коллекторно-дренажной сети в орошаемой зоне была незначительна, не превышала 1400 км. По отрывочным сведениям, минерализация воды в реке Зеравшан у створа Навои (замыкает Самаркандский оазис) была в среднем равна 0,5 г/л, состав воды был преимущественно сульфатно-гидрокарбонатным — магниево-кальциевым.

К 1960 г. площадь орошаемых земель достигла 510 тыс. га. Доля засоленных почв оставалась практически прежней. Стала расширяться коллекторно-дренажная сеть и строиться магистральные коллекторы. В среднем минерализация коллекторно-дренажных вод, отводимых за пределы Бухарского оазиса, была равна 8—6 г/л,

26. Гидрохимическая характеристика воды р. Зеравшан по этапам ирригационного освоения земель бассейна

Этап освоения, года	Орошаемая площадь, тыс. га		Доля засоленных почв, %		Объем коллекторных вод, км³		Минерализация, г/л	Состав и стадия засоления	Минерализация, г/л	Состав и стадия засоления
	Оазис									
	Самаркандский	Бухарский	Самаркандский	Бухарский	Самаркандский	Бухарский	воды р. Зеравшан у створа Навои		воды в коллекторах Бухарского оазиса	
1925—1950 гг.	250—280	130—180	30	50	0,03	0,10	0,50	СГМК	Магистральные коллекторы отсутствовали	
1951—1960 гг.	280—300	180—210	30	50	0,20	0,25—0,30	0,55	СГ—МК	8—6	ХС—МН
1961—1970 гг.	300—315	210—237	27	45	0,50	0,48—0,60	0,73	ГС—НМК	5,8—4,6	ХС—МН
1971—1980 гг.	315—325	237—270	26	42	0,70	0,9—1,3	0,88	ГС—КМН	4,5—3,9	ХС—МН
1981—1986 гг.	339	272	26	42	0,80	1,45	1,02	ГС—КМН	4,0—3,9	ХС—МН

состав воды был хлоридно-сульфатным — магниево-натриевым. Минерализация и состав воды в р. Зеравшан почти не изменились.

К 1970 г. орошаемая площадь возросла до 552 тыс. га, а длина коллекторно-дренажной сети — до 5460 км. В связи с проведением регулярных промывок доля засоленных почв значительно снизилась: в Самаркандском оазисе — до 27,5%, в Бухарском — до 45%. Несколько уменьшилась также минерализация коллекторно-дренажных вод — до 5,8—4,6 г/л, состав воды по преобладающим ионам оставался прежним. В связи с усилением процессов рассоления засоленных почв и грунтовых вод минерализация воды в Зеравшане увеличилась до 0,73 г/л, а состав воды сменился на гидрокарбонатно-сульфатный — натриево-магниево-кальциевый.

К 1980 г. орошаемая площадь увеличилась до 595 тыс. га, а длина коллекторно-дренажной сети — до 7626 км.

В результате усиления мелиоративных работ доля засоленных почв в оазисах вновь несколько уменьшилась. Понизилась также минерализация воды в магистральных коллекторах, отводящих воду с орошаемой территории: до 4,5—3,9 г/л. Состав этих вод по преобладающим ионам не изменился, однако значительно уменьшилось содержание хлоридного иона. В связи с возросшим объемом коллекторно-дренажных вод минерализация воды в р. Зеравшан повысилась в среднем до 0,88 г/л, а состав воды изменился на гидрокарбонатно-сульфатный — натриево-кальциево-магниевый (см. табл. 26).

В 1981—1986 гг. объемы коллекторных вод, отводимых с орошаемой территории, продолжали возрастать, в связи с этим минерализация воды в р. Зеравшан вновь увеличилась: в среднем до 1,02 г/л.

Между мелиоративным состоянием орошаемых массивов и минерализацией воды в дренирующих их водотоках существует взаимосвязь. Причем, как было показано, она проявляется в различных частях бассейнов: в межгорных долинах, на равнинных участках, в дельтах и др. Это свидетельствует о том, что сток орошаемых массивов влияет на объемы и качество дренирующих их водотоков в любых географических, вернее, геоморфологических условиях независимо от того, где находится орошаемый массив.

Этот вывод является очень важным, так как не только позволяет параллельно проследить за изменением характеристик мелиоративного состояния и минерализации воды в реках, но и дает возможность составлять различные прогнозы изменения качества речных вод на перспективу в связи с дальнейшим развитием орошения в бассейнах рек.

Часть 3. ПРОГНОЗ МИНЕРАЛИЗАЦИИ, ПЕРСПЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ И ОХРАНА РЕЧНЫХ ВОД

8. ОЖИДАЕМЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ МИНЕРАЛИЗАЦИИ РЕЧНЫХ ВОД

Существование взаимосвязи между мелиоративным состоянием наиболее крупных орошаемых массивов и минерализацией воды в дренирующих водотоках позволяет составить прогнозы минерализации речных вод на перспективу при дальнейшем развитии орошения на данных массивах.

До составления прогнозов необходимо разобраться в направлении водно-солевых балансов всех крупных орошаемых массивов бассейнов рассматриваемых рек. Только после такого анализа динамики солей в приходных и расходных статьях орошаемых массивов можно составить наиболее обоснованные прогнозы изменения минерализации речных вод на перспективу.

Динамику солевого стока рек необходимо рассмотреть и потому, что он существенно влияет на содержание солей в орошаемых почвах, грунтах и грунтовых водах ирригационных районов. Выявленная направленность динамики водно-солевых балансов орошаемых массивов позволит оценить ожидаемые изменения минерализации речных вод в бассейнах Сырдарьи и Амударьи на перспективу.

Водно-солевые балансы крупных территорий и солевой сток рек

Проблема водообеспечения орошаемых земель Средней Азии с каждым годом приобретает все большую остроту. Существует мнение специалистов, что к 1995 г. речной воды не хватит для орошения новых земель, особенно в низовьях рек Сырдарьи и Амударьи.

Поэтому для составления обоснованных проектов по дальнейшему развитию орошения ирригаторам нужно знать водные балансы как на весь речной бассейн в целом, так и отдельные его массивы. Только при тщательном изучении водного баланса орошаемой территории можно вскрыть новые резервы для развития дальнейшего орошения.

С другой стороны, важно знать не только, сколько воды приходится на орошаемые поля и сколько ее теряется, а также ее минерализацию и величину солевого стока, поступающего на массивы за определенный период. Если в естественных условиях (т. е. до

орошения) рассматриваемая территория была не засолена, то с началом орошения постепенно она может значительно засолиться, а ее почвы станут непригодными или малопригодными для выращивания сельскохозяйственных культур.

По нашему мнению, было бы правильнее изучать не водные балансы массивов, а их водно-солевые балансы.

Установлено, что водный сток рек и его минерализация под влиянием антропогенных факторов значительно меняются во времени. Несомненно меняется при этом и величина солевого стока рек, которая, как известно, находится произведением названных двух характеристик. Поэтому в данной главе рассмотрены изменения солевого стока рек Средней Азии за многолетний период. Нужно отметить, что вопрос изменения водно-солевых балансов крупных территорий требует, видимо, более глубокого специального изучения, выходящего за рамки данного пособия. Однако, по нашему мнению, представленные здесь материалы по динамике солевого стока рек вызовут определенный интерес специалистов. Так как в данной работе за основу при анализе природных процессов принят бассейновый подход, поэтому вначале рассмотрим водно-солевой баланс Аральского моря в целом, далее водно-солевые балансы бассейнов рек Сырдарьи и Амударьи и только потом балансы некоторых наиболее изученных орошаемых массивов.

Некоторые теоретические положения расчетов водно-солевых балансов территорий. Большое значение изучению водно-солевых балансов крупных и малых природных территорий придавал В. А. Ковда. В своей монографии «Происхождение и режим засоленных почв» (1946) он приводит понятие о солевом балансе, его типах, рассматривает солевой баланс оазиса и солевой баланс отдельного поля. В наиболее общем виде его уравнение солевого баланса орошаемой территории выглядит так:

$$\Delta S = S_z + (S_{uw} - S_{uv}) + S_{iw} - S_v,$$

где ΔS — изменение в суммарном запасе солей, S_z — суммарный запас солей в начале балансового периода, S_{uw} — приток солей из грунтовых вод, S_{uv} — вынос солей в грунтовые воды, S_{iw} — приток солей с ирригационными водами, S_v — вынос солей с урожаем растений.

В. А. Ковда различает следующие основные типы солевого баланса почв массива, ландшафта:

солевой баланс стабильный, когда запасы легкорастворимых солей в почвенной толще и в ландшафте на сравниваемые сроки остаются неизменными;

солевой баланс засоления, когда запас солей в толще почвы или определенной территории нарастает,

солевой баланс рассоления, когда запас солей в толще почвы (территории) уменьшается.

При рассмотрении солевого баланса оазисов В. А. Ковда останавливает внимание на следующих моментах:

— составление солевого баланса самостоятельной естественноисторической области требует знания ее геоморфологии, гидрологии, гидрогеологии и почвенного покрова;

— разработка отдельных статей солевого баланса ландшафта представляет возможность хотя бы в общей форме судить о направлении развития ландшафта в целом;

— солевой баланс одного и того же ландшафта будет складываться различно в зависимости от того, сохраняются ли в его пределах естественные физико-географические условия, либо человек в процессе своей деятельности, орошая и осушая территорию, меняет водный баланс и этим меняет суммарный баланс солей;

— для разработки и составления суммарного солевого баланса оазиса или ландшафта необходимо прежде всего установить границы балансовой территории. Эти границы необходимо проводить по естественным рубежам территории, определенным предварительным геоморфологическим анализом ее.

В последние годы значение водных и солевых балансов различных территорий возросло.

Так, по К. П. Клибашеву и И. Ф. Горошкову (1970), в настоящее время систематически составляют водные балансы за гидрологические и календарные годы, а внутри года — по сезонам для ряда важнейших в народнохозяйственном отношении речных бассейнов. При этом используют уравнение водного баланса речного бассейна в общем виде:

$$x = y + z + \gamma - \eta + \Delta w + \Delta v + p, \qquad (2)$$

где x — суммарные осадки на водосбор; y — сток реки в замыкающем створе; z — суммарное испарение с поверхности почвы воды, снега и льда, транспирация растительности за вычетом конденсации; γ — водозабор из реки на хозяйственные нужды (водоснабжение, орошение и пр.); η — возврат в реку части вод, изъятых на удовлетворение хозяйственных потребностей (возвратные воды); Δw — изменение запасов влаги в верхнем слое почвогрунтов, определяемое по выражению $\Delta w = w_к - w_н$ (здесь $w_н$ — запасы на начало расчетного периода; $w_к$ — запасы на конец периода); Δv — изменение запасов грунтовых вод, равное $\Delta v = v_к - v_н$; p — невязка водного баланса (включая водообмен с другими водосборами и ошибки в определении всех остальных элементов водного баланса), получаемая как остаточный член уравнения водного баланса.

В том случае, если на водосборе имеется водохранилище, нарушающее естественный режим реки, в уравнение водного баланса следует вводить характеристику величины аккумуляции водохранилищем или сработки воды за расчетный период.

В целом можно отметить, что составление солевого баланса отдельных территорий (бассейнов) является сложным и требует точных сведений о происхождении, скорости накопления, а также путях и величинах выноса солей. Однако целесообразно прораб-

тать хотя бы отдельные элементы солевого баланса, что позволит в значительной степени разобраться в суммарном направлении процессов засоления — рассоления.

Водно-солевой баланс Аральского моря. Морфологические характеристики Аральского моря, по данным института «Средазгипроводхлопок» по среднему многолетнему уровню моря —53 м абс. в Балтийской системе высот, показывают, что объем моря составлял 1060 км^3, акватория с островами —66 тыс. км^2. Наибольшая глубина моря была равна 69 м, преобладающие глубины —20—25 м, средняя глубина —16,1 м. Длина береговой линии превышала 4700 км. Ширина моря по параллели 45° была равна 292 км, наибольшая длина —242 км. Эти сведения имеют теперь только историческое значение, так как за последние 10—15 лет Аральское море значительно обмелело и продолжает усыхать. По предварительным прогнозам специалистов, при понижении уровня до отметки 39 м (примерно к 1995 г.) площадь моря сократится с 66 тыс. км^2 до 38,6 тыс. км^2, объем с 1060 до 330 км^3, а средняя глубина — с 16,1 до 8,7 м.

Основным источником поступления воды в Аральское море являлся сток рек Сырдарьи и Амударьи. В последние годы из-за разбора воды на орошение эти реки до моря практически не доходят.

Наиболее полные сведения по водному балансу Аральского моря в 60-е годы приводятся в работе В. Л. Шульца и Л. И. Шалатовой (1964). Согласно их расчетам, в море по Сырдарье и Амударье поступало 54 км^3 воды, с осадками —9,2 км^3, подземный приток ввиду его неизученности не учитывался. Расходную часть водного баланса в основном составляло испарение, равное 67,8 км^3 воды в год.

Позже водный баланс Аральского моря был подсчитан И. М. Черненко (1972), А. Е. Асариным (1973), В. Л. Шульцем (1975), сотрудниками Государственного океанологического института (ГОИ) и др. По данным ГОИ, средняя величина общего притока в Аральское море за 1952—1970 гг. была равна 55,6 км^3, в том числе по Амударье —41,8 км^3, по Сырдарье —13,8 км^3 в год. Величина атмосферных осадков в приходной части составила всего 9,2 км^3 (138 мм/год).

Как видно, уменьшение объема воды в Аральском море происходит главным образом из-за значительного сокращения поступления в него речного стока по Сырдарье и Амударье. Так, только с 1950 по 1970 гг. объем речного стока, поступающего в Арал, сократился по р. Амударье с 41,0 до 31,0 км^3, а по Сырдарье — с 12,0 до 9,6 км^3. В последние годы как по Сырдарье, так и по Амударье почти не наблюдается сброса воды в Аральское море. Это приводит к значительному его обмелению.

Гидрохимия Арала. Изучением содержания солей в воде Аральского моря занимались многие ученые. Так, Н. Ф. Соловьева (1950) одной из первых рассчитала количество солей, поступающих в него с водами Сырдарьи (11,7 млн т) и Амударьи (в среднем за много-

летие 20,5 млн т). По ее данным, солевой баланс Аральского моря слагался из следующих элементов:

Поступление	*Расход*
Солевой сток рек	Переход солей в донные отложения
Солевой сток талых и дождевых вод	Потери при отступлениях моря
Подземное питание	Подземный сток
Эоловый внос	Эоловый вынос

При этом она не смогла учесть подземную и эоловую составляющие. По прогнозу Н. Ф. Соловьевой (1950 г.), к 1976—1980 гг. суммарный сток воды, поступающий в море, должен был составить 13,3 км^3, объем моря уменьшиться до 590,0 км^3, а средняя соленость морской воды подняться до 19,5 г/л. Эта работа представляет сейчас только научный интерес, так как фактические величины объема и солености моря в настоящее время другие.

И. Н. Лепешков и Н. В. Бодалева (1952), исследуя порядок кристаллизации солей при испарении Аральского моря, установили, что основной солью при садке солей будет сульфат натрия.

По данным О. Г. Грамматикати (1979), ионный состав воды Аральского моря в среднем характеризовался следующими цифрами (г/л): $Na^+ = 1{,}946$; $K^+ = 0{,}097$; $Ca^{+2} = 0{,}413$; $Mg^{+2} = 459$; $Cl^- = 3{,}009$; $SO_4^{-2} = 2{,}690$; а сумма ионов (минерализация) равна 7,814 г/л. Причем, при сравнении солености воды Аральского моря с водой других внутренних морей СССР оказалось, что она была наименее минерализована: средняя соленость воды Каспийского моря равна 12,8 г/л, Азовского — 12,4 г/л, Черного — 18,6 г/л.

По данным экспедиции Отдела географии Президиума АН УзССР, в 1978—1979 гг. только в прибрежной зоне Аральского моря (в северной части дельты Амударьи) минерализация воды была равна 14—20 г/л, т. е. выше, чем ее средняя характеристика по О. Г. Грамматикати.

Проблему Аральского моря очень подробно изучила группа ученых Института географии АН СССР под руководством доктора географических наук Н. Т. Кузнецова.

Н. Т. Кузнецов (1975) отмечает, что согласно прогнозным разработкам различных организаций конечный (на уровень 2000 г.) приток поверхностных вод к Аральскому морю оценивается в 5—18 км^3 в год. При таких различиях в оценке притока вод к морю практически невозможно представить его будущее. В частности, при притоке 5 км^3 воды в год Арал превратится в остаточное, наполненное рапой, озеро площадью 6000 км^2. Поэтому одна из первоочередных задач управления режимом Аральского моря состоит, по мнению автора, в определении того количества вод местного стока, которое можно будет направить в Арал.

М. И. Львович и И. Д. Цигельная (1975) также изучали вопрос изменения характеристик Аральского моря в перспективе. Они одними из первых отметили тот факт, что в будущем по мере усыхания Аральское море разделится на два водоема — Малое море (которое будет расположено в западной части современного моря) и Большое море, которое будет находиться в восточной его части.

Е. М. Видинеева (1983) по опубликованным в Гидрометслужбе СССР данным проанализировала современное изменение солености Аральского моря по сведениям следующих пунктов наблюдения: Аральск, Баян, Барсакельмес, Уялы, Тигровый, Лазарева, Возрождения.

По мнению большинства специалистов, Аральское море в будущем вряд ли сохранится в виде единого целого. Вероятней всего будет образовано несколько озер, каждое со своим, отличным от других, гидрогеологическим, гидрохимическим и биологическим режимами.

Нужно иметь в виду, что при дальнейшем усыхании Аральского моря будет наблюдаться и усыхание дельт Сырдарьи и Амударьи. Поэтому проблему изменения природно-мелиоративных условий низовьев этих рек следует рассматривать самостоятельно, но в связи с общими изменениями как Аральского моря, так и прилегающих к нему территорий.

Водно-солевой баланс бассейна Сырдарьи. Составлением водно-солевых балансов бассейнов рек Аральского моря занимаются институт «Средазгипроводхлопок», САНИИРИ, САОГидропроект и др. В балансе исследованы основные показатели — затраты и возврат стока (табл. 27). Затраты стока представляют собой безвозвратные потери в расчетных участках. Они включают водопотребление культурной растительности на орошаемых полях, водопотребление дикой растительности при близком залегании уровня грунтовых вод, испарение с водной поверхности, накопление грунтовых вод при освоении новых массивов (в зависимости от гидрологических условий), испарение с близкого от поверхности уровня грунтовых вод, безвозвратное водопотребление промышленности, водоснабжения и др.

Затраты показывают убыль стока в источнике и зависят от размера орошаемых площадей, состояния систем, в частности коллекторно-дренажной сети.

Таким образом, видно, что составление водного баланса речного бассейна представляет собой сложную задачу. Не менее сложным является и составление водно-солевого баланса речного бассейна, особенно перспективного. Такой баланс составлен специалистами «Средазгипроводхлопка» в «Уточнении схемы развития орошения в бассейне Сырдарьи» (1979). В ней приводятся данные не только по водным стокам, но и по их минерализации.

