

**Академия Наук Республики Узбекистан**

**Институт водных проблем**

**Научно-информационный Центр Межгосударственной  
координационной водохозяйственной комиссии (НИЦ МКВК)**

**Х.Э. Якубов, М.А. Якубов, Ш.Х. Якубов**

**Коллекторно-дренажный сток Центральной  
Азии и оценка его использования на орошение**

**Ташкент 2011**

## Введение

В последних сессиях Всемирного водного форума отмечено, что на данный период во всем мире ощущается проявление различного рода природных катаклизмов, часть которых связана с глобальным потеплением климата. С этим связано усиление дефицита воды, засухи, наводнения, цунами, истощение запасов питьевой воды и др. Эти последствия представляют еще большую угрозу для бассейна Аральского моря, расположенного в аридной зоне, где уже имеет место целый комплекс упомянутых проблем.

В Центральной Азии развитие орошения и дренажных систем в 1960-1980 гг. создало, несомненно благоприятные условия для повышения продуктивности почв и роста сельскохозяйственного производства.

В настоящее время в странах Центральной Азии наблюдается влияние маловодных лет, резкое падение роста сельскохозяйственного производства, проблемы с распределением трансграничных водных ресурсов, ухудшением качества речных вод, засоление и деградация почв и др.

Одной из не решенных проблем является проблема управления сформированными возвратными водами и сброса их в ствол реки, озера и ветланды, т.к. коллекторно-дренажный сток является источником поступления солей в реки и загрязнения водных объектов.

По мере развития оросительных и дренажных систем в регионе наблюдался постоянный рост объема формируемых возвратных коллекторно-дренажных вод, который достигал до 36-38 км<sup>3</sup> в год. После 1991 года объем возвратных вод несколько стабилизировался. В среднем за период 1990-1999 гг. их суммарный объем колебался от 28 до 33,5 км<sup>3</sup>/год. Из них около 13,5-15,5 км<sup>3</sup> ежегодно формировалось в бассейне Сырдарьи и 16-19 км<sup>3</sup> в бассейне Амударьи.

За последнее десятилетие (2000-2009 гг.) по данным НИЦ МКВК суммарный объем коллекторно-дренажных вод в среднем составляет около 30 км<sup>3</sup>/год, что свидетельствует о незначительном уменьшении стока. Более 51% от общего объема возвратных вод отводится по коллекторам в реки; около 33% - в понижения и всего 16% - повторно используется для орошения. Одной из крупных проблем в регионе стала проблема огромных объемов сброса дренажного стока и вместе с ними растворенных солей в речные системы. При этом в годы Советской власть возвратный коллекторно-дренажный сток сбрасываемый в реки расценивался как увеличение оросительной способности речных стоков или располагаемых водных ресурсов. В схемах комплексного использования водных ресурсов бассейна Аральского моря, составленных проектными институтами (Союзводпроект, Средазгипроводхлопок, Узгипроводхоз и др.) за счет возвратного стока дренажных вод прогнозировалась возможность повышения оросительной способности речных стоков до 15-20%.

Однако развитие орошаемого земледелия в Центральной Азии за последние десятилетия показало, что такое «повторно-прокатное» использование и увеличение располагаемых водных ресурсов через ствол рек «полезно» только до определенного предела их возврата, за чертой которого оно наносит большой ущерб не только питьевому водоснабжению, но и другим отраслям народного хозяйства. Это связано

главным образом с возвратом больших объемов солей и увеличением минерализации речных вод в среднем и нижнем течении до 0,9-1,3 г/л (в маловодные годы до 1,5 г/л, против 0,5-0,7 г/л в 1960-1965 гг.

Сейчас уже ясно, что из года в год будет усиливаться дефицит водных ресурсов в регионе. Тем более ожидается возрастание потребностей Афганистана в водных ресурсах р.Амударья. С другой стороны перевод крупных водохранилищ построенных в верховьях р. Сырдарья и р. Амударья на энергетический режим эксплуатации, а также частые наступления маловодных лет стало жестко влиять на водообеспеченность огромных территорий, расположенных в средних и нижних течениях рек. По данным НИЦ МКВК за последнее десятилетие водообеспеченность орошаемых земель этих территорий не превышает 60-70% от требуемого, что наносит ощутимый урон сельскому хозяйству.

Отмеченное положение заставляет искать другие подходы в решении проблемы управления и размещения коллекторно-дренажных вод, обеспечивающих с одной стороны, резкое уменьшение водо-и солеобмена между орошаемой территорией и рекой, а с другой - эффективного развития орошаемого земледелия.

Одним из путей решения проблемы дальнейшего развития аграрного сектора является разработка крупномасштабных мероприятий по сокращению стока коллекторно-дренажных вод через повторное использование их в местах формирования. Перспективность такого рода технологий состоит в том, что в регионе формируются достаточно большие объемы дренажно-сбросных и подземных вод, имеющих слабую минерализацию, не превышающую 1,2-2,5 г/л. В настоящее время только часть этих вод используется на орошение.

Таким образом, в настоящее время одной из важных задач, стоящих перед водохозяйственными организациями региона является организация управления коллекторно-дренажным стоком: его объемами, использованием части стока, сбросом в реки, лимитированием сброса в рамках бассейна и бассейновых организаций.

Очевидно, что пришло время признать, что коллекторно-дренажные воды, сформировавшиеся в пределах каждой республики необходимо считать их внутренним ресурсом. В будущем, при распределении трансграничных водных ресурсов необходимо исключить из лимита объемы дренажно-сбросных вод, формируемых на территории республики. И каждая страна исходя из своих требований, самостоятельно должна решать проблему их использования и управления. В будущем необходимо исключить объемы КДВ при выделении водных ресурсов.

Предлагаемая авторами книга является итогом исследований и обобщений, раскрывающих сложную природу формирования, управления и повторного использования коллекторно-дренажных вод в современных условиях в Центральной Азии. В ней приводятся научно-методические и технологические приемы решения этой проблемы.

Привлечен и теоретически обобщен огромный экспериментальный и производственный материал, освещающий проблему с разных сторон. В основу концепции положены также результаты собственных многолетних теоретических и натурных исследований авторов, проведенных в Институте водных проблем Академии наук Узбекистана, Среднеазиатском Научно-производственном объединении по

ирригации (НПО САНИИРИ), а также в Научно-информационном центре межгосударственной координационной водохозяйственной комиссии (НИЦ МКВК).

Авторы выражают огромную благодарность директору НИЦ МКВК проф. В.А.Духовному, сотрудникам САНИИРИ д.т.н. Р.К.Икрамову, к.г.м.н. В.Г.Насонову и др. за советы и помощь в работе при подготовке данного издания.

# Глава 1. Природно-хозяйственная характеристика бассейна Аральского моря и развитие орошаемого земледелия

## 1.1. География бассейна Аральского моря

Природные условия бассейна Аральского моря подробно освещены в монографии «Средняя Азия» (1988), где отражены особенности от формирования и развития.

Бассейн Аральского моря расположен в центре Евразии. Бассейн охватывает всю территорию Таджикистана, Узбекистана, большую часть Туркменистана, три области Кыргызской Республики (Ош, Джалалабад, Нарын), южную часть Казахстана (две области: Кызыл-Орда и Южный Казахстан) и северную часть Афганистана и Ирана. Эта территория простирается между  $56^{\circ}$  и  $78^{\circ}$  восточной долготы и  $33^{\circ}$  и  $53^{\circ}$  северной широты, охватывая площадь в 1,549 млн.км<sup>2</sup>. Из них около 0,59 млн.км<sup>2</sup> земель пригодны для обработки (табл.1.1).

Территория бассейна Аральского моря может быть разделена на две основные зоны: Туранскую равнину и горную зону. Западная и северо-западная части бассейна Аральского моря в пределах Туранской равнины покрыты пустынями Кара-Кум и Кызылкум. Восточная и юго-восточная части относятся к высокогорной зоне хребтов Тянь-Шаня и Памира. Оставшаяся часть бассейна включает аллювиальные и межгорные долины, сухую и полусухую степи. Различные формы рельефа в этих странах создали определенные условия, которые отражаются во взаимосвязи между водой, землей и населенной областью региона. Около 90 % территории Кыргызской республики и Таджикистана занимают горы. Это создает, с одной стороны, "монополю" для этих двух стран на формирование водных ресурсов в бассейне и, с другой стороны, дефицит пригодных для обработки земель. Важнейшей особенностью региона являются оазисы (Ферганская долина, Хорезм, Ташауз, Мары, Зерафшан, Ташкент-Чимкент), которые покрывают лишь небольшую часть всей территории, но с древних времен являлись центром человеческой деятельности и заселения из-за приемлемых условий жизни (вода, осадки, самые плодородные почвы и т.д.).

Таблица 1.1. Земельные ресурсы бассейна Аральского моря

Страна	Площадь	Пригодная для обработки площадь	Обрабатываемая площадь	Фактически орошаемая площадь
	га	га	га	га

Казахстан*	34440000	23872400	1658800	786200
Кыргызская республика*	12490000	1257400	595000	422000
Таджикистан	14310000	1571000	769900	719000
Туркменистан	48810000	7013000	1805300	1735000
Узбекистан	44884000	2544770	5207800	4233400
Бассейн Аральского моря	154934000	59161500	10036800	7895600

\* - включены только провинции в бассейне Аральского моря

Большая часть территории Казахстана, Туркменистана и Узбекистана покрыта пустынями (более 50 %) и только 10 % территории представлена горами. Подобное разделение создало огромный потенциал для развития орошения, которому необходимо больше водных ресурсов, чем располагают страны.

## 1.2. Климат

Закрытое расположение Центральной Азии в Евро-Азиатском континенте определяет резко континентальный климат с малым количеством неравномерно распределенных осадков. Для региона типична большая амплитуда суточных и сезонных температур, с высокой солнечной радиацией и относительно низкой влажностью. Большие различия географического положения и высотных отметок от 0 до 7500 м над уровнем моря объясняют разнообразие микроклимата. Горы расположены на востоке и юго-востоке и являются центром формирования водных ресурсов и их стока, хотя данная область нередко находится под воздействием влажных ветров, большая часть влаги забирается горами, для остальной же части бассейна остается небольшое количество осадков, при испаряемости (испарение с водной поверхности) от 1000-12000 мм в предгорьях, до 1500-1600 мм в год в пустынной зоне.

Коэффициент увлажнения ( $K = \frac{O_c}{U}$ ) изменяется в регионе от 0,06 до 0,2. Средняя температура июля на низких высотных отметках, в долинах и пустынях, изменяется от 26°C на севере до 30°C на юге, с максимальной температурой 45-50°C. Средне январская температура изменяется от 0°C на юге до -8°C на севере с абсолютным минимумом -38°C. Количество осадков в низинах и долинах 80-200 мм в год, осадки в основном выпадают зимой и весной. В то же время в предгорьях выпадает 300-400 мм осадков, а на южной и юго-западной стороне горных цепей – 600-800 мм.

Климат региона изменяется в зависимости от географических и геоморфологических условий, что определяет разницу в спросе на воду для орошения.

Большие различия во влажности воздуха в летнее время между старыми оазисами и новыми орошаемыми землями (50-60 % и 20-30 %) являются причиной значительно большего спроса на воду в бывшей пустыне (теперь орошаемой) по сравнению с оазисом. Вторым фактором, влияющим на сельскохозяйственное производство, является нестабильная весенняя погода, что выражается в температурных колебаниях, осадках и даже поздних заморозках (иногда в начале мая) и граде (в июне – иногда повреждает побеги хлопка и овощей на больших площадях).

### **1.3. Геоморфолого-гидрогеологические условия**

В географо-геоморфологическом отношении в бассейне Аральского моря выделяются 3 крупных провинции: Туранская равнина, горные страны Пармир, Тянь Шань и Туркмено-Хоросанская страна.

По климатическим признакам с учетом геоморфологических особенностей в пределах бассейна выделяются 2 крупных геоморфолого-ландшафтные зоны: пустынная низменность и подгорная равнина. В свою очередь зона (область) пустынной низменности состоит из 4, а Подгорная из 3 крупных геоморфолого-ландшафтных районов, отличающихся между собой рельефами, литологическими строениями толщи пород, определяющих уклон поверхностей земли, дренированности территории, и, тем самым, значения поверхностного и подземного стоков и направленность развития эколого-мелиоративных процессов при освоении и орошении территории.

В пустынной низменности к этим районам относятся:

- 1) речные террасы (средние и нижние), слабодренированные в естественных условиях;
- 2) аллювиальные равнины, замкнутые котловины, не имеющие оттока грунтовых вод;
- 3) дельты приморские – бессточные;
- 4) дельты сухие мелких и средних рек.

К подгорным равнинам:

- 1) речные террасы рек верхнего и среднего течения, подгорные равнины, хорошо дренированные в естественных условиях;
- 2) волнистые подгорные равнины, дренированные в естественных условиях;
- 3) конусы выноса, верхняя часть которых хорошо дренирована, а нижняя не имеет оттока грунтовых вод.

Географо-геоморфологические структуры горных, предгорных, подгорных волнистых равнин, верхних и средних речных террас и верхней и средней части конусов-выноса, относятся к разряду автоморфных почв с глубоким залеганием грунтовых вод с хорошей естественной дренированностью и при всех возможных уровнях освоения и орошения земель относятся к ландшафтно-географо-геоморфологическим областям, не требующим сложных мероприятий по управлению эколого-мелиоративными процессами. В указанных районах при развитии орошения чаще всего возникают эрозийные процессы, смыв почв и большие поверхностные сбросы. В этих районах главной задачей инженерных мероприятий является обеспечение управления водой в целях минимизации потерь воды и предотвращения деградации (смыв и эрозия) почв. В остальных районах, обладающих слабой естественной дренированностью или отсутствием подземного стока при орошении развиваются сложные эколого-мелиоративные процессы: подтопление, вторичное засоление, ухудшение качества поверхностных и подземных вод и др. В связи с этим, в этих районах для управления эколого-мелиоративными процессами требуются более сложные водосберегательно-водоохранные мероприятия и технология орошения и дренажа.

#### **1.4. Почвенный покров**

В пределах суббореальных и субтропических пустынь Туранской равнины формируются одни и те же генетические типы почв: серо-бурые аридные, такыровидные и такыры, песчаные пустынные, а также гидроморфные варианты пустынных почв, солончаки и аллювиальные пойменные почвы. Песчаные почвы пустынь занимают около 52% площади равнин. Они приурочены к низким древнеаллювиальным и современным морским, озерным и аллювиальным равнинам, к высоким равнинам Заунгузья и Кызылкумов, испытавшим активную эоловую переработку. Это наиболее распространенные почвы Туранской равнины. Серо-бурые пустынные почвы занимают около 27% площади равнин. Они формируются главным образом на высоких останцовых равнинах Устюрта, Кызылкумов, Заунгузских Каракумов, на Мангышлаке, отдельные массивы их встречаются на низких равнинах (табл.1.2).

Такыровидные почвы и такыры господствуют на территории субэриальных дельт, а также в зоне контакта подгорных равнин Копетдага и Низменных Каракумов. Луговые, главным образом пойменные почвы преобладают в долинах и дельтах рек. Солончаки приурочены к днищам озерных котловин, прибрежной зоне восточного побережья Каспия, субэриальным дельтам, к зонам выклинивания грунтовых вод.

Таблица 1.2. Основные типы почв Средней Азии (Средняя Азия, 1968)

Типы почв и их индексы	Площадь (включая орошаемую), млн. га					
	Узбеки- стан	Кирги- зия	Таджи- кистан	Туркме- нистан	Всего	%
	Равнины					
Луговые (Лг), болотно- луговые (Бл) и пойменные (А)	1,6	-		0,9	2,5	3,5
Такыровидные (Т). Такыры (Т <sub>к</sub> )	2,8	-	-	5,4	8,2	12
Серо-бурые (СБ)	11,0	0,2	-	8,5	19,7	27
Песчано-пустынные (Пп)	13,3	-	-	24,3	37,6	52
Солончаки и шоры (Ск)	1,5	-	0,1	2,4	4,0	5,5
<b>Всего</b>	<b>30,3</b>	<b>0,2</b>	<b>0,1</b>	<b>41,5</b>	<b>72,0</b>	<b>100</b>
	Подгорные равнины и предгорья					
Сероземы (Сз)	4,8	2,1	1,6	5,0	13,5	89,4
Луговые (Лг), лугово- болотные (ЛБ), пойменные (А)	1,1	0,3	0,2	-	1,6	10,6
<b>Всего</b>	<b>5,9</b>	<b>2,4</b>	<b>1,8</b>	<b>5,0</b>	<b>15,1</b>	<b>100</b>
	Горные территории					
Горные сероземы (Гсз)	2,7	0,9	1,2	0,6	5,4	17,0
Горные каштановые (Гк)	-	2,5	-	-	2,5	8,0
Горные черноземы (Гч)	-	0,9	-	-	0,9	2,8
Горно-лесные (Гл)	1,8	2,0	2,0	0,3	6,1	18,9
Горно-луговые (Глг)		2,7	2,5	-	5,2	15,9
Горно-лугово-степные (Гле)	0,5	5,1	-	-	5,9	18,5
Высокогорные (ВГ)	-	1,0	5,4	-	6,1	18,9

<b>Всего</b>	<b>5,3</b>	<b>15,1</b>	<b>11,1</b>	<b>0,9</b>	<b>32,4</b>	<b>100</b>
<b>Всего по региону</b>	<b>41,5</b>	<b>17,7</b>	<b>13,0</b>	<b>47,4</b>	<b>119,5</b>	<b>100</b>

Примечание. Прочерк означает отсутствие данного типа почв.

Анализируя географию почв Средней Азии, следует обратить внимание на тот факт, что собственно природно-гидроморфные почвы (луговые солончаки, лугово-болотные и пойменные) занимают менее 10 % площади пустынных равнин. Такыры и такыровидные почвы следует оценивать как остаточно-гидроморфные и периодически поверхностно-гидроморфные - их площадь составляет около 12%. На явно автоморфные почвы приходится около 80%-площади равнин. Аналогичные сведения приводят Генусов, Горбунов, Кимберг (1973, 1983). По их данным, на территории пустынь Туранской равнины пески и песчаные почвы занимают около 50 %, серо-бурые около 30 %, такыры и такыровидные – 7,2 %, луговые, в том числе солончаки – 7,6 %. Итак, почвы гидроморфного ряда в природных экосистемах пустынь занимают явно подчиненное положение. Это согласуется с данными Минашиной (1995) (табл. 1.3).

Таблица 1.3 . Почвенный покров Туранской равнины (Минашина, 1995)

Почвенно-литологический комплекс	Площадь, % от площади равнин	Ландшафтный показатель
Пустынно-песчаные	43,1	Гряды и барханы песков. Пески закрепленные, полузакрепленные и незакрепленные. Псаммофитовая растительность, травянистая, полукустарничковая, древесно-кустарниковая
Серо-бурые	22,6	Плато, останцы, шлейфы останцовых поверхностей, глинистые, глинисто-щебнистые и гипсовые пустыни под солянково-кустарниковой и полынной растительностью
Сероземные	13,1	Подгорные равнины, адыры на лессовых и гравийно-

		галечниковых отложениях с покровом лессовидных суглинков разной мощности. Эфемерная травянистая растительность
Такыровые (такыровидные и такыры)	8,9	Опустыненные аллювиальные, пролювиально-аллювиальные суглинистые и глинистые равнины с редкой полукустарничковой растительностью и без нее (днища депрессий)
Солончаки	4,6	Понижения различного генезиса с близкими минерализованными грунтовыми водами, с солянковой растительностью
Гидроморфные (луговые, болотные, тугайные пойменные)	2,4	Поймы, дельты, периферии конусов выноса, сбросы оазисных коллекторно-дренажных вод. Растительность травянистая, солянковая, тростниковая, тугайная
Оазисные орошаемые	5,3	Оазисы с оросительной сетью и сельскохозяйственной растительностью

Наряду с пустынными почвами в пределах Туранской равнины выделяются субтропические и суббореальные пустынно-степные почвы, формирующиеся на подгорных равнинах.