Согласно приведенным сведениям, в р. Нарын выше Ферганской долины минерализация речной воды равна 0,3 г/л. Пройдя Ферганскую долину, где в Сырдарью попадает значительный объ-

27. Водохозяйственный баланс бассейна р. Сырдарьи (по данным ин-та «Средазгипроводхлопок», 1971)

Статьи прихода и расхода	Сток, км³ в год
Ферганская долина (площадь 992 тыс. га)	
Приток рек, исправленный на регулирование	24,6
Приток подземных вод с гор и инфильтрация осадков	1,1
Итого водных ресурсов	25,7
Водозабор (суммарно поверхностных и подземных вод)	19,1
Гидропост Бекабад, приведенный к верхнему бьефу Фархадской плотины:	16,3
в том числе: возврат стока	9,7
безвозвратные затраты стока	9,4
Среднее течение (площадь 329 тыс. га)	
Приток по реке к среднему течению	16,3
Приток подземных вод и инфильтрация осадков	0,4
Итого водных ресурсов	16,7
Водозабор Голодной и Дальверзинской степей	5,0
Сброс по руслу Сырдарьи:	12,5
в том числе: возврат стока	1,4
безвозвратные затраты стока	3,6
Чирчик-Ахангаран-Келесский район (площадь 294 тыс. га)	
Приток рек, исправленный на регулирование	9,1
Приток подземных вод и инфильтрация осадков	0,5
Итого водных ресурсов	9,6
Водозабор	7,4
Сброс в Сырдарью:	6,1
в том числе: возврат стока	4,2
безвозвратные затраты стока	3,2
Гидропост Кокбулак на Сырдарье по балансу	19,0
фактический замер	18,0
Низовья (площадь 100 тыс. га)	
Приток по реке к нижнему течению	18,8
Сброс из реки Арысь	0,8
Приток подземных вод из бассейна Арыси	0,2
Итого водных ресурсов	19,8
Водозабор на орошение:	4,4
в том числе: безвозвратное водопотребление	2,6
испарение-транспирация в пойме реки	5,5
подпитывание грунтовых вод в берега реки и др. (безвозвратно для текущего года)	0,7
Итого безвозвратных затрат	8,8
Гидропост Казалинск по балансу	11,0
фактический замер	10,6

28. **Основные статьи водохозяйственного баланса Амударьи в маловодный год при 90% обеспеченности (по Бостанжогло, 1973), км³**

Статья	Уровень			
	1970 г.	1980 г.	1990 г.	2000 г.
Сток в створе Керки	52,2	52,2	52,2	52,2
Безвозвратное изъятие стока в верхнем течении	2,1	3,4	4,97	6,40
Забор воды на орошение в среднем течении	14,0	18,31	21,5	25,8
Забор » » в нижнем течении	12,7	13,91	15,7	16,7
Возврат воды со среднего течения	—	—	1,3	1,6
Итого изъятие воды на орошение	28,8	35,6	40,7	47,3
Изъятие воды на прочие нужды и потери	7,1	7,1	6,0	3,0
Сброс в Аральское море	16,3	9,6	5,5	2,0

ем возвратных вод со средней минерализацией 3,0 г/л, минерализация речной воды увеличивается до 0,83 г/л. Со стороны ЧАКИРа по балансу в Сырдарью попадает около 5,04 м³ воды со средней минерализацией 0,65 г/л, а с территории Голодной степи отток возвратных вод равен 0,26 км³ со средней минерализацией 2,0 г/л. В нижнем течении реки за счет влияния орошения минерализация речной воды увеличивается до 2,34 г/л. Так будет меняться минерализация воды, если не принимать никаких мер по ее снижению. Чтобы уменьшить минерализацию речной воды, необходимо сократить сброс более минерализованных коллекторно-дренажных вод в Сырдарью. Это позволит понизить минерализацию воды в нижнем течении реки до 1,5 г/л.

Несмотря на казалось бы правильное и простое решение проблемы, изменение минерализации по длине реки требует дальнейших исследований, так как в этом балансе не все статьи строго обоснованы. Например, сброс возвратных вод в Арнасайское понижение со средней минерализацией 15 г/л. Согласно нашим исследованиям, средняя минерализация коллекторно-дренажных вод, поступающих в это понижение, равна 6—7 г/л.

Водно-солевой баланс бассейна Амударьи. Водный баланс бассейна р. Амударьи на различные уровни орошения (от 1970 г. до 2000 г.) в маловодный год 90% обеспеченности приведен в работе А. А. Бостанжогло (1973) (табл. 28).

Нужно отметить, что в «большом» бассейне Амударьи, включающем бессточные реки, из 12,5 млн га земельного фонда, пригодного к орошению (территория СССР), в сельскохозяйственный оборот может быть вовлечено по водным возможностям до 5—5,2 млн. га.

Водные ресурсы рек, не впадающих в Амударью (Зеравшан, Кашкадарья, Мургаб, Теджен и др.), в настоящее время практически находятся на грани полного исчерпания. Только в 1973 г.

в районах среднего и нижнего течения бассейна Амударьи на орошение использовалось около 25 км³.

По данным водно-солевого баланса р. Амударьи, составленного проектировщиками ин-та «Средазгипроводхлопок» (1976), минерализация речной воды в 1990 г. (период исчерпания собственных водных ресурсов) будет изменяться следующим образом: у створа Керки она будет в среднем равна 0,54 г/л, у г. Чарджоу увеличится за счет поступления высокоминерализованных возвратных вод до 1,5 г/л, к Туямуюну возрастет до 2,3 г/л, к створу Тахиаташ — до 2,5 г/л и перед впадением в Аральское море повысится до 3,4 г/л. Несмотря на интересные результаты, и этот баланс требует своего уточнения, так как многие цифры по минерализации коллекторно-дренажных вод внутри ирригационных районов бассейна (Сурхан-Шерабадском, Туямуюнском, Тахиаташском и др.) приняты без должного обоснования.

Солевой сток рек Средней Азии. Изучение солевого стока рек представляет интерес в первую очередь с двух точек зрения: 1) для анализа многолетнего изменения водно-солевого баланса речного бассейна и 2) для расчетов количества солей, поступающих (или которые могут поступить) вместе с оросительной водой на поливные земли. Причем специалистам важно знать не только, как менялся солевой сток в прошлом, но и ожидаемые его изменения. Поэтому данный вопрос рассматривается именно в этой главе.

О динамике солевого стока рек Средней Азии судили в основном по начальным (расположенным выше орошаемых массивов) и замыкающим (расположенным ниже массивов) створам. Величину солевого стока определяли общепринятым способом как произведение водного стока на среднегодовую величину минерализации.

По нашему мнению, определение среднегодовой величины минерализации представляет собой самостоятельную задачу.

Для приближенных расчетов за среднегодовую величину минерализации можно принять ее среднеарифметическую величину из имеющихся данных химических анализов. Однако эта величина не всегда будет объективно отражать истинную величину минерализации. Иногда бывает, что пробы воды отбирают не каждый месяц, а, например, только в межень. В этом случае среднегодовая среднеарифметическая величина минерализации может быть несколько завышена. Поэтому при составлении более точных расчетов солевого стока используют среднегодовую величину минерализации, «взвешенную» по стоку. Причем, в данном случае для большинства расчетных задач можно обойтись «взвешиванием» данных по минерализации за два периода: а) половодья (или с точки зрения ирригаторов — вегетационный период), б) межени (или невегетационный период). За продолжительность первого периода предлагается считать апрель-сентябрь, второго периода — октябрь-март (табл. 29).

29. Изменение среднегодовых величин минерализации воды р. Сырдарьи у створа Каль за многолетний период

Год	Средняя минерализация за апрель-сентябрь, г/л	Средний расход за апрель-сентябрь, м³/с	Средняя минерализация за октябрь-март, г/л	Средний расход за сктябрь-март, м³/с	Среднегодовой расход воды, м³/с	Среднегодовая минерализация, г/л
1938	0,35	529	0,44	286	399	0,39
1939	0,30	489	0,46	250	361	0,36
1940	0,41	435	0,49	246	341	0,44
1941	0,45	589	0,56	245	418	0,48
1950	0,44	327	0,54	340	450	0,36
1951	0,41	588	0,62	394	491	0,49
1952	0,37	1146	0,55	395	770	0,42
1953	0,42	874	0,62	431	658	0,48
1954	0,45	1020	0,60	464	742	0,50
1955	0,63	709	0,64	382	546	0,63
1960	0,53	945	0,62	389	667	0,56
1961	0,60	468	0,73	313	353	0,72
1963	0,50	562	0,86	274	418	0,62
1964	0,47	732	0,64	315	528	0,52
1966	0,50	887	0,90	322	604	0,61
1967	0,63	470	0,65	256	365	0,63
1968	0,66	524	0,75	235	379	0,69
1969	0,46	1392	0,62	479	936	0,50
1970	0,51	745	0,67	362	554	0,56
1971	0,62	511	0,61	300	406	0,62
1975	0,82	234	0,99	159	197	0,89
1976	0,93	340	1,41	188	264	1,10
1977	0,90	348	1,28	184	269	1,02
1978	0,91	276	1,44	181	229	1,12
1979	0,91	348	0,94	232	290	0,92
1980	0,97		0,96			

Как видно, вначале была определена средняя величина минерализации за апрель-сентябрь, далее средняя величина минерализации за октябрь-март, а затем уже с учетом расходов воды — среднегодовая ее величина.

Иногда специалисты (например, Кирста, 1980) предлагают определять среднегодовую величину минерализации с учетом данных по расходам и минерализации воды за каждый месяц. Это требует выполнения большого объема работ, так как предварительно необходимо построить графики связи между расходами воды и ее минерализацией с учетом данных по расходам и минерализации воды за каждый месяц. Раньше, когда минерализация по годам не изменялась, обычно было достаточно построить один общий график (для всего года) или же три графика с учетом фазово-

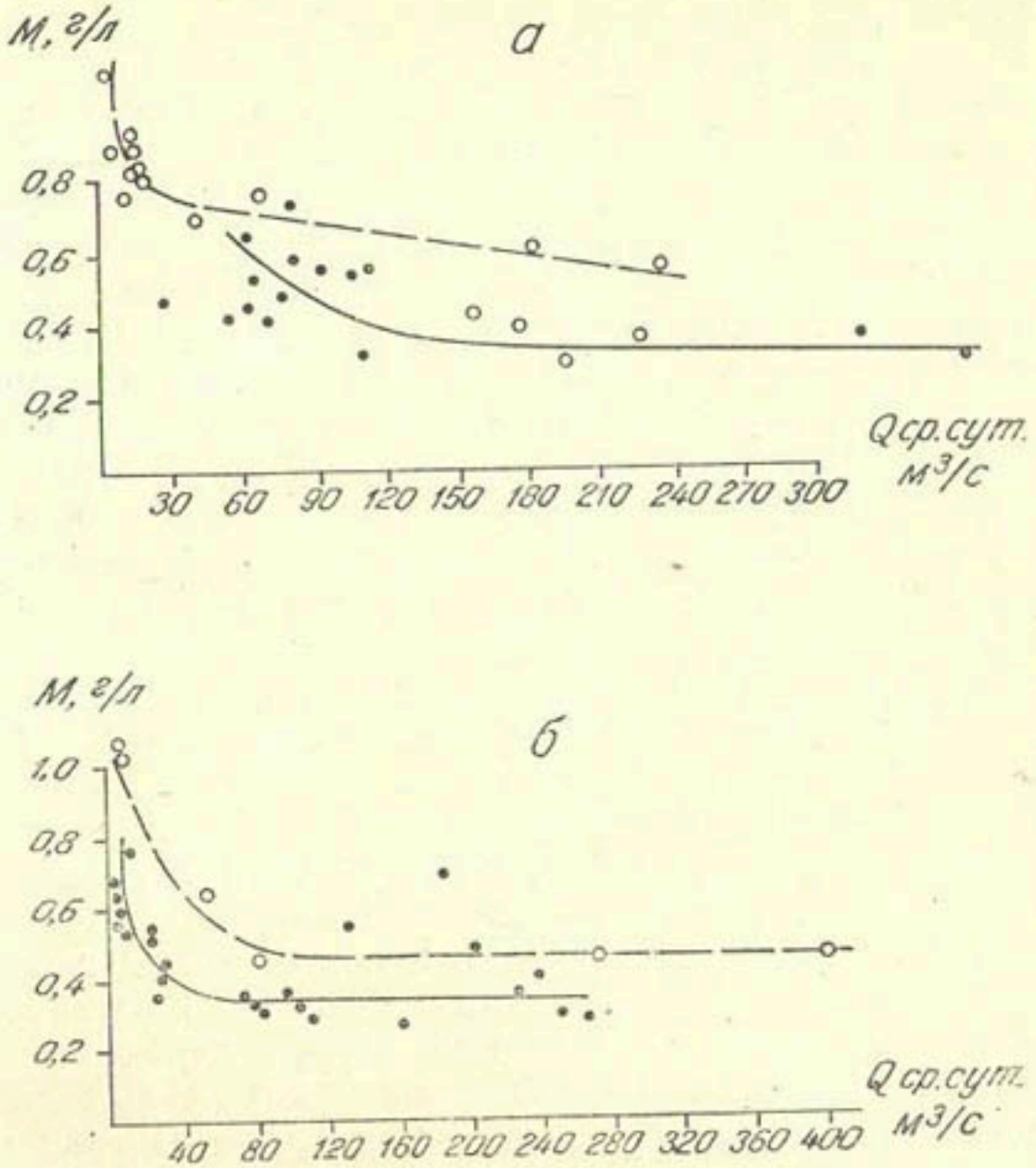


Рис. 39. Зависимости минерализации от расходов воды р. Сурхандарьи у створа Мангузар за фазово-однородные периоды гидрологического режима:
1 — для интервала 1938 — 1955 гг; *2* — интервала 1962—1971гг.; а) подъем половодья; б) спад половодья; в) межень.

однородных периодов гидрологического режима рек (подъем половодья, спад половодья и межень) (рис. 39).

В настоящее время в связи с тем, что на нижних гидрологических створах минерализация воды с годами изменяется, такие графики необходимо строить отдельно для какого-либо многолетнего периода. Так, на приведенном рисунке подобные графики построены для р. Сурхандарьи у створа Мангузар отдельно за 1938—1955 гг. (период отсутствия влияния орошения на минерализацию) и 1962—1971 гг. (период заметного влияния орошения на минерализацию). Как видно, во всех случаях (во время подъема и спада половодья и межени) линия связи между расходами и минерализацией воды за 1962—1971 гг. расположена выше линии связи за 1938—1955 гг. Имея подобные графики и сведения по водному режиму рек, можно определить среднегодовые величины минерализации с учетом данных по расходам воды за каждый месяц.

Рассмотрим изменение солевого стока в реках Средней Азии (табл. 30). Перед составлением табл. 30 были предварительно определены среднегодовые величины минерализации с учетом «взвешивания» данных по двум выделенным выше периодам, а затем величина солевого стока. Как и в случае построения графиков связи расходов воды с минерализацией, величины солевого стока были подсчитаны за отдельные периоды лет, характеризующие разную степень влияния орошения на минерализацию речной воды. Всего было выделено четыре периода: 1) период, когда влияние орошения на минерализацию речных вод практически отсутствовало (с учетом наличия гидрохимических данных и уровня орошения выбраны следующие пять лет, характеризующие данный период: 1938—1942 гг.); 2) период слабого влияния орошения на минерализацию речных вод (с учетом гидрохимических данных выбраны 1950—1954 гг.); 3) период заметного влияния орошения на минерализацию (выбраны 1963—1967 гг.) и 4) период наибольшего влияния орошения на речной сток (выбраны 1976—1980 гг.).

Так, р. Нарын у створа Учкурган в 1938—1942 гг. в среднем за год выносилось 3,67 млн т солей. Во втором периоде, в связи с некоторой повышенной водностью этих лет, величина солевого стока увеличилась до 4,26 млн т, далее, по мере уменьшения расходов воды в реке из-за забора ее на орошение, величина солевого стока постепенно уменьшилась до 2,85 млн т.

В р. Карадарье, наоборот, с годами величина солевого стока несколько увеличилась. Это объясняется некоторым ростом минерализации в нижнем течении реки и влиянием водности отдельных лет.

В низовьях р. Ахангаран величина солевого стока под влиянием орошения за многолетие увеличилась с 0,338 до 0,528 млн т в год. Некоторое его уменьшение в 1963—1967 гг. объясняется относительной маловодностью этих лет.

В низовьях р. Чирчик солевой сток за многолетие увеличился

30. Величины солевого стока, выносимого реками Средней Азии в различные уровни орошения, млн т

1. Бассейн р. Сырдарьи

Период лет (пятилетие)	р. Нарын — Учкурган	р. Карадарья — Учтепе	р. Ахангаран — Солдатское	р. Чирчик — Чиназ	р. Сырдарья — Кызылкишлак	р. Сырдарья — Кзыл-Орда	р. Сырдарья — Казалинск
1938 — 1942	3,67	1,40	0,338	1,08	6,80	13,6	8,80
1950 — 1954	4,26	1,72	0,371	1,00	11,11	16,99	9,47
1963 — 1967	3,41	2,06	0,248	0,91	15,92	12,99	10,61
1976 — 1980	2,85	2,31	0,528	1,30	15,17	4,08	2,29

2. Бассейн р. Амударьи

Период лет (пятилетие)	р. Сурхандарья — верхний створ	р. Сурхандарья — Мангузар	р. Шерабад — устье р. Майдан	р. Амударья — Саманбай	р. Зеравшан — Дупули	р. Кашкадарья — Варганзи	р. Кашкадарья — Каратикон
1938 — 1942	0,48	1,06	0,40	21,09	1,31	0,061	0,288
1950 — 1954	0,73	1,07	0,38	19,3	1,14	0,050	0,336
1963 — 1967	0,56	0,55	0,44	20,3		0,063	0,607
1976 — 1980	0,84	0,52	0,32	14,0		0,042	1,083

с 1,1 до 1,3 млн т в год. Несколько меньшие его величины в 1950—1954 гг. и 1963—1967 гг. объясняются влиянием водности этих лет.

В р. Сырдарье у створа Кызылкишлак величина солевого стока за рассматриваемые годы увеличилась с 6,8 до 15,2—15,9 млн т в год. Это объясняется в основном ростом минерализации речной воды у данного створа под влиянием орошения в среднем с 0,4—0,5 г/л до 1,2—1,4 г/л.

В нижнем течении р. Сырдарьи у створов Кзыл-Орда и Казалинск величина солевого стока с годами постепенно уменьшается. Так, если в 1938—1942 гг. у Кзыл-Орды в год проходило 13,6 млн т солей, то в 1976—1980 гг. проходило только 4,1 млн т, а у Казалинска — всего 2,3 млн т.

Резкое падение солевого стока в нижнем течении Сырдарьи объясняется значительным разбором речной воды на орошение, ввиду чего, даже несмотря на значительный рост минерализации воды здесь (с 0,4—0,5 до 1,8—2,3 г/л), величина солевого стока, проходящего через указанные створы, с каждым годом уменьшается.

В бассейне р. Сурхандарьи через верхний створ раньше проходило 0,5 млн т солей в год, в настоящее время проходит до 0,8 млн т. Анализ имеющихся данных показал, что увеличение солевого стока за прошедшие годы объясняется в этом случае несколько повышенной водностью последних лет.

В устье р. Сурхандарьи у створа Мангузар, как и в нижнем течении р. Сырдарьи, наблюдается значительное уменьшение солевого стока за прошедшие годы: с 1,06—1,07 млн т (в 1938—1942 гг. и 1950—1954 гг.) до 0,52 млн т (в 1976—1980 гг.). Причина этого — резкое понижение расходов воды в русле Сурхандарьи из-за разбора воды на орошение: с 48,5—84,4, до 18,6—38,5 м³/с (приведены среднегодовые величины расходов воды).

По той же самой причине и в р. Шерабад у створа Устье р. Майдан величина солевого стока за прошедшие годы уменьшилась с 0,4 до 0, 3 млн т в год.

Такая же картина наблюдается и в устье р. Амударьи у створа Саманбай (бывший Чатлы): ввиду уменьшения среднегодовых расходов воды с 1160—1690 до 320—671 м³/с величина солевого стока за прошедшие годы уменьшилась с 21,1 до 14,0 млн т в год.

В реке Зеравшан у створа Дупули величина солевого стока за прошедшие годы изменялась незначительно, в основном под влиянием водности лет. Интересно отметить, что ниже по течению у створа Навои в среднем за год в 1976—1980 гг. выносилось 1,3 млн т солей, т. е. примерно столько же, сколько в верхнем течении. Незначительное изменение солевого стока по длине реки объясняется и в данном случае существенным понижением расходов воды в ней из-за водозабора на орошение: со 130—167 у Дупули до 28,4—57,6 м³/с у Навои.

В верхнем течении р. Кашкадарьи у створа Варганзи средняя величина солевого стока за прошедшие годы изменялась в основ-

ном под влиянием водности лет: от 0,061 млн т в 1938—1942 гг. до 0,042 млн т в 1976—1980 гг.

Существенно изменилась величина солевого стока, проходящего через створ Каратикон. Если в 1938—1942 гг. она была равна всего 0,288 млн т, то к 1976—1980 гг. постепенно увеличилась до 1,083 млн т — в 3,8 раза! Такое значительное повышение солевого стока объясняется тем, что за прошедшие годы минерализация воды р. Кашкадарьи на данном участке возросла в среднем с 0,36 до 2,82 г/л, в то время как среднегодовые расходы воды сократились с 25,1 до 13,4 $м^3/с$.