Почвенный покров подгорных равнин, так же как предгорий и горных территорий, формируется по законам вертикальной поясности. Низкий уровень подгорных пролювиально-аллювиальных равнин субтропического пояса занят сероземами светлыми, переходящими на отметках около 300 м в пояс сероземов типичных (обыкновенных) и далее -сероземов темных. Сероземы подгорных равнин Средней Азии обладают большим своеобразием, резко отличающим их от почв пустынной зоны Турана и по морфологии, и по химическим особенностям, и по плодородию. В почвенном покрове сероземной зоны, так же как и в пустынях, преобладают автоморфные почвы. Почвы гидроморфного ряда - сероземно-луговые, луговые разной степени засоления и солончаки - занимают явно подчиненное положение (табл. 1.3). Они формируются в основном в зоне выклинивания грунтового потока. Подгорные равнины образуют контактную зону между равнинами и горными склонами.

В предгорьях и горах Центральной Азии четко прослеживается вертикальная поясность. Нижний пояс предгорий на юге Центральной Азии представлен низкотравными полусаваннами с сероземными почвами. В северной (суббореальной) части её в предгорьях развиты малокарбонатные сероземы.

Пояс высокогорий представлен горными лугами с горно-луговыми и горно-степными почвами. На Памире выделяется область высокогорных пустынь. В котловинах внутреннего Тянь-Шаня также формируется особая вертикальная поясность. Здесь выделяются светло-бурые полупустынные почвы, своеобразные сухостепные почвы и пустынные почвы высокогорий (Средняя Азия, 1968; Почвенная карта, 1971).

На основе приведенных выше материалов, характеризующих природу бассейна Аральского моря, можно сделать следующие выводы.

- Широкое развитие засоления в регионе определяется аридным климатом, строением рельефа, гидрогеологическими условиями, а также историей развития Туранской равнины.

- Палеогеографические условия (морские трансгрессии, палеоклимат) определили накопление в отложениях зоны аэрации, в подземных и грунтовых водах, больших запасов легкорастворимых солей.

-Бессточность Туранской равнины и ее горное обрамление способствовали формированию постоянных геохимических потоков, выносящих и складировующих легкорастворимые соли в замкнутых котловинах и бессточных депрессиях - в зонах длительной аккумуляции солей.

- Особенности литолого-геоморфологического строения определили перераспределение по территории солевых запасов и обусловили выделение регионов с разным засолением, определяемым как реликтивными, так и современными процессами соленакопления.

- Аридный климат, определяющий современные биоклиматические особенности, способствует сохранению солевых запасов в элювиальных и элювиально-аккумулятивных ландшафтах и приводит к активному соленакоплению в аккумулятивных ландшафтах, особенно в гидроморфных условиях.

- По условиям почвенного соленакопления на равнинах Турана выделяются два типа ландшафтов: ландшафты с реликтивным засолением и ландшафты с современным соленакоплением. Первые господствуют в регионе, вторые (без учета орошаемых почв) занимают всего около 10% территории. К первым приурочены природные автоморфные почвы, ко вторым - гидроморфные.

## **Глава 2. Источники и механизмы образования засоления земель и речных вод**

### **2.1. Водные ресурсы и развитие орошаемого земледелия**

Водные ресурсы региона Аральского моря состоят из восполненных поверхностных и подземных вод, а также из возвратных вод от антропогенного пользования (сбросные и дренажные воды). В бассейне Аральского моря находятся два крупных речных бассейна: Сырдарья на севере и Амударья на юге. Между этими основными реками расположена река Зерафшан, бывший приток Амударьи. Кроме этого здесь расположены несколько мелких рек: Артек, Теджен, Мургаб и Кашкадарья, а также Сурхандарья, стоки которых использовались на развитие орошаемого земледелия с древних времен.

#### **2.1.1. Формирование поверхностного стока**

Одной из особенностей региона является разделение его территории на три основные зоны поверхностного стока: а) зона формирования стока (область питания в горных областях); б) зона транзита и рассеяния стока; в) дельтовые зоны. Как правило, в зоне формирования стока нет существенных антропогенных изменений, но из-за строительства крупных плотин и водохранилищ на границе этой зоны режим стока в низовьях сильно меняется. В зоне транзита и рассеяния сток и весь гидрологический цикл меняются в результате взаимодействия между реками и территорией. Это взаимодействие характеризуется забором воды из рек для орошаемых площадей и сбросом возвратного стока с солями и сельхозхимикатами в реки.

Сырдарья – вторая по водности и первая по длине река Центральной Азии. От истоков Нарына ее длина составляет 3019 км, а площадь бассейна 219 тыс.км<sup>2</sup>. Истоки Сырдарьи лежат в Центральном (Внутреннем) Тянь-Шане. После слияния Нарына с Карадарьей реку называют Сырдарьей, в неё впадают также стоки рек Чирчик и Ангрэн. До XX века в Сырдарью впадали стоки рек Арыс в пределах Казахстана. Питание реки ледниковое и снеговое, с преобладанием последнего. Для водного режима характерно весенне-летнее половодье, которое начинается с апреля. Наибольший сток приходится на июнь. Около 15,2 % стока Сырдарьи формируется на территории Узбекистана, 6,9 % в Казахстане и 2,7 % в Таджикистане, а остальная часть (75,2 %), на территории Кыргызстан.

Амударья является крупнейшей рекой Центральной Азии. Ее длина от истоков Пянджа составляет 2540 км, а площадь бассейна 309 тыс.км<sup>2</sup>. После слияния Пянджа с Вахшем реку называют Амударьей. В среднем течении в Амударью впадают три крупных правых притока (Кафирниган, Сурхандарья и Шерабад) и один левый приток (Кундуз). Далее до Аральского моря она не получает ни одного притока. Питание реки в основном составляют талые воды, поэтому максимальные расходы наблюдаются летом, а наименьшие – в январе-феврале. Такое внутригодовое распределение стока весьма благоприятно для использования вод реки на орошение. Протекая по равнине,

от Керки до Нукуса, Амударья теряет большую часть своего стока на испарение, инфильтрацию и орошение. По мутности Амударья занимает первое место в Центральной Азии и одно из первых мест в мире. Основной сток Амударьи формируется на территории Таджикистана (около 74 %). Затем река протекает вдоль границы Афганистана с Узбекистаном, пересекает Туркменистан и вновь возвращается в Узбекистан и впадает в Аральское море. Около 13,9 % стока Амударьи формируется на территории Афганистана и Ирана и 8,5 % на территории Узбекистана.

Общий среднегодовой сток всех рек в бассейн Аральского моря составляет 116 км<sup>3</sup>. Этот объем включает 79,4 км<sup>3</sup> стока Амударьи и 36,6 км<sup>3</sup> стока Сырдарьи (табл.2.1). Согласно вероятностного распределения стока, 5 % (многоводный год) и 95 % (засушливый год), для Амударьи годовой сток изменяется от 109,0 до 58,6 км<sup>3</sup> и, соответственно, для Сырдарьи от 51,1 до 23,6 км<sup>3</sup>.

Таблица 2.1. Поверхностные водные ресурсы бассейна Аральского моря (среднегодовой сток, км<sup>3</sup>/год)

Страна	Речной бассейн		Всего в бассейне Аральского моря	
	Сырдарья	Амударья	км <sup>3</sup>	%
<b>Казахстан</b>	2,516	-	2,516	2,2
Кыргызстан	27,542	1,654	29,196	25,2
Таджикистан	1,005	58,732	59,737	51,5
Туркменистан	-	1,405	1,405	1,2
Узбекистан	5,562	6,791	12,353	10,6
Афганистан и Иран	-	10,814	10,814	9,3
<b>Итого по бассейну Аральского моря</b>	36,625	79,396	116,021	100

## 2.2. Качество поверхностных вод

Вдоль двух рек многочисленные водозаборные сооружения, которые обслуживают крупные ирригационные массивы, постоянно сокращают объем стока и

приток в Аральское море. Речной сток уменьшился, а качество оставшихся водных ресурсов ухудшилось из-за сброса засоленных и загрязненных дренажных вод с орошаемых площадей и остатков агро-химикатов, которые вымываются в дренажные системы, и смешиваются с речной водой. Кроме данного неточечного загрязнения от сельского хозяйства, состоящего из солей и агрохимических остатков, имеется также точечное загрязнение от промышленных и муниципальных сбросов, особенно из столичных областей.

В качестве речной воды наблюдаются негативные тенденции. Уровень минерализации растет во времени вдоль реки, особенно в среднем и нижнем течении реки. В конце 60-х минерализация воды не превышала 1,0 г/л, даже в нижнем течении. В настоящее время она изменяется от 0,3-0,5 г/л в верхнем течении до 1,7-2,0 г/л в нижнем течении. Самые высокие значения наблюдаются в марте и апреле в верхнем течении и в конце апреля в нижнем течении. Эта разница объясняется промывкой на орошаемых площадях. Помимо уровня минерализации, данного в г/л, химический состав также определяет пригодность речной воды для орошения. Для определения риска развития щелочности используется фактор поглощения натрия (ФПН), который выражается в  $\text{мг/л}^{0,5}$ . Анализ имеющихся данных показал, что ФПИ на многих гидропостах обычно изменяется в пределах 0,5-7  $\text{мг/л}^{0,5}$ . Эти значения указывают на то, что, в общем, вода пригодна для орошения. Необходимо отметить, что за последние несколько лет качество речной воды стабилизировалось из-за сокращения сброса сточных вод.

За годы независимости было осуществлено жесткое лимитирование вододеления между странами и экологическим аспектам стало уделяться больше внимания. Это привело к некоторому улучшению качества воды. Из рис.3 видно, что минерализация воды в нижнем течении Амударьи уменьшилась и не превышает допустимого лимита (1,0 г/л).

### **2.1.2. Подземные воды: запасы и использование**

Ресурсы подземных вод бассейна Аральского моря могут быть разделены на две части: естественный сток с гор и площади водосбора, и подземные воды, образующиеся в результате фильтрации от гидротехнических сооружений и орошаемых земель. В целом 339 водоносных пластов было разведано и утверждено в качестве источников, из которых разрешено забирать воду. Запасы подземных вод в регионе оцениваются в  $31,17 \text{ км}^3$ , из которых  $14,7 \text{ км}^3$  находятся в бассейне Амударьи и  $16,4 \text{ км}^3$  в бассейне Сырдарьи. Поскольку разработка подземных вод может влиять на поверхностный сток, необходимо тщательно выполнять количественную оценку ресурсов подземных вод, чтобы определить долю запаса, которая может быть использована без существенного сокращения поверхностного стока. Запас, который разрешено изымать, оценивается в  $13,1 \text{ км}^3$  (табл.2.2).

Таблица 2.2. Запасы подземных вод и их использование в странах бассейна Аральского моря (млн.м<sup>3</sup>/год)

Государство	Резервы подземных вод	Резервы, которые можно изымать	Общее фактическое изъятие	Включая различных пользователей и целей					
				Бытовое водоснабжение	Промышленность	Орошение	вертикального дренажа	Испытания откачкой	Другие
<b>Казахстан</b>	1846	1224	420	288	120	0	0	0	12
Кыргызская Республика	862	670	407	43	56	308	0	0	0
Таджикистан	6650	2200	990	335	91	550	0	0	14
Туркменистан	3360	1220	457	210	36	150	60	1	0,15
Узбекистан	18455	7796	7749	3369	715	2156	1349	120	40
<b><i>Итого по бассейну Аральского моря</i></b>	31173	13110	10023	4245	1018	3164	1409	121	66

Источник: база данных WARMIS

Фактически, в целом, в бассейне Аральского моря было изъято около 10,0 км<sup>3</sup> подземных вод. Качество подземных вод в регионе изменяется по содержанию солей от 1 до 3 г/л. Почти половина общего объема подземных вод достаточна для бытовых нужд и приблизительно 70 % - для сельского хозяйства. Значительная часть (около 30 %) подземных вод региона имеет трансграничный характер, и ее использование требует рассмотрения на межгосударственном уровне и взаимного урегулирования.

### 2.1.3. Развитие орошаемого земледелия

Из общей площади земель, равной 154,9 млн.га, около 32,6 млн.га считаются пригодными для орошения и только 7,9 млн.га орошаются (или только 5,1 % от общей территории бассейна Аральского моря). Неорошаемая площадь (пастбища, луга, земли под паром) занимают около 54 млн.га.

Центральная Азия является одним из древних районов развития орошаемого земледелия. Орошаемое земледелие в бассейне Аральского моря существовало еще за четыре тысячи лет до нашей эры. Местное население под орошаемое земледелие использовало территории, расположенные в родниковых зонах, в дельтах и поймах мелких, средних рек и саев, не требующих для забора воды сложных конструкций сооружений и крупных каналов, обладающих большой протяженностью. Общая площадь орошаемых земель к началу 20 века превысила 3,0 млн.га.

Характер орошения и землепользования на орошаемых землях был довольно разнообразен. Оазисное орошение в верхних и средних течениях рек, в основном, на базе местных источников носило достаточно сбалансированный характер, использовало естественно дренированные земли, не подверженные засолению и заболачиванию и характеризовалось даже на нынешнем уровне, экономным расходом воды. Разнообразные по характеру земледельческие хозяйства, в основном, мелкие по размеру, широко использовали водооборот, чем достигался очень высокий уровень водопользования с минимальными потерями воды при ее транспортировании. В то же время, на аллювиальных равнинах среднего течения и низовий имелись крупные водохозяйственные сооружения (канал Гавхор в Хорезме, Шах Сепен в районе Куны-Ургенча, Шахруд и Даргом в долине Зерафшана, Куинли в Приаралье и др.) с расходом до 200 м<sup>3</sup>/с, с забором воды из Амударьи и Сырдарьи с многочисленными водозаборными сооружениями (инженерными или самодельными), а кое-где с подъемом воды колесами – "чигирь". Дельтовые и преддельтовые оросительные системы носили очень развитый характер и широко использовали "сухой дренаж" в борьбе с засолением. Здесь, наряду с мелкими, имели место крупные наделы. Земли на этих массивах орошались, в основном, по чекам и удельные расходы воды были значительно ниже.

Колонизация Туркестана царскими властями сопровождалась плановым развитием ирригационных систем с целью развития орошения и превращения региона в базу хлопководства. В это время были подготовлены проекты освоения Голодной степи, Ферганской долины, зоны Каракумского канала и кое-где началось реальное освоение (Голодная степь, Фергана, Чуйская долина и т.д.). Одновременно были сделаны первые шаги в реконструкции старой сети (Государственное имение в Байрам Али, Золотоординская степь в Голодной степи и т.д.).

Освоение новых земель в бассейне Аральского моря, начатое Царской Россией в конце XIX века, получило широкий размах после установления в Центральной Азии Советской власти. Если до 1913 года площадь орошаемых земель составила 3250 тыс.га, то к 1940 годам она уже равнялась 4,3 и в 1960 г. – 5 млн.га. Орошение земель проводилось как за счет пуска в сельхозоборот внутриоазисных перелогов на староорошаемых массивах, так и новых массивов пустынных земель, таких как Голодная, Дальверзинская степи, Ферганской, Вахшской и Чуйской долин, а так же Южного Казахстана и Туркменистана. При этом в орошение вовлекались крупные геоморфолого-гидрогеологические структуры, характеризующиеся сложными и очень сложными природно-климатическими условиями: речные долины, межгорные котловины, нижние и верхние террасы рек, конусы-выноса и дельты крупных рек.

Орошение таких земель требовало решения крупных и сложных проблем водохозяйственно-мелиоративного строительства: регулирование стока рек созданием на них водохранилищ и водозаборных сооружений, строительство гигантских по расходам и протяженности магистральных, межхозяйственных каналов; дренажных систем и сооружений на них.

Хотя оросительные системы, созданные до 1955-1960 гг. имели инженерную основу, однако все их элементы базировались на земляных руслах, характеризующихся огромными потерями воды при ее доставке; зачастую – без учета особенностей, геохимических потоков и зон природных соленакопителей, в пределах которых развивались массивы. Низкий КПД оросительных систем (0,4-0,5), созданных в этот период, приводил к нарушению природного водно-солевого баланса территории и вызывал подъем уровня грунтовых вод и вторичное засоление почв в ряде районов Центральной Азии. Предпринятые в 1950-х и в начале 1960-х годов меры по предотвращению подтопления и вторичного засоления земель на основе внедрения жесткой системы водопользования и промывных поливов на фоне редких открытых дрен и коллекторов практически не дали особых результатов.

Особый размах освоение новых земель получило в 1956-1990 гг. За эти годы площадь орошаемых земель была доведена до 7,4 млн.га, а к 2008 г. орошаемая площадь бассейна Аральского моря оценивается в 8,50 млн.га. При этом 70-75 % введенных в сельхозоборот новых земель представлены незасоленными или подверженными засолению почвогрунтами. Поэтому все орошаемые земли, освоенные за последние 40-50 лет оснащались инженерными оросительно-дренажными коммуникациями, отвечающими современным требованиям мелиорации земель.

На современном этапе в бассейне Аральского моря создана разветвленная оросительно-дренажная система, с помощью которой управляются водные ресурсы используемые в сельскохозяйственном производстве и эколого-мелиоративные (водно-солевые) процессы на орошаемых землях. По техническому уровню ирригационно-дренажную инфраструктуру условно можно подразделять на 3 категории:

- неинженерная древняя оросительная система, построенная до колонизации Центральной Азии со стороны России, характерной особенностью которой являются мелкие поливные карты, все каналы на земляном русле, без регулирующих сооружений. Однако при Советской власти такие системы были несколько реконструированы путем укрупнения поливных карт, но каналы остались на земляном русле. Такие системы охватывают около 3,5 млн.га орошаемых земель;

- инженерная ирригационно-дренажная система, построенная при Царской России и до 60-х годов Советской власти, которая состоит из больших размеров поливных участков площадью от 10-20 до 40-50 га, с правильными конфигурациями, рассчитанная на широкое применение механизированной обработки. В то же время оросительные каналы проходят на земляных руслах, что приводит к большим потерям воды, система обладает низким КПД. На этих землях развита, в основном, открытая горизонтальная коллекторно-дренажная сеть, хотя в дальнейшем при ее реконструкции она частично "переведена" и дополнена вертикальным и закрытым типами дренажа. Такая система охватывает около 2,5 млн.га орошаемых земель;

- совершенная ирригационно-дренажная система, состоящая из крупных поливных карт (50-120 га), внутривладельческая сеть представлена лотками, закрытыми трубопроводами, а межхозяйственные каналы частично армированы

антифильтрационными покрытиями (бетоном, железобетоном и др.). На этих системах дренаж представлен из совершенных конструкций скважинами вертикального и закрытого горизонтального дренажа. Система обеспечивает максимум водосбережения и высокое управление эколого-мелиоративными процессами при развитии орошаемого земледелия. Также ирригационно-дренажная инфраструктура охватывает около 2,0 млн.га орошаемых земель.

В Центральной Азии по состоянию на конец 2000 года общая протяженность магистральной, и межхозяйственной оросительной сети составляет 47,748 тыс.км, удельная протяженность изменяется от 6 до 7,52 пм/га. Из общей протяженности обеспечено антифильтрационным покрытием 13,5 тыс.км или 28 % (табл.2.3).

В целом технический уровень межхозяйственных оросительных систем, эксплуатировавшихся советский период государственными эксплуатационными организациями и ими продолжающейся после распада СССР достаточно высок, если сравнить его с другими ирригационно развитыми странами как Китай, Индия, Турция, Мексика и др. Это видно из значений КПД их, который колеблется от 0,8 до 0,83. Только Таджикистан имеет КПД межхозяйственной сети равный 0,62.

В то же время за период с 1990 г.по настоящее время во всех государствах Центральной Азии отмечается ухудшение технического состояния магистральных и межхозяйственных каналов за счет низкой эксплуатационной работы по их поддержанию.

Таблица 2.3. Характеристика технического состояния магистральной и межхозяйственной оросительной сети государств ЦА в бассейне Арала  
(По данным водохозяйственных служб стран Центральной Азии)

№ п/п	Государства Центральной Азии	Общая протяженность сети, тыс.км	Удельная протяженность, пм/га	Из них:				КПД оросительных каналов	
				в земляном русле		в облицовке		Межхоз.	внутрихоз.
				тыс. км	%	тыс. км	%		
1.	Кыргызстан	2,71	7,52	1,62	60	1,09	40	0,82	0,71
2.	Казахстан	4,629	5,98	4,059	87	0,57	13	0,83	0,74*
3.	Узбекистан	28,00	6,50	18,67	67	9,33	33	0,80	0,74
4.	Таджикистан	5,259	7,33	3,263	62	1,996	38	0,62**	0,72**
5.	Туркменистан	7,150	7,10	6,629	92	0,527	8	0,80	0,70
	<b>Итого</b>	47,749	6,0	34,241	72	13,513	28		

\* - часть внутрихозяйственной сети в 1992-94 гг. передана на баланс хозяйственной сети.