Более подробные изменения среднегодовых величин минерализации, водного и солевого стоков некоторых рассмотренных выше рек приведены на рис. 40—42.

Рассмотрев динамику солевого стока рек Средней Азии на различных створах за многолетие по периодам влияния орошения на объемы и минерализацию речного стока, можно отметить следующее:

1) у начальных гидрологических створов, расположенных при выходе рек из гор на равнины, величина солевого стока за прошедшие годы практически не изменилась. Она только подверглась влиянию водности отдельных лет;

2) на створах, расположенных ниже по течению, величина солевого стока постепенно, по мере усиления влияния орошения, увеличивается. Особенно заметно это там, где величина речного стока под влиянием орошения еще существенно не изменилась, а минерализация речных вод несколько возросла;

3) на створах, расположенных в устьях крупных рек, величина солевого стока за прошедшие годы заметно сократилась. Это произошло из-за значительного уменьшения объемов речного стока в результате разбора его на народнохозяйственные нужды, несмотря на значительный рост минерализации речных вод.

Таким образом, в процессах трансформации солевого стока рек Средней Азии в настоящее время наблюдается следующее изменение: если раньше значительная часть солей, сформированная в верхнем течении водотоков, проходила через речные бассейны до устья транзитом (например, в Сырдарье и Амударье до Аральского моря), то сейчас эти соли почти полностью откладываются на поливных землях средних и нижних течений рек, значительно изменяя водно-солевые балансы орошаемых массивов в сторону засоления. Естественно, что это создает дополнительные трудности в работе специалистов по улучшению мелиоративного состояния этих массивов. Рассмотрим на примере отдельных, наиболее изученных оазисов, как повлияло перераспределение солевого стока рек на их водно-солевые балансы.

Водно-солевые балансы некоторых массивов Средней Азии. Ферганская долина известна как древний оазис. В настоящее время суммарная орошаемая площадь в долине достигла примерно 1,5 млн га, водозабор на орошение составляет 19,0—19,5 $км^3$.

Суммарный солевой баланс для Ферганской долины для двух

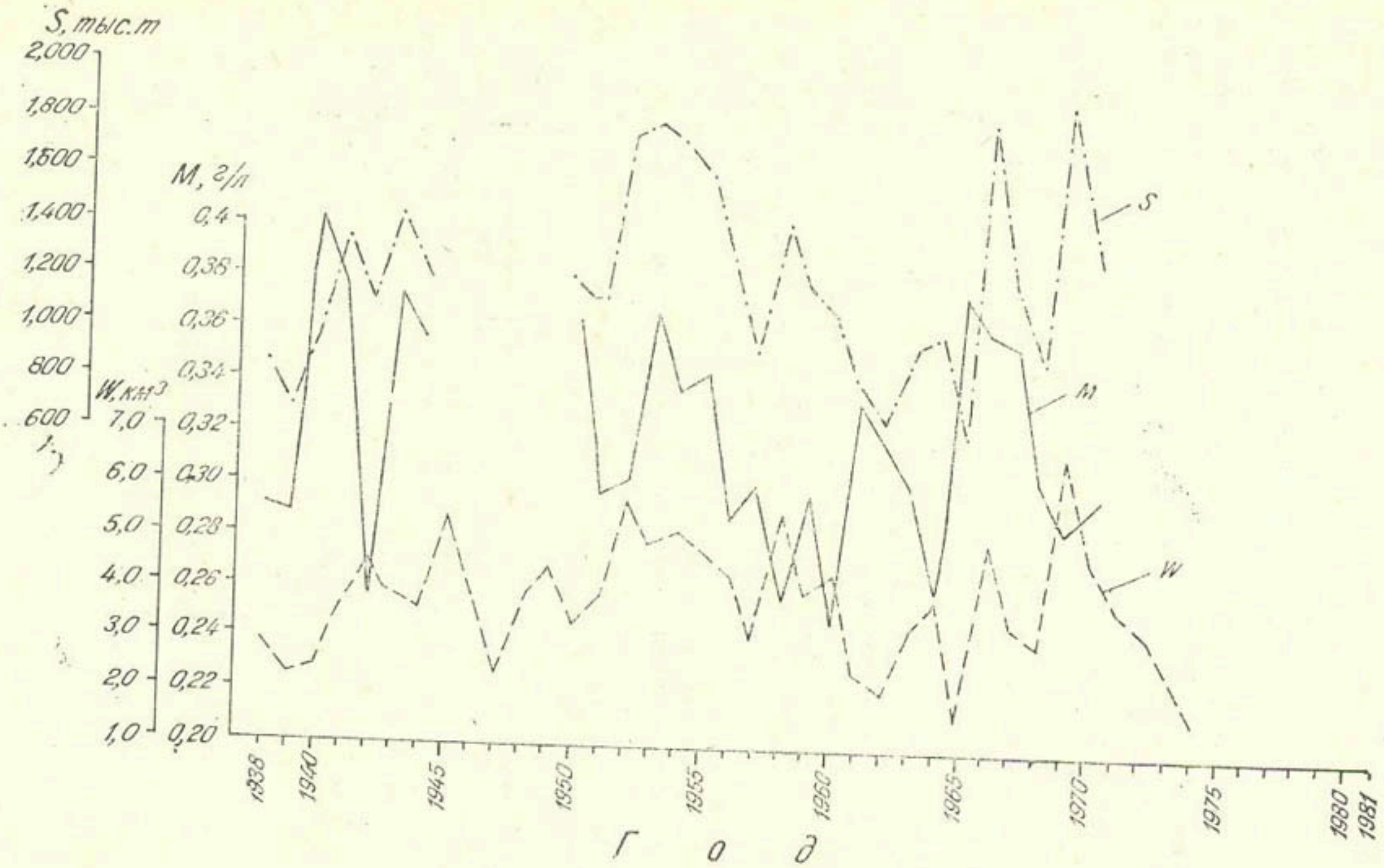


Рис. 40. Многолетние изменения минерализации (М, г/л), водного (W, км³) исолевого (S, млн т) стоков в р. Карадарье у створа Кампырават.

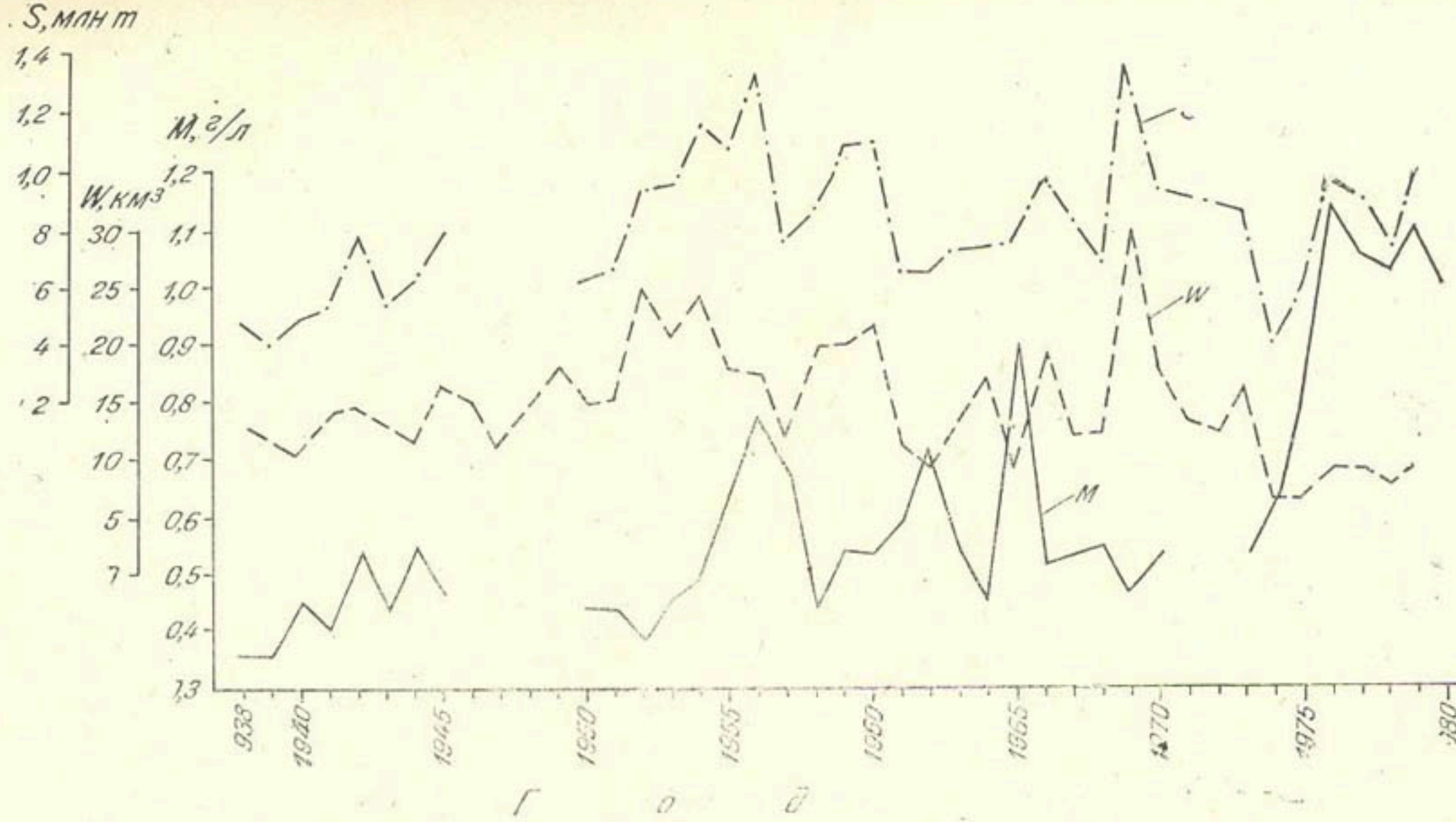


Рис. 41. Многолетние изменения минерализации (М, г/л), водного (W, км³) и солевого (S, млн т) стоков в р. Сырдарье у створа Каль.

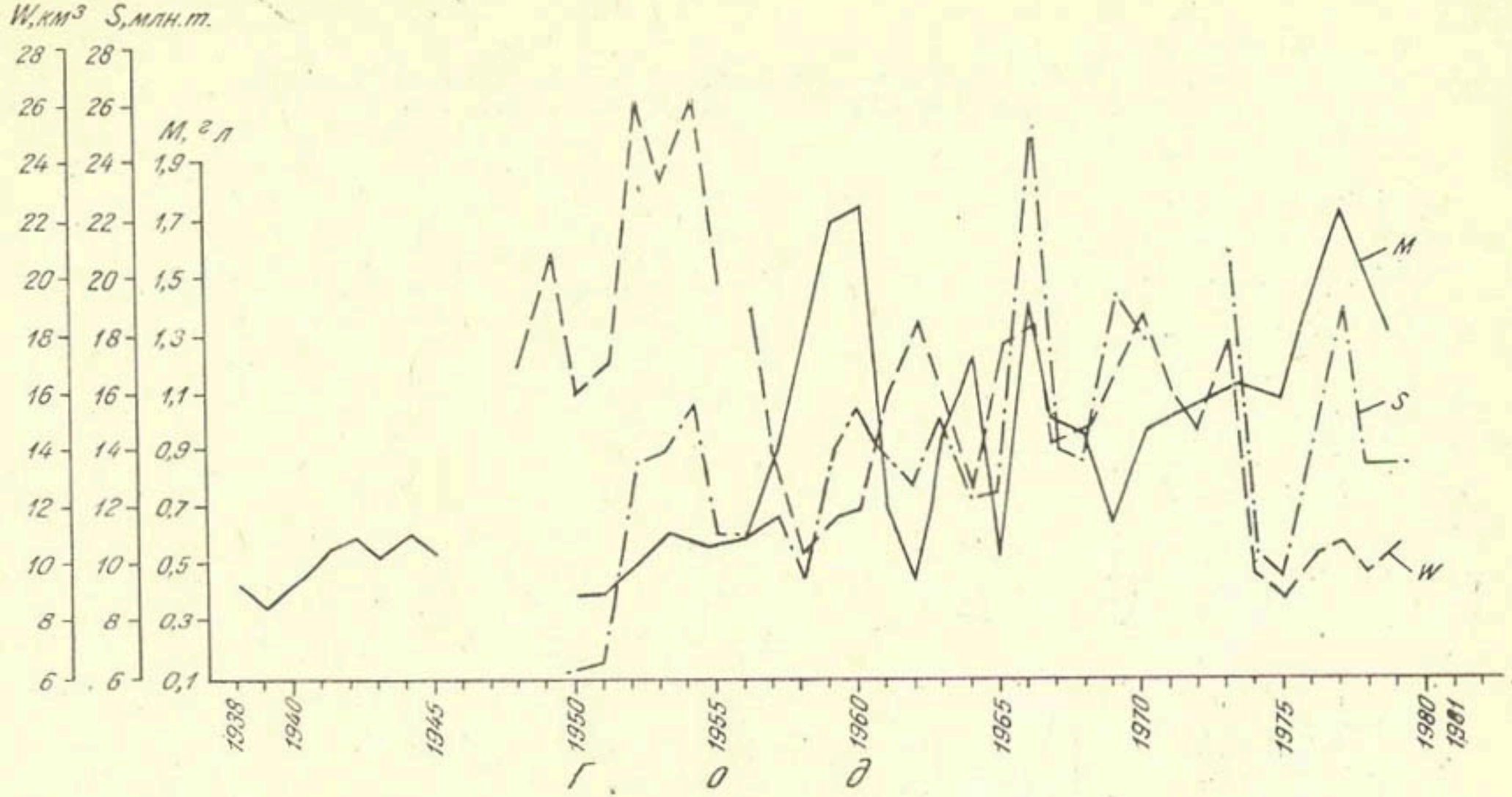


Рис. 42. Многолетние изменения минерализации (М, г/л), водного (W, км³) и солевого (S, млн т) стоков в р. Сырдарье у створа Кзыл-кишлак.

31. Суммарный солевой баланс Ферганской долины (по Н. М. Решеткиной, 1978)

Приход, млн т/год	1952 г.	1972 г.	Расход, млн т/год	1952 г.	1972 г.
С поверхностным стоком	8,4	8,4	С поверхностным стоком	9,1	20,2
С подземным стоком	1,1	1,1	Потребление растениями	1,1	1,9
Сельскохозяйственные удобрения	0,1	0,3	Подземный сток	1,5	2,1
Итого	9,6	9,8		11,7	24,2

лет, удаленных друг от друга на двадцать лет,—1952 г. и 1972 г.— подсчитан Н. М. Решеткиной (1978). Как видно (табл. 31), за прошедшие годы солевой сток из Ферганской долины увеличился в 2,5 раза. Это связано с выносом солей из почв, пород и грунтовых вод долины коллекторно-дренажной сетью.

Известно, что большую часть Ферганской долины занимают Андижанская, Наманганская и Ферганская области УзССР.

Согласно данным Госкомводхоза УзССР, в пределах Андижанской области на орошаемые поля поступает в год 1,8—2,0 млн т солей, а выносится 1,4—1,6 млн т, т. е. в целом для данной области характерен положительный солевой баланс.

С территории Наманганской области в год через коллекторы выносится до 2,5 млн т солей, что превышает их поступление с оросительной водой.

Ежегодный вынос солей с орошаемой территории Ферганской области равен 4,3—5,5 млн т, что превышает их поступление с оросительными водами на 1,8—2,2 млн т.

Таким образом, в целом для Ферганской долины некоторое повышение минерализации речных вод не ухудшило мелиоративного состояния орошаемых почв, только в отдельных хозяйствах Андижанской области необходимо увеличить существующую коллекторно-дренажную сеть для изменения солевого баланса поливных угодий в сторону рассоления.

Голодная степь, как известно, расположена в среднем течении р. Сырдарьи (по левобережью) от г. Бекабада до Чардаринского водохранилища.

Первоначальные сведения о солевом балансе Голодной степи в целом приведены в работе В. А. Ковды (1946). Согласно его данным по притоку и выносу солей, видно, что до начала интенсивного орошения за ее пределы (в Сырдарью и Арнасайское понижение) выносилось до 95 тыс. т солей в год, а поступало с водами поверхностного и подземного притоков 450—650 тыс. т, т. е. Голодная степь в 40-е годы в целом засолялась.

Со временем в связи с достаточно хорошей работой горизонтального и вертикального дренажа солевой баланс Голодной степи стал отрицательным (табл. 32).

32. Солевой баланс новой зоны орошения Голодной степи, тыс. т (по В. А. Духовному, 1973)

Статья баланса	Год				
	1966	1967	1968	1969	1970
Приход					
Ирригационная вода	757	1546	1354	700	1171
Осадки	31	42	59	113	60
Испарение из грунтовых вод	95	117	165	207	123
Подземный приток на территорию извне	216	252	275	306	324
Итого	1097	1957	1853	1326	1688
Расход					
Дренажный сток	720	1201	1542	2818	2021
Сбросы	287	231	496	576	377
Итого	1007	1432	2038	3394	2398
Накопление солей	+ 90	+ 525	—	—	—
Уменьшение »	—	—	185	2068	710

Судя по данным управлений мелиоративных систем Сырдарьинской и Джизакской областей за более поздние годы (см. табл. 10), можно сделать вывод о том, что в целом на территории Голодной степи сейчас поддерживается отрицательный солевой баланс. Однако для его устойчивости необходимо постоянное проведение мелиоративных мероприятий (строительство новых коллекторов, чистка старых, промывки и др.) как в старой, так и в новой зонах орошения Голодной степи.

Вахшский орошаемый массив, расположенный в верховьях бассейна Амударьи, хорошо известен специалистам.

Одним из первых солевой баланс долины р. Вахш подсчитал П. А. Керзум с участием В. А. Ковды (1946). Согласно их данным, в 1930-е годы солевой баланс северной части долины р. Вахш складывался по типу засоления: суммарный приток солей составлял 10759 тыс. т, а суммарный вынос — всего 438,0 тыс. т.

Вахшская оросительная система была построена в 1931—1935 гг. Сейчас благодаря строительству коллекторов в этом оазисе отсутствует заболоченность земель, а засоленные орошаемые земли систематически промываются. Коллекторно-дренажные воды сбрасываются в р. Вахш (табл. 33).

По нашим расчетам, по р. Вахш через створ Туткаул в среднем за год проходит 8,8 млн т солей, т. е. на орошаемые поля данного бассейна поступает только около 26% проходящих за год солей, остальные попадают в русло Амударьи.

Хорезмский оазис расположен на левобережье нижнего течения Амударьи и в ирригационном отношении очень тесно связан

33. Солевой баланс Вахшской оросительной системы за 1959—1960 гг., тыс. т (по В. Н. Доркачевой, П. А. Керзуму и др., 1962)

Статья баланса	Сумма, тыс. т
Поступление с оросительной водой	2325
Сброс по коллекторам	3488
Разница между поступлением и сбросом	—1163
Отношение сброса к поступлению	1,5

с Ташаузской областью Туркменской ССР, поэтому специалисты данные массивы называют Туямуюнским ирригационным районом. В 1980 г. здесь орошалось 435,7 тыс. га.

Основной отвод коллекторно-дренажных вод с орошаемой территории ведется по межреспубликанским коллекторам Озерному и Дарьялыкскому, сток которых после слияния попадает с 1961 г. в Сарыкамышскую впадину.

По данным Хорезмского облУМСа, за пределы области выносится до 2,9 млн м^3 воды в год, со средней минерализацией 3,5—3,8 г/л. Вынос солей коллекторно-дренажной сетью превышает их поступление с оросительной водой на 3,8—4,2 млн т: выносится 7,0—10,1 млн т, а поступает 3,2—5,9 млн т, т. е. в данном оазисе наблюдается отрицательный солевой баланс.

По нашим расчетам, в р. Амударье выше Хорезмского и Ташаузского оазисов в створе Туямуюн в среднем за многолетие проходит 31,1 млн т солей, а в створе Саманбай (Чатлы) только 20,1 млн т. Это говорит о том, что часть солей, находящихся в амударьинской воде, поступает на орошаемые поля этих оазисов.