\*\* - данные относятся к 1990 году на современном уровне они не имеют больших изменений.

Общая протяженность внутрихозяйственной оросительной сети 268,48 тыс.км. Удельная протяженность изменяется от 18,32 до 39,24 пм/га (табл.2.4). Из общей протяженности внутрихозяйственной оросительной сети обеспечено противofильтрационными покрытиями 56,38 тыс.км (21 %), в т.ч.51,01 тыс.км (19 %) бетонированными каналами и железобетонными лотками и 5,37 тыс.км (2 %) трубопроводами. Подавляющее большинство внутрихозяйственных каналов – в необлицованных земляных руслах – 212,1 тыс.км (79 %). Особенно велика протяженность необлицованных русел в зонах старого орошения: в Каракалпакстане и Хорезмской области Узбекистана, в Дашхувузской и Лебапской областях Туркменистана, в Кызыл-Ординской области Казахстана практически вся внутрихозяйственная оросительная сеть необлицована.

Несколько иное положение только на массивах нового освоения в Голодной степи, Джизакской, Каршинской и Сурхан-Шерабадской степях в Узбекистане, и в Южном Казахстане. Здесь доля облицованных каналов составляет от 47 до 79 %.

Средневзвешенное значение КПД внутрихозяйственной оросительной сети на орошаемых землях бассейна Аральского моря составляет 0,73 изменяясь от 0,7 до 0,75 (табл.2.4).

Коэффициент полезного действия оросительных систем эксплуатируемых в Центральной Азии изменяется в пределах от 0,43 (Республика Таджикистан) до 0,62 (Республика Казахстан).

Таблица 2.4. Характеристика технического состояния внутрихозяйственной оросительной сети по государствам ЦА в бассейне Аральского моря (по данным водохозяйственных служб стран Центральной Азии)

№ п/п	Государства Центральной Азии	Протяженность оросительных каналов		в том числе			КПД в/х сети	КПД систем
		тыс. км	пм/га	в земл. русле	в облиц. лотках	трубо-проводы		
1.	Кыргызстан	12,835	30,1	10,53	2,195	0,11	0,71	0,58
2.	Казахстан	27,788	35,9	31,150	2,971	1,17	0,75*	0,62
3.	Узбекистан	168,00	39,24	31,00	7,45	0,785	0,74	0,6
4.	Таджикистан	27,952	39,6	25,58	5,30	8,71	0,72	0,43
5.	Туркменистан	31,905	18,32	15,53	1,45	1,34	0,70	0,56
	<b>Итого</b>	268,48		113,79	19,365	12,115		

\* - площадь возросла на 31 %, удельная протяженность сократилась на 25 %.

Потеря воды в системах каналов до поля составляла 57-38 %, создавая подъем уровня грунтовых вод, засоление почв и огромные нагрузки на дренаж, а также сложности утилизации дренажного стока. При этом, если во всех республиках Центральной Азии до 1990 г. проводились определенные работы по сокращению потери воды во всех звеньях оросительных систем, то, начиная с 1990 г., наблюдается резкое уменьшение реализации этих мероприятий.

### 2.3. Распределение зон планирования (административных областей)

В пределах верхнего течения Сырдарьи расположены орошаемые земли зон планирования республик Кыргызстан, Узбекистан и Таджикистан. При этом верхняя часть зоны формирования основного речного стока представлены административными

областями Р.Кыргызстан, в состав которых входят Джалалабадская, Нарынская, Ошская и Баткенская области с общей площадью земель пригодных к орошению около 2000 тыс.га. Ниже по течению в пределах Ферганской долины расположены Андижанская, Наманганская и Ферганская области республики Узбекистан площадью земель, пригодных к орошению – 1.33 млн.га и Согдийская область Таджикистана с площадью земель более 500 тыс.га. Общая площадь земель мелиоративного фонда, пригодного к орошению, расположенных в верхнем течении реки Сырдарьи ориентировочно составляет 6.0 млн.га.

В среднем течении реки Сырдарьи расположены земельные массивы 3 областей республики Узбекистан (Джизакской, Сырдарьинской и Ташкентской) с общей площадью 1990 тыс.га и Махтааральского района Южно-Казахстанской области ( $\omega = 160$  тыс.га) республики Казахстан. Нижнее течение реки Сырдарьи (ниже Чардаринского водохранилища) представлено земельными фондами Южно-Казахстанской и Кызылординской областей Казахстана. Площади пригодные к орошению в нижнем течении составляют 608.7 тыс.га.

В пределах бассейна реки Амударьи расположены орошаемые земли 3 суверенных республик: в верхнем течении в основном Таджикистана ( $\omega = 1400$  тыс.га пригодных к орошению) и Сурхандарьинской области респ.Узбекистан ( $\omega = 765$  тыс.га).

В среднем течении находятся орошаемые земли двух областей республики Узбекистан – Кашкадарьинской ( $\omega = 1823$  тыс.га), Бухарской ( $\omega = 954$  тыс.га) и Лебапской области Туркменистана площадью – 622.2 тыс.га.

Низовья Амударьи представлены зонами планирования Хорезмской области ( $\omega = 336$  тыс.га), р.Каракалпакстан ( $\omega = 8500$  тыс.га) и Дашогузской области респ.Туркменистан площадью 1460.7 тыс.га.

Общая площадь орошаемых земель, находящихся в тесной взаимосвязи со стволом реки Амударьи в смысле «поставки» солей составляет более 7.0 млн.га. В то же время с рекой Амударьей по водозабору и поступлению солей в орошаемые массивы связана зона подкомандная Каракумскому каналу, где под земледелием находится более 2500 тыс.га. Это земли, пригодные к орошению Ахальской, Марыйской, Балканской областей Туркменистана. Аналогично земли Самаркандской, большая часть Навоийской области Узбекистана, а также определенная часть земель Таджикистана, орошаемых за счет реки Зеравшан, находятся вне связи с рекой Амударьей.

## **2.4. Оценка засоленности почв мелиоративного фонда Центральной Азии и их роль в формировании вторичного засоления орошаемых земель и речного стока**

Общий земельный фонд бассейна Аральского моря составляет 155 млн. га, из которых около 32.6 млн. га считаются пригодными для развития орошаемого земледелия. Площадь засоленных земель оценивается в 23.922 млн. га или 73.6 % от общей площади, а незасоленных – 8 670.5 тыс.га (26.8 %). При этом сильнозасоленные почвогрунты составляют 7 422.5 тыс. га или 31 % (табл. 2.5). Из таблицы видно, что незасоленные земли в основном, приходятся на долю Кыргызстана и Таджикистана. Часть этой площади, которая орошается, расположена в пределах зон погружения поверхностных вод, где территория естественно интенсивно дренирована, (в верхних водосборах рек Сырдарьи и Амударьи). Здесь грунтовые воды залегают глубоко и не участвуют в почвообразовательных процессах, поэтому орошаемые земли представлены незасоленными почвогрунтами, за исключением отдельных небольших массивов, расположенных в межгорных и межадырных понижениях.

Наиболее неблагоприятными земельными фондами обладают Туркменистан и южные области Казахстана, где соответственно 88 и 85 % земель, пригодных к орошению характеризуются засоленными почвогрунтами, они расположены в пределах зоны рассеивания «В» и выклинивания «Б» грунтовых вод в дельтовых зонах рек Амударьи и Сырдарьи. Эти территории характеризуются попеременно слабодренированными и не дренированными условиями с близким залеганием минерализованных грунтовых вод к поверхности земли (Рис.1). Несколько меньшими засоленными земельными ресурсами обладает республика Узбекистан, хотя по общей площади засоления она занимает второе место после Туркменистана. В Узбекистане из общей площади, пригодной к орошению – 10 710 тыс. га, засолению подвержены 8 025.7 тыс. га или 75 % земель. Притом, если в Туркменистане и Казахстане площади сильно засоленных земель составляют 39.5 % и 37.5 % соответственно, то в Узбекистане она равна 19.0 %, что обусловлено, главным образом, геоморфолого-гидрогеологическими условиями (рис. 2.1).



Рис .2.1 Схема гидрогеологических зон территории Центральной Азии:

А - зона погружения поверхностных вод; Б - зона выклинивания грунтовых вод; В – зона рассеивания грунтовых вод; Г - пойма реки; Д – река.

Таблица 2.5. Характеристика мелиоративного фонда региона Центральной Азии (тыс. га)

Республики	Общая площадь	Площадь приг. сельскохозяйугодий***	Земельный (мелиоративный) фонд							
			Всего	Незасоленные	%	Засоленные	%	В т.ч. сильно засоленные	% от засоленных	Орошаемые всего
Кыргызстан	15 994	10 057	3 021	2 267.5	75	753.5	25	63	8.0	1 034.2
Таджикистан	9 470	4158	1 964	1 595.5	81.2	368.5	18.8	73.9	19.0	689.7
Туркменистан	32 968	30 325	12 198	1 423.2	11.7	10 774.8	88.3	4 253.5	39.5	1 317
Юж. Казахстан	63 679	27 300	4 707	700	15	4000	85	1 500	37.5	768
Узбекистан	32 889	26 085	10 710	2 684.3	25	8 025.7	75	1 532	19.0	4 164.2
ИТОГО	155 000	97 925	32 600	8 670.5	26.8	23 922.5	73.6	7 422.5	31.0	7 973.1

Характеристика природного засоления почв в Центральной Азии и закономерности формирования соленакопления в них представляет интерес с точки зрения потенциальной опасности вторичного засоления при орошении, планирования освоения новых земель или определения мелиоративных мероприятий (таких как, назначение режима орошения и техники полива, определение типов и размеров дренажа, промывка засоленных земель и др.), а также установления продолжительности мелиоративного (рассолительного) периода.

В этом направлении исследованиями САНИИРИ за 1965-1980 гг. установлено, что геоморфологические особенности орошаемой территории Центральной Азии (предгорья, речные межгорные долины, аллювиальные равнины, низкие дельты и высокие речные террасы) в сочетании с условиями формирования режима грунтовых вод, термическими режимами почвогрунтов и балансами поверхностных и подземных вод определяют принципиальные различия исходного солевого запаса и профиля, как почвенного слоя, так и подстилающих грунтов.

В районах орошения установлены 6 характерных типов солевых профилей в покровном мелкоземе на глубину 20-30 м от поверхности, которые определяют интенсивность дренажного солевого стока при развитии орошения и мелиорации земель (рис.2.2.).

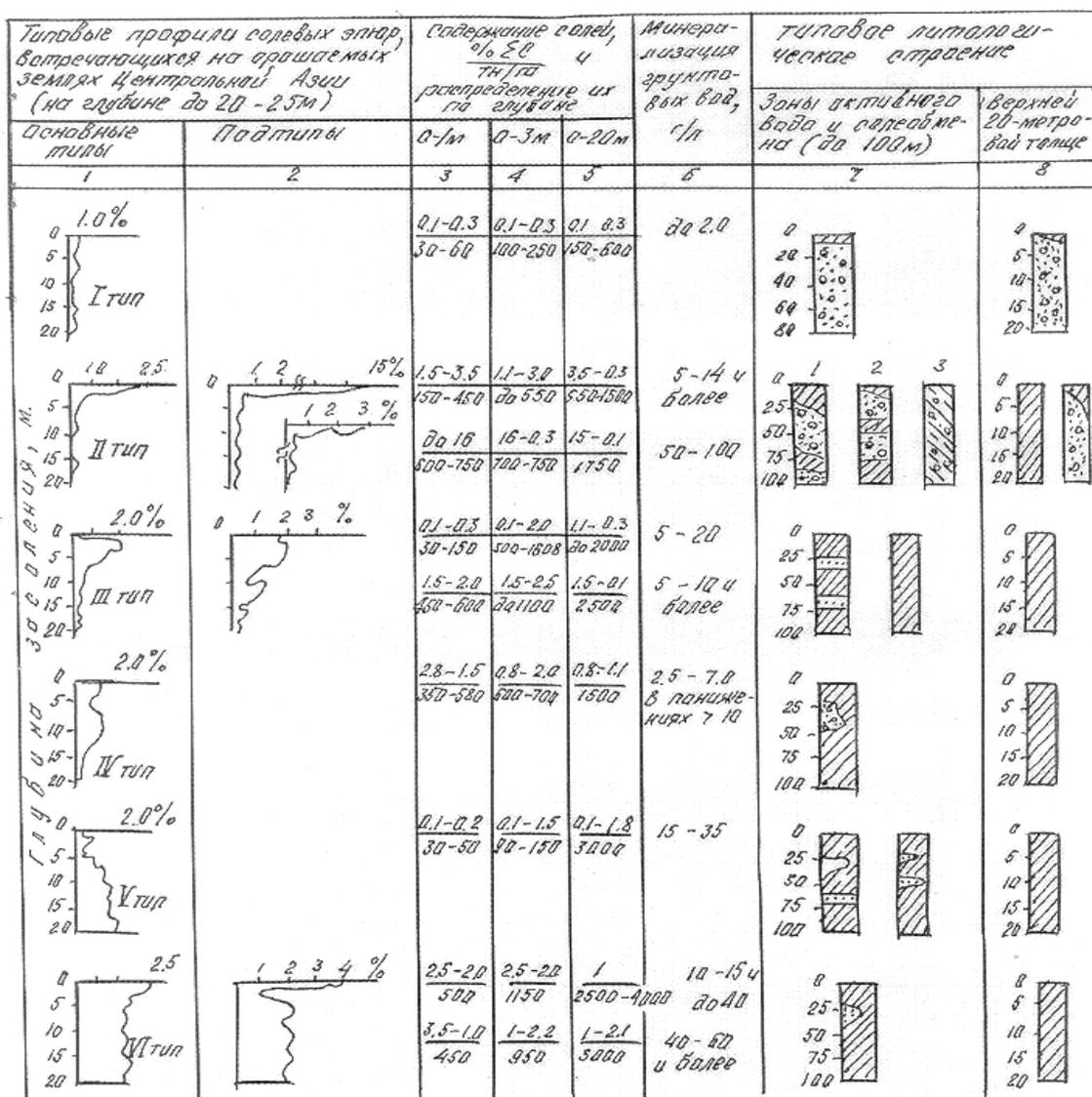


Рис. 2.2 Типы солевых профилей на орошаемых землях Центральной Азии

(данные НИЦ МКВК, 2004)

**1 тип.** Незасоленный профиль на всю мощность четвертичных отложений. Такой тип солевого профиля характерен верхним участкам конусов выноса, горным, предгорным равнинам, верхним и частично средним речным террасам. В литологическом отношении указанные районы представлены с поверхности маломощным слоем (до 1.0 м) покровного мелкозема, ниже которого залегает мощная толща гравийно-галечниковых отложений. В гидрогеологическом отношении зона интенсивного транзита подземных вод с глубоким залеганием УГВ. Водообмен поверхностных и подземных вод – интенсивный за счет усиленных потерь воды, как из каналов, так и с орошаемых полей. Практически на этой территории солеобмен отсутствует и она не участвует в солевом стоке региона.

**II тип.** Сильное засоление верхнего (до 2.0-2.5 м) слоя почвогрунтов, ниже которого грунты практически рассолены. В отдельных регионах, как Хорезмский оазис, часть Зарафшанской долины, Кызылкумский массив, засолением охвачены только почвенные слои до 1.0 м. Такой тип поверхностного накопления основной массы солей формируется в низких речных террасах, концевых частях конусов выноса, межгорных равнинах, аллювиальных участках дельты рек, с покровными отложениями 3-25 м, которые подстилаются гравийно-песчаными отложениями. Территория характеризуется слабой естественной дренированностью с относительно близким исходным залеганием до 3-3.5 м или близким после орошения (Шурузяко-Сардобинский массив старой зоны орошения Голодной степи, Кызылкумский массив Южного Казахстана, Хорезмский оазис и др.). Подземные воды в большинстве случаев напорные (Центральная Фергана, старая зона Голодной степи) или субнапорные (Хорезмский оазис, Ташаузская область). Встречаются безнапорные водоносные комплексы, такие как Зарафшанский оазис (среднее течение р.Зарафшан), северная и южная зона Р.Каракалпакстан, Кызылкумский, Тогузско-Чийилинский массив и др.

В указанных геоморфолого-гидрогеологических районах уровень грунтовых вод залегает близко к поверхности земли – 1.5-2.5 м, их минерализация пестрая: на орошаемых землях – 3-5 г/л, а на неорошаемых и перелогах очень высокая до 40-50 г/л. Минерализация подземных вод невысокая 1.5-3.0 г/л. В Хорезмском оазисе минерализация подземных вод до глубины 25-30 м относительно невысокая – 3-4 г/л, а ниже наблюдается ее нарастание до 15 г/л.

По интенсивности водообмена указанные геоморфолого-гидрогеологические районы, где формируется II тип солевого профиля относятся к группе высокой категории водообмена, и она определяется проводимостью покровного мелкозема. Величина водообмена между зоной аэрации и грунтовыми водами определяется объемом вододачи, потерей из оросительных каналов. Дренажный сток формируется за счет перетока грунтовых вод и напора подземных.

Интенсивность солеобмена и солей дренажного стока зависит от содержания солей в покровном мелкоземе и объема перетока из зоны аэрации и покровного мелкозема.

**III тип.** Незасоленный профиль ограниченной глубины (до 1-1.5 м) с резким нарастанием содержания солей до 5-8 м, а затем снижение их запасов в нижних слоях – глубоко солончаковатые почвы. Этот солевой профиль характерен делювиально-пролювиальным равнинам, межконусным понижениям, пролювиально-аллювиальным равнинам и межрусловым отложениям до развития орошения. Запасы солей в метровом слое ниже предельно-допустимой величины и изменяются в пределах от 30-150 тн/га, а 3 м слое – до 1600 тн/га, на 20 м – до 2000 тн/га. В литологическом отношении указанные геоморфологические структуры представлены, в основном, однослойным комплексом отложений из слабопроницаемых грунтов с прослойками и линзами мелко- и тонкозернистых песков и супесей. Территория, где формируется III солевой профиль, в естественных условиях слабодренирована или недренирована. Уровни грунтовых вод, обычно, до орошения залегают относительно глубоко: 5-10 м и глубже. Минерализация изменяется в широких пределах от 10-15 до 25-40 г/л В процессе

орошения в этих районах происходит вторичное засоление, главным образом за счет подъема высокоминерализованных вод. Примером является юго-восточная, юго-западная часть Голодной степи, межконусные понижения, группа районов Ферганской долины, Джизакско-Ломакинского вееров.

Районы с формированием III типа солевого профиля являются одним из основных поставщиков солевого стока в процессе орошения земель.

**IV тип.** Высокое содержание солей в верхних слоях почвогрунтов с нарастанием их запасов вниз по профилю до глубины 12-15 м. Запасы солей в метровом слое изменяются в пределах 350-500 т/га. Содержание солей в 3-метровом слое достигает до 600-700 т/га, а в 20-м толще до 1500 т/га. Такой тип солевого профиля обычно формируется на концевых частях конусов выноса мелких рек, в озерных отложениях дельт реки Сырдарьи и Амударьи. Литология представлена, в основном, однослойным комплексом отложений и местами (редко) двухслойным в виде языкообразных линз и прослоек мелкозернистых и тонкозернистых песков. Территория практически не обладает дренированностью. УГВ залегает близко к поверхности земли (2-3 м) и имеет пеструю высокую минерализацию на большую глубину от 10-15 г/л до 50 г/л. Почвы полугидроморфно-полуавтоморфные.