Орошаемая зона КК АССР расположена в дельте Амударьи. В 1986 г. здесь орошалось 433,8 тыс. га. Орошение ведется по системам каналов им. Ленина, Кызкеткен, Пахтаарна; источником орошения является Амударья.

Отвод коллекторно-дренажных вод ведется обширной сетью, которая к 1988 году достигла 16,8 тыс. км. Среди коллекторов следует выделить ККС, КС-1, КС-3, КС-4.

Только в 1977 г. с орошаемой территории было отведено 1247,7 млн м^3 коллекторно-дренажных вод со средней минерализацией 4,0 г/л, а в 1986 г.—2,35 км^3 коллекторного стока.

Как показал анализ данных Амударьинского дельтового управления оросительных систем (АДУОС), водно-солевой баланс орошаемой территории положительный. Так, в 1977 г. поступление солей с оросительной водой (7740,3 млн т) превысило их вынос (4117,4 млн т) на 3622,9 млн т. Поэтому перед мелиораторами республики стоит проблема дальнейшего улучшения мелиоративного состояния поливных угодий, особенно в связи с заметным подъемом уровня грунтовых вод в последние годы. Как видно, солевой баланс данного ирригационного района за 1968—1976 гг. был положительный (табл. 34).

34. Солевой баланс орошаемой зоны КК АССР (по данным АДУОС)

Год	Водоподача, млн³	Отвод дренажных вод, млн м³	Поступление солей, тыс. т	Вынос солей, тыс. т	Разность между поступлением и выносом солей, тыс. т
1968	6090,2	642,2	2887,0	2397,0	+ 490,0
1969	5466,9	452,1	3276,5	1120,9	+ 2155,6
1970	5918,9	791,2	3342,5	2678,0	+ 1664,5
1971	6401,9	688,2	4286,3	2942,0	+ 1344,3
1972	7045,5	793,9	5991,0	2223,0	+ 3768,0
1973	7572,2	1058,9	5994,3	2075,0	+ 3919,3
1974	6623,4	823,9	4886,5	2117,9	+ 2768,0
1975	8056,6	1050,4	5643,8	3973,9	+ 1669,9
1976	8291,3	1520,8	10076,0	6396,0	+ 3680,0

По нашим расчетам, в Амударье, у створа Темирбай в среднем за год проходит 15,4 млн т солей, а в вышерасположенном створе Саманбай —20,1 млн т, т. е. часть солей остается на орошаемых полях КК АССР и вызывает их засоление.

Бухарский оазис занимает низовья бассейна Зеравшана. В 1987 г. здесь орошалось 256,9 тыс. га. Земли Бухарского оазиса орошаются стоком Зеравшана и водой Амударьи, подаваемой сюда по Амубухарскому каналу, построенному в 1965 г.

Водозабор, меняясь в зависимости от водности года, постоянно возрастает: в 1956 г. было забрано на орошение 2,5 км³, в 1973 г.—3,6 км³, в 1978 г.—4,33 км³ и в 1987 г.—4,8 км³.

Водно-солевой баланс Бухарского оазиса по среднемноголетним данным за 1956—1962 гг. приведен в работе Н. М. Решеткиной и Х. И. Якубова (1978). Согласно их данным, на массив в течение года поступает всего 1394,7 тыс. т солей, а отводится 1490,4 тыс. т, т. е. на 95,7 тыс. т больше.

Как видно, в среднем за многолетие в орошаемой зоне Бухарской области наблюдается отрицательный солевой баланс. Однако в некоторые годы (например, 1964, 1965, 1966) по Бухарской области солевой баланс может быть положительным. В целом это зависит от работы коллекторно-дренажной сети.

По нашим расчетам, в среднем за многолетие по р. Зеравшан через створ Навои проходит 1,34 млн т солей, практически эти соли полностью попадают на поливные земли.

Таким образом, на примере Ферганской долины, Голодной степи, Вахшского массива, Хорезмского и Бухарского оазисов и орошаемой зоны КК АССР было показано, что сведения о водно-солевых балансах поливных угодий имеют важное практическое значение, так как позволяют подсчитать те затраты, которые должны осуществить мелиораторы для того, чтобы эти земли не засолялись. Основу этих балансов составляют сведения по современной и перспективной минерализации и расходам воды различных составляющих баланса.

Методы прогноза минерализации речных вод

Для ирригаторов важно знать не только современную характеристику минерализации и химического состава речных вод, но и как качество воды будет изменяться в перспективе. Будущую минерализацию и химический состав речных вод рассчитывают различными способами.

До 1973 г. был известен всего один способ прогноза минерализации на перспективу: балансовый метод, называемый также методом смешения. Он базируется на учете расходов, а также минерализации речных и возвратных вод в определенном створе реки. За основу метода берется водный баланс реки, составленный на известный год по водохозяйственным расчетам. При этом принимаются различные величины минерализации возвратных вод на определенных участках. Расчет ведется смешением объемов речных и возвратных вод с той или иной минерализацией в привязке к конкретному створу. Искомая минерализация находится по следующей формуле:

$$M_{см} = \frac{M_{нач} Q_р + M_{воз} Q_{воз}}{Q_р + Q_{воз}}, \qquad (3)$$

где $M_{см}$ — минерализация речной воды в нижнем створе, полученная при смешении, г/л; $M_{нач}$ — начальная минерализация речной воды, наблюдаемая в верхнем створе, г/л; $M_{воз}$ — минерализация возвратных вод, г/л; $Q_р$ — объем воды, поступающей к нижнему створу из верховьев реки, м³/с; $Q_{воз}$ — объем возвратных вод, поступающих в реку с орошаемых полей, м³/с.

Одними из первых прогноз минерализации воды в реке Сырдарье балансовым методом выполнили К. Г. Лазарев, А. С. Якушева и Р. К. Манихина (1965).

При расчетах использовались данные по минерализации возвратных вод, г/л: по Фергане—2—4, по Голодной степи — 3—5, территории Ташкентского оазиса —0,5—0,8. При варианте расчетов для условий среднего по водоносности года при указанной минерализации возвратных вод были получены следующие результаты: в реке Сырдарье ниже Ферганской долины (створ Кызылкишлак) среднегодовая величина минерализации должна была возрасти с 0,76 до 1,26 г/л, а в низовьях реки (створ Казалинск) — до 2,0 г/л. Сравнение этих цифр с фактическими величинами минерализации, наблюдаемыми в настоящее время в реке, показывает, что были приведены заниженные результаты. В действительности, к сожалению, минерализация речной воды растет интенсивнее, и в последние годы в низовьях Сырдарьи она достигает 3 г/л и более.

Спустя 8 лет А. П. Орлова (1973) также составила прогноз изменения минерализации в р. Сырдарье на перспективу, использовав балансовый метод расчетов. По сравнению с работой вышеназванных авторов, расчеты А. П. Орловой более обоснованы, так как она использовала новый, накопившийся за эти годы, ма-

териал по гидрохимии возвратных и речных вод. Согласно прогнозу А. П. Орловой, в устье Сырдарьи к 1990 г. среднегодовая минерализация воды возрастет до 2,2—2,4 г/л. Таким образом, и в данной работе были получены результаты величин будущей минерализации ниже фактически наблюдаемых ее значений.

Нужно отметить, что К. Г. Лазарев и др. (1965) и А. П. Орлова (1973) в своих работах использовали разные значения минерализации возвратных вод, стекающих в реку с прилегающих оазисов. Так, авторы первой работы приняли для возвратных вод низовий Сырдарьи минерализацию, равную 1,2 г/л, а А. П. Орлова (1973) для тех же условий —3,5 г/л, т. е. почти в три раза больше.

Такое различие в использовании данных, необходимых для прогноза минерализации речных вод балансовым методом, является недостатком метода и значительно влияет на результаты расчетов. К недостатку балансового метода следует отнести и отсутствие достаточно обоснованных данных по водному балансу как орошаемых, так и неорошаемых (но намеченных к орошению) территорий.

Учитывая такое положение с прогнозами минерализации речных вод, специалисты стали предлагать иные методы и способы расчетов будущей минерализации, позволяющие обойти или преодолеть указанные трудности, возникающие при вычислениях по балансовому методу.

Ф. Э. Рубинова (1979) считает, что прогноз изменения минерализации и химического состава речных вод в орошаемой зоне следует строить на прогнозе гидрохимического режима естественных и возвратных вод и их соотношениях. Автор прогнозирует минерализацию речных вод ($M_р$) по зависимости ее от доли возвратного стока в реке ($\alpha_{воз}$):

$$M_р = f\ (\alpha_{воз}).$$

При этом $\alpha_{воз}$ находится из следующего соотношения:

$$\alpha_{воз} = \frac{У_{воз}}{У_о}, \qquad (4)$$

где $У_{воз}$ — сток возвратных вод в исследуемом створе реки; $У_о$ — суммарный сток реки в том же створе.

Доля возвратного стока в перспективе определяется по ее связи с другим показателем — степенью изъятия стока $\alpha_{из}$, равного отношению суммарного водозабора вышеисследуемого поста ($У_{вод}$) к суммарному притоку из области его формирования:

$$\alpha_{из} = \frac{У_{вод}}{У_п}.$$

По расчетам Ф. Э. Рубиновой (на 1980 г.), в исключительно маловодные годы средняя за вегетацию минерализация у створа Бекабад будет равна 2 г/л, а в Казалинске повысится до 3 г/л. В невегетационный период минерализация будет несколько ниже.

Однако и в этот период в Бекабаде она будет превышать 1,4 г/л, а в Тюменьарыке и Казалинске —2 г/л. Эти цифры меньше отличаются от фактически наблюдаемых величин минерализации по сравнению с результатами, полученными другими авторами.

Положительной стороной данного способа является большая точность полученных связей $M_р = f(\alpha_{воз})$ и $\alpha_{воз} = f(\alpha_{из})$ за прошедшие годы. Однако ввиду отсутствия исходных данных по минерализации возвратных и коллекторных вод Ф. Э. Рубинова также не смогла использовать эти показатели в своих расчетах.

Прогноз изменения минерализации воды в Сырдарье и Амударье в перспективе был также выполнен методом многофакторной регрессии с использованием новейших достижений математической статистики и ЭВМ. К. А. Ракитин и Л. Н. Побережский (1978) решили установить параметры количественной зависимости заданной переменной (в данном случае — минерализации) от совокупности определяющих ее факторов. Метод множественной регрессии позволил им выбрать наиболее информативный состав предикторов (серии аргументов), построить объективное уравнение регрессии, рассчитать с его помощью значение предиктанта (функция — минерализация) с минимальной среднеквадратичной погрешностью, а также получить статистические характеристики эффективности уравнения и определить детерминированные вклады каждого предиктора, входящего в его состав.

К числу предикторов были отнесены:

— площади орошения в динамике, подсчитываемые применительно к межствориым интервалам;

— минерализация воды в вышележащем створе;

— суммарный водозабор и коллекторно-дренажный сток.

В результате машинного анализа были получены выводы: в ближайшие 25 лет следует ожидать ежегодного увеличения минерализации на 2,3—2,5% в верховьях, на 1,6—1,8% в среднем течении и на 2,7—3,8% в низовьях Сырдарьи. В Амударье ежегодный прирост минерализации выше: 7,5—7,6% в верховьях и 16,1—19,0% в нижнем течении.

Данный метод имеет и свои недостатки: 1) при его использовании не всегда оправдывается гипотеза о сохранении в период экстраполяции характера связи предиктанта и предикторов; 2) ограничение периода экстраполяции (заблаговременности прогноза) по крайней мере продолжительностью исходной выборки или тем промежутком времени, в течение которого средние значения предиктанта и предикторов, а также их среднеквадратные отклонения не слишком изменятся; 3) при экстраполяции предиктанта необходима поправка на возможные технические мероприятия в бассейне реки, предусмотренные перспективными планами и могущие существенно изменить интенсивность приращения минерализации; 4) совокупность выбранных предикторов не является исчерпывающей.

Как видно, в настоящее время нет единой и общепринятой методики по расчету будущей минерализации воды в реках. По-

этому с 1973 г. (Чембарисов, 1973) разрабатывается новый метод прогноза минерализации речных вод — бассейновый, который заключается в следующем:

1. Формирование и миграция водного, твердого и солевого стоков рек изучается в пределах малых и больших речных бассейнов, начиная от зоны их формирования и до зоны аккумуляции. В пределах орошаемой зоны также выделяются отдельные «бассейны» крупных каналов, оросителей, коллекторов и дрен.

2. Изменение почвенно-мелиоративного состояния орошаемых массивов исследуется по динамике минерализации и изменению химического состава речных вод в замыкающих створах, т. е. гидропостах, расположенных ниже орошаемых площадей бассейна или в устьях рек. При этом выделяют и начальные створы, расположенные при выходе рек из гор, т. е. выше орошаемых площадей в бассейне. При исследовании изменения качества воды на малых «бассейнах» начальные и замыкающие створы выбираются самостоятельно в зависимости от гидрохимической изученности реки и наличия створов, ограничивающих определенные зоны бассейнов.

3. В истории орошаемого земледелия рассматриваемого бассейна выделяются этапы, которые отличаются условиями водопользования и мелиорации. Для каждого этапа определяют фактические и средние величины водозабора, орошаемой площади, длины дренажной сети, объема возвратных вод и другие характеристики почвенно-мелиоративного состояния массивов. Этапы обычно ограничиваются периодами лет, характеризующимися определенными величинами среднегодовой минерализации речной воды в замыкающем створе. Поэтому до выделения этапов в истории орошения бассейна строят графики изменения этого показателя по годам, начиная с года начала гидрохимических наблюдений в бассейне. Анализ имеющихся гидрохимических данных по рекам Средней Азии показал, что началом для первого этапа можно взять 1910 г., год начала деятельности Гидрометрической части в Туркестанском крае.

4. Производят комплексный анализ почвенных, гидрогеологических и гидрологических условий массивов с установлением геохимических и гидрохимических особенностей почв и вод (в первую очередь степень и тип засоления) за все этапы орошения.

5. Для каждого этапа, а также для всего периода наблюдений в целом исследуются взаимосвязи между параметрами мелиоративного состояния массивов и величинами минерализации воды на замыкающих створах с учетом изменения ее химического состава. При этом составляются как простые графики связи, выраженные прямыми, так и сложные программы на ЭВМ. При необходимости для каждого этапа составляются карты засоленности почв, минерализации грунтовых и поверхностных вод, глубины залегания грунтовых вод и др. По составленным картам анализируется изменение площадей с определенной степенью или типом засоления вод и почв и устанавливаются тенденции их изменения,

характеризующие общую направленность процессов засоления или рассоления данного бассейна.

6. Выводятся математические уравнения и формулы, учитывающие динамику какого-либо параметра почвенно-мелиоративного состояния территории от одного или нескольких факторов (например, минерализации речной воды в замыкающем створе водотока от величины и степени засоления орошаемой площади и начальной минерализации и т. д.). По этим формулам производят прогнозные расчеты различных параметров мелиоративного состояния для каждого изучаемого массива бассейна, а в итоге оцениваются перспективные изменения минерализации воды в замыкающем створе.

7. При составлении окончательного решения об изменении минерализации речной воды в перспективе учитываются технические мероприятия, ожидаемые в бассейне (например, переброска части стока из соседних бассейнов, строительство дренажа на трудномелиорируемых массивах, установка опреснителей на дренах с наиболее минерализованной водой и т. д.).

Уже в 1973 г. для предварительных расчетов изменения минерализации речных вод на перспективу по бассейновому методу была предложена следующая формула:

$$M_{зам} = M_{нач} + a F_{эф}, \quad (5)$$

где $M_{зам}$ — минерализация воды в створах, замыкающих крупные орошаемые массивы или отдельные их участки, г/л;

$M_{нач}$ — начальная минерализация оросительной воды, наблюдаемая в створах, расположенных выше массивов или их расчетных участков, г/л;

$F_{эф}$ — дренируемая (эффективная) часть орошаемых площадей рассматриваемого массива (бассейна), с которой поступают поверхностные и грунтовые (возвратные) воды в реку, тыс. га;

a — интегральный ландшафтно-геохимический показатель, учитывающий влияние объемов и качества вод, поступающих в реку с орошаемых территорий.

Показатель a фактически характеризует условия миграции легкорастворимых солей из толщ почв и пород орошаемых массивов (в большей степени проявляющейся при промывках), т. е. их солеотдачу. По своему физическому смыслу этот показатель подобен показателю выщелачивания β, предложенному В. Р. Волобуевым (1975) при анализе изменения солевых запасов на орошаемых массивах. Однако в своих расчетах В. Р. Волобуев вывел свой коэффициент не по динамике минерализации воды в дренирующих массив водотоках, а по результатам повторных солевых съемок, проведенных на массивах.

Ожидаемые изменения минерализации речных вод в бассейне Сырдарьи

В бассейне Сырдарьи в настоящее время можно выделить следующие районы формирования ионно-солевого стока речных вод:

1) верховья бассейна (в основном бассейн р. Нарын), 2) Ферганская долина, 3) Голодная и Джизакская степи, 4) Ташкентский оазис, 5) Арысь-Туркестанский массив и 6) низовья самой реки.

Значительную часть бассейна р. Сырдарьи занимает **бассейн р. Нарын**, являющейся правой образующей р. Сырдарьи. Водно-солевой режим района отличается отрицательным балансом. При естественном влагообмене с водосборной площади бассейна происходит выщелачивание солей. Подземный сток в большинстве случаев обеспечен. Водосбор представлен в основном горными коричневыми и каштановыми почвами, которые, как правило, не подвержены засолению.

Регулирование речного стока в Токтогульском водохранилище практически не влияет на химический состав воды и величину ее среднегодовой минерализации.

Данный район можно ограничить створом Учкурган. Среднегодовые расходы воды на этом створе изменяются от 252 до 628 м³/с, а среднегодовые величины минерализации от 0,23 (1939 г.) до 0,44 г/л (1972 г.); в среднем за многолетие минерализация воды равна 0,29 г/л. Состав воды преимущественно сульфатно-гидрокарбонатный — магниево-натриево-кальциевый (СГ — МНК).

Для данного района коэффициент солеотдачи всей площади бассейна незначителен и равен в среднем 0,0004. Если даже принять во внимание, что в перспективе в данном районе намечено орошать определенную площадь земель (примерно 80 тыс. га), то и в этом случае практически (ввиду малой засоленности территории и достаточной ее выщелоченности) среднегодовая величина минерализации существенно не изменится и будет равна в среднем 0,3 г/л. Состав воды будет тот же.

Ферганская долина — основной источник поступления солей в Сырдарью с орошаемой территории бассейна. К 1986 г. ее величина достигла 1250 тыс. га; из-за недостатка свободного земельного фонда под орошение осваиваются в основном засоленные почвы Центральной Ферганы. Большая часть сформировавшихся в пределах района грунтовых вод разгружается в долине р. Сырдарьи выклиниванием из русла поверхностных водотоков и на их террасах.

Водно-солевой баланс по периферии Ферганской котловины отрицательный, преобладают процессы рассоления; подземный сток обеспечен, территория естественно дренирована. В Центральной части бассейна баланс положительный, преобладают процессы соленакопления; подземный сток затруднен, территория не дренирована.

Немного меньше половины орошаемых земель занято автоморфными почвами — темными, типичными и светлыми сероземами, а остальная площадь—гидроморфными — луговыми, болотно-луговыми и болотными. В Центральной Фергане, где расположен основной фонд новоосваиваемых земель, доминируют лугово-болотные и солончаки.

Ферганскую долину можно ограничить сверху створами Учкурган — р. Нарын и Кампыррават — р. Карадарья, а снизу створом Кызылкишлак (дополненного данными по створу Бекабад).

У створа Учкурган $M_{ср.мн} = 0{,}30$ г/л. У створа Кампыррават $M_{ср.год}$ изменяется от 0,28 (1938 г.) до 0,54 г/л (1975 г.), в среднем равна 0, 36 г/л, т. е. минерализация воды р. Карадарьи выше, чем в воде р. Нарын. Расходы воды, наоборот, в Карадарье меньше: у Кампырравата среднегодовые расходы воды изменяются от 65,0 (1962 г.) до 213 м³/с (1969 г.). Интересно, что средняя многолетняя величина минерализации воды рек Нарына и Карадарьи, взвешенная по их стоку, равна 0,31 г/л.