**V тип.** Незасоленные с поверхности земли почвогрунты до 1.5-2.0 м с постепенным нарастанием содержания солей вниз. По профилю до глубины 20 м и ниже запасы солей в метровом слое изменяются в пределах 30-50 т/га, 3 м – 90-150 т/га, а в 20 м толще – до 3000 т/га. Такой тип солевого профиля присущ орошаемым массивам, расположенным в пределах Центральной и краевой части аллювиальной равнины и межгорных котловин (Голодная степь), междуречных отложений в дельтах рек (респ. Каракалпакстан). В литологическом отношении территории, где формируется V тип солевого профиля, представлена однослойным и местами двухслойным отложением четвертичного комплекса грунтов. Территория в естественных условиях не дренирована. До орошения УГВ повсеместно залегал глубоко – ниже 5-10 м, минерализация грунтовых и подземных вод высокая и, соответственно, составляет 15-35 г/л и 5-10 г/л. В процессе орошения наблюдается повсеместный подъем высокоминерализованных грунтовых вод и интенсивное вторичное засоление почв.

**VI тип.** Равномерное высокое содержание солей во всех слоях: запасы солей в слое 0-1.0 м – 500 т/га, 0-3 м – до 1150 т/га и 0-20 м – 4000 т/га. Этот тип солевого профиля характерен концевым участкам конусов выноса, межконусным понижениям, крупным впадинам в пределах межгорных котловин, озерным отложениям в дельтах крупных рек (веера конусов выноса и межконусных понижений Ферганской долины, юго-восточной и юго-западной частей Голодной степи, Центральная часть, Сардобо-Каракаройской впадины в Голодной степи; озерные отложения северной зоны Р. Каракалпакстан. В указанных геоморфологических структурах, литология представлена в основном однослойным водоносным комплексом, а местами двухслойными. Территория практически бессточная. УГВ повсеместно залегает близко к поверхности земли (до 3.0 м). Минерализация грунтовых вод на большую глубину высокая от 10-15 г/л до 60-70 г/л.

Таким образом, из 6 зон с различными солевыми профилями, которые определяют интенсивность дренажного солевого стока, к наиболее легкой категории с минимумом солесодержания в покровном мелкоземе (в верхней части четвертичных отложений) относятся территории, расположенные в зоне формирования стока рек, которые характеризуются автоморфными режимами почв с глубоким залеганием уровня грунтовых вод с интенсивной дренированностью земель.

Самыми опасными зонами «солеобразования» являются территории обладающие III, IV, V и, особенно, VI типами эпюры распределения солей на глубинах активного водо- и солеобмена.

Характерной особенностью формирования солевого стока возвратных вод территории представленных II типом солевого профиля с распределением запасов солей в верхнем 1.5-2.0 м слое является относительно быстрое «опреснение», а затем, стабилизация минерализации грунтовых и дренажных вод. Обычно на орошаемых территориях представленных с поверхностным II -типом солевого профиля минерализация грунтовых и дренажных вод в течении 3-5 лет снижается до уровня 3-4 г/л и на этом пределе стабилизируется. В отличие от земель с поверхностным засолением, на массивах, представленных III, IV и, особенно V и VI типом солевого профиля с огромным содержанием запасов солей, рассоление почв, опреснение грунтовых и дренажных вод идет очень медленно: в течении десятков лет и они стабилизируются на более высоком уровне – 6-10 г/л (рис.2.2). Так, минерализация дренажного стока Ферганской долины, старой зоны Голодной степи, верхнего течения Амударьи (Вахшская долина и Сурхандарьинской области) и Бухарского оазиса, орошаемые земли которых представлены II - типом солевого профиля, снизилась с высоких величин (10-22 г/л) до 3-6 г/л в течении 3-5 лет, а затем стабилизировалась на уровне 2.5-4.0 г/л. Минерализация дренажного стока новой зоны Голодной степи, низовьев рек Амударьи и Сырдарьи, а также Каршинской степи, земли которых представлены в основном III и VI типами солевого профиля, после десятилетнего орошения остается всё ещё высокой – на уровне 10-14 г/л. В то же время мелиорация земель, представленных III и VI типами солевого профиля требует более сложных мероприятий и больше капвложения и они более ущербны при сельхозпроизводстве.

Одновременно, в зависимости от содержания и, главным образом, от химического состава засоления, был установлен порог токсичности для развития сельхозкультур, согласно данным классификации засоления почв (Табл. 2.6).

До начала широкого развития искусственного дренажа (1955-1960 гг.) основные площади орошения Центральной Азии были представлены хлоридно-сульфатным и сульфатным типами засоления. Реже встречались хлоридные и сульфатно-хлоридные типы. Щелочные типы засоления встречаются довольно редко и охватывают небольшие площади на территории Туркменистана и Кыргызстана.

Таблица 2.6 Классификация почв по степени и химизму засоления

(над чертой – сумма солей, под чертой – токсичные соли) – (Е.И. Панкова и др., 1996 г.)

Химизм засоления (соотношение ионов, мг-экв/100 г почвы)			
Нейтральное засоление (pH<8.5)			
Степень засоления почв	хлоридный, сульфатно-хлоридный Cl:SO <sub>4</sub> >1	хлоридно - сульфатный Cl:SO <sub>4</sub> =1-0.2	сульфатный Cl:SO <sub>4</sub> <0.2
Порог токсичности (незасоленные почвы)	<0.1 <0.05	<0.2 <0.1	<0.3(1.0)*** <0.15
Слабая	-0.2 0.05-0.12	-0.4(0.6)*** 0.1-0.25	0.3(1.0)-0.6(1.2)*** 0.15-0.3
Средняя	0.2-0.4 0.12-0.35	0.4(0.6)- 0.6(0.9)*** 0.25-0.5	0.6(1.2)-0.8(1.5)*** 0.3-0.6
Сильная	0,4-0,8 0,35-0,7	0.6(0.9)-1.0(1.4)*** 0.5-1.0**	0.8(1.5)-1.5(2.0)*** 0.6-1.5
Очень сильная	>0.8 >0.7	>1.0(1.4)*** >1.0	>1.5(2.0)*** >1.5
Щелочное засоление (pH>8.5)			
Степень засоления почв	хлоридно - содовый**** содово- хлоридный Cl:SO <sub>4</sub> >1 HCO <sub>3</sub> >Ca+Mg HCO <sub>3</sub> >Cl	сульфатно –содовый и содово-сульфатный Cl:SO <sub>4</sub> <1 HCO <sub>3</sub> >Ca+Mg HCO <sub>3</sub> >Cl	сульфатно - хлоридно - карбонатный HCO <sub>3</sub> >Cl HCO <sub>3</sub> SO <sub>4</sub> HCO <sub>3</sub> <Ca+Mg
Порог токсичности (незасоленные почвы)	<0.1 <0.1	<0.15 <0.15	<0.2 <0.15

Слабая	0.1-0.2	0.15-0.25	0.2-0.4
	0.1-0.15	0.15-0.25	0.15-0.3
Средняя	0.2-0.3	0.25-0.4	0.4-0.5
	0.15-0.3	0.25-0.4	0.3-0.5
Сильная	0.3-0.5	0.4-0.6	не встречается
	0.3-0.5	0.4-0.6	
Очень сильная	>0.5	>0.6	не встречается
	>0.5	>0.6	

\* Сумма токсичных солей равна сумме ионов, выраженных %. Сток.солей  $\%=(Cl+Na+Mg+SO_{4\text{ток}}+HCO_{3\text{ток}})\%$ . Ионы Cl, Na, Mg относятся к категории токсичных целиком;  $HCO_{3\text{токобщ}}-(Ca-HCO_3)$ . Расчет суммы токсичных ионов проводится в мг-экв, затем эти ионы переводятся в проценты и суммируются.

\*\* Показатели по сумме токсичных солей при хлоридно-сульфатном типах засоления для категории сильно- и очень сильно засоленных почв округлены для удобства использования до 1.0-1.5 % против 0.9-1.4 в таблице, приведенной в Классификации и диагностике почв (1997г.).

\*\*\* Цифры в скобках соответствуют степени засоления по сумме в гипсоносных почвах, к которым отнесены почвы, содержащие более 1 %  $CaSO_4 \cdot H_2O$ ; по данным водных вытяжек обычно эти почвы содержат более 10-12 мг/экв.  $S_a$  и  $SO_4$  (не токсичного).

\*\*\*\* Степень содового засоления оценивается по показателям хлоридно-содового.

## 2.5. Мелиоративное состояние земель бассейна Аральского моря

Оценка современного уровня мелиоративного состояния орошаемых земель проводится по материалам НИЦ МКВК по Центральной Азии с привлечением фондовых данных САНИИРИ по показателям распределения площадей зон планирования по засолению уровня и минерализации грунтовых вод.

На современном уровне (1990-2008 гг.) из имеющегося мелиоративного земельного фонда Центральной Азии 32,6 млн.га фактически орошаются только 8,490 млн.га со следующим распределением их по государствам: Казахстан – 716,0 тыс.га; Кыргызстан – 407,6 тыс.га; Таджикистан – 798,2 тыс.га, Туркменистан – 2179,0 тыс.га и Узбекистан – 4391,8 тыс.га (табл.2.7).

Таблица 2.7 Динамика роста орошаемых земель

Страны	1980 г.	1990 г.	2000 г.	2005 г.	2008 г.
--------	---------	---------	---------	---------	---------

Казахстан	696	752	769,7	714,3	716
Кыргызстан	422,8	418,5	429,2	410,9	407,6
Таджикистан	670,6	750,5	749,9	763,1	798,9
Туркменистан	1080	1523,3	2045,7	2141,8	2179
Узбекистан	3688,1	4314,7	4439,2	4403,9	4391,8
<b>Всего</b>	<b>6557,5</b>	<b>7759,0</b>	<b>8433,7</b>	<b>8434</b>	<b>8493,3</b>

По данным таблицы видно, что после 1990 года в странах Центральной Азии не произошло существенных изменений, за исключением республики Туркменистан, где они увеличились до 2179 тыс.га в 2008 г. Против 1080 тыс.га в 1980 г. В структуре посевов произошли изменения: доля хлопка уменьшилась с 45-50 % до 35-37 %, за счет увеличения зерновых с 11,6 до 27-30 %. Сократились посевы кормовых культур, что привело к нарушению севооборота.

Изменение площадей засоленных земель по странам Центральной Азии характеризуется следующими данными (табл. 2.8):

Таблица 2.8. Распределение орошаемых земель государств Центральной Азии по степени засоленности почв в % (данные НИЦ МКВК 2009 г)

Страны	Годы	Незасолен- ные	Слабо- засоленные	Средне- засоленные	Сильно и очень сильно засоленные
Казахстан	1990	28,4	49,0	15,6	7,0
	2009	45,2	25,0	19,7	9,9
Кыргызстан	1990	95,0	3,1	1,0	0,9
	2009	47,2	1,7	0,1	0,1
Таджикистан	1990	82,1	11,8	4,8	1,3
	2009	90,7	6,9	1,26	0,6

Туркменистан	1990	11,0	37,2	38,9	12,9
	2009	6,9	24,3	58,7	10,1
Узбекистан	1990	49,3	30,7	14,9	5,1
	2009	49,4	30,8	14,4	5,4

По степени засоления и уровня грунтовых вод в самом лучшем положении находятся республике Узбекистан, Кыргызстан и Таджикистан, территория которых расположена в основном в пределах верхнего течения рек Сырдарьи и Амударьи и их крупных притоков, а наихудших – Туркменистан и Казахстан. Орошаемые земли этих государств расположены, в основном, в нижнем и частично в среднем течении. При рассмотрении выше приведенных данных в динамике видно, что только в государствах Туркменистан и Казахстан протекает процесс ухудшения орошаемых земель, а в Кыргызстане, Таджикистане и Узбекистане процесс более - менее стабилизировался. Однако такое положение вряд ли является достоверным. С другой стороны по указанным данным в разрезе государств в целом невозможно выделение зон планирования, где процесс засоления протекает «усиленно» т.е. относительно высокими темпами.

В связи с этим ниже дается анализ информации государств Центральной Азии по распределению орошаемых земель по уровню и минерализации грунтовых вод за 1990-1999 гг. (табл.2.9 и 2.10). По представленным данным четко видно, неподверженность орошаемых земель республик Таджикистан и Кыргызстан большим изменениям в сторону их ухудшения – засоления, переувлажнения. В этих странах территория, которая представлена подгорными и предгорными равнинами, высокими речными террасами и в конусах выноса орошаемые земли стабильно остаются от 87-90 % (Таджикистан) до 97 % (Кыргызстан) незасоленными и с глубоким (глубже 3-5 м) залеганием уровня слабоминерализованных (менее 2 г/л) грунтовых вод. В связи с этим орошаемые земли зон планирования республик Таджикистан (за исключением территории аллювиальных равнин Вахшской долины) и особенно Кыргызстан можно отнести к категориям неподверженным к засолению, и исключить из рассмотрения, как источника соленакпления почв при развитии орошаемого земледелия. Однако орошаемая территория Кыргызстана и Таджикистана остается потенциальным источником загрязнения стока рек Сырдарьи и Амударьи на 0,1-0,85 г/л в верхнем створе, что будет показано ниже.

В то же время, с позиции охвата площади засоления, переувлажнения (подъема УГВ) и минерализации грунтовых вод территория зон планирования республик Туркменистан, Казахстан и большая часть площади Узбекистана, расположенная в среднем и нижнем течении Сырдарьи и Амударьи может служить источником соленакпления на орошаемых землях и увеличения минерализации речного стока.



Таблица 2.9

## Распределение орошаемых земель по уровню грунтовых вод

Зона планирования (Республика)	Год	Площ. под контр.	Площади (тыс.га с уровнем грунтовых вод)						Пл.с УГВ < 2 м	
			< 1	1-1.5	1.5-2	2-3	3-5	> 5	тыс.га	%

Бассейн р.Сырдарья

Кыргызстан	1990	410.23	0.869	2.167	7.701	7.473	6.391	385.63	10.13	2.6
(всего)	Ку								1.47	
	1996	424.69	3.079	5.207	7.548	8.127	12.003	388.726	15.83	3.7
	Ку								0.89	
	1999	423.72	1.765	4.903	7.465	7.480	9.457	392.569	14.2	3.4
Андижон	1990	281	1.7	17.367	66.9	96.3	33.233	65.5	85.97	30.6
	1995-99	271.8	3.6	31.0	80.5	69.9	25.6	61.2	115.1	42.4
	Ку								1.34	
Джиззак	1990	287.1	0.1	2.8	9.7	137.4	118.5	18.5	12.6	4.4
	1995-99	292.5	0.0	1.9	19.3	168.6	76.9	25.9	21.2	7.2
	Ку								1.7	
Наманган-Сырдарья	1990	31.2	0.0	4.5	20.5	5.9	0.4	0.0	25.0	80.0

	1995-99	36.1	0.0	5.6	24.9	5.3	0.3	0.0	30.5	84.5
	Ку								1.2	
Наманган-Нарын	1990	238.5	0.7	15.1	23.1	33.1	16.2	150.3	39.0	16.3
	1995-99	238.7	0.8	15.3	24.1	33.1	18.8	146.7	40.1	16.8
	Ку								1.01	
Сырдарья	1990	290.9	1.4	12.0	47.9	176.6	53.0	0.0	61.3	21.1
	1995-99	280.5	2.1	16.7	70.3	170.3	21.1	0.0	89.1	31.8
	Ку								1.45	
Ташкент-Сырдарьинская	1990	40.6	0.9	1.5	3.4	13.2	20.9	0.6	5.8	14.3
	1995-99	44.2	0.9	2.0	3.7	13.4	23.4	0.7	6.6	14.9
	Ку								1.14	
Ташкент-Чирчик	1990	339.6	1.7	7.9	52.2	129.6	108.1	40.1	61.8	18.2
	1995-99	339.8	1.3	7.1	59.7	129.9	92.6	49.3	68.1	20.0
	Ку								1.1	
Фергана	1990	353.7	1.2	15.9	104.3	129.9	48.7	53.7	121.4	34.3
	1995-99	360.2	2.2	25.6	129.2	107.8	45.9	49.6	157.0	43.6
	Ку								1.29	

Таджикистан	1987	246.9	1.1	9.71	16.71	27.43	23.68	168.27	27.52	11.1
(в т.ч.Согдийская)	1992	250.6	1.36	8.6	15.64	29.28	49.13	146.5	25.6	10.2
	Ку								0.93	
	1996	259.3	1.57	9.05	16.34	28.75	33.69	169.9	26.96	10.4
	Ку								0.86	
	1999	254.9	3.64	14.62	13.2	27.26	34.43	166.8	31.46	12.1
	Ку								1.16	
Казахстан	1990	781	-	22.7	75.6	338.8	315.1	38.6	98.3	12.6
	1994	786.4	73.9	77.83	142.3	189.5	209.9	92.8	294.0	37.4
	Ку								3.0	
	<b><u>Бассейн р.Амударьи</u></b>									
Таджикистан	1987	671.1	6.65	31.85	54.92	106.42	120.17	351.1	93.42	13.9
	1992	690.6	7.29	29.45	55.19	111.1	179.7	307.9	91.9	13.3
	Ку								0.98	
	1996	703.1	8.86	28.5	54.3	117.5	153.9	340	91.66	13.0
	Ку								1.0	

	1999	697.2	15.48	41.78	54.28	101.2	140.3	341.2	111.5	15.9
	Ку								1.21	
Бухара	1990	331.9	0.5	11.3	49.9	197.5	71.8	1.0	61.6	18.6
	1995-99	274.0	0.5	10.2	52.8	169.6	40.6	0.2	63.5	23.2
	Ку								1.03	
Кашкадарья	1990	189.7	0.5	1.3	3.5	51.6	44.5	88.4	5.3	2.8
	1995-99	188.0	0.4	1.4	3.4	48.5	46.8	87.4	5.3	2.8
	Ку								1.0	
Карши	1990	290.5	0.1	0.8	3.9	117.1	141.3	27.3	4.8	1.7
	1995-99	307.6	0.1	1.2	5.7	115.3	153.7	31.6	7.0	2.3
	Ку								1.46	
Навоий	1990	121.0	0.9	5.0	22.0	63.7	19.6	9.8	27.9	23.1
	1995-99	123.9	0.5	5.8	27.3	58.7	14.3	17.3	33.6	27.1
	Ку								1.2	
Самарканд	1990	403.8	2.0	8.3	26.3	96.8	86.1	184.2	36.6	9.1
	1995-99	374.6	2.7	10.3	32.7	74.1	63.4	191.4	45.7	12.2
	Ку								1.25	

Сурхандарья	1990	313.7	0.0	1.4	14.2	107.7	62.9	127.5	15.6	5.0
	1995-99	327.2	0.0	1.0	16.7	124.6	73.7	111.2	17.7	5.4
	Ку								1.13	
Хорезм	1990	251.2	53.1	73.5	65.1	54.9	4.6	0.0	191.8	76.3
	1995-99	258.4	71.5	107.1	58.5	20.7	0.6	0.0	237.0	91.7
	Ку								1.23	
РК-Южная	1990	136.7	7.1	43.6	56.3	29.1	0.6	0.0	107.0	78.3
	1995-99	135.7	9.1	57.5	57.8	10.9	0.5	0.0	124.4	91.6
	Ку								1.16	
РК-Северная	1990	358.5	13.0	49.3	156.1	134.0	6.1	0.0	218.4	60.9
	1995-99	327.0	14.8	57.6	164.4	75.7	14.5	0.1	236.7	72.4
	Ку								1.08	
Туркменистан										
Дашогуз	1999	407.31	6.05	73.48	158.02	115.29	19.41	34.55	238.05	58
Лебапский	1999	285.16	11.81	54.96	120.72	88.77	8.91	-	187.48	65.8
Балкан	1999	83.90	1.03	1.92	2.57	6.63	0.97	70.78	5.52	6.5

<p>К<sub>у</sub> - коэффициент изменения уровня грунтовых вод. Это отношение УГВ последнего года наблюдения к таковому предыдущего года.</p>										
<p>Он устанавливается по данным 11 графы</p>										
К <sub>у</sub> = $\frac{\text{УГВ}(1995-99)}{\text{УГВ}(1990 \text{ г.})}$										