У створа Кызылкишлак среднегодовая величина минерализации воды р. Сырдарьи в 1950 г. (начало гидрохимических наблюдений на данном створе) была равна 0,39 г/л, а к 1970 г. она увеличилась до 0,94 г/л. Состав воды был преимущественно хлоридно-гидрокарбонатно-сульфатным — натриево-магниево-кальциевым (ХГС — НМК).

Кайраккумское водохранилище практически только выравнивает колебания минерализации речной воды внутри года и не влияет на ее среднегодовую величину.

Расчеты показали, что величина показателя () всей орошаемой площади Ферганской долины в зависимости от водности года изменяется от 0,00007 до 0,0013; в средние по водности годы она равна 0,0008.

По прогнозу, произведенному по формуле бассейнового метода, ожидается, что при дальнейшем освоении Ферганской долины минерализация воды р. Сырдарьи в условиях среднего по водности года возрастет до 1,34 г/л (в маловодные годы до 1,7 г/), состав воды будет преимущественно хлоридно-гидрокарбонатно-сульфатным — натриево-кальциево-магниевым (ХГС — НКМ).

Голодная и Джизакская степи меньше влияют на изменение качества воды р. Сырдарьи. Основной сток солей с орошаемой зоны происходит по Центральному Голодностепскому коллектору (ЦГК) в Арнасайское понижение. В русло р. Сырдарьи (с учетом ложа Чардаринского водохранилища) попадает меньше солей, главным образом за счет сбросов следующих коллекторов: Главного пойменного (ГПК), Шурузяк, Западного, Северного, Конце-вого, Тугайного и Кызылкумского.

Голодная степь в целом характеризуется положительным балансом, процессами соленакопления; подземный сток затруднен, территория естественно не дренирована за исключением верхней части предгорного шлейфа Туркестанского хребта. Гидрогеологический режим орошаемой зоны тесно связан с режимами р. Сырдарьи и орошения.

Голодная степь находится в сероземной зоне. Подгорная покатость занята типичными сероземами на лёссах, незасоленными. Голодностепская лёссовая террасовая поверхность занята светлыми сероземами. Почвы эти до орошения были не засолены, но глубоко солончаковаты. После орошения стало повсеместно на-

блюдаться вторичное засоление почв. Тип засоления хлоридно-сульфатный.

Голодную и Джизакскую степи также можно рассматривать в виде единого стокового бассейна или нескольких бассейнов. В обоих случаях за начальный створ следует принимать пост Бекабад. За прошедшие годы минерализация и химический состав воды у данного створа существенно изменились: так, если в 1937 г. $M_{ср.год}$ была равна 0,46 г/л (состав воды был преимущественно сульфатно-гидрокарбонатным — магниево-кальциевым (СГ — МК), то в 1978 г. $M_{ср.год}$ — уже 1,45 г/л, а состав воды сменился на сульфатный — кальциево-магниево-натриевый (С — КМН).

В настоящее время на данной территории орошается около 430 тыс. га, пригодно к орошению еще около 300 тыс. га. Орошаемые земли в основном среднезасоленные. Для этих условий в целом для всей Голодной степи величина показателя a равна 0,0019. При более дробном разделении территории, например, для зоны дренирования Южного Голодностепского канала, величина коэффициента солеотдачи равна 0,0025, а для зоны дренирования Кировского магистрального канала — 0,0038. В перспективе при дальнейшем освоении Голодной степи минерализация воды на выходе из орошаемой зоны будет равна 3,5—4,5 г/л. Так как минерализация р. Сырдарьи значительно меньше (1,2—1,6 г/л), то понятно, что при попадании этих вод в русло реки минерализация Сырдарьи будет увеличиваться в зависимости от объема минерализованных сбросных вод. По предварительным расчетам ожидается, что через 10—15 лет среднегодовая минерализация будет равна 1,8—2,0 г/л.

Сбросы **Ташкентского оазиса** опресняют сырдарьинскую воду. Суммарный объем стока, доходящего до р. Сырдарьи, складывается из расходов воды Ахангарана, Чирчика, Бозсу и Келеса. Для орошения пригодно около 720 тыс. га, из которых примерно 360 тыс. га в настоящее время орошаются.

Водно-солевой баланс данного района в целом отрицательный. Благоприятный литологический состав пород и наличие обеспеченного подземного стока обусловливают благополучное мелиоративное состояние земель. На орошаемой территории преобладают преимущественно тяжелосуглинистые типичные сероземы и луговые аллювиальные почвы, подстилаемые толщей песчано-галечниковых отложений. Орошаемые почвы данного оазиса в основном незасоленные.

Большая часть площади района находится в пределах бассейна Чирчика, поэтому при предварительных расчетах за начальный створ можно принять створ Ходжикент. Среднемноголетняя величина минерализации для данного створа равна 0,19 г/с, состав воды сульфатно-гидрокарбонатный — магниево-кальциевый (СГ — МК).

Величина показателя a для бассейна Чирчика оказалась равной в средние по водности годы 0,0014. Согласно расчетам, при

дальнейшем росте орошаемой площади минерализация воды в Чирчике несколько повысится, и к 2000 году ее среднегодовая величина будет равна 0,8 г/л. Такая же вода будет практически наблюдаться и в устье Ахангарана. В устье р. Келес минерализация воды будет несколько выше: она будет равна 1,5—1,7 г/л.

Сток с **Арысь-Туркестанского массива** также будет опресняюще действовать на минерализацию воды р. Сырдарьи. В 1974 г. среднегодовой расход воды у створа Арысь был равен 11,9 м³/с.

Водно-солевой баланс предгорной части района отрицательный, территория естественно дренирована. На остальной части баланс положительный, территория не дренирована, происходит засоление земель.

В верховьях бассейна преобладают серо-коричневые темные и обыкновенные почвы, в среднем течении — серозем обыкновенные и в низовьях реки — лугово-сероземные с солонцами. Вдоль русла реки расположены аллювиальные пойменные, луговые почвы. Орошаемые почвы бассейна слабо- и среднезасолены, тип засоления — сульфатный.

Средняя величина показателя *a* равна для данного оазиса 0,0038. Минерализация воды на начальном створе (Корниловка) изменяется от 0,42 до 0,69 г/л. Средняя величина минерализации речной воды в 1963—1970 гг. у створа Арысь была равна 0,59 г/л, в перспективе в связи с развитием орошения в оазисе минерализация возрастет до 0,7—0,8 г/л.

Несмотря на опресняющее действие стоков Ташкентского и Арысь-Туркестанского оазисов, минерализация воды р. Сырдарьи ниже по течению будет возрастать в силу значительного уменьшения водного стока реки (он в 1974 г. у створа Қзыл-Орда был равен 111 м³/с, а в створе Қаль —196 м³/с) и влияния возвратных вод с орошаемых территорий среднего течения реки. Уже сейчас минерализация воды у створа Қзыл-Орда изменяется от 1,2 до 2,1 г/л, в перспективе фактические величины минерализации возрастут до 2,5—3,0 г/л.

В низовьях реки Сырдарьи минерализация воды в перспективе также изменится. В целом водно-солевой баланс низовьев положительный, расходование грунтовых вод происходит исключительно испарением и транспирацией; территория естественно слабо дренирована и не дренирована.

Орошаемое земледелие ведется в основном в пределах **Қзыл-Ординского** и **Қазалинского массивов.** В настоящее время здесь орошаются около 260 тыс. га, в перспективе площадь поливных угодий намечено увеличить до 400 тыс. га. На массивах под орошение освоены в основном лугово-болотные почвы. Орошаемые почвы слабо- и среднезасолены, тип засоления сульфатный. На уровне 2000 г. у г. Қзыл-Орда она будет равна в среднем 2,2 г/л. Величина показателя *a* для низовьев реки равна в среднем 0,0038. Согласно расчетам, при дальнейшем развитии орошения минерализация воды в низовьях Сырдарьи возрастет до 3,5 г/л.

Несмотря на то, что результаты прогноза изменения минерализации воды р. Сырдарьи являются предварительными, они достаточно убедительно указывают на факт роста минерализации речной воды в перспективе.

В связи с этим в настоящее время важно не только продолжать работу над усовершенствованием рабочей формулы бассейнового метода (или других способов прогноза), но и необходимо срочно приступить к разработке мероприятий по охране речных вод от дальнейшего повышения содержания в воде солей, а также по уменьшению ее минерализации, начиная с Ферганской долины. Действенными мерами, например, могут быть более полное использование дренажных стоков внутри массивов и установка опреснителей на устьевых участках дрен и коллекторов с наиболее минерализованной водой.

Несомненно, что данная задача должна и будет решаться не только техническими расчетами, но и с учетом экономической целесообразности тех или иных мер по очистке вод.

Ожидаемые изменения минерализации речных вод в бассейне Амударьи

Одними из первых (в 1965 г.) прогноз минерализации речных вод бассейна Амударьи составили сотрудники Гидрохимического института (г. Новочеркасск). По их расчетам, выполненным балансовым методом, минерализация воды к 1980 г. в устье Амударьи должна увеличиться до 5,0 г/л при условии, что сток реки на этом участке будет полностью обусловлен возвратными водами. Однако этот прогноз не оправдался, так как в русле Амударьи и сейчас течет речная вода с минерализацией 0,8—1,3 г/л.

Тогда ожидаемую минерализацию речных вод бассейна Амударьи на различных ее участках стали рассчитывать бассейновым способом. Для этого в пределах бассейна Амударьи было выделено пять расчетных бассейнов, расположенных последовательно по течению реки от области формирования стока до области его рассеивания. При выделении районов в основу было положено наличие крупных орошаемых массивов, их мелиоративное состояние, а также изменения расходов воды в реке, связанные с ее забором в крупные каналы: Каракумский, Амубухарский, Амукаракульский и др.

Первый расчетный район — **верховье бассейна Амударьи** представлено двумя подрайонами:

1 А. *Орошаемая долина р. Вахш.* Она известна как массив давнего орошения, на котором из-за интенсивного подъема уровня грунтовых вод прогрессирует засоление земель. Для борьбы с этим процессом в 1930 г. здесь была построена дренажная система, по которой высокоминерализованные коллекторно-дренажные воды отводились в р. Вахш. Благодаря этому к 1960—1965 гг. долина была почти полностью рассолена, и в настоящее время

здесь преобладают незасоленные почвы. Так, если в 1965 г. орошалось около 120 тыс. га, то из них 72 тыс. га были незасоленные. Протяженность коллекторно-дренажной сети к этому году составляла 1252 км и охватывала 65,9 тыс. га. Объем возвратных вод, сбрасываемых в Вахш, составлял 6,09 м³/с. В 1985 г. здесь орошалось около 175 тыс. га.

О величине начальной минерализации речной воды в створе выше орошаемых земель Вахшской долины судили по створу Туткаул. Эта величина для Вахша оказалась равной 0,45 г/л. Среднегодовая величина минерализации по створам Кызылсу и Муксу, расположенным на составляющих Вахша, равна 0,43 г/л. Это подтверждает правильность выбора створа Туткаул в качестве начального. Среднегодовые расходы воды у начального створа изменяются от 515 до 778 м³/с, среднемноголетний равен 644 м³/с. В 1965 г. дренируемая площадь в долине Вахша была равна 65,9 тыс. га. В перспективе согласно проектным разработкам она увеличится до 106 тыс. га. Было определено, что для расходов воды порядка 600 м³/с (осредненные данные по посту Туткаул) на слабозасоленных почвах эта величина равна 0,00064. Вычислить ее по рабочей формуле бассейнового метода не удалось, так как не было устьевого поста на р. Вахш. Поскольку рост площади и соответствующего ей дренажного стока относительно невелик, прогнозные расчеты показали, что в перспективе минерализация воды в устье р. Вахш увеличится лишь на 0,07 г/л и достигнет в среднем 0,52 г/л. Эксплуатация Нурекского водохранилища, полный объем которого равен 10,5 км³, а полезный —4,5 км³, ввиду того, что ложе его сложено скальными породами, на повышении минерализации воды в реке не скажется. Однако в других случаях влияние водохранилищ необходимо учитывать.

1 Б. *Нижнепянджская долина.* Орошаемая площадь 16 тыс. га с преобладанием незасоленных и слабозасоленных почв. Здесь в качестве начального выбран пост Шидз, замыкающего — створ Нижний Пяндж. Величина начальной минерализации рассчитана как средняя из среднегодовых ее значений и равна 0,20 г/л. Показатель *а* определен по рабочей формуле бассейнового метода и равен 0,0047. Ожидаемая величина минерализации речной воды при освоении 47 тыс. га составит 0,42 г/л.

Второй расчетный район включает в себя три подрайона (т. е. более мелких речных бассейнов).

2 А. *Орошаемая долина Кафирнигана.* Большая часть долины, преимущественно ее верхние участки, обеспечена подземным оттоком. Территория хорошо дренирована. Мелиоративное состояние земель благоприятное, лишь на отдельных участках с неглубоким залеганием уровня грунтовых вод орошение ухудшает состояние почвогрунтов и требует дренажа. Преобладают незасоленные и слабозасоленные почвы. Орошаемая площадь —70,5 тыс. га, из них около 30 тыс. га дренировалось р. Кафирниган, т. е. была эффективной. В перспективе планируется оросить около 110 тыс. га земель, из них около 45 тыс. га будут эффективными. По-

казатель α, вычисленный по рабочей формуле бассейнового метода, равен 0,0037. В перспективе ожидаемая величина минерализации речной воды ниже орошаемой площади составит 0,43 г/л.

2 Б. *Орошаемая часть долины Сурхандарьи.* Сюда входят бассейны собственно Сурхандарьи и Шерабада. Эти бассейны, имея похожие природные характеристики, отличаются друг от друга. Так, р. Сурхандарья на всем протяжении является естественной дреной для поверхностного и подземного стоков. Солевой баланс долины отрицательный, т. е. происходит процесс выщелачивания, несмотря на то, что в верхних слоях почвы на нижних террасах местами наблюдается накопление солей, особенно в дельтовой части. В Шерабадской степи основной поток грунтовых и субнапорных вод формируется в одноименном конусе выноса. Режим грунтовых вод обусловлен расходом реки и климатическими факторами. Мелиоративная обстановка неблагополучная. Освоение земель возможно при проведении комплекса мелиоративных мероприятий (промывки, дренаж и т. д.).

В условиях среднего по водности года расчетная формула для прогноза минерализации воды в Сурхандарье равна

$$M_{эфм} = 0{,}0058\ F_{эф} + 0{,}21.$$

При этом начальная минерализация определена по створам Каратаг (р. Каратаг) и устью р. Дашнабад (р. Тупланг). В перспективе предполагается оросить 291 тыс. га, из них эффективная орошаемая площадь составит около 200 тыс. га. Минерализация речной воды в замыкающем растворе Мангузар увеличится до 1,55 г/л; в 1980 г. она равнялась в среднем 1,07 г/л.

2 В. *Орошаемая часть долины р. Шерабад.* Ввиду солености пород, слагающих бассейн реки, минерализация речной воды повышена — у створа Шерабад в среднем за многолетие составила 1,9 г/л. Влияние орошения проявляется в основном в низовье реки, где она впадает в Амударью. Минерализация на данном участке достигает 2,0—2,2 г/л, но это не влияет на качество воды Амударьи из-за малых расходов воды в устье р. Шерабад, где участок реки носит название Карасу. В перспективе минерализация речной воды повысится до 2,4 г/л.

Третий расчетный район — **Чарджоуский оазис.** Оазис не дренирован. Мелиоративное состояние земель при орошении ухудшается. Для увеличения коэффициента земельного использования необходим интенсивный дренаж. За начальный створ принят пост Керки, за замыкающий — Ильчик. Современная $M_{нач}$ равна 0,60 г/л, а $M_{зам}$ — 0,65. Эффективная площадь равна 87 тыс. га, в перспективе — 140 тыс. га. По рабочей формуле бассейнового метода находим, что в среднем для данного оазиса показатель *а* равен 0,00034, а ожидаемая величина минерализации воды Амударьи в створе Ильчик увеличится до 0,70 г/л.

Четвертый расчетный район — **низовье Амударьи** (Хорезмский и Ташаузский оазисы). Он характеризуется недренированностью

территории, что предопределяет неблагополучную мелиоративную обстановку. Освоение земель возможно лишь при комплексной мелиорации. Грунтовые воды преимущественно минерализованные, залегают неглубоко, что ухудшает мелиоративное состояние земель. Соли аккумулируются под влиянием вертикального водообмена. Амударья сильно влияет на режим грунтовых вод.

Для расчета прогнозной минерализации начальным принят створ Туямуюн, замыкающим — Чатлы, переименованный в створ Саманбай. Величина эффективной площади ($F_{эф}$)—175 тыс. га. Для данных условий показатель *а* в среднем равен 0,00040. В перспективе намечается освоить около 436 тыс. га земель, из которых эффективными будут около 284 тыс. га. В этих условиях величина минерализации воды р. Амударьи в замыкающем створе в среднем достигнет 1,30 г/л.

Пятый расчетный район — **придельтовая часть Амударьи.** Здесь преобладают процессы соленакопления. Глубина залегания грунтовых вод обусловливает перераспределение водно-солевых масс между оазисом и окружающей пустыней, а также внутриоазисное перераспределение солей под влиянием орошения. Формирование грунтовых вод в дельте связано в основном с поверхностными водами. Для первых характерна высокая минерализация, небольшая глубина залегания. Это является причиной интенсивного засоления и заболачивания в пределах современной дельты. Территория не дренирована, освоение возможно при применении комплекса мелиоративных мероприятий.

Пост Чатлы служит одновременно начальным створом для низовья Амударьи, а замыкающим выбран створ Темирбай. Эффективная площадь —41 тыс. га. Показатель *а* для данных условий равен в среднем 0,0022. В перспективе, когда эффективная площадь увеличится до 236 тыс. га, минерализация воды у створа Темирбай возрастет до 1,7 г/л; в 1985 г. она в среднем была равна 1,50 г/л.

Следует отметить, что в расчетах приводились среднемноголетние величины минерализации. Сюда входили маловодные, многоводные и средние по водности годы. В отдельные месяцы фактическая минерализация речной воды доходит до 2,0—2,5 г/л из-за значительного уменьшения расходов воды в Амударье.

В дальнейшем необходимо выявить более тесные взаимосвязи между отдельными орошаемыми массивами бассейна Амударьи и минерализацией воды дренирующей реки, а также влияние подземных вод на химический состав поверхностных вод и найти особенности их взаимодействия. Следует провести мероприятия, направленные на понижение минерализации речной воды (особенно в дельте Амударьи), с проведением магистральных отводных коллекторов и уменьшением объема возвратных вод в результате снижения оросительной и промывной нормы.

9. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД С УЧЕТОМ ИХ МИНЕРАЛИЗАЦИИ И ОХРАНА ИХ КАЧЕСТВА

Изменение качества поверхностных вод при их использовании

Наша планета исключительно богата водой. На каждого ее жителя сейчас приходится 400 млн $м^3$ воды. Запасы ее на суше к тому же непрерывно возобновляются в процессе влагооборота.

Обилие воды породило у людей беспечное отношение к водным ресурсам, которые кажутся неисчерпаемыми. В результате беспечного отношения к воде уже в середине XX в. возникла диспропорция между потребностями в воде и ее наличием. Если раньше водная проблема была уделом аридных стран, сейчас она приобрела глобальный характер. Особенно остра водная проблема в индустриальных странах Западной Европы, в США, Японии.

Наиболее доступна для использования вода рек, пресных озер и подземная вода верхних горизонтов. В нашей стране и особенно в Средней Азии человек наиболее интенсивно использует речные воды.

В настоящее время среднемноголетний речной сток в СССР равен 4384 $км^3$. Это больше, чем во многих других странах мира, но распределение его по территории Советского Союза крайне неравномерно. Так, на долю Северного Ледовитого океана приходится 60,2% речного стока, в то время как в бассейны Тихого и Атлантического океанов с территории СССР поступает соответственно 21,8 и 7,7% объема стока. Кроме того, 10,3% стока формируется в пределах бассейнов Каспийского и Аральского морей, не имеющих сообщения с Мировым океаном.

Как уже отмечалось, общая величина речного стока, формирующегося в пределах Средней Азии (по различным источникам), составляет 127—129 $км^3$. Из них в бассейне Амударьи формируется в средний по водности год 79,5 $км^3$, в бассейне Сырдарьи — 37,2 $км^3$ и 10,8 $км^3$ формируется в пределах бессточных рек Киргизии и Казахстана.