Таблица 2.10

Распределение орошаемых площадей по степени минерализации грунтовых вод обследованных орошаемых земель											
Зона планирования (Республика)	Год	Площ. под контр.	Площади (тыс.га с уровнем грунтовых вод)					Пл.с мин.>3 г/л		Измен.минер.	
			0-1	1-3	3-5	5-10	> 10	тыс.га	%	от	до
<b><u>Бассейн р.Сырдарья</u></b>											
Кыргызстан	1990	410.23	401.34	7.23	1.66	-	-	1.66	0.4	-	-
(всего)	1996	424.69	417.80	5.65	1.24	-	-	1.24	0.3	-	-
	Км							0.74			
	1999	423.72	416.34	4.98	2.41	-	-	2.41	0.6	-	-
	Км							1.94			
Андижон	1990	281	144.1	112.6	22.0	2.2	0.1	24.3	8.7	85.97	30.6
	1995-99	271.8	135.0	109.3	23.8	3.5	0.3	27.5	10.1	9.7	10.9
	Км							1.13			
Джиззак	1990	287.1	12.3	53.7	79.4	101.1	40.6	221.1	77.0		
	1995-99	292.1	20.4	65.7	102.5	92.7	10.8	206.0	70.5	57.7	73.8

	Км							0.93			
Наманган-Сырдарья	1990	31.2	13.6	17.2	0.4	0.0	0.0	0.4	1.4		
	1995-99	36.1	14.8	20.5	0.8	0.0	0.0	0.8	2.2	0.7	4.4
	Км							2.0			
Наманган-Нарын	1990	238.5	194.5	33.3	10.4	0.4	0.0	10.7	4.5		
	1995-99	238.7	194.0	37.1	7.4	0.2	0.0	7.6	3.2	1.6	4.5
	Км							0.7			
Самарканд	1990	403.8	358.6	40.1	4.3	0.8	0.0	5.1	1.3		
	1995-99	374.6	354.6	19.9	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0	0
	Км							0			
Сырдарья	1990	276.1	0.0	99.0	106.0	58.1	13.0	177.1	64.1		
	1995-99	280.5	0.4	107.2	107.1	56.0	9.8	172.9	61.6	52.5	724.4
	Км							0.97			
Ташкент-Сырдарьинская	1990	40.6	0.5	39.6	0.4	0.1	0.0	0.6	1.4		
	1995-99	44.2	0.6	43.0	0.5	0.1	0.0	0.6	1.4	1.3	1.4
	Км							1.0		1.14	
Ташкент-Чирчик	1990	339.6	236.2	96.8	5.4	1.1	0.0	6.6	1.9		

	1995-99	339.8	235.8	97.9	4.9	1.1	0.0	6.1	1.8	1.6	1.9
	Км							0.92			
Фергана	1990	353.7	114.1	158.6	70.6	10.2	0.1	81.0	22.9		
	1995-99	358.3	104.4	177.0	69.6	7.0	0.3	76.9	21.5	18.5	24.7
	Км							0.95			
Таджикистан	1987	246.9	151.11	83.69	11.9			11.9	4.8	-	-
(в т.ч. Согдийская)	1992	255.0	147.6	97.43	9.98			9.98	3.9	-	-
	Км							0.83		0.93	
	1996	259.3	156.7	0.74	11.2			11.2			
	Км							1.12			
	1999	259.9	159.2	94.28	6.48			6.48	2.4	-	-
	Км							0.58			
Казахстан	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<b><u>Бассейн р.Амудары</u></b>										
Таджикистан	1987	674.11	379.74	254.2	40.8	-	-	40.8	6.05	-	-
(всего)	1992	700.4	391.9	270.7	37.76	-	-	37.76	5.4	-	-

	Км							0.92			
	1996	703.0	353.9	304.2	44.9	-	-	44.9	6.4	-	-
	Км							1.18		1.0	
	1999	697.2	389.5	273.3	34.44	-	-	34.44	4.9	-	-
	Км							0.76			
Бухара	1990	332.0	0.8	181.1	111.2	33.4	5.5	150.1	45.2	-	-
	1995-99	274.0	0.8	135.7	111.7	24.3	1.5	137.5	50.2	39.8	80
	Км							0.91			
Кашкадарья	1990	189.7	97.8	34.9	18.2	35.6	3.3	57.0	30.0		
	1995-99	188.0	95.6	32.9	21.5	34.8	3.2	59.5	31.7	30.3	33.5
	Км							1.04			
Карши	1990	290.5	1.3	92.3	146.3	46.6	4.0	196.9	67.8		
	1995-99	307.6	0.6	91.6	160.4	52.1	2.9	215.3	70.0	67.8	71.9
	Км							1.09			
Навоий	1990	121.0	25.8	62.5	24.5	7.5	0.7	32.7	27.0		
	1995-99	123.9	28.1	60.2	30.4	5.1	0.0	35.6	28.7	15.8	32.1
	Км							1.09			

Сурхандарья	1990	313.7	126.4	112.6	51.7	18.5	4.4	74.7	23.8		
	1995-99	327.2	141.8	114.5	53.3	16.3	1.3	70.9	21.7	15.1	25.1
	Км							0.95			
Хорезм	1990	251.1	35.0	205.7	10.8	4.9	0.7	16.4	6.4		
	1995-99	258.4	31.7	208.0	15.4	2.4	0.9	18.6	7.2	4.5	10
	Км							1.13			
РК-Южная	1990	136.7	1.2	108.5	20.2	6.6	0.2	27.0	19.8		
	1995-99	135.8	2.2	111.7	16.5	5.1	0.3	21.9	16.1	11.1	19.8
	Км							0.81			
РК-Северная	1990	358.5	1.3	210.6	113.7	37.2	5.8	146.7	40.9		
	1995-99	327.0	1.8	166.1	117.0	36.9	5.4	159.2	48.7	40.9	54.5
	Км							1.08			
Туркменистан											
Дашогуз	1999	407.28	2.56	182.47	107.87	81.53	32.85	222.2	54.5		
Лебапский	1999	285.16	33.16	188.55	38.31	173.03	7.82	63.43	22.2		

Балкан	1999	83.90	3.71	5.18	-	19.62	55.34	79.96	89.3		
<p>Ку - коэффициент изменения уровня грунтовых вод. Это отношение УГВ последнего года наблюдения к таковому предыдущего года.</p>											
<p>Он устанавливается по данным 11 графы</p>											
Ку =	<u>(1995-99)</u>										
	(1990 г.)										

К таким категориям по бассейну Сырдарьи относятся орошаемые земли Джизакской области, расположенные ниже Южно-Голодностепского канала, Сырдарьинской области (особенно новая зона орошения), Казахская часть Голодной степи и Кзыл-Ординской области. В пределах бассейна реки Амударьи к таким зонам планирования относятся по р.Узбекистан – Бухарский оазис, Хорезмская область, территория северной зоны р.Каракалпакстан и по Туркменистану – Дашогузская и Лебапской области. В указанных зонах планирования орошаемые площади с категориями засоленности почв выше средней степени засоления составляют от 37 до 88 %, по уровню грунтовых вод ниже 2.0 м от 25 до 91.6 % (р.Каракалпакстан), а минерализацией больше 3.0 г/л от 40 до 80 % от общей площади орошения. Этим зонам характерно еще то, что на их орошаемых землях из года в год повсеместно наблюдается рост площадей засоления, близкое – залеганием до 2 м уровня и увеличение минерализации грунтовых вод. Коэффициенты роста площадей засоления за 1995-1999 г. по отношению к таковой по бассейну Сырдарьи в Джизакской, Сырдарьинской областях Узбекистана и южных областей Казахстана изменяется в пределах 1.37-1.6 до 1.16 (Казахстан). По бассейну реки Амударьи в зонах планирования Бухарского оазиса, Хорезмской области, р.Каракалпакстан (Узбекистан), Лебапской и Дашогузской областей Туркменистана составляет от 1.15 до 1.7 раза. Аналогичная картина наблюдается по коэффициентам изменения УГВ и минерализации грунтовых вод.

К тому же во всех орошаемых землях зон «усиленного» засоления используется поливная вода относительно с высокой минерализацией (больше 1.0 г/л) по сравнению с водой районов верхнего течения рек Сырдарьи и Амударьи. Кроме того, орошаемые территории среднего и нижнего течения – представлены III и VI типами солевого профиля с большими запасами солей ниже почвенного горизонта. Указанные факторы обуславливают ускорение процесса соленакопления и развития процесса вторичного засоления при малейшем нарушении требований мелиорации земель и передовых агроприемов.

## **Глава 3. Развитие дренажных систем в Центральной Азии и оценка их технического состояния**

Дренаж в аридной и полумаридной зонах, в пределах которых возникает неблагоприятные эколого-мелиоративные процессы, предназначен для регулирования и управления водно – солевыми балансами орошаемой территории и водно солевыми режимами почв. Он также широко применяется для регулирования водного режима подтопленных и переувлажненных земель, формируемых в процессе развития орошаемого земледелия.

При мелиорации засоленных и переувлажненных земель Центральной Азии наибольшее применение нашли горизонтальный (открытый и закрытый) и вертикальный дренаж.

**Горизонтальный дренаж** в соответствии с природно-хозяйственными условиями построен на площади выше 4750,86 тыс. га, при чем его регулирующая часть в основном представлена закрытым трубчатым дренажем, а проводящая (водоотводящая) часть открытыми коллекторами (рис. 3.1).

**Закрытый** горизонтальный дренаж, представляет с собой перфорированный трубопровод (из керамических, пластмассовых, асбестоцементных или других труб диаметр которых 0,07 – 0,3м) уложенный под грунт на глубину 2-4.0 м и окруженный защитно-фильтрующим слоем, преимущественно из естественных песчаных и песчано-гравийных материалов толщиной 0.15-0.18 м. В последнее время применялись искусственные защитно-фильтрующие материалы (синтетические волокна, нетканые, иглопробивные полотна), а также их комбинация с естественными фильтровыми смесями. (Духовный и др., 1979 г.).

Поступление воды в дренаж происходит самотеком под действием напора, образованного за счет разницы в уровнях грунтовых вод на междренье и в полости перфорированного трубопровода. Для осуществления ремонтно-эксплуатационных работ на закрытой горизонтальной дрене предусматриваются специальные сооружения (смотровые колодцы, устья). Междреннее расстояние определяется гидрогеологическими и хозяйственными условиями, а также конструктивными особенностями водоприемной части дрен и составляет не менее 50 м.

**Вертикальный дренаж** построен на площади 764 600 га и представляет собой систему из буровых скважин с водоприемной и водоотводящей частями, водоподъемного оборудования; зданий для станции управления контрольно-измерительной аппаратурой, средствами автоматики и телемеханики; линий электропередач, трансформаторной подстанции и подъездных дорог (рис. 3.1). Скважины вертикального дренажа, выполняемые обычно диаметром 0.9-1.2 м, предназначаются для воздействия на верхний ярус подземных вод и поэтому бурятся глубиной до 50-100 м. Водоприемная часть скважин размещается в хорошо проницаемых песчано-гравийных отложениях и оборудуется фильтровым каркасом, защищенным песчано-гравийной фильтровой обсыпкой. Водоподъемное оборудование размещается в эксплуатационной колонне труб, размещаемой над фильтровым каркасом. В качестве эксплуатационной колонны обычно использовались стальные обсадные, тонкостенные сварные, полимерные и асбестоцементные трубы, диаметром до 0.4 м, а для фильтрового каркаса применялись перфорированные трубы из тех же материалов или фильтры заводского изготовления. Площадь обслуживания скважины зависит от гидрогеологических и хозяйственных условий и может достигать 100-150 га.

**Комбинированный дренаж** (рис.3.1) представляет собой систему из горизонтальных дрен (коллекторов), размещаемых в слабопроницаемом покровном мелкозем, и вертикальных

самоизливающихся скважин, водоприемная часть которых установлена в хорошо проницаемый подстилающий слой. На фоне такой системы возникающий при поливах напор, сопровождаемый подъемом грунтовых вод, передается в нижний хорошо проницаемый слой и формирует приток к вертикальным скважинам и самоизлив в сеть горизонтального дренажа. Соответственно, самоизливающиеся скважины, размещаемые вдоль дрена, усиливая ее действие, соответственно позволяют значительно расширить междренные расстояния. Для повышения водозахватной способности скважины комбинированного дренажа (глубиной не более 30 м) бурятся диаметром 500 мм и обсаживаются пластмассовыми трубами диаметром 100 мм с перфорацией в нижней части, размещаемой в хорошо проницаемом подстилающем слое (Духовный и др., 1982). *Разработанный и доведенный авторами этого раздела до производственного внедрения (1975-1985 гг.) данный тип дренажа был реализован на площади 35-40 тыс. га.*

В качестве фильтровой защиты используется песчано-гравийная смесь специального состава, засыпаемая в затрубное пространство между водоподъемной колонной и стенками скважины. Расстояние между скважинами, устраиваемыми вдоль дрена, зависит от гидрогеологических условий и составляет 100-200 м.

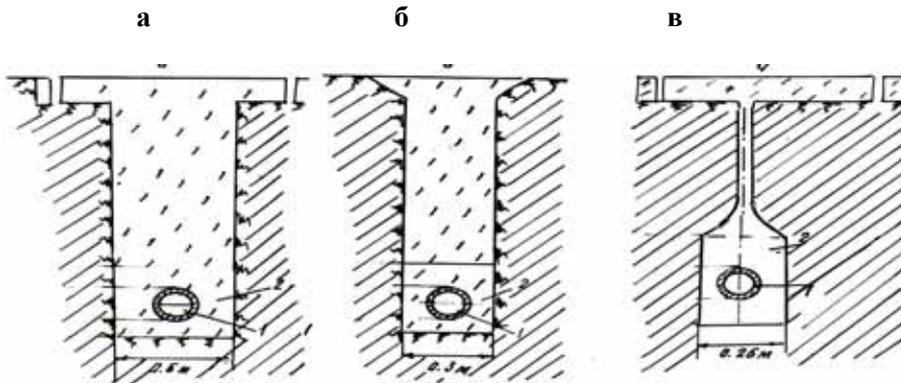
Выбор того или иного из выше перечисленных типов дренажа производится на основе анализа гидрогеологических особенностей конкретной территории. горизонтальный дренаж в основном подходит для условий однородного строения грунтов с коэффициентом фильтрации от 0,01 до 1 м/сут и более, при близком (до 5 м) залегании водоупора. Он эффективен также в условиях неоднородного строения грунтов с маломощными (3-4 м) покровными мелкоземами, когда появляется возможность вскрывать хорошо проницаемые подстилающие слои (песок, гравий, и т.д.) и укладывать в них горизонтальные дрена.

**Вертикальный** дренаж перспективен в условиях преимущественно неоднородного строения грунтов с мощными (15-45 м) покровными мелкоземами, подстилаемыми хорошо проницаемыми песчано-гравийными слоями мощностью более 5 м и водопроницаемостью более 100 м<sup>2</sup>/сут. Он может быть эффективен и при меньшей водопроницаемости в условиях слабой проницаемости (менее 0,1 м/сут) покровных мелкоземов или напорности подземных вод подстилающих слоев. Ограничения по мощности покровного мелкозема обусловлены тем, что при мощностях менее 15 м на фоне вертикального дренажа создается пространственная неравномерность по глубине залегания грунтовых вод, скорости их снижения и темпам рассоления почво-грунтов, а при мощностях более 45 м резко возрастает сопротивление покровного мелкозема и теряется гидравлическая связь грунтовых вод покровного мелкозема, с подземными водами подстилающих слоев. ( Решеткина и др., 1978)

**Комбинированный** дренаж перспективен в условиях неоднородного строения грунтов, сложенных покровными слабопроницаемыми (0,01-0,5 м/сут) мелкоземами мощностью от 5 до 15 м и хорошо проницаемыми напорными или безнапорными подстилающими слоями водопроницаемостью более 10 м<sup>2</sup>/сут. Неприменимость комбинированного дренажа в условиях маломощных покровных мелкоземов объясняется тем, что укладка его горизонтального элемента (глубиной 3-4 м) непосредственно в подстилающие хорошо проницаемые слои исключает необходимость устройства его вертикального элемента (скважин). При мощностях же мелкоземов более 15 м начинает возрастать его сопротивление и снижаться коэффициент перетекания (отношение объема воды с верхнего слоя покровного мелкозема к общему расходу отбираемому дренажем). В условиях же слабой проницаемости покровных мелкоземов (менее 0,1 м/сут), когда дренирующей способностью горизонтальной сети можно пренебречь, ее можно заменить неперфорированным «глухим» водоводом, лишь транспортирующим дренажный сток, поступающий из самоизливающихся скважин.

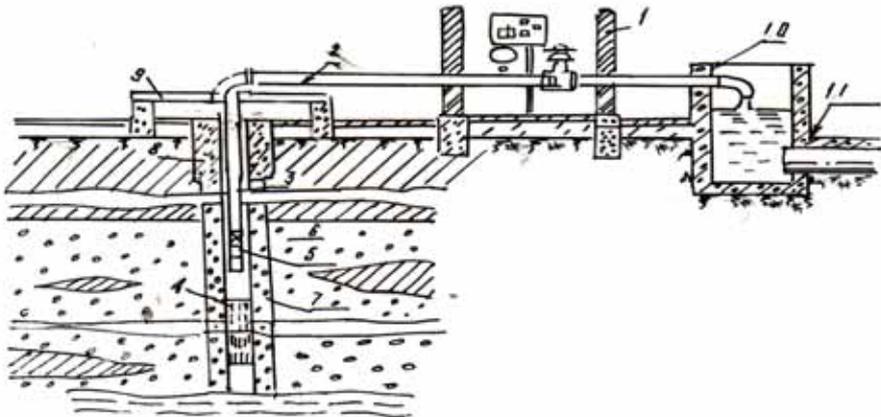
Благодаря таким преимуществам как низкая капиталоемкость, простота и дешевизна эксплуатации, комбинированный дренаж будет особенно перспективен в ближайшее время при реализации программы реконструкции и реабилитации дренажных систем.

**Горизонтальный:**



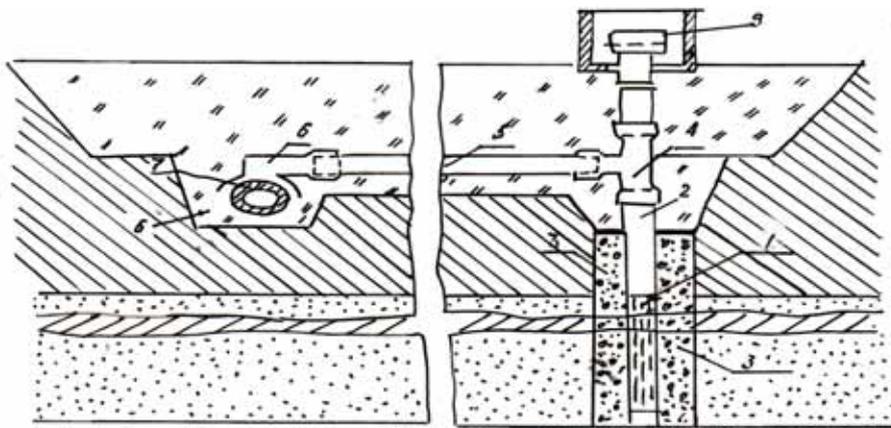
а- траншейный; б- узкотраншейный; в- бестраншейный. 1- перфорированная труба  
2- песчано-гравийная обсыпка 3- грунт обратной засыпки

**Вертикальный:**



1- здание управления; 2- напорный трубопровод; 3- эксплуатационная колонна; 4- фильтровая колонна; 5- насос; 6- электродвигатель; 7- гравийная обсыпка; 8- кондуктор; 9- опорная рама; 10- водоприемный колодец; 11- водосброс

**Комбинированный:**



1: фильтровая колонна; 2: водоподъемная колонна; 3: фильтровая обсыпка скважины; 4: тройник; 5: водоотводящая труба; 6: бандаж с отводом; 7: труба дрена; 8: фильтровая обсыпка дрены; 9: оголовок скважины

Рис.3.1 Типы совершенного дренажа в Центральной Азии (Духовный и др. 1979,1982 и Решеткина Н.М. и др.1978)

Следует отметить, что широкое развитие строительство дренажных систем в Центральной Азии получило в 1960-1990 гг., когда по всем республикам проводилось интенсивное освоение новых и реконструкция мелиоративной сети на староорошаемых землях. В результате этих работ к началу 90-х годов здесь было построено 200.55 тыс. км коллекторно-дренажной сети, из которых 45 тыс. км - межхозяйственные и магистральные коллектора, 155.5 тыс. км - внутрихозяйственные (в том числе, 48.6 тыс. км дрен закрытого типа, а также 7 762 скважины вертикального дренажа). Характеристика коллекторно-дренажной сети бассейна Аральского моря, представлена в табл. 3.1.

Наибольшая площадь охвата дренажем приходится на долю Узбекистана, где протяженность межхозяйственной и внутрихозяйственной коллекторно-дренажной сети составляет 137 793.3 км, в том числе 31 353.6 км – межхозяйственной. Также в этой республике больше всего внедрены совершенные типы дренажа – закрытые горизонтальные дрены и скважины вертикального дренажа, площади которых составляют соответственно 550 и 450 тыс. га. Однако к 2000 году площадь орошаемых земель под вертикальным дренажем сократилась до 380.4 тыс. га из-за консервации части работающих скважин. Аналогичная картина наблюдается и по системе закрытого дренажа из-за интенсивного отказа работоспособности первичных дрен. Объем неработающих закрытых дрен в Узбекистане и Таджикистане составляет от 34 до 40 % от общей их протяженности.

Вертикальный дренаж также развит в Казахстане и Таджикистане и охватывает соответственно 320 и 41.24 тыс. га с общим числом высокодебитных скважин соответственно 1 503 и 1 962 штук.

Обслуживаемая площадь одной скважины изменяется в зависимости от гидрогеолого-мелиоративных условий от 107.7 и 213 га (Узбекистан, Казахстан) до 21 га по Республике Таджикистан. В других республиках Центральной Азии больше всего развита открытая коллекторно-дренажная сеть, а вертикальные и закрытые дренажные системы построены в виде опытно-производственных (пилотных) участков.

При мелиорации почв главным показателем обеспеченности дренажем орошаемых земель является его протяженность на один гектар, которая в Узбекистане, Казахстане и Таджикистане

составляет соответственно 67 м/га, 28 м/га и 32 м/га на внутривладельческом и 8.1-19 м/га, 3.1 м/га и 6.4 м/га на межхозяйственном уровнях. По этому показателю мелиорируемые земли этих республик с учетом наличия систем вертикального дренажа, можно отнести к территориям, обеспеченным искусственной дренированностью. Такими условиями не обеспечен Туркменистан, где удельная протяженность дренажа в среднем составляет 14.7 м/га. Однако следует учесть, что земли этой страны представлены более сложными гидрогеолого-почвенно-мелиоративными условиями.

Современный уровень обеспеченности коллекторно-дренажной сетью по республикам Центральной Азии на 2009 год представлен в таблице 3.2.

Представленные данные показывают, что из имеющихся систем вертикального дренажа в настоящее время в рабочем состоянии находится от 34 % (в Казахстане) до 71 % (в Узбекистане), а остальные требуют ремонта. Из закрытого горизонтального дренажа в рабочем состоянии находятся от 3% (Узбекистан) до 25 % (Таджикистан).

Таблица 3.1 – Характеристика коллекторно-дренажной сети бассейна Аральского моря (на 2000 г.) (Духовный В.А и др. 2004 г.)

Страна	орошаемая площадь, тыс.га	В том числе, тыс.га				Протяженность сети, км					Скважины вертикального дренажа		площадь обслуживания 1-й скважины, га
		требующая дренирования	обеспеченная дренажем	горизонтальный дренаж	Вертикальный дренаж	Магистральная межхозяйственная		Внутрихозяйственная			количества	в т.ч работающие в %	
						всего	удельная, м/га	всего	В т.ч				
									закрытый	удельный, м/га			
Узбекистан	4250,6	3360,0	2893,4	2523,9	450	31353,6	8,1-19,0	106439,7	38300,2	10-67,0	4179,0	25-30	107,7
Казахстан	786,2	530,0	420,2	257,9	320	2400,0	3,1	13700,0	Опытн.	28,0 К-Орда	1503	00	213
Кыргызстан	411,8	158,04	158,04*	157,14	0,9	42,0	0,27	869,2	137,5	5,5	64,0	37,0	14,0
Туркменистан	1860,6	1511,2	1511,2*	1488,69	22,5	8988,9	5,24	25263,4	6345,8	14,7	254,0	87,0	88,6
Таджикистан	718,0	364,5	364,5	323,23	41,24	2213,0	6,4	9279,0	3817	32,0	1962,0	20	21,0
Итого по бассейну Аральского моря	7896	5973,6	5347,3	4750,86	764,6	44997,5		155551,3	48600,5		7762,0	36,7	107,5

Таблица 3.2. Протяженность и работоспособность дренажных систем на уровень 2009 г. (данные НИЦ МКВЕ, 2009 г.)

Страна	Общая протяженность КДС, км	СВД, шт	Открытая КДС, км	Закрытые горизонтальные дренажи, км	В т.ч. в рабочем состоянии			
					Общая КДС, км/%	СВД, шт/%	Открытая КДС, км/%	ЗГД, км/%
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Узбекистан	75677,9	3369	102303,9	38058	$\frac{75437,5}{99}$	$\frac{2412}{71}$	$\frac{61929,4}{60}$	$\frac{1057,6}{3}$
Таджикистан	7490	2070	7470	3521	$\frac{7490}{100}$	$\frac{810}{40}$	$\frac{3960}{50}$	$\frac{882,5}{25}$
Кыргызстан	187,3	130	224,5	25,9	$\frac{187,3}{100}$	0	$\frac{176,3}{78}$	$\frac{3,67}{14}$
Туркменистан	0	223	15580,4	9621,5	0	0	0	0
Казахстан	884	258	2680	900	$\frac{884}{100}$	$\frac{88}{34}$	$\frac{884}{100}$	0

Примечание: Цифра 0 – означает отсутствие наблюдений

Из открытых горизонтальных дрен и коллекторов в рабочем состоянии находятся от 60 до 100 %, что указывает на проводимые в них ремонтно-восстановительных работах.

Магистральные, межхозяйственные коллектора, вертикальный дренаж и частично закрытый дренаж до 1991 года во всех странах Центральной Азии находились на балансе государства (министерств мелиорации и водного хозяйства республик), а внутрихозяйственная открытая коллекторно-дренажная сеть (КДС) и большая часть закрытых дрен на балансе хозяйств. В соответствии с этим межхозяйственная КДС, вертикальный дренаж и часть закрытого дренажа эксплуатировались областными гидрогеолого-мелиоративными или другими специальными организациями за счет госбюджетных средств. Внутрихозяйственная КДС эксплуатировалась за счет собственных средств хозяйств. Такая система организации эксплуатации сохранилась в Узбекистане и до настоящего времени.

Сейчас в Узбекистане уделяется достаточно большое внимание ремонтно-восстановительным работам гидромелиоративных систем. Для финансирования этих мероприятий создан специальный мелиоративный фонд при Министерстве финансов РУз и выделяемые средства для таких целей составляют в последние годы 150 млрд.сумов.

В Республике Казахстан в последние годы также стали уделять внимание на восстановление, ремонт и строительство коллекторно-дренажных систем. Здесь в южных областях за счет средств зарубежных инвестиций были заново построены системы скважин вертикального дренажа, хотя до настоящего времени они не эксплуатируются.

В остальных республиках ЦА пока на эти проблемы уделяется недостаточное внимание.

## Глава IV. Коллекторно-дренажный, водно-солевой сток (КДС) в Центральной Азии

### 4.1. Формирование коллекторно-дренажных вод

За последнее десятилетие во всех странах Центральной Азии наблюдается резкое падение темпа роста сельскохозяйственного производства, не только за счет снижения инвестиции на ведение орошаемого земледелия, но и резкого ухудшения водохозяйственно-мелиоративных условий орошаемых земель.

Современные водохозяйственно-мелиоративные условия бассейна Аральского моря характеризуются:

- уменьшением располагаемых водных ресурсов под влиянием необходимости удовлетворения нарастающих экологических требований, быстрорастущей потребности в воде промышленности и коммунально-бытовых хозяйств;
- резким ухудшением качества речных и подземных вод;
- постепенным ростом засоленности орошаемых земель;
- ухудшением технического уровня гидромелиоративных систем, приводящим к низким коэффициентам использования дефицитных водных ресурсов;
- постепенным снижением удельных расходов оросительных вод на единицу поливных земель за счет улучшения управления водными ресурсами и внедрение водосберегающих технологий. За последние годы удельные затраты воды на 1 гектар орошаемых земель в бассейне Аральского моря изменяется в пределах 12,5-13,5 тыс.м<sup>3</sup>/га, против 17,5-18,0 тыс.м<sup>3</sup>/га в 1980 гг.

В то же время дальнейший рост всех отраслей народного хозяйства стран Центральной Азии связан с водой и улучшением качества водных ресурсов. Вода в настоящее время и в перспективе в условиях бассейна Аральского моря становится таким же лимитирующим фактором развития экономики региона, как топливно-энергетический комплекс и минерально-сырьевые ресурсы.

Суммарные водные ресурсы Центральной Азии оцениваются для года средней водности 162,8-168,1 км<sup>3</sup>, из которых на долю возвратных коллекторно-дренажных вод приходилось 36-38 км<sup>3</sup>. Возвратные воды являются неизбежным следствием орошаемого земледелия. Объемы возвратных вод в мировом масштабе оцениваются в порядке 500 км<sup>3</sup> или 25-30 % от общего водного ресурса, используемого для орошения земель. На территории бывшего Советского Союза в 1993-1994 годы общее количество дренажного стока составило 49-50 км<sup>3</sup>, из которых 36-40 км<sup>3</sup> приходилось на бассейн Аральского моря. При этом за последние годы сток возвратных вод по бассейну Аральского моря несколько снизился и изменяется в пределах 29-30 км<sup>3</sup>, из которых на долю зоны реки Амударьи приходится 16-20 км<sup>3</sup>. Доля возвратного стока от общего водозабора изменяется по бассейну Амударьи от 38-39 % до 47 %, а по бассейну Сырдарьи в пределах 57-70 %, т.е. на 10-15 % больше. В общем объеме доля стока от промышленно-коммунально-бытового хозяйства варьирует по бассейну Сырдарьи от 1,1 км<sup>3</sup> до 1,4 км<sup>3</sup> (10 %), а по Амударье, соответственно, она составляет 0,9 км<sup>3</sup> (5 %) и 1,1 км<sup>3</sup> (6 %).

По административной принадлежности доли возвратных вод распределяются следующим образом:

по бассейну Сырдарьи:  
 Узбекистан – 63 %  
 Кыргызстан – 16 %  
 Казахстан – 14 %  
 Таджикистан – 7 %

по бассейну Амударьи:  
 Узбекистан – 69 %  
 Туркменистан – 19 %  
 Таджикистан – 12 %.

Объемы КДВ, формируемых в странах Центральной Азии изменяются в зависимости от водности года. Расчеты многолетнего ряда наблюдений за стоком КДС за период 1980-2009гг. показали, что в многоводные годы в регионе формируется 32,4-35,98 км<sup>3</sup> дренажно-сбросных вод, в средние по водности годы 27,35-32,4 км<sup>3</sup>, а в маловодные годы 24,19-27,35 км<sup>3</sup> (табл.4.1).

Табл. 4.1. Количество КДВ, формируемых в странах ЦА в зависимости от водности года (млн. м<sup>3</sup>/год)

Страна	За период 1980-2009гг.			В среднем за 2000-2009гг.
	многоводный год	средневодный год	маловодный год	
Узбекистан	25600-27500	21600-25600	19900-21600	24300,0
Казахстан	750-1080	370-750	180-370	294,0
Кыргызстан	450-510	420-450	410-420	435,0
Таджикистан	75-90	60-75	50-60	82,0
Туркменистан	5600-6800	4900-5600	3650-4900	4900,0
Всего	32400-35980	27350-32475	24190-27350	30010,0

Зависимость объемов КДВ Узбекистана от водности года отражена на рисунке 4.1.

За последнее десятилетие (2000-2009гг.) по данным НИЦ МКВК, объемы формируемых КДВ сократились до 30,0 км<sup>3</sup>/год. Превалирующее место по объему возвратных КДВ занимает Узбекистан - 24,3 км<sup>3</sup> (81%) и Туркменистан - 4,9 км<sup>3</sup> (16%), а доля других республик всего 1,0-3,0%.

Внутригодовой режим формирования КДВ за 2009 год, представленный в таблице 4.2, показывает, что большая часть стока КДС формируется в весенний и летний периоды. По всем республикам наблюдается уменьшение объемов КДС, по сравнению с 1980-1990

годами, а значительное сокращение КДС отмечается по республикам Таджикистан, Кыргызстан и Казахстан.

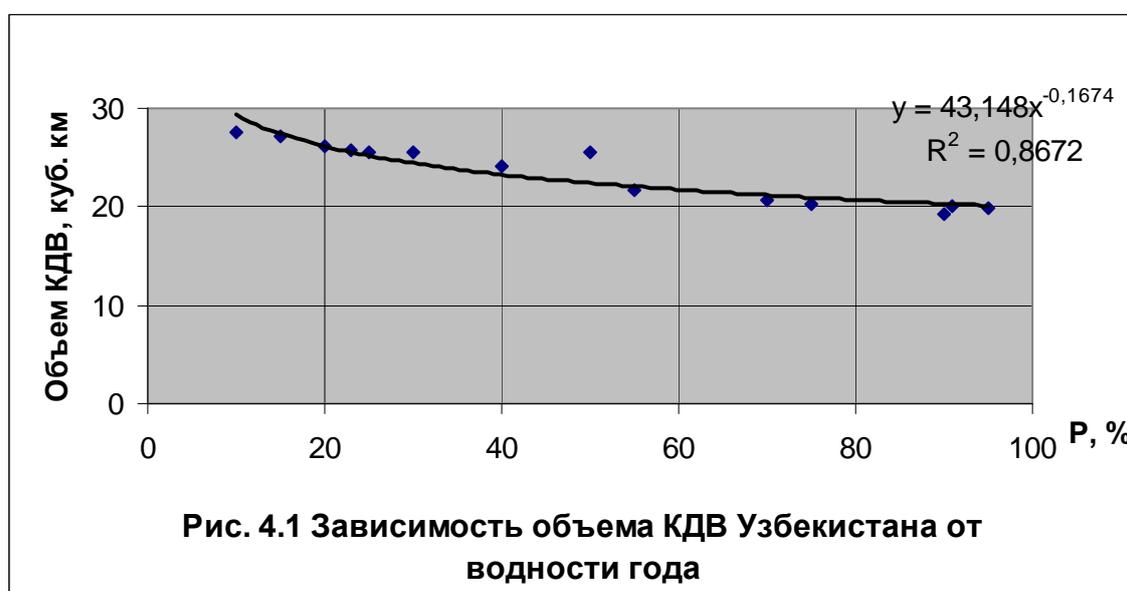


Табл. 4.2. Внутригодовой режим формирования коллекторно-дренажного стока по ЦА, млн. м<sup>3</sup> (современное состояние)

Месяцы	Узбекистан 2009г.	Казахстан 2009г.	Кыргызстан 2009г.	Таджикистан 2009г.	Туркменистан 2009г.
I	1714	0,59	6,0	6,0	244
II	2035,31	4,59	5,08	6,81	362,56
III	2358,08	5,29	24,96	7,37	593,74
IV	2212,5	5,29	33,15	7,11	587,21
V	2164,1	4,93	52,7	7,4	547,72
VI	2138,33	57,38	74,85	7,19	587,52
VII	2210,89	110,97	78,44	7,36	626,65
VIII	2169,93	93,60	52,53	7,38	608,34
IX	1744,45	4,78	34,24	7,09	457,57
X	1666,79	4,70	48,14	7,31	314,03

XI	1551,45	4,52	9,52	7,15	257,01
XII	1436,6	4,52	4,52	7,37	219,06
За год	23402,47	304,17	424,11	85,53	5405,41

#### **4.2. Водно-солевые балансы орошаемых земель зон планирования и их роль в развитии засоления земель и снижении продуктивности почв и воды**

Анализом водно-солевых балансов орошаемой территории зон планирования устанавливается, с одной стороны интенсивность изменения солевых процессов (увеличение или уменьшение запасов солей) на орошаемых землях, с другой водо- и солеобмен между орошаемой территорией и рекой (поступление и вынос солей).

В данном подразделе рассматривается анализ материалов водно-солевых балансов поверхностных вод орошаемых земель зон планирования на примере Узбекистана, расположенных в пределах бассейнов рек Сырдарьи и Амударьи за 1985, 1990 и 1997 гг. Южного Казахстана.

На современном уровне водно-солевые балансы поверхностных вод по бассейнам рек Сырдарьи и Амударьи в целом по территории складываются отрицательным с выносом солей из территории, а исключением отдельных зон планирования Узбекистана и южных районов Казахстана (табл.4.3, 4.4).

В бассейне реки Сырдарьи удельный вынос солей из верхнего течения составляет от 0.36 до 9.0 т/га в год. Более высокий темп выноса происходит в среднем течении от 4.3 до 12 т/га в год. Так, в Джизакской и Сырдарьинской областях удельные выносы солей с орошаемых территорий изменяются в пределах от 7.6 до 12 тн/га в год, тогда как по зонам планирования расположенным в верхнем течении вынос составляет от 0.36 до 5 тн/год. В то же время в низовье реки по южным районам р.Казахстан баланс складывается положительно, что показывает на превышение поступления солей в орошаемые территории водозабором из реки над их выносом. А в бассейне реки Амударьи отмечается положительный солевой баланс: к примеру, в пределах Сурхандарьинского вилоята с накоплением 2.84 т/га солей в год, и незначительно в Самаркандской области 0.45 т/га в год. А в целом же и в бассейне р.Амударьи солевой баланс поверхностных вод складывается с выносом солей по рассматриваемым водохозяйственным районам. Удельные размеры выноса солей составляют от 0.6 до 25,4 т/га в год. В этом бассейне самый высокий удельный вынос солей отмечается в Хорезмской области, который изменяется в пределах 13.2-25.4 тн/га в год. Коэффициент миграции солей между орошаемой территорией и рекой  $M_k$  также изменяется в широких пределах: в регионах бассейна Сырдарьи от 0.34 (южные районы Казахстана) до 2.2 (Ферганская и Джизакская области). По бассейну Амударьи  $M_k$  изменяется от 0.57 до 0.68 (Сурхандарья, Навоийская обл.) до 2.65 (Хорезмская область).

При этом с позиции оценки мелиоративного состояния орошаемых земель чем меньше величина  $M_k$ , тем больше опасность вторичного засоления или накопления солей. По коэффициенту миграции солевых масс наиболее напряженными районами (зонами) планирования являются по бассейну Сырдарьи его низовья, а по Амударье Бухарский оазис, Самаркандская область, республика Каракалпакстан. В тоже время районы с большими миграционными коэффициентами является потенциально опасными с позиции загрязнения зон их отведения: реки, озера или другие водоприемники.