За естественным ходом расходов воды можно проследить только на створах, расположенных при выходе рек из гор, так как на равнине они интенсивно разбираются на различные нужды народного хозяйства.

В условиях Средней Азии речной сток используется главным образом на орошение. В целом по бассейну Аральского моря водозабор на орошение составляет сейчас около 100 $км^3$, в том числе в пределах Узбекской ССР —55,4 $км^3$.

Уже отмечалось, что в настоящее время в бассейне Аральского моря орошается около 7,3 млн га земель, из них в бассейне Сырдарьи — около 3,5 млн га, а в бассейне Амударьи — около 3,7 млн га. Фонд земель, пригодный для орошения, не превышает 30 млн га.

О развитии орошения в Узбекской ССР можно судить на основании табл. 35.

35. Орошение в Узбекистане

Показатель	Год				
	1976	1977	1978	1979	1980
Площади орошаемых земель, тыс. га	3170	3261	3344	3428	3482
В том числе под хлопчатником, тыс. га	1778	1797	1824	1843	1878
Объем водозабора, км³	51,6	53,2	57,2	61,5	61,2
В том числе на орошение	46,0	47,4	51,0	55,0	55,4

К 1986 г. общая протяженность оросительной сети в Узбекистане достигла 160 тыс. км, работающих водохранилищ —30 с полезной емкостью до 5,5 км³. Протяженность коллекторно-дренажной сети на орошаемых полях увеличилась до 74,0 тыс. км. Число скважин вертикального дренажа достигло 2200. Эти цифры убедительно показывают, какое значение придается развитию орошения в этой республике.

Между тем, расчеты специалистов САНИИРИ показали, что на уровне предельного использования водных ресурсов Сырдарьи и Амударьи можно дополнительно освоить под орошение еще 1,3 млн га земель, а дефицит водных ресурсов в ближайшие годы в бассейнах этих рек составит около 10 км³.

Поэтому по мере развития орошения в перспективе все большее внимание будет уделяться использованию других вод (коллекторно-дренажных, подземных и даже морских), имеющих большую минерализацию и худший химический состав по сравнению с речными водами.

Особое значение при использовании вод приобретает их загрязнение в результате хозяйственной деятельности человека.

Влияние сельского хозяйства на качество речных вод. Если несколько десятков лет назад в пределах речных бассейнов формировались и текли только речные воды, то в настоящее время в орошаемой зоне формируются коллекторно-дренажные воды. Величина этих вод сейчас довольно значительна — только в пределах Узбекистана их суммарный объем за год составляет около 15—20 км³, а по бассейну Аральского моря —30—31 км³.

При попадании в реки коллекторно-дренажных вод повышается их минерализация. При сбросе в реки коллекторно-дренажных стоков с орошаемой территории вместе с водой в них попадают остатки минеральных удобрений (нитраты, фосфаты, калийные соли), различные ядохимикаты и дефолианты. Очень важно знать, какая часть удобрений и ядохимикатов доходит до рек, как они видоизменяются в самих водотоках (за счет смешения и процессов самоочищения воды) и что нужно делать, чтобы остатки этих веществ не влияли на здоровье людей, домашних животных, птиц и т. д.

Какое же влияние на качество поверхностных вод оказывают удобрения и ядохимикаты?

Удобрения, как известно, влияют на урожайность сельскохозяйственных культур. Так, урожайность хлопка-сырца при возделывании хлопчатника без удобрений в среднем за многолетие была 14,0 ц/га, а при внесении азотных, фосфорных и калийных удобрений —34,6 ц/га. Поэтому потребность в минеральных удобрениях в республиках Средней Азии с каждым годом возрастает. По данным Ташкентского филиала ЦИНАО, в 1967—1968 гг. на гектар посева хлопчатника по УзССР было внесено 345 кг питательных веществ, а в 1970—1972 гг., 1973—1975 гг. и 1986 г. соответственно 371, 389 и 420 кг. Если в 1955 г. гектар посевов хлопчатника в Узбекистане получал только 94 кг азота и 82 кг фосфора, то в 1984 г. на 1 га было израсходовано 242 кг азота, 124 кг фосфора и 47 кг калия.

Однако следует помнить, что чрезмерное употребление минеральных удобрений (выше норм) опасно своими последствиями, так как при нерациональном использовании удобрений речные воды загрязняются азотом, фосфором и калием.

Установлено, что до 13% вносимых удобрений (сульфат аммония) вымывается при орошении. В среднем вынос азота и калия коллекторно-дренажным стоком достигает 30% внесенных удобрений, а фосфора —1 кг с 1 га.

Кроме того, вода с повышенным содержанием нитратов представляет собой потенциальную опасность для здоровья человека. Под действием некоторых кишечных бактерий нитраты могут переходить в нитриты, обладающие значительной токсичностью.

При внесении бо́льших доз фосфорных удобрений в почвах и водах могут накапливаться содержащиеся в удобрении в небольших количествах тяжелые металлы, также вредные для здоровья человека.

Нарушение баланса калия может привести к заболеванию стока пастбищной тетанией. Поэтому умеренность является главным условием применения минеральных удобрений.

Анализ имеющихся материалов показал, что в речных водах бассейна Аральского моря в настоящее время содержание азота, фосфора и калия не выходит за рамки их предельно допустимых концентраций (ПДК). Но в будущем их содержание может увеличиться.

Еще большую опасность для здоровья человека и домашних животных представляет вынос в водные источники остатков ядохимикатов.

Существование выноса определенного количества минеральных удобрений и ядохимикатов с орошаемых территорий в реки требует постоянного контроля за их содержанием и миграцией в водотоках и вызывает необходимость борьбы с этим явлением.

В качестве альтернативы химическим методам защиты растений специалисты в последние годы рекомендуют так называемые *биологические методы,* т. е. использование живых организмов или

продуктов их жизнедеятельности для предотвращения потерь урожая или вреда, вызываемого организмами-паразитами. Из организмов наиболее широко применяют энтомофаг трихограмму. Используются также габробрахон, криптомус и др. В Узбекистане биологический метод в 1979 г. был применен на 1025,3 тыс. га, а в 1986 г. уже на площади 1700 тыс. га. Контроль за сбрасываемыми отдельными предприятиями стоками проводят в основном гидрохимические лаборатории бассейновых инспекций, а наблюдения за изменениями качества самих рек с 1964 г. осуществляет Управление по гидрометеорологии и контролю природной среды (УГКС). Характеристику состояния загрязненности поверхностных вод на территории республики УГКС дает в своих ежеквартальных бюллетенях.

Влияние промышленности на качество речных вод. Ухудшение качества воды в водоемах вызывается также сбросами в них сточных вод промышленности.

В настоящее время процесс загрязнения природных вод отходами промышленности достиг значительных размеров в отдельных странах Запада, США, Японии и др. Так, некоторые реки и озера США сильно загрязнены отходами черной и цветной металлургии, нефтяной, целлюлозно-бумажной и других отраслей промышленности. Поэтому в этих странах уделяется большое внимание разработке методов по очищению загрязненных стоков.

Большую опасность представляет загрязнение вод нефтепродуктами. Подсчитано, что в морские воды ежегодно поступает около 3 млн т нефтепродуктов.

Особенно серьезное беспокойство вызывает загрязнение водоемов очень ядовитым веществом — ртутью. По подсчетам ученых, 70—80% добываемой ртути рассеивается в биосфере. В морскую воду с промышленными отходами ежегодно сбрасывается до 5000 т ртути. Повышенное содержание ртути обнаружено в рыбах и живых организмах в Балтийском море, около берегов Японии и в других водоемах.

В пределах СССР ежегодно образуется 25 км^3 коммунально-бытовых и 55 км^3 промышленных сточных вод.

В Узбекистане в 1982 г. объемы сточных вод промышленности составили 1,6 км^3. В перспективе эти объемы возрастут до 5 км^3 в год. Поэтому уже сейчас необходимо предусмотреть строительство очистных сооружений для этих стоков.

Капиталовложения на строительство водоохранных мероприятий, включающих очистные сооружения, канализацию и оборотное водоснабжение, составляют в настоящее время около 60 млн. руб. в год.

За загрязненностью речных вод со стороны сельского хозяйства и промышленности наблюдают УГКС соответствующих республик. Так, только в пределах Узбекской ССР наблюдения ведутся более чем на 150 створах, на которых определяется содержание 38 химических элементов: минерализация, содержание

главных ионов, фосфор, азот аммонийный, азот нитритный и нитратный, медь, ртуть, хром, фтор, нефтепродукты, фенолы и др.

В последние годы в Сырдарье, Амударье, некоторых реках Ферганской долины иногда превышают нормы следующие элементы: фенолы, нефтепродукты, цинк. В Сурхандарье и Шерабаде — фенолы, иногда нефтепродукты. Это же относится и к содержанию минеральных удобрений и хлороорганических пестицидов.

Оценка качества воды для орошения

Данная проблема уже давно серьезно интересует ирригаторов. Несмотря на то, что для ее решения многое сделано и делается специалистами многих стран (СССР, США, Алжир, Тунис и др.), еще до сих пор нет единой оценки пригодности природных вод для орошения.

Это осложнено тем, что, как отмечает академик И. С. Рабочев (1973), классификация пригодности оросительной воды должна учитывать не только минерализацию и химический состав, но и климатические условия орошаемой территории, засоление почв, их дренированность, глубину залегания грунтовых вод, солеустойчивость сельскохозяйственных культур и другие факторы.

До недавнего времени в СССР считалось, что для полива пригодна любая вода, минерализация которой не превышает 1,0 г/л, и это мнение не подвергалось сомнению, так как почти все речные воды нашей страны имели меньшую минерализацию и благоприятный гидрокарбонатный — кальциевый состав.

Но по мере роста минерализации речных вод под влиянием орошения и некоторых других антропогенных факторов, а также в связи с использованием в маловодные годы на поливы более минерализованных коллекторно-дренажных вод (сток из вертикального дренажа) взгляды на показатели, оценивающие пригодность воды для орошения, стали пересматриваться.

Специалисты Средней Азии с годами стали приходить к выводу, что для орошения пригодна вода с минерализацией до 5,0—6,0 г/л; при этом обычно приводили в пример тот факт, что земледельцы в бассейнах рек Шерабад и Атрек издавна орошают свои поля водой с минерализацией до 4,0—7,0 г/л.

Однако этих фактов было недостаточно для полного обоснования положения, по которому можно было бы использовать для орошения воду с повышенной минерализацией. Поэтому в начале 1960-х годов в Средней Азии появились лабораторные и полевые исследования по данному вопросу. В Узбекистане благодаря инициативе В. М. Легостаева (1961) и его учеников во многих областях республики были проведены опыты по выращиванию хлопчатника при поливах высокоминерализованной водой. Было установлено, что водами с повышенной минерализацией (до

6,0 г/л) орошать можно. При этом в первую очередь следует поливать водопроницаемые почвы легкого механического состава. На более тяжелых почвах необходимо увеличивать размер поливных норм, строить дренаж. Однако вопрос этот еще полностью не изучен и требует дополнительных исследований, так как имеется опасность засоления орошаемых почв в течение более длительного периода, чем время, охватывающее проведение опыта.

Очевидно, требования к качеству воды для орошения должны быть **региональными,** т. е. своими для каждого орошаемого массива, совхоза и даже отдельного поля. Необходимо знать, какой по составу водой и до какой предельной величины минерализации можно орошать те или иные почвы (конкретного участка), чтобы можно было снимать с них урожаи такого же количества, как и при поливах данных земель пресными, благоприятными по составу водами.

Общими могут быть только методика оценки пригодности воды для орошения и определенное число показателей, по которым оценивается пригодность поливной воды. Например, для всех случаев необходимо знать степень минерализации оросительной воды, ее химический состав (особенно по соотношению в ней одновалентных и двухвалентных катионов с выделением токсичных солей и др.), выявить содержание соды, по возможности бора. Оценка воды для орошения по этим показателям является обязательной для всех регионов и может служить в качестве универсальной.

Допустимые величины этих показателей для разных орошаемых массивов будут неодинаковы, так как общая оценка пригодности воды для поливов зависит не только от качества самой воды, но и во многом от геохимических и мелиоративных условий территории, физико-химических свойств почв и солеустойчивости сельскохозяйственных культур.

Комплексная оценка пригодности воды для орошения. В 1979 г. Э. И. Чембарисов предложил комплексный метод оценки качества воды для орошения. Основной смысл этого метода состоит в том, чтобы возможность пригодности воды для орошения определять не по одному какому-либо показателю (пусть даже наиболее распространенному), а с учетом всех главных факторов, влияющих на процесс орошения минерализованными водами.

Такая комплексная оценка пригодности воды для орошения предусматривает:

1) тщательное и полное изучение гидрохимического режима минерализации и содержания различных (особенно токсичных — бор, хлор и др.) ионов в воде рассматриваемого водотока (река, каналы, арыки, коллекторы, дрены и т. д.). Режимы ионов желательно изучать за последние три года, так как оценка воды по одному году может быть ошибочной. Например, в многоводный год качество воды может быть завышено, т. е. вода может быть менее минерализованной. При анализе режимов нужно оценивать наихудшие условия качества воды, т. е. воду с наибольшей минерализацией, со вспышкой щелочности и др., если даже эти

факты имели разовое значение, а не давать ирригационную оценку воды по средним или меньшим величинам показателей;

2) выявление общих мелиоративных и геохимических особенностей орошаемого или намеченного к орошению массива на основании имеющихся материалов по гидрологическим, почвенным и геологическим съемкам. Важно установить степень естественной дренированности массива, так как она во многом будет определять направленность солевого баланса территории, а значит и величину минерализации оросительных вод;

3) изучение солеустойчивости сельскохозяйственных культур, намеченных для выращивания или же уже выращиваемых на массиве. При этом важно установить не только их общую солеустойчивость, но и солеустойчивость по отдельным фазам развития растений;

4) сбор материалов по пунктам 1—3. Их анализ позволит предварительно оценить воду для орошения (с использованием классификации Вернадского, Костякова, Ковды и др.);

5) описание и анализ результатов полевых исследований и опытных данных, полученных при орошении водой различных почв массива;

6) составление окончательной наиболее обоснованной оценки пригодности воды для орошения с учетом современного и перспективного состояния водохозяйственных и мелиоративных условий массива, геохимической направленности солевых потоков, ожидаемого изменения минерализации и химического состава оросительных вод. При этом, по возможности, также математически оценивается пригодность воды по наиболее оптимальным для данного массива существующим формулам или же по новым уравнениям и зависимостям, выявленным в результате личных исследований.

Теперь рассмотрим, каково ирригационное качество речной воды в низовьях Амударьи и Сырдарьи, т. е. в районах, куда оросительная вода поступает измененная по объемам и качеству в результате антропогенного влияния.

Первый пункт комплексной оценки — анализ показателей гидрохимического режима водотоков.

Низовья Амударьи. В последние годы минерализация речной воды по месяцам изменялась от 0,53 до 1,4 г/л, с некоторым повышением в январе-июне — до 0,82—1,4 г/л. В июле-сентябре зарегистрированы наименьшие ее величины —0,53—0,66 г/л, а в октябре-декабре несколько повышенные — до 0,71—0,80 г/л.

Содержание хлора в воде в период наблюдений доходило до 268 мг/л, чаще же находилось в пределах 110—140 мг/л. Присутствие бора не установлено. Вспышек соды в воде не наблюдалось. Вода при невысокой минерализации определялась как гидрокарбонатно-хлоридно-сульфатная — натриево-кальциевая (ГХС — НК), при повышенной — гидрокарбонатно-сульфатно-хлоридная — магниево-натриево-кальциевая (ГСХ — МНК) или сульфатно-хлоридная — магниево-натриево-кальциевая (СХ — МНК).

Низовья Сырдарьи. Минерализация внутри года, например у створа Кзыл-Орда, изменялась от 1,2 до 2,1 г/л. Несколько выше она была в зимне-весеннее время —1,5—1,7 г/л, летом составляла 1,3—1,4 г/л, хотя максимальная минерализация отмечалась в июле —2,1 г/л. Содержание хлора обычно в пределах 130—150 мг/л. Сведения о боре не обнаружены. Состав воды преимущественно сульфатный — кальциево-магниево-натриевый (С — КМН) или хлоридно-сульфатный — натриево-кальциево-магниевый (ХС — НКМ).

У створа Казалинск в связи с пересыханием реки Сырдарьи минерализация воды в последние годы резко возросла — до 2,6—3,0 г/л. Понижается содержание солей в отдельные месяцы, когда в реке повышается сток: в апреле —1,3 г/л, в июне —1,35 г/л, в июле —1,6—1,7 г/л. Максимальная минерализация наблюдалась в декабре —2,57 г/л и в июне —3,0 г/л.

Содержание хлора — в обычных пределах (140—160 мг/л.). Данных о боре не обнаружено. Вспышки соды не проявлялись. Состав воды тот же, что и у Кзыл-Орды (табл. 8).

Второй пункт комплексной оценки — анализ мелиоративных и геохимических условий территорий.

Низовья Амударьи. Территория естественно не дренирована, является областью соленакопления. Режим грунтовых вод во многом зависит от гидрологического режима реки.

На неорошаемых участках дельты грунтовые воды с удалением от русла реки залегают на глубине от 1—2 до 10—15 м. При орошении эти воды можно обнаружить на уровне до 3—1 м.

Грунтовые воды здесь содержат от 0,8 до 130 г/л солей. Меньше их наблюдается вдоль реки, ее притоков и оросительных каналов, максимально — в солончаках. Чаще встречаются воды с минерализацией 3—5 г/л, их состав при этом обычно бывает хлоридно-сульфатным — магниево-кальциево-натриевым (ХС — МКН), при более высокой минерализации они переходят в сульфатно-хлоридные — натриевые (СХ — Н).

В зависимости от водного режима почвы представлены пустынными песчаными, серо-бурыми пустынными, такыровидными, аллювиально-луговыми, луговыми, лугово-болотными почвами, такырами и солончаками. В настоящее время орошаются луговые, такыровидные и лугово-такырные почвы. Большая часть почв засолена, тип засоления преимущественно хлоридный.

На орошаемых землях Хорезмской области наблюдается отрицательный солевой баланс (благодаря отводу грунтовых вод через Дарьялыкский коллектор в Сарыкамышскую впадину), а на орошаемых землях КК АССР — положительный.

Низовья Сырдарьи. Здесь торритория также естественно не дренирована, солевой баланс в целом положительный. Режим грунтовых вод зависит от гидрологического режима Сырдарьи, а на орошаемых участках — от режима орошения. Грунтовые воды чаще высокоминерализованы (от 5 до 10—15 г/л), состав их при этом преимущественно хлоридный — натриевый. В зависимости от

водного режима развиваются аллювиально-луговые, болотные, лугово-болотные, такыровидные, бурые пустынно-степные почвы, такыры и солончаки.

Геохимическая особенность территории: в почвах накапливается сульфат натрия, а в грунтовых водах — хлорид натрия.

Наиболее крупным является Кзыл-Ординский орошаемый массив. В последние годы из-за значительного уменьшения стока Сырдарьи на массиве произошло общее понижение уровня грунтовых вод. В результате орошения происходит засоление поливных участков, так как существующий Южный коллектор не справляется с отводом солей: их поступление преобладает над оттоком.

Третий пункт комплексной оценки — анализ солеустойчивости выращиваемых культур.

Низовья Амударьи. В пределах Хорезмского оазиса (Туямуюнский ирригационный район) в 1982 г. орошалось 197,3 тыс. га, из них под хлопчатником 112 тыс. га, а под рисом только 21,0 тыс. га.

В Каракалпакской АССР в 1982 г. орошалось 365,8 тыс. га, из них под хлопчатником 160 тыс. га, под рисом —75 тыс. га. Это больше, чем в любой области Узбекистана. Таким образом, в низовьях Амударьи в основном площади орошаемых земель заняты под культурой хлопчатника и риса.

Известно, что хлопчатник хорошо, а рис удовлетворительно выносят повышенную засоленность почв. Обе эти культуры плохо переносят хлоридно-натриевое засоление.

Научно обосновано, что для орошения хлопчатника можно использовать воду с минерализацией до 5,0 г/л. Поливать более минерализованной водой не рекомендуется, так как при этом возможны потери урожая до 8—11 ц/га. Кроме потери урожая, существует опасность засоления или осолонцевания орошаемых почв.