Таблица 4.3. Сводная таблица водно-солевого баланса поверхностных вод бассейна реки Сырдарья на примере территории Узбекистана и Казахстана

Область	Годы	Водозабор на орошение, млн.м3	Уд.водозабор, м3/тыс. га	Минерализация воды, г/л	Поступление солей, тыс.тн	Сток ДВ, млн.м3	Уд. сток ДВ, тыс.м3/га	Минерализация ДВ, г/л	Вынос солей, тыс.тн	Доля КДВ от водозабора	Уменьшение (-) Увеличение (+)	Уд.вынос солей, тн/га	Мк*
<u>Верхнее течение</u>													
Андижанская	1985	4265.3	15.10	0.6	2559.16	1767.85	6.27	1.62	2863.92	0.42	-304.74	-0.36	1.12
	1990	3184.10	11.60	0.64	2037.82	2533.60	8.72	1.21	3053.56	0.79	-1015.73	-3	1.5
	1997	3033.70	11.26	0.62	1868.70	1177.00	4.4	1.71	1895.30	0.39	-26.64	-0.5	0.98
Наманганская	1985	5247.6	15.1	0.66	3463.42	2611.1	7.5	2.24	5848.86	0.5	-2385.45	0.74	1.7
	1990	2839.4	10	0.5	1376	2143.7	7.82	1.37	2036.52	0.78	-660.52	-2.5	1.5
	1997	2454.91	8.8	0.5	1227.46	2168.1	7.8	1.16	2514.95	0.88	-1287.49	-4.8	2.0
Ферганская	1990	4983.4	13.6	0.61	3039.87	3050.6	8.3	2.21	6741.83	0.61	-3701.95	-5.3	2.2
	1997	4353.5	12.1	0.73	3265.1	2679.1	7.5	2.37	6349.4	0.62	-3084.3	-9	1.94
<u>Среднее течение</u>													

Джизакская	1985	1996.7	7.11	1	1996	610.9	2.2	6.7	4093.03	0.31	-2096.33	-7.6	2.05
	1990	2344.7	8.29	1.31	3071.56	751	2.65	8.58	6446.58	0.32	-3372.02	-12	2.1
	1997	2380.7	8.2	1.5	3571.1	1190.6	4.1	4.05	4821.9	0.5	-1250.8	-4.3	1.35
Сырдарьинская	1985	2499.9	8.52	1.39	3474.86	1838.8	6.27	3.49	6417.41	0.74	-2942.55	-10.1	1.46
	1990	2740.5	9.65	1.26	3453.03	1619.4	5.7	4.19	6785.29	0.59	-3332.26	-11.7	1.96
	1997	1889.20	10.1	0.86	1531.85	1096.53	5.9	2.71	2291.43	0.57	-760.0	-7.3	1.5
<u>Нижнее течение</u>													
Ю-Казахстанская	1985	4768.7	10.3	1.4	6576.2	832.1	1.8	2.8	233.0	0.17	+4348.1	+4.86	0.34
	1990	5162.4	10.7	1.3	6710.8	968.7	2.0	2.6	250.7	0.19	+4203.8	+5.5	0.52
Кзылординская	1985	4159.0	16.3	1.46	6072.2	1067	4.2	3.6	3649.1	0.26	+2423.1	+4.7	0.6
	1990	4611.7	16.12	1.4	6456.4	1189.5	4.16	3.42	4076.4	0.26	+238.0	+3.5	0.63

Мк - коэффициент миграции солей, устанавливает по данным граф 6 и 10, как отношение объема выносимых дренажным стоком солей

к поступлению их водозабором на орошение

$$M_{кс} = \frac{\text{солей по графе 10}}{\text{солей по графе 6}}$$

Таблица 4.4. Сводная таблица водно-солевого баланса поверхностных вод бассейна реки Амударья на территории Республики Узбекистан

Область	Годы	Водозабор на орошение, млн.м <sup>3</sup>	Уд.водозабор, м <sup>3</sup> /тыс. га	Минерализация воды, г/л	Поступление солей, тыс.тн	Сток ДВ, млн.м <sup>3</sup>	Уд.сток ДВ, тыс.м <sup>3</sup> /га	Минерализация ДВ, г/л	Вынос солей, тыс.тн	Доля КДВ от водозабора	Уменьшение (-) Увеличение (+)	Уд.вынос солей, тн/га	Мк Гр
<b><u>Верхнее течение</u></b>													
Сурхандарьинская	1985	4240.9	14.1	0.63	2671.77	1215.8	4.04	2.36	2869.29	0.29	-197.52	-6.3	1.07
	1990	4784.7	15.06	0.41	1961.72	1064.6	3.48	2.35	2301.81	0.22	-540.03	-2	1.17
	1997	4146.4	12.8	0.69	2887.64	1032.5	3.21	1.72	1967.25	0.25	+914.92	2,84	0.68
<b><u>Среднее течение</u></b>													
Бухарская	1985	4418.62	17.2	1.06	4683.25	1411.25	5.5	4.09	5774.25	0.32	-1088.92	-4.3	1.23
	1990	5185.90	15.21	1.06	5485.21	1888.23	5.49	3.69	6968.45	0.36	-1458.83	-4.14	1.27
	1997	4512.36	16.5	1.2	5244.23	1846.23	6.84	4.21	7402.25	0.41	-2116.9	-9	1.41
Кашкадарьинская	1985	5760	12.1	1.13	6502.23	567.25	1.2	6.52	3725.26	0.1	2784.25	5.4	0.57
	1990	5254.60	10.85	0.87	4516.23	1362.25	2.84	6.78	9385.42	0.26	-6371.32	-9.82	2.08

	1997	5217.03	10.5	0.98	5221.4	1608.4	3.2	5.53	8019.01	0.31	-3697.6	-7.7	1.54
Навоийская	1985	1738.6	14.60	1.02	1773.25	512.34	4.33	2.55	1306.25	0.29	466.75	3.9	0.74
	1997	1714.9	13.7	1.09	1875.26	691.6	5.52	3.05	2108.85	0.40	-233.51	-1.93	1.12
Самаркандская	1985	3304.40	9.35	0.33	1090.45	919.56	2.6	0.86	790.94	0.28	299.51	0.88	0.72
	1990	3240.1	7.99	0.27	874.83	865.2	2.13	0.76	657.55	0.27	217.28	0.61	0.75
	1997	2687.95	7.27	0.48	1082.05	1202.23	3.28	0.66	796.12	0.45	285.97	1.3	0.74
<b><u>Нижнее течение</u></b>													
Каракалпакистан	1985	9178.90	18.9	0.8	7343.12	2943.40	6.07	2.95	8633.03	0.32	-1339.91	-2.7	1.18
	1990	7187.7	14.30	1.20	8625.26	2331.50	4.65	4.22	9838.93	0.33	-1213.69	-2.5	1.14
	1997	5891.85	11.82	1.26	7423.52	1846.03	3.7	4.22	7794.65	0.31	-371.17	-0.71	1.05
Хорезмская	1985	5284.1	20.96	0.9	4755.69	3283.4	13	2.47	8110	0.62	-3354.31	-13.25	1.71
	1990	4225.23	16.3	0.91	3848.48	2740	10.6	3.72	10192.8	0.65	-6344.32	-24.6	2.65
	1997	4920.25	19.23	0.83	4083.97	3785.26	14.8	2.72	10297.23	0.77	-6213.32	-25.43	2.52
Всего по бассейну	1985	33925.5	15.78	0.79	28826.92	10853.91	5.66	2.86	31257.71	0.34	-2430.79	-3.7	1.08
Амударья (по р.Узбекистан)	1990	29882.1	13.12	0.67	25326.29	10271.7	4.57	3.04	39500.99	0.31	-14174.71	-5.1	1.16
	1997	29092.62	13.02	0.89	27860.30	12013.21	5.12	2.84	39286.53	0.39	-11425.12	-2.9	1.41

Мк - коэффициент миграции солей, устанавливает по данным граф 6 и 10, как отношение объема выносимых дренажным стоком солей

к поступлению их водозабором на орошение

$$M_{кс} = \frac{\text{солей по графе 10}}{\text{солей по графе 6}}$$

## **Глава 5. Необходимость в управлении и использовании коллекторно-дренажного стока**

### **5.1. Формирование минерализации коллекторно-дренажных вод и солевого стока, современный уровень их отвода и использования**

Развитие дренажных систем и его влияние на формирование коллекторно-дренажного водно-солевого стока сыграло не только положительную роль, создав на орошаемых землях благоприятные условия для повышения продуктивности почв, но и проблемы управления поступающими возвратными водами и сброса их в ствол реки, озера и ветланды, так как КДС явился главным источником поступления солей и загрязнений в реки.

По природно-хозяйственным и, главным образом, геоморфолого-литолого-гидрогеологическим условиям расположения, доля возвратных вод, формируемых в водохозяйственных районах, расположенных в верхних течениях рек несколько больше (на 10-15 %), а минерализация меньше, чем таковые в средних и нижних течениях, что определяется сложностью управления водными ресурсами в хозяйственных уровнях и незасоленностью почвогрунтов. Так, по бассейну Сырдарьи в верхнем течении доля возвратных вод от их общего объема изменяется в пределах 36-40 %, а в средних и нижних, соответственно, 25-37 % и 22-30 %. При этом минерализация КДС в верховьях достигает до 1,5-3,0 г/л, а в среднем и нижнем течениях она изменяется в пределах 3,5-6 и до 5-7 г/л. Аналогичная картина наблюдается по бассейну реки Амударьи. В верховьях доля возвратных вод от общего их объема – оставляет 37-50 %, в среднем течении – 20-30 %, а в низовьях 19-23 %. Минерализация КДС изменяется в верховьях в пределах – 1,5-2,5 г/л, в среднем и нижнем течениях – 4-8 г/л.

В то же время, высотно-территориальная гидрография оросительно-дренажных систем водохозяйственных районов (ВХР), их положение относительно друг друга и водоисточников в бассейне Аральского моря обусловило "перекатную" систему использования водных ресурсов, связывающим звеном которой является возвратный высокоминерализованный коллекторно-дренажный сток.

Характерной особенностью формирования и, главным образом, размещения дренажного водно-солевого стока зон планирования, расположенного в верхнем течении рек является практически полностью его возврат в ствол рек Сырдарьи и Амударьи за исключением областей республики Узбекистан.

Удельный объем дренажного стока, формируемого в зонах планирования бассейнов рек, варьирует в довольно широком диапазоне:

- по зонам бассейна Сырдарьи от 1,7 тыс. м<sup>3</sup>/га (Кыргызстан) до 8,3 тыс. м<sup>3</sup>/га (Ферганская область); (табл.5.1).

- по зонам бассейна Амударьи от 3,4 тыс. м<sup>3</sup>/га до 12,7 тыс. м<sup>3</sup>/га. (табл.5.1).

При этом в бассейне Сырдарьи 60 % стока сбрасывается в ствол реки (21 %) в понижения, 19 % используется на орошение. Высокая доля сброса дренажного стока в ствол реки объясняется отсутствием естественного водоприемника в верхнем и большей части среднем течении бассейна Сырдарьи, т.е. водоприемником в бассейне является сама река.

Несколько по-другому складывается распределение сброса коллекторно-дренажных вод по бассейну Амударьи. Здесь сбрасывается в ствол реки 37 %, в озера – 60 %, и только 3 % используется на орошение.

В соответствии с объемом возвратного стока КДВ, поступающих в ствол рек и озера, изменяется минерализация и вынос солей.

Общий объем выносимых солей по бассейну Сырдарья составлял 45,2

млн.тонн, из которых 23.9 млн.тонн или 53 % поступало в ствол реки, а 13,8 млн. тонн или 30,5% в понижения (табл.5.2).

Объем выносимых солей из зон планирования бассейна Амударьи несколько больше чем по бассейну Сырдарья. Здесь общий объем выносимых солей составил 80,9

млн. тонн, в том числе 21,0 млн.т (38,3 %) возвращается в реку и 59,4 (58,1 млн.тонн) в понижения (табл.5.3).

При этом основными поставщиками солей в стволы обеих рек являются зоны планирования, расположенные в верхнем и среднем их течениях. Масса поступления солей во времени определяет пределы изменения минерализации

## **5.2. Изменение качества речных вод под влиянием возвратного коллекторно-дренажного стока**

Изменения минерализации речных вод в бассейнах рр.Сырдарья и Амударьи изучались в различные годы Р.А.Алимовым и Н.И.Зудиной (19 ); Н.М.Решеткиной и Х.Э.Якубовым (1978), С.А.Полиновым (19 ); Ф.Э.Рубиновой (19 ); Ю.М.Денисовым (19 ); Чембарисовым и Б.Бахретдиновым (1989), М.А.Якубовым (1997) и др. Они отмечали влияние водохозяйственного строительства на количество речных вод в различные периоды развития орошения, что отмеченные ими тенденции изменения качества речных вод сохранены и в современных условиях.

По приведенным выше данным четко видно, что изменение минерализации вод рек Сырдарья и Амударьи происходит, в основном, за счет сброса в реку минерализованных коллекторно-дренажных вод. Если среднегодовая минерализация рек Нарын (створ Учкурган) и Карадарья (створ Учтека) изменяется, соответственно, в пределах 0,23-0,33 г/л и 0,47-0,67 г/л, то после их слияния в створе Каль реки Сырдарья она составляет 0,56-0,91 г/л. При этом в отдельные годы ее минерализация достигает 0,61-1,4 г/л. Далее, вниз по течению в створе Чильмохром при незначительном увеличении расходов воды (387-649 м<sup>3</sup>/с), против такового в створе Каль (Q=263-646 м<sup>3</sup>/сек) минерализация составляет 1,17-1,3 г/л. В то же время с 1988 по 1991 гг. в этом створе наблюдается снижение минерализации до 0,78-1,03 г/л (рис.5.1).

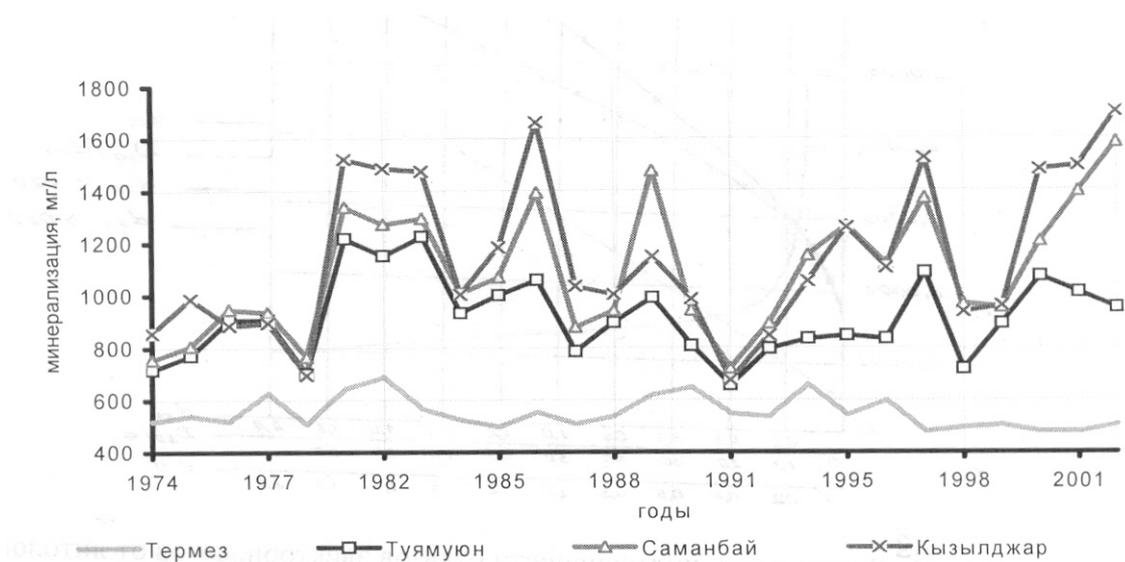


Рис. 5.1. Изменение минерализации воды в реке Амударья

Таблица 5.1. Дренажный сток по бассейну Аральского моря (средние по водности годы) (данные НИЦ МКВК, 2004)

Наименование зон планирования	Дренаруемая площадь, (тыс.га)	Средняя минерализация, (г/л)	Объем дренажного стока, (млн.м <sup>2</sup> )				Удельный объем ( тыс.м <sup>3</sup> /га)
			сброс в реки	в понижения	Повторное использованиев ирригации	Всего	
1	2	3	4	5	6	7	8
Верхнее течение р.Сырдарьи							
Кыргызстан	460	1,2	800	-	-	800	1,7
Узбекистан							
Андижан	280	1,7	1200	-	100	1300	4,6
Наманган	280	2,8	1100	-	1,200	2300	8,2
Фергана	360	2,8	2000	-	1,000	3000	8,3
Таджикистан	300***	2,1	1800	-	400	2200	7,3
Среднее течение							
Узбекистан							
Ташкент	390	2,1	2200	-	300	2500	6,4

Сырдарья	280	3,6	400	1400	100	1900	6,8
Джизак	300	4,4		1100	100	1200	4,0
Казахстан			400				
Чимкент*	480	2,0	600	600	-	1000	2,1
Кызылорда*	290	3,4	10500	600	-	1200	4,1
Всего	3420		60	3700	3200	17400	5,1
% _				21	19	100	
Бассейн р.Амударья							
Верхнее течение							
Таджикистан	530	1,3	4000	-	-	4000	6,8
Узбекистан							
Сурхандарья	320	2,2	600	-	500	1100	3,4
Среднее течение							
Узбекистан	490	7,1	800	1500			
Кашкадарья	340*	4,2	800	2000	-	2300	4,7

Продолжение табл. 5.1.

1	2	3	4	5	6	7	8
Бухара	-	-	-	-	-	-	-
Туркменистан	460	3,5	-	2300			
Дашогуз	320	2,3	1500	-300	-	2300	5,0
Лебап	-	-	-	-	-	1800	5,6
Нижнее течение							
Узбекистан							
Хорезм	260	3,7	-	3100	-	-	-
Каракалпакстан	500	4,2	300	1900	200	3300	12,7
Туркменистан	-	-	-	-	-	2200	4,4
Ахалский	480	9,2	-	500	-	-	-
Мары	470	5,0	-	1400	-	-	-
Всего по бассейну	4170	-	8000	13000	700	2170	-
%			37	60	3	100	5,2

Таблица 5.2. Вынос солей дренажными водами по бассейну Сырдарьи (средние по водности годы)

Наименование зон планирования	Площадь дренирования (тыс.га)	Средняя минерализация (г/л)	Объем дренажного стока (тыс.тонн.)			
			сброс в реки	в понижения	повт. использование в ирригации	Всего
Верхнее течение р.Сырдарья						
Кыргызстан	460	1,2	1000	-		1000
Узбекистан						
Андижан	280	1,7	2000	-	100	2100
Наманган	280	2,8	3000	-	3200	6200
Фергана	360	2,8	5700	-	2600	8300
Таджикистан	300***	2,1	3400	-	300	3700
Среднее течение						
Узбекистан						
Ташкент	390	2,1	4600		600	5200

Сырдарья	280	3,6	1400	5200	400	7000
Джизак	300	4,4		4800	300	5100
Казахстан	-					
Чимкент*	480	2,6	900	1600	-	2500
Кызылорда*	290	3,4	1900	2200	-	4100
Всего	3420		23900	13800	-	42500

Таблица 5.3. Вынос солей дренажными водами по бассейну Амударьи (средние по водности годы)

Наименование зон планирования	Площадь дренирования (тыс.га)	Средняя минерализация (г/л)	Объем дренажного стока (тыс.тонн.)			
			сброс в реки	в понения	повт. использование в ирригации	Всего
Таджикистан	530	1,3	5100			5100
Узбекистан						
Сурхандарья	320	2,2	1300	-	1100	2400
Среднее течение						
Узбекистан						
Кашкадарья	490	7,1	5700	10900**	-	16600
Бухара	340*	4,2	3400	8300**	-	11700
Туркменистан						
Дашогуз	460	3,5	-	7900	-	7900
Лебап	320	2,3	4200	-	-	4200
Нижнее течение						

Узбекистан						
Хорезм	260	3,7		11500	700	12200
Каракалпакстан	500	4,2		7900		9200
Туркменистан						
Ахалск	480	9,2		4600		4600
Мары	470	5,0		7000		7000
Всего по бассейну	4170			58100	1800	80900

В створе Кзылкишлак, расположенном ниже Кайраккумского водохранилища, минерализация речной воды не отличается существенно от минерализации Чильмохром и составляет в среднем 1,06-1,24 г/л. К концу 80-х годов в створе Кзылкишлак так же как и в створе Чильмохром отмечено снижение минерализации до 0,84-0,97 г/л. В замыкающем среднем течении реки Сырдарьи в створе Кок-булак минерализация речной воды незначительно отличается от минерализации в створе Кзылкишлак. В отдельные годы в створе Кокбулак она на 30 % выше, чем в створе Кзылкишлак, в другие годы на 31 % ниже (табл.5.4).

Таблица 5.4 Среднегодовые расходы и минерализация вод рек Амударьи и Сырдарьи  
За 1980-1991 гг.

Реки, створы		Годы								
		1981	1982	1984	1985	1986	1988	1989	1990	1991
р.Нарын	1	359	398	353	285	353	427	451	349	398
ст.Учкурган	2	0,31	0,23	0,27	0,33	0,26	0,26	0,28	0,29	0,27
р.Сырдарья	1	341	359	328	263	314	556	476	389	646
ст.Каль.	2	0,91	0,79	0,56	0,89	0,71	0,54	0,62	0,66	0,61
ст.Чильмохром	1	485	493	449	391	387	649	579	508	570
	2	1,19	1,3	1,25	1,29	1,17	0,78	0,85	1,03	1,03
ст.Кзылкишлак	1	235	254	227	219	216	708	940	478	527
	2	1,17	1,24	1,21	1,24	1,11	0,87	0,84	0,97	0,87
ст.Кокбулак	1	450	371	441	445	419	631	408	454	443
	2	1,31	1,28	1,26	1,21	1,23	1,13	1,0	0,74	0,96
р.Амударья	1	1274	1071	1490	1412	985	1720	947	1316	1425
ст.Термез	2	0,04	0,69	0,55	0,58	0,55	0,54	0,62	0,65	0,55
р.Амударья	1	918	772	1041	931	601	1284	580	948	1191
ст.Тюямуюн	2	1,1	1,15	0,88	1,0	1,05	0,89	1,05	0,82	0,87
р.Амударья	1	218	10,6	253	70,6	15,0	530	48,1	222	280
ст.Нукус	2	1,15	1,25	1,13	1,09	1,40	0,92	1,45	0,97	0,82

1-расход, м<sup>3</sup>/с; 2-минерализация, г/л

Увеличение или снижение минерализации в створе Кокбулак зависит в основном от объемов и минерализации вод рек Чирчик и Ахангаран, сбрасываемых на данном участке в реку Сырдарью.

Такая же тенденция роста минерализации речного стока по ее длине происходит и в бассейне реки Амударьи. Изменение минерализации и качественного состава реки Амударья зависит от сброса в реку минерализованных коллекторно-дренажных вод, что ощущается уже после створа "Термез" в среднем течении (рис.5.2).

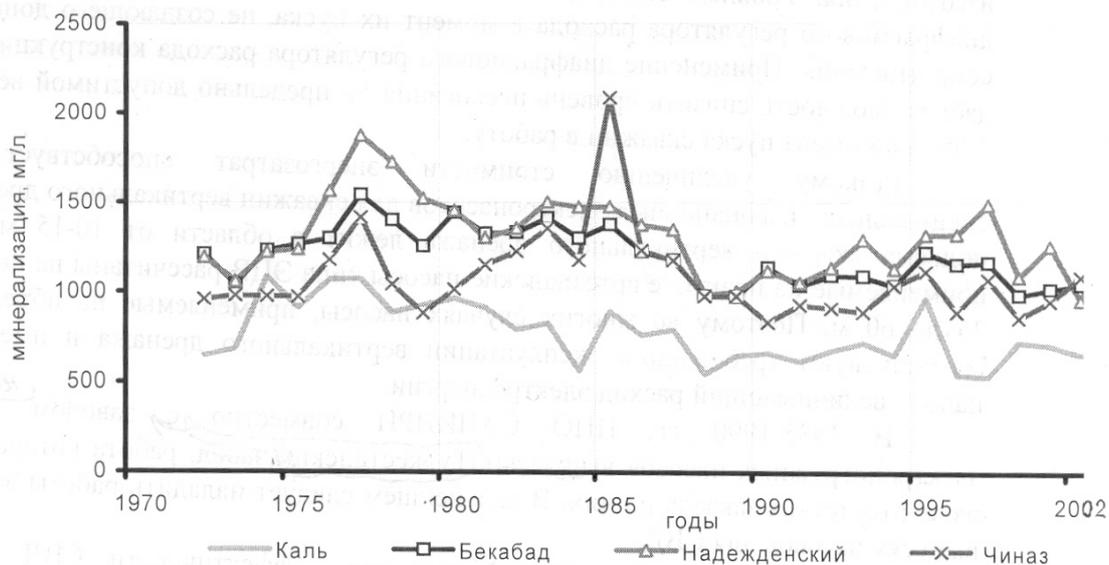


Рис. 5.2. Изменение минерализации воды в реке Сырдарья

В створе Термез и в верхнем от него течении минерализация речной воды колеблется в пределах 0,55-0,68 г/л. Причиной тому является отсутствие дренажной сети.

В отличие от верхнего течения р.Амударьи в ее среднем течении осуществляется водозабор в крупные ирригационные каналы, а также сброс коллекторно-дренажных вод с Чарджоуской области (Туркменистан), Каршинской степи и Бухарской области (Узбекистан). В результате интенсивного водозабора и сброса дренажных вод увеличивается минерализация речной воды. Среднегодовая ее величина за последние годы составила 0,78-1,16 г/л, что на 29 % выше, чем в створе Термез.

В створе Нукус (нижнее течение) происходит дальнейшее увеличение минерализации воды в реке Амударье. Причиной является уменьшение стока и сброс коллекторно-дренажных вод по Берунийскому коллектору. В створе Нукус минерализация речной воды колеблется в пределах 0,82-1,45 г/л. Таким образом, последнее десятилетие среднегодовые величины минерализации вод реки Амударьи стабилизировалась в створе Термез на уровне 0,51-0,69 г/л в створе Туямуюн – 0,78-1,16 г/л и створе Нукус-Тахиаташ – 0,82-1,4 г/л, хотя в маловодные годы они несколько выше указанных величин.

Современный уровень изменения минерализации речных вод отражено в таблице 5.5 на примере 2009 года.

За последние годы тенденция увеличения минерализации речных вод по ее длине также сохранилась.

Таблица 5.5. Изменение расхода и минерализации речных вод за 2009г.

Река створы	р. Сырдарья		Река створы	р. Амударья	
	Q, м <sup>3</sup> /с	M, г/л		Q, м <sup>3</sup> /с	M, г/л
Нарын-Учкурган	396	0,368	Амударья-Термез	1435	0,630
ст.Каль	364	0,686	Туямуюн	642	0,917
Ниже сбр.КМК	185	0,690	Кипчак	410	0,788

ст.Надеждинский	231	1,070	Кызылджар	68,7	1,035
-----------------	-----	-------	-----------	------	-------

### 5.3. Последствия ухудшения качества воды в реках

#### 5.3.1. Влияние ухудшения качества речных вод на водно-солевые балансы зоны аэрации орошаемых земель

Возврат в ствол рек отработанного дренажно-сбросного стока не только увеличивает минерализацию речной воды, но и ухудшает мелиоративное состояние земель при дефицитном водно-солевом балансе.

При анализе причин ухудшения мелиоративного состояния земель крупных орошаемых регионов или массивов можно пользоваться составлением водно-солевых балансов орошаемого поля для существующих условий.

О необходимости использования методов водно-солевых балансов при оценке динамики водохозяйственной обстановки и почвенно-гидрогеолого-мелиоративных процессов как регионального характера, так и орошаемых территорий отмечено в теоретических фундаментальных работах С.Ф.Аверьянова (1959), Н.И.Парфеновой (1982), М.М.Крылова (1972), С.Ш.Мирзаева (1974), С.И.Харченко (1975), А.И.Голованова (1975), А.В.Лебедева (1976), Н.Н.Ходжибаева, В.Г.Самойленко (1976), Н.М.Решеткиной, Х.И.Якубова (1978), Н.Н.Веригина и др. (1979), Д.М.Каца, В.М.Шестакова (1981), А.У.Усманова и др. (1982), В.А.Ковды (1984), А.С.Хасанова, Л.З.Шерфединова (1987) и др. Водные и солевые балансы позволяют выявить разность между суммарным поступлением и расходом воды и солей на орошаемых территориях и оценить количественное и качественное соотношение приходных и расходных элементов с целью последующего управления внутриконтурным водораспределением и прогноза водно-солевого режима почв и далее для разработки соответствующих инженерно-мелиоративных мероприятий по их улучшению.

Состояние орошаемого поля наиболее детально характеризуют водно-солевые балансы зоны аэрации, которые составляются по уравнениям С.Ф.Аверьянова (1959)

$$\Delta W_a = O_p + A + (1-\alpha) \Phi_{в/х} - C_{бр} - ET \pm q, \text{ м}^3/\text{га}, \quad (5.1)$$

где:  $\Delta W_a$  - изменение запасов влаги от поверхности земли до поверхности грунтовых вод;  $O_p$  - количество воды, подаваемой на орошаемые поля из внутрихозяйственной сети;  $C_{бр}$  - сбросы с поверхности полей;  $\pm q$  - величина подпитывания почвы со стороны грунтовых вод (+) или питания грунтовых вод нисходящим током оросительной воды (-);  $\Phi_{в/х}$  - фильтрация из внутрихозяйственных каналов; коэффициент  $\alpha$  показывает долю фильтрации из каналов  $\alpha\Phi_{в/х}$ , идущую на питание грунтовых вод, а коэффициент  $(1-\alpha)$  - долю  $\Phi_{в/х}$ , поступающую на увлажнение почвы;  $A$  (или  $O_c$ ) - атмосферные осадки;  $ET$  - суммарное испарение и транспирация с поверхности массива.

Солевой баланс зоны аэрации составляется по уравнению:

$$\Delta C_a = C_{ор} + C_{ос} \cdot A + C_{ф} \cdot (1-\alpha) \Phi_{в/х} - C_{сб} \cdot C_{бр} \pm C_q \cdot q, \quad (5.2)$$

где  $\Delta C_a$  - изменение запасов солей в зоне аэрации за расчетный период, т/га;  $C_{ор}$  - минерализация оросительных вод, г/л;  $C_{сб}$  - минерализация сбросных вод, г/л;  $C_{ф}$  -

минерализация фильтрационных вод, г/л;  $C_q$  - минерализация водообмена ( $\pm q$ ) между зоной аэрации и грунтовыми водами, г/л.

По уравнению водного и солевого балансов зоны аэрации орошаемых массивов определяют величину рассоляющего расхода оросительных вод, идущих из зоны аэрации в грунтовые воды ( $- C_q$ ), или питания зоны аэрации из грунтовых вод ( $+ C_q$ ). Рассоляющий расход равен суммарной водоподаче плюс осадки минус суммарное испарение.

В соответствии с уравнением водного баланса в упрощенном виде солей баланс зоны аэрации складывается в зависимости от величины:  $\pm q$ :

$$\text{если } q + 0, \text{ то } ET = O_c + O_p \text{ и } \Delta C_a = C_{oc} \cdot A + C_{op} \cdot O_p;$$

$$\text{если } q > 0, \text{ то } ET > O_c + O_p \text{ и } \Delta C_a = C_{oc} \cdot A + C_{op} \cdot O_p + C_{gr} q;$$

в этом случае солевой баланс будет также положительный; если  $q < 0$ , то  $ET < O_c + O_p$ , и при этом наблюдается рассоляющий расход, так как  $C_q \cdot q > (C_{oc} \cdot A + C_{op} \cdot O_p)$ ; то есть складывается отрицательный солевой баланс.

Составляющие водного баланса определены следующим образом. Водоподача на удельную площадь орошения в разрезе облей, КПД всей оросительной системы и каналов меньших порядков. Динамика уровней и минерализации грунтовых вод и другие показатели приняты по фактическим данным Минводхоза РУз, а также проектных организаций. Для условий Ферганской долины ряд показателей принят по данным экспериментальных исследований автора.

Водоподача на орошаемое поле определяется

$$O_p^n = B_{хоз}^{zp} \cdot \eta_{в/х}, \quad (5.3)$$

где  $B_{хоз}^{zp}$  - водоподача на границе хозяйств, м<sup>3</sup>/га;  $\eta_{в/х}$  - КПД внутривозвратной оросительной сети.

Фильтрационные потери из каналов определены как

$$\Phi_{в/х} = B^{xoz} \cdot (1 - \eta_{в/х}), \quad (5.4)$$

$\alpha = 0,8$  - доля фильтрации из внутривозвратных каналов, поступающая на питание грунтовых вод.

Атмосферные осадки приняты по данным метеостанций соответствующих областей.

Величина суммарного испарения для Голодной степи и Бухарского оазиса определена по формуле Х.А. (1997)

$$ET = 11,64 \cdot \beta \sqrt[4]{\frac{\sum t^0 \cdot Y}{h}}, \quad \text{мм} \quad (1.5)$$

где  $\beta$  - коэффициент, учитывающий водопотребление хлопчатника в отдельные месяцы и равный: в апреле 0,31 (для Бухарской области - 0,53, уточнено Б.Е.Милькисом и др. (1981), САНИИРИ); мае - 0,57; июне - 0,91; июле - 1,54; августе - 1,38 (для Голодной степи - 1,21, уточнено САНИИРИ); сентябре - 1,21; октябре - 0,57;  $\sum t^0$  - сумма среднесуточных температур воздуха;  $Y$  - урожайность хлопка-сырца, ц/га;  $h$  - глубина грунтовых вод, м.

Для невегетационного периода в условиях Голодной степи эвапотранспирация может быть рассчитана по формуле Блейни и Кридла, формулам, предложенным институтом «Средазгипроводхлопок» и другим зависимостям.

Для областей Ферганской долины величину суммарного испарения можно определить по графикам, полученным на основе обобщения лизиметрических наблюдений и теплового баланса, выполненных в НПО «Узбекгидрогеология», САНИИРИ и СоюзНИХИ.

Размеры суммарного испарения и транспирации с хлопкового поля для низовий Амударьи определены по эмперическим зависимостям Г.С.Ефимова (1968), выведенным для условий Ташаузской области.

Величина сбросов оросительной воды с поверхности полей для Ферганской долины принята по данным автора, а для других областей в размере 10 % от оросительной нормы.

Составляющие солевого баланса орошаемого поля  $C_{ор}$ ,  $C(1-\alpha) \Phi_{в/х}$ ,  $C_{сбр}$  определены умножением соответствующих элементов водного баланса на их минерализацию. Для солеобмена между зоной аэрации и грунтовыми водами ( $\pm Cq$ ) сделано допущение и принята одинаковая минерализация грунтовых вод как для нисходящего, так и восходящего тока из грунтовых вод.

Расчеты фактических водно-солевых балансов зоны аэрации орошаемого поля выполнены нами для областей, расположенных в разных створах речных бассейнов, и на различные по водности годы: 1974 (маловодный), 1978 (многоводный) и 2009 (маловодный) в связи с динамичностью минерализации речных вод в зависимости от водности года. Результаты расчетов фактических водно-солевых балансов, сложившихся за 1974-2009 гг. приведены в табл.5.6, 5.7.

Анализ выполненных расчетов показывает, что рост минерализации речной и соответственно оросительных вод по длине реки и в многолетнем разрезе отрицательно влияет на водно-солевые балансы орошаемого поля практически во всех областях (ВХР), включая и земли верхнего течения.

В условиях Сурхандарьинской и Бухарской областей в многоводные годы обычно обеспечивается отрицательный водный баланс, когда величина нисходящего тока в зоне аэрации ( $-q$ ) доходит до 1000-3300 м<sup>3</sup>/га в год. В эти годы солевой баланс орошаемого поля складывается также отрицательным с выносом из зоны аэрации от 1,4 (Бухарская область) до 4,9 т/га (Сурхандарьинская область) солей. В маловодные годы в связи с превышением суммарного испарения над суммарным поступлением воды ( $B+A$ ) при близком залегании уровней грунтовых вод (1,5-1,7) на орошаемом поле складывается положительный водно-солевой баланс зоны аэрации. При этом соли поступают в зону аэрации из поверхностных слоев грунтовых вод в количестве от 1,1 до 10,7 т/га в годовом разрезе (табл.5.5).

Несколько в худших условиях находятся земли низовьев Амударьи. Анализ водных балансов зоны аэрации орошаемых полей Каракалпакстана показывает, что в 1970-2009 гг. удельная водоподача нетто на поле доходила до 10,1-13,2 тыс.м<sup>3</sup>/га в год при удельных годовых водозаборах до 30,0 тыс.м<sup>3</sup>/га и более. КПД систем в этот период не превышал 0,5. При таком объеме водопоступления на орошаемом поле (в зоне аэрации) обеспечивался промывной режим и отрицательный водный баланс: величина рассоляющего расхода воды « $-q$ » составляла от 895 (1974) до (-5320) м<sup>3</sup>/га в год (1978). Но в связи с тем, что уже в 1974 г. минерализация оросительных вод в Каракалпакстане доходила до 0,89 г/л, поступление солей на поле превышало их вынос. В результате накопление солей в зоне аэрации составляло 3,5 т/га. В многоводном 1988 г. здесь обеспечивался довольно интенсивный промывной режим ( $q = - 1420$  м<sup>3</sup>/га) с выносом 1,27 т/га солей при минерализации оросительной воды 0,94 г/л.

В дальнейшем с сокращением удельного водозабора с увеличением площадей орошения и переходом на лимитированное водопользование при неизменном росте минерализации речной и оросительной воды и при незначительном повышении КПД систем уменьшилась водоподача на орошаемое поле и соответственно величина ее промывной доли. В связи с этим, как показали расчеты, даже в 1988 г. (маловодный) солевой баланс зоны аэрации в Каракалпакстане сложился положительный с поступлением 1,3 т/га солей из грунтовых вод. В средневодном 2009 г. отмечалось более интенсивное накопление солей

(+8,2 т/га) при оросительной норме нетто 7660 м<sup>3</sup>/га в год и росте их минерализации до 1,19 г/л (табл. 5.5).

Таблица 5.5. Фактические водно-солевые балансы зоны аэрации орошаемого поля в водохозяйственных районах бассейна реки Амударьи

Показатели	Верхнее течение, Сурхандарьинская область			Среднее течение, Бухарская область			Низовья, Каракалпакистан		
	1975 г. мало- водный	1979 г. много- водный	2009 г. средне- водный	1975 г. мало- водный	1979 г. много- водный	2009 г. средне- водный	1975 г. мало- водный	1988 г. много- водный	2009 г. средне- водный
КПД оросительной системы	0,63	0,63	0,63	0,55	0,55	0,55	0,50	0,58	0,58
КПД в/х системы	0,8	0,8	0,8	0,72	0,72	0,72	0,70	0,76	0,75
Минерализация оросительных вод, г/л (речных)	0,59	0,57	0,69	0,731	0,74	0,99	0,89	0,94	1,19
Водный баланс, м <sup>3</sup> /га									
Приход: $O_p^H$	7430	9310	8940	6360	8210	6950	10105	9280	6970
A	1570	2840	1750	1240	1600	1176	570	1374	1260
$(1 - \alpha) \Phi_{в/х}$	410	520	590	550	710	458	640	650	460
Расход: $C_{бр}$	830	1030	1320	710	910	1020	1120	1030	1050

ЕГ	8120	8320	7850	8360	8050	7950	9300	8850	7930
Разность: $\pm g$	-460	-3320	-2110	+920	-1560	-386	-895	-1424	+290
Солевой баланс, т/га									
Приход: Сор	4,38	5,31	6,16	4,71	6,07	6,88	8,99	8,72	10,34
$C(1-\alpha) \Phi_{в/х}$	0,24	0,29	0,41	0,40	0,52	0,45	0,57	0,61	0,54
Расход: Ссбр	0,49	0,59	0,91	0,51	0,67	1,01	0,99	0,96	1,25
$\pm Cg$	-1,61	-9,96	-6,33	+6,07	-7,02	-1,93	-5,1	-7,1	-1,45
Разность солей, т/га	+2,52	-4,95	-0,67	+10,67	-1,4	+4,39	+3,47	+1,27	+8,18

Примечание: условие обозначения приведены в тексте

Аналогичную направленность водно-солевого баланса зоны аэрации орошаемого поля имеют ВХР (области и в бассейне р.Сырдарьи. Здесь в качестве примера выбрана Андижанская область (верхнее течение), а для среднего течения – Сырдарьинская область (табл. 5.6).

В Андижанской области за рассмотренный период при КПД оросительных систем 0,64, удельная водоподача на гектар (нетто) составила от 6,59 до 9,22 тыс.м<sup>3</sup>/га в год. Величина суммарного испарения равнялась 8,3-8,9 тыс.м<sup>3</sup>/га при колебании уровней грунтовых вод от 1,7 до 1,84 м (в вегетационный период) и от 1,90 до 2,40 м (в невегетационный). Промывная доля (-q) из зоны аэрации составляла от 1450 до 3100 м<sup>3</sup>/га в год. В маловодные годы с поступлением в зону аэрации из грунтовых вод от 0,6 до 3,3 т/га солей также складывается положительный солевой баланс.

В среднем течении минерализация воды в р.Сырдарье с 1975 г. увеличивается до 1,0 г/л и более. Оросительная вода, подаваемая на поле