Рис — менее солеустойчивая культура, чем хлопчатник. Солеустойчивость риса различна, что зависит от фазы его развития. Наиболее чувствителен к засолению почв рис в период появления проростков, в фазу всходов и цветения. В фазе кущения и созревания он солеустойчив.

Специалисты допускают и считают экономически оправданной с точки зрения урожайности риса минерализацию поливной воды до 2 г/л. Орошение риса водой с минерализацией 3 г/л снижает урожайность риса на 20% и более. Вода с минерализацией более 5 г/л вообще не пригодна для орошения риса. Иногда причиной гибели посевов риса может быть не повышенное содержание солей в оросительной воде, а вспышки щелочности, при которых в почве образуется высокотоксичная сода.

Низовья Сырдарьи. На данной территории в основном занимаются выращиванием риса. На этом массиве имеется около 120 тыс. га лугово-болотных почв, перспективных для развития рисосеяния.

Четвертый пункт комплексной оценки — предварительная ирригационная оценка воды.

Низовья Амударьи. Речная вода пригодна для орошения и хлопчатника и риса, но для поливов лучше всего использовать сток летних месяцев, когда вода по преобладающим ионам является сульфатной — кальциевой.

В пределах КК АССР при орошении речной водой без достаточного дренажа наблюдается вторичное засоление орошаемых земель.

Низовья Сырдарьи. Речная вода пригодна для орошения риса на Кзыл-Ординском орошаемом массиве. При поливах рисовых плантаций на нижерасположенном Казалинском массиве будет наблюдаться некоторая потеря урожая риса (до 20% урожая, полученного при поливе пресной водой — до 1,0 г/л), так как минерализация воды р. Сырдарьи на данном участке в отдельные месяцы возрастает до 3 г/л. Для поливов лучше всего использовать сток весенне-летнего периода. На обоих массивах из-за отсутствия в необходимых размерах коллекторно-дренажной сети наблюдается вторичное засоление орошаемых почв.

Пятый пункт комплексной оценки — ирригационная оценка по существующим формулам.

Для ирригационной оценки речных вод по формулам нами были выбраны математические выражения следующих авторов: Х. Стеблера (1911) в интерпретации О. А. Алекина (1970), результат расчетов обозначен через K_1; И. Н. Антипова-Каратаева и Г. М. Кадер (1961) — K_2; И. Н. Угланова (1976) — K_3; американских специалистов (1955) — K_4 и А. У. Усманова (1978) — K_5.

Вид использованных формул и характеристика пригодности речных вод для орошения земель в низовьях Амударьи и Сырдарьи приведены в табл. 36.

36. Ирригационная оценка воды Амударьи и Сырдарьи в их нижнем течении по некоторым формулам

Вид формулы	Характеристика пригодности воды для орошения	
	в низовьях Амударьи	в низовьях Сырдарьи
$K_1 = \frac{6620}{Na + 2,6\,Cl}$	Удовлетворительная	Близка к неудовлетворительной
$K_2 = \frac{r\,Ca + r\,Mg}{r\,Na + 0,23\,Mg}$	Пригодна, но близка к непригодной	Непригодна для орошения
$K_3 = \frac{Na}{Ca + Mg}$	Малоопасная для орошения	Опасная для орошения
$K_4 = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca + Mg}{2}}}$	Не опасна с точки зрения осолонцевания, но может привести к засолению почв	
$K_5 = \frac{Cl}{SO_4}$	Удовлетворительная	Малоудовлетворительная

Для всех других рассмотренных в работе ирригационных районов бассейна Аральского моря показатели коэффициентов (K_1, K_2, K_3, K_4, K_5) также были определены. Сравнивая расчетные цифры с соответствующими для них характеристиками пригодности воды для орошения, можно определить, какой по качеству водой орошаются в настоящее время выращиваемые сельскохозяйственные культуры в любом ирригационном районе.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что в настоящее время вода этих рек пригодна для орошения, но в ближайшем будущем может стать непригодной. Первоначально это будет наблюдаться в низовьях Сырдарьи, где выращивают менее солеустойчивый к засолению рис. Орошение водой обеих рек вызывает засоление почв, для его ликвидации необходимо интенсивное строительство коллекторно-дренажной сети.

Шестой пункт комплексной оценки — анализ поливов минерализованной водой в данном регионе.

Низовья Амударьи. Опыты по поливу минерализованной водой в данном регионе незначительны. В последние годы часть коллекторно-дренажных вод стали использовать для орошения хлопчатника, риса и люцерны официально. Однако площадь земель, орошенных дренажными водами, небольшая, так как при этом необходимо тщательно следить за изменением засоленности почв.

Низовья Сырдарьи. На Кзыл-Ординском орошаемом массиве все поля практически орошаются стоком р. Сырдарьи. Дренажная вода, имеющая в среднем минерализацию 2,5 г/л, отводится по Южному коллектору в русло Кувандарьи. На Казалинском массиве магистральные коллекторы отсутствуют.

И здесь проведенные полевые исследования позволяют сделать вывод, что орошать коллекторно-дренажными водами с минерализацией до 3—4 г/л можно, но при этом следует строго выполнять мелиоративные мероприятия (промывки, отвод грунтовых вод, строительство дрен и коллекторов и т. д.).

Седьмой пункт комплексной оценки — окончательная оценка пригодности воды рек Амударьи и Сырдарьи для орошения.

Дельты Амударьи и Сырдарьи имеют много сходных черт, но несколько отличаются по почвенно-мелиоративным и геохимическим условиям.

В дельте Амударьи значительная часть орошаемой площади занята луговыми и болотно-луговыми почвами, меньше — такыровидными. В дельте Сырдарьи большую часть орошаемых почв занимают такыровидные.

Почвы дельты Амударьи имеют преимущественно хлоридный тип засоления, а дельты Сырдарьи — сульфатный.

В низовьях Амударьи основное внимание уделяется выращиванию хлопчатника, а в низовьях Сырдарьи — менее солеустойчивой культуре — рису.

Оросительная вода дельт отличается по качеству: в последние годы при подходе к дельте вода р. Амударьи содержит вредных

солей в среднем 1,2—1,4 г/л, по составу она преимущественно гидрокарбонатно-сульфатно-хлоридная — магниево-натриево-кальциевая. В низовьях Сырдарьи минерализация достигает 2,5—3,0 г/л, состав воды преимущественно сульфатный — кальциево-магниево-натриевый, т. е. она более токсична, чем вода р. Амударьи.

В низовьях Амударьи в пределах Хорезмского оазиса можно расширять орошаемую площадь за счет использования речного стока и в меньшей мере — коллекторно-дренажных вод. В пределах КК АССР развитие орошения возможно только за счет речного стока и в незначительной мере — при смешении с дренажными водами. Смешанные воды при поливах хлопчатника не должны содержать больше 5 г/л солей. Для орошения лучше всего использовать сульфатные воды.

В низовьях Сырдарьи уже сейчас прогрессирует вторичное засоление земель, заметно и сокращение орошаемых площадей, так как ниже Казалинска русло реки практически высохло, а минерализация воды доходит до 3 г/л и более. Орошение такой водой рисовых плантаций приведет к снижению урожая риса на 20%, так как наиболее благоприятной для его выращивания является вода с минерализацией до 2 г/л.

В случае дефицита воды, когда ирригаторы все же вынуждены частично использовать коллекторно-дренажный сток на орошение, следует обращать внимание на особенность осваиваемых почв. В первую очередь учитывать их механический состав и фильтрационные характеристики. Но даже при остром дефиците воды минерализация коллекторно-дренажных вод, используемых для орошения, не должна превышать 3 г/л и поливать нужно более легкие хорошо дренированные почвы и пески. Более соленые (примерно до 6 г/л) воды можно использовать только для промывок сильнозасоленных почв и солончаков.

Орошать коллекторно-дренажными водами можно только на фоне хорошо работающего дренажа.

В низовьях Амударьи и Сырдарьи при современном состоянии коллекторно-дренажной сети освоение почв под орошение даже речными водами будет вызывать значительное их засоление.

Величина орошаемой площади в пределах республик Средней Азии ежегодно увеличивается. Так, в Узбекистане в 1986 г. было освоено 49 тыс. га новых орошаемых земель. Но участившееся маловодье вынуждает сельских руководителей идти на крайние меры, а именно: **максимально** использовать для орошения воду из коллекторно-дренажных сетей. При этом совершенно необходимо знать не только количество солей, но и их качество. В этих случаях может помочь комплексный метод оценки пригодности воды для орошения, который позволяет не только определить качество воды больших территорий, но и оценить ее химический состав в отдельных совхозах, колхозах, хозяйствах и т. д.

Учет минерализации поверхностных вод при межбассейновых перебросках

В пределах Средней Азии земель, пригодных для орошения, насчитывается 25—30 млн га, а оросительная способность рек позволяет обводнить только 8,0—8,3 млн га. Поэтому уже издавна при освоении новых земель под орошение в одном маловодном бассейне перебрасывали в данный ирригационный район часть стока другой реки (так, еще в 13 веке воины Чингисхана разрушили канал, соединяющий Зеравшан с Кашкадарьей).

Межбассейновые переброски стока на территории Средней Азии направлены на более рациональное использование поверхностных водных ресурсов и стали широко применяться лишь в советское время. Например, в последние десятилетия выполнены значительные объемы работ по переброске части стока Амударьи в бассейны Зеравшана и Кашкадарьи. С 1963 г. вода р. Амударьи по Амубухарскому каналу подается в центральную часть Бухарской области и в Каракульский оазис.

Для орошения земель Кашкадарьинской степи построены Каршинский и Ульяновский машинные каналы.

Составляющие Сырдарьи (Нарын и Карадарья), а также большинство притоков ее в Ферганской долине также соединены оросительными каналами (Северный Ферганский, Большой Ферганский, Южный Ферганский и др.). Это позволяет земли одного речного бассейна орошать стоком другой реки.

Во все времена строительство подобных соединительных каналов играло только положительную роль, так как позволяло увеличить валовые урожаи сельскохозяйственных культур на данной территории за счет орошения ее водами другой реки.

Естественно, что в прошлом крестьяне, занимавшиеся орошаемым земледелием, думали только о наличии воды в источниках орошения и не придавали никакого значения содержанию солей в ней. Даже если речные воды имели повышенную минерализацию (более 1,0 г/л), например, в р. Шерабад, то все равно вода этой реки шла на орошение.

Часть орошаемых земель (особенно имеющих тяжелый механический состав: суглинки и глины) при этом, конечно, засолялась, но на это крестьяне не обращали внимания, так как свободной земли было много. Поэтому на слабодренированных территориях орошение раньше носило кочевой характер, т. е. засоленные земли забрасывались, а под орошение использовались новые незасоленные участки.

В процессе развития гидрохимических наблюдений на реках Средней Азии стали уделять все больше внимания химическому составу и минерализации рек. Однако до сих пор эти наблюдения ограничиваются только описанием современного состояния качества оросительной воды, игнорирующим ее геохимическое взаимодействие с солями, находящимися в орошаемых и намеченных к орошению землях. Тем не менее совершенно ясно, что ми-

нерализация и состав оросительных вод и связанная с ними засоленность орошаемых почв непосредственно влияют на урожайность сельскохозяйственных культур. Например, установлено, что при увеличении содержания хлора в почвах от 0,02 до 0,08% урожай хлопка-сырца снижается на 50%.

Поэтому при прокладке оросительных каналов нужно обязательно исследовать не только характеристику минерализации и состав речных вод, но и состав солей, их токсичность, а также возможные реакции с поглощающим комплексом орошаемых почв.

Токсичность солей. Соли, находящиеся в почвах и водах оазисов, играют важную роль в развитии сельскохозяйственных растений. Некоторые соли даже положительно влияют на их жизнедеятельность. Так, большая часть кальциевых солей, пропитывая оболочки клеток или откладываясь между клетками, придают тканям и органам растений прочность. Кроме того, соли кальция участвуют в нейтрализации органических кислот, которые, накапливаясь в клетках до значительных концентраций, вредно действуют на них. Магний входит в состав природных солей и участвует в построении зеленого красящего вещества клеток — хлорофилла, а также в синтезе новых органических веществ.

Однако большинство природных солей вредно (токсично) действует на рост растений. Это действие может проявляться не сразу, а начиная с определенной величины их содержания. Поэтому возникло понятие «порог токсичности», под которым понимают предельное содержание солей в почве. Выше этого предела начинается угнетение роста и развития растений, обладающих сравнительно ограниченной способностью приспосабливаться к засолению. Порог токсичности для разных условий не одинаков и зависит от состава солей, влажности почв, механического их состава и др. В. А. Ковда (1946), например, считает, что для нормального водного и минерального питания растений оптимальной является концентрация водорастворимых солей в почвенных растворах 3—5 г/л.

Практикой выявлено, что именно хлориды натрия, магния и кальция, сульфаты натрия и магния, карбонат и бикарбонат натрия (углекислая и двууглекислая сода) являются токсичными солями, т. е. их присутствие в водах и почвах угнетает развитие сельскохозяйственных культур или даже приводит к их гибели.

А. П. Розов (1936) разделение солей на токсичные и нетоксичные представлял в виде простой схемы. В ней все соли, расположенные выше черты, ядовиты, а ниже черты — не токсичны:

Главные ионы по ядовитости разделяются следующим образом: к токсичным относятся Cl^-, Na^+ и Mg^{+2} — полностью; ионы HCO_3^-, связанные с Na^+ и Mg^{+2}, ионы SO^{-2}_4, связанные с Na^+ и Mg^{+2}, ион Ca^{+2}, связанный с Cl^-.

$NaCl$	Na_2SO_4	Na_2CO_3
$MgCl_2$	$MgSO_4$	$MgCO_3$
$CaCl_2$	$CaSO_4$	$CaCO_3$

Если имеется HCO_3^- токсичный (т. е. его содержание превышает содержание иона Ca^{+2} и HCO_3^- частично связывается с ионом Mg^{+2} или Na^+), то SO_4^{-2} токсичный $= SO_4^{-2}$ сбщему (так как ион SO_4^{-2} с ионом Ca^{+2} уже не связывается), при этом Ca^{+2} токсичный отсутствует, так как он полностью пошел на соединение с ионом HCO_3^-. Если имеется Ca^{+2} токсичный, то SO_4^{-2} токсичный отсутствует, так как он, полностью связываясь с Ca^{+2} , образует нетоксичную соль $CaSO_4$.

Выяснено, что очень токсично присутствие в воде бора. Интересно, что он токсичнее хлора в 100 раз. По исследованиям специалистов США, допустимая его концентрация в воде для орошения равна 0,75 мг/л.

При сравнении солей по степени их токсичности В. А. Ковда (1946) предлагает следующую оценку: если условно считать, что токсичность соды (Na_2CO_3) равна 10 баллам, то токсичность хлорида натрия ($NaCl$) равна 7 баллам, сульфата натрия (Na_2SO_4) и магния ($MgSO_4$) — 5 — 3 баллам, а сульфата кальция ($CaSO_4$) и углекислого кальция ($CaCO_3$) — примерно 1 баллу.

Рассмотрим теперь, какие соли присутствуют в речных водах Средней Азии в настоящее время, и дадим оценку их токсичности.

Токсичность воды различных рек. В табл. 37 приведены сведения о содержании солей в воде наиболее крупных рек Средней Азии в период половодья и межени по бассейнам Сырдарьи и Амударьи.

Как видно, в воде р. Нарын в половодье преобладает углекислый кальций, из токсичных солей присутствуют сульфат магния и хлориды натрия и магния. В межень содержание токсичных солей возрастает, причем, кроме сульфата магния, в воде появляется и сульфат натрия.

В воде р. Карадарьи и в половодье и в межень содержатся одни и те же соли, только в зимние месяцы несколько повышено содержание сульфата натрия.

Состав солей не меняется внутри года и в самой р. Сырдарье после слияния Нарына и Карадарьи, только в межень содержание каждой соли значительно выше.

Не меняется состав солей в Сырдарье и при выходе ее из Ферганской долины, только их содержание по сравнению с верхним течением еще более возрастает. Преобладают среди солей сульфаты магния и кальция.

Очень хорошая по качеству вода р. Ахангаран: среди солей здесь преобладает углекислый кальций, который не токсичен. Содержание токсичных солей не очень велико: 0,04—0,34 мг-экв. В устье реки содержание солей значительно меняется: в воде начинает преобладать сульфат магния и появляется в значительном количестве хлористый натрий.

Похожая картина наблюдается и в р. Чирчик. Если в верховье реки вода вполне пригодна для орошения, а содержание токсичных солей колеблется от 0,08 до 0,39 мг-экв, то к устью реки токсичность значительно увеличивается, особенно в межень. Так,

37. Среднее содержание солей в воде наиболее крупных рек Средней Азии в период половодья и межени

Фаза гидрологического режима: 1 — половодье, 2 — межень	Минерализация, г/л	Соль, мг-экв						
		$Ca(HCO_3)_2$	$CaSO_4$	Mg_2SO_4	$NaSO_4$	Na_2Cl	$Mg(HCO_3)_2$	$MgCl_2$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
I. Бассейн р. Сырдарьи								
1. Река Нарын — створ Учкурган								
1	0,26	1,70	0,51	0,77	—	0,59	—	0,04
2	0,34	2,11	—	1,16	0,43	0,83	0,19	—
2. Река Карадарья — створ Учтепе								
1	0,50	2,67	0,57	2,03	0,78	0,99	—	—
2	0,66	3,25	0,45	1,57	2,92	0,80	—	—
3. Река Сырдарья — створ Каль								
1	0,46	1,96	1,53	1,39	0,61	1,05	—	—
2	1,25	2,92	3,84	4,86	4,18	2,34	—	—
4. Река Сырдарья — створ Кызылкишлак								
1	0,87	2,21	2,43	3,16	2,74	2,13	—	—
2	1,44	3,41	4,26	6,48	3,33	3,82	—	—
5. Река Ахангаран — створ устье р. Ирзак								
1	0,10	0,60	0,14	0,04	0,23	0,34	—	—
2	0,17	1,23	0,13	0,22	0,40	0,31	—	—
6. Река Ахангаран — створ Устье								
1	0,82	4,20	0,37	2,56	1,26	—	—	—
2	1,29	4,16	1,54	6,69	4,02	2,28	—	—
7. Река Чирчик — створ Газалкент								
1	0,16	1,40	—	0,33	0,08	0,39	0,03	—
2	0,29	2,01	—	0,07	0,79	0,29	0,58	—
8. Река Чирчик — створ Чиназ								
1	0,49	3,32	—	1,61	0,63	0,93	0,20	—
2	1,17	3,00	1,78	3,85	2,21	1,85	—	—
II. Бассейн р. Амударьи								
1. Река Амударья — створ Термез								
1	0,50	1,50	1,30	0,71	1,91	1,72	—	—
2	0,83	2,16	2,23	1,66	2,27	4,12	—	—
2. Река Амударья — створ Туямуюн								
1	0,54	1,70	2,05	2,07	—	3,03	—	0,37
2	1,58	2,49	2,52	3,57	1,53	14,92	—	—
3. Река Амударья — створ Самантай								
1	0,69	2,25	1,60	1,94	2,03	2,32	—	—
2	2,17	3,52	5,08	8,22	1,54	15,83	—	—

1	2	3	4	5	6	7	8	9
			4. Река Сурхандарья — верхний створ					
1	0,25	2,02	0,04	0,77	0,21	0,35	—	—
2	0,57	3,43	0,75	2,24	0,78	0,83	—	—
			5. Река Сурхандарья — створ Мангузар					
1	0,70	3,07	1,66	3,69	1,37	1,24	—	—
2	1,39	4,77	4,85	5,35	2,67	2,79	—	—
			6. Река Зеравшан — створ Дупули					
1	0,18	1,27	—	0,75	0,03	0,14	0,21	—
2	0,30	2,34	—	0,92	0,24	0,17	0,28	—
			7. Река Зеравшан — створ Навои					
1	0,85	3,54	2,41	4,45	—	0,39	—	—
2	1,37	3,16	1,74	4,85	7,79	2,02	—	—
			8. Река Кашкадарья — створ Варганзи					
1	0,25	2,48	—	0,34	—	0,03	0,19	0,17
2	0,35	2,56	—	—	0,37	0,25	0,90	—
			9. Река Кашкадарья — створ Каратикон					
1	0,68	3,36	—	2,78	2,09	1,21	0,19	—
2	4,13	5,09	5,03	25,61	6,80	23,24	—	—
			10. Река Шерабад — створ Дербент					
1	0,95	2,08	3,57	1,96	1,81	4,65	—	—
2	2,50	1,76	11,40	4,87	3,33	16,90	—	—

содержание сульфата магния доходит до 3,85 мг-экв, сульфата натрия — до 2,21 и хлорида натрия — до 1,85 мг-экв.

Содержание токсичных солей в воде Амударьи повышено уже в верховье реки (у створа Термез): здесь углекислый кальций не преобладает над другими солями. Даже в половодье в последние годы в воде преобладает сульфат натрия и хлорид натрия. В межень содержание последней соли увеличивается до 4,12 мг-экв.

К нижнему течению реки в воде сохраняются те же соли, только иногда в ней образуется и хлорид магния. В связи с ростом минерализации содержание всех солей в воде увеличивается, особенно это относится к хлориду натрия, его токсичность равна 7 баллам.

К створу Саманбай содержание токсичных солей в речной воде вновь несколько повышается. Преобладающее место занимает хлорид натрия: в межень до 15,83 мг-экв. Повышено также содержание сульфата магния — до 8,22 мг-экв. Содержание нетоксичных солей в сумме достигает всего 8,60 мг-экв. В нижнем течении р. Амударьи в последние годы значительно увеличилась минерализация речной воды. Так, у Саманбая она в отдельные месяцы сейчас повышается до 2,17 г/л.

Хорошая по качеству вода в верхнем течении р. Сурхандарьи, особенно во время половодья, когда в ней преобладает двууглекис-

лый кальций. В межень содержание токсичных солей несколько возрастает, но качество воды в целом не меняется.

В низовье реки у створа Мангузар содержание токсичных солей (особенно в межень) значительно увеличивается. Преобладающее место занимает сульфат магния — до 5,35 мг-экв; повышено также содержание хлорида и сульфата натрия — соответственно 2,79 и 2,67 мг-экв.

В р. Шерабад минерализация речной воды повышена за счет естественных условий. Во время половодья и в межень среди солей преобладает хлорид натрия—4,65 и 16,90 мг-экв. Суммарное содержание токсичных солей также превышает содержание нетоксичных солей. Несмотря на это, как уже отмечалось, воды этой реки издавна используются на орошение. Естественно, что повышенное содержание в воде токсичных солей и ее высокая минерализация (до 2,6 г/л) сказываются как на изменении химизма орошаемых почв, так и на урожайности сельскохозяйственных культур.

Вода р. Зеравшан исключительно благоприятна для орошения. У створа Дупули (он расположен в пределах ТаджССР) в течение года в составе воды преобладает двууглекислый кальций: 1,27—2,34 мг-экв. Содержание токсичных солей незначительно.

Значительно изменяется состав воды ниже Самаркандского оазиса у створа Навои. Среди солей во время половодья начинает преобладать сульфат магния (до 4,45 мг-экв), а в межень — сульфат натрия — до 7,79 мг-экв. Таким образом, в Бухарский оазис поступает речная вода с повышенным содержанием токсичных солей.

Очень хорошая по качеству вода и в верховье р. Кашкадарьи у створа Варганзи. Круглый год в воде преобладает нетоксичная соль — двууглекислый кальций.

Очень сильно меняется состав речной воды ниже по течению у створа Каратикон, особенно в межень, когда река начинает интенсивно дренировать грунтовые воды. В этот период минерализация воды иногда доходит до 4,13 г/л, в ней преобладают сульфат магния и хлорид натрия — соответственно 25,61 и 23,24 мг-экв.

Таким образом (табл. 37), видно, что минерализация и химический состав речных вод Средней Азии далеко не одинаковы. В принципе каждому речному бассейну присущ свой состав речной воды с определенным содержанием токсичных и нетоксичных солей и их соотношением между собой.

Поэтому при орошении целинных земель в бассейнах одних рек за счет стока других водотоков необходимо учитывать химический состав оросительных вод и их ожидаемые реакции с солями, находящимися в почвах. Одни и те же почвы (с их уже сложившейся геохимией и содержанием солей в поглощающем комплексе) можно оросить как хорошей по качеству водой, так и весьма неудовлетворительной, токсичной. Поэтому необходимо выбирать

наиболее благоприятный в геохимическом отношении вариант орошения данных земель.

Если этот фактор не учитывать, то возможны различные отрицательные последствия как самого состояния почв (их засоление, слитизация, появление шоров, солончаков, очагов содопроявления и др.), так и определенная потеря урожая выращиваемых сельскохозяйственных культур.

Поэтому при осуществлении межбассейновых переброс необходимо учитывать качество оросительных вод и орошаемых почв. Этот вопрос требует серьезного исследования.

Охрана качества речных вод

Качество речных вод Средней Азии под влиянием орошения и сбросов промышленных стоков постепенно ухудшается: растет минерализация воды в нижних течениях рек, на отдельных участках водотоков в определенные дни и месяцы повышается содержание токсичных элементов и остатков ядохимикатов. Несомненно, эти процессы требуют не только фиксации, но и разработки охранных мероприятий, направленных на сохранение чистоты наших рек. Не следует забывать, что охрана речных вод является частью мероприятий, проводимых по охране окружающей среды, и должна выполняться с их учетом и во взаимосвязи с ними.

Формы борьбы за улучшение качества речных вод могут быть: 1) инженерно-техническими, 2) административными, 3) научно-исследовательскими. Под первыми понимается проведение в жизнь конкретных инженерных решений, под вторыми — организация службы учета, охраны и рационального использования воды, под третьими — разработка научных основ охраны.

К инженерно-техническим формам борьбы следует отнести:

— повторное (многократное) использование коллекторно-дренажных вод внутри зоны их формирования;

— отведение сильноминерализованных (более 10 г/л) остатков этих вод в специальные бессточные впадины или озера или в специально построенные искусственные резервуары, которые можно назвать «солеприемниками» или «солехранилищами»;

— строительство опреснительных установок. Их следует размещать не только в руслах рек, но и в руслах наиболее водоносных и наименее минерализованных коллекторов (меньше 5 г/л);

— создание и использование микроопреснителей, которые могли бы временно (во время вегетационного сезона) работать в русле любого малого коллектора или дрены. Такие опреснители можно сделать переносными (наподобие насосов) и использовать их только во время поливов;

— прокладка по берегам рек магистральных коллекторов с целью перехвата и транспорта за пределы массивов (например, в Аральское море) минерализованных возвратных вод;

— гидроизоляцию каналов и коллекторов, где это необходимо, и др.

Административные формы борьбы включают в себя следующее:

— уточнение некоторых республиканских, краевых, областных и районных границ для приближения их к границам крупных, средних и малых бассейнов или групп бассейнов;

— увеличение числа начальных и замыкающих створов. Расположение их должно быть таково, чтобы получить данные, характеризующие состояние орошаемых массивов или режим работы промышленных объектов, сбрасывающих отходы в реки. Створы следует располагать выше и ниже орошаемых и намеченных к орошению массивов;

— значительное расширение, укрепление кадрами, обеспечение новейшей отечественной и зарубежной химико-аналитической аппаратурой отделов и лабораторий, занимающихся изучением качества речных вод;

— фиксацию при полевых работах всех имеющихся в речных бассейнах малых, средних и больших загрязнителей;

— создание автоматической системы управления (АСУ) всеми водными объектами в бассейне, а также имеющимися промышленными предприятиями для расчета количества, качества и времени их сбросов.

Борьба за улучшение качества речных вод заключается в дальнейшем исследовании:

— прогноза качества поверхностных вод на ближайшую и отдаленную перспективы при различных условно заданных технических вариантах;

— создания дешевых и качественных опреснительных установок и микроопреснителей;

— обоснования повторного (местами полного) использования минерализованных коллекторно-дренажных вод внутри орошаемых контуров. В пределах каждого массива (и даже хозяйства) необходимо создать полевые резервуары (малые водохранилища) для того, чтобы хранить в них пресную (до 1,0 г/л) воду, а также резервуары —«солехранилища» для приема наиболее соленых поверхностных вод (более 10—15 г/л). Минерализованными водами можно частично орошать солеустойчивые галофитные растения (просо, джугару и др.) а также использовать их на водопой скоту. Очень сильно засоленные воды (рассолы) можно использовать для лечебных целей;

— оценки ущерба, наносимого здоровью человека увеличением минерализации и ухудшением качества речных вод;

— дальнейшей разработки методов прогноза изменения минерализации и химического состава воды рек, а также работающих, строящихся и проектируемых каналов под влиянием орошения.

Для улучшения качества речных вод Средней Азии можно предложить:

1. В бассейне р. Сырдарьи очагами интенсивного выноса легкорастворимых солей в реки являются коллекторы Ферганской долины, отдельные коллекторы Голодной степи и Ташкентского оазиса. Необходимо уменьшить поступление сбросов этих коллекторов в реки. Объемы возможного сброса каждого коллектора (Сохского, Ачиккульского, ГПК, Уртукли и др.) необходимо ограничивать заданной величиной минерализации, наблюдаемой в реке после впадения этих коллекторов. Как один из вариантов можно, например, ограничиться тем, чтобы расчетная минерализация речной воды по всему течению Сырдарьи не превышала 1,0 или 1,5 г/л.

Вокруг Арнасайского водоема (куда сбрасывают свои стоки многие коллекторы Голодной степи) необходимо создать рекреационную зону отдыха для населения прилегающих к нему областей. Подобные водоемы при благоприятном качестве сбросных вод можно широко использовать для разведения рыбы и водоплавающей птицы. Подобные водные природные комплексы со своим растительным и животным миром можно создать и на базе других водоемов, служащих приемниками коллекторно-дренажных стоков.

Необходимо увеличить поступление поверхностного стока в дельту р. Сырдарьи за счет более четкого планирования водопользования в верхней и средней частях бассейна.

2. В бассейне р. Амударьи на минерализацию речной воды наибольшее влияние оказывают Вахшский, Сурхан-Шерабадский и Чарджоуский оазисы. Поэтому необходимо ограничить поступление минерализованных стоков из следующих коллекторов: В-9, В-10, К-13, В-7, В-Д—6, В-Д—10, Ангорского, К-2, Ж-К, К-5, Самстечного, Бурдалыкского, Ходжамбасского и Главного Левобережного.

В последние годы в р. Амударью стали поступать стоки Южного коллектора с территории Каршинской степи и Главного Бухарского коллектора с территории Бухарской области. Величину этих стоков также необходимо ограничить, чтобы расчетная величина минерализации речной воды по течению Амударьи не превышала 1,0—1,5 г/л. Воду Дарьялыкского коллектора, по-видимому, лучше сбрасывать не в Сарыкамышскую впадину, а в Аральское море.

Отдельные водоемы бассейна Амударьи (озера Катташор, Сарыкамыш, Султандаг, Денгизкуль, Соленое и др.) необходимо использовать для разведения рыб и водоплавающей птицы, а также использовать их в качестве зоны отдыха.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При изучении различных географических курсов необходимо уделять внимание не только речным и подземным водам суши, но и коллекторно-дренажным водам, которые среди специалистов водного хозяйства принято называть «возвратными» водами, так как они забираются для орошения в верховьях рек и вновь возвращаются в них ниже по течению не только поверхностным, но и подземным путем.

Изучением этих вод не следует пренебрегать, особенно в условиях Средней Азии, где они при слиянии в единый поток могли бы образовать новую реку, подобную Сырдарье.

С другой стороны, многие программы курсов предусматривают изучение физических и химических свойств вод суши, путей их рационального использования и охраны. Эти вопросы также раскрываются в данном учебном пособии. Изучение химического состава вод суши имеет важное народнохозяйственное значение. При увеличении содержания какого-либо токсичного вещества в воде ее нельзя использовать не только для питья, но и для орошения сельскохозяйственных культур и даже в технических целях.

Понятно, что когда речные воды формировались только в естественных условиях или при незначительном влиянии деятельности человека, то химический состав их был благоприятным. Но с течением времени, по мере развития орошения в бассейнах рек, величина минерализации их вод стала расти, а химический состав ухудшаться. Во всех крупных орошаемых массивах Средней Азии в значительном объеме появились коллекторно-дренажные воды, имеющие повышенную минерализацию. Эти воды и явились источником ухудшения качества речных вод.

Поэтому при изучении курсов «Общее землеведение», «Физическая география Средней Азии» и др. необходимо освещать и эту часть водных ресурсов речных бассейнов Средней Азии.

В данном учебном пособии приведены результаты расчетов будущей минерализации речных вод, выполненных разными способами, в том числе и **бассейновым** методом, т. е. по связи минерализации речных вод с величиной и степенью засоления орошаемой площади в бассейне.

Учитывая, что в республиках Средней Азии поверхностные воды главным образом используются для орошения, в книге изложены возможности использования воды с тем или иным химическим составом. Дополнительно к описанию всех существующих способов оценки ирригационного качества воды предлагается и **комплексный** метод ее оценки, использованный при определении качества воды в низовьях Сырдарьи и Амударьи.

Выявленный процесс ухудшения качества речных вод Средней Азии требует принятия мер для уменьшения этого процесса или

полной его ликвидации. Формы борьбы за улучшение качества воды могут быть: инженерно-техническими, административными и научно-исследовательскими.

Замедлить рост минерализации речных вод может строительство опреснительных установок в устьях впадающих в них коллекторов. В проектах нужно конкретно указывать места расположения опреснительных комплексов, определенный режим их работы, а также объемы деминерализации воды. Например, в условиях Узбекистана опреснительные установки целесообразно построить в устьях коллекторов Ферганской долины, так как здесь некуда отводить коллекторно-дренажные воды и они в итоге попадают в р. Сырдарью. Необходимо предусмотреть строительство опреснителей и в низовьях рек Сырдарьи и Амударьи (например, у створов Кзыл-Орда и Саманбай), так как в ближайшие 10—15 лет минерализация воды в этих реках будет все более увеличиваться.

Для разработки наиболее оптимальных мер по борьбе с ростом минерализации в каждом речном бассейне необходимо создать автоматическую систему управления (АСУ) для учета объемов и качества всех сбросов, попадающих в реки.

ЛИТЕРАТУРА

Аболин Р. И. Основы естественноисторического районирования Советской Средней Азии.— Тр. САГУ, сер. 12а, вып. 2, Ташкент, 1929.

Алекин О. А. Гидрохимический режим р. Амударьи.— Тр. ГГИ, 1951, вып. 33.

Алекин О. А. Основы гидрохимии. Л.: Гидрометеоиздат, 1970.

Аношко В. С. Географические основы мелиорации. Минск, 1974.

Базилевич Н. И., Панкова Е. И. Классификация почв по химизму и степени засоления.— Вып. VI, Ереван, 1971.

Барон В. А. К вопросу прогноза солевого режима почвогрунтов.— Вопросы мелиоратив. гидрогеологии, ВСЕГИНГЕО, вып. 3, 1967.

Боровский В. М. Геохимия засоленных почв Казахстана. М.: Наука, 1978.

Вернадский В. И. История природных вод. Избр. соч., т. 2. Изд-во АН СССР, 1960.

Волобуев В. Р. Расчет промывки засоленных почв. М.: Колос, 1975.

Воропаев Г. В. Проблема водообеспечения страны и территориальное перераспределение водных ресурсов.— Водные ресурсы, 1982, № 6.

Воропаев Г. В. Научно-технический прогресс в развитии водных мелиораций и использовании водных ресурсов.— Сб.: Водные мелиорации в СССР. М., 1974.

Воронков П. П. Гидрохимия местного стока Европейской территории СССР. М.: Гидрометеоиздат, 1970.

Герасимов И. П., Глазовская М. А. Основы почвоведения и география почв. М.: Географгиз, 1960.

Глухова Т. П. Почвенные процессы при орошении минерализованными водами. Ташкент: Фан, 1977.

Использование минерализованных вод для орошения. М.: Колос, 1973.

Кац Д. М. Влияние орошения на режим грунтовых вод. М.: Колос, 1976.

Кирста Б. Т. Метод расчета среднемесячной минерализации речных вод для конкретных лет. Минводхоз, ЦБНТИ, экспресс-информация, М., 1980, сер. 9, вып. 2.

Ковда В. А. Происхождение и режим засоленных почв. Т. 1. М.-Л., Изд-во АН СССР, 1977.

Ковда В. А. Основы учения о почвах. Т. 1, 2. М.: Наука, 1977.

Когай Н. А. К проблеме физико-географического районирования Узбекской ССР. Ташкент, 1963.

Костяков А. Н. Основы мелиорации. М., 1961.

Крылов М. М. Основы мелиоративной гидрогеологии Узбекистана. Ташкент, 1959.

Коронкевич Н. И. Охрана, преобразование и рациональное использование водных ресурсов. М.: Знание, 1978.

Легостаев В. М. Об использовании вод повышенной минерализации на орошение. Ташкент: Госиздат УзССР, 1961.

Летунов П. А. Почвенно-мелиоративные условия в низовьях Амударьи.— Тр. Арало-Каспийской экспедиции. М.: Изд-во АН СССР, 1958.

Львович М. И. Водные ресурсы земного шара и их будущее.— Изв. АН СССР. Сер. географ., 1967, № 6.

Львович М. И. Человек и воды. М.: Географгиз, 1963.

Максимович Г. А. Химическая география вод суши. М.: Географгиз, 1955.

Мелиорация земель в СССР. М.: Колос, 1975.

Минашина Н. Г. Засоленные почвы и их мелиорация. М.: Колос, 1979.

Нерозин А. Е. Дренаж и опреснение засоленных земель. Ташкент, 1964.

Орошение и дренаж засоленных почв и их изменение при длительном использовании. М.: Наука, 1967.

Пакшина С. М. Передвижение солей в почве. М.: Наука, 1980.

Панков М. А. Мелиоративное почвоведение. Ташкент: Укитувчи, 1974.
Перельман А. И. Геохимия ландшафта. М.: Высшая школа, 1975.
Питьева К. Е. Геохимия. М.: Изд-во МГУ, 1979.
Рабочев С. И. Мелиорация засоленных почв среднего течения Амударьи. Ашхабад: Туркменистан, 1964.
Рубинова Ф. Э. Изменение стока и минерализации рек аридных бассейнов под влиянием водных мелиораций.— В сб.: Современ. проблемы гидрологии орошаемых земель, ч. 2. Изд-во МГУ, 1981.
Степанов И. Н. Почвенные прогнозы. М.: Наука, 1979.
Степанов И. Н., Чембарисов Э. И. Влияние орошения на минерализацию речных вод. М.: Наука, 1978.
Уклонский А. С. Материалы для геохимической характеристики вод Туркестана. Ташкент, 1925.
Харченко С. И. Гидрология орошаемых земель. Л.: Гидрометеоиздат, 1975.
Ходжибаев Н. Н. Гидрогеолого-мелиоративное районирование (на примере Средней Азии). Ташкент: Фан, 1975.
Чембарисов Э. И. Общая характеристика изученности минерализации и химического состава коллекторно-дренажных вод Средней Азии.— Тр. САРНИГМИ, 1977, вып. 52 (133).
Чембарисов Э. И. Гидрохимический режим коллекторно-дренажных вод некоторых оазисов Средней Азии.— В сб.: Вопросы гидрогеологии ноосферы, вып. 3, Ташкент, 1978.
Чембарисов Э. И., Бахритдинов Б. А. Химический состав оросительных вод Узбекистана. Ташкент: Узбекистан, 1981.
Чембарисов Э. И., Бахритдинов Б. А. Гидрохимия речных и дренажных вод Средней Азии. Ташкент: Укитувчи, 1983 (на узбекском языке).
Чембарисов Э. И. Гидрохимия орошаемых территорий (на примере бассейна Аральского моря). Ташкент: Фан, 1988.
Шестаков В. М. Методы гидрогеологических исследований при обосновании мелиоративных мероприятий. В сб.: Совр. пробл. гидрологии орош. земель, ч. 2. Изд-во МГУ, 1981.
Шульц В. Л. Реки Средней Азии. Л.: Гидрометеоиздат, 1965.
Юнге Х. Химический состав и радиоактивность атмосферы. М.: Мир, 1965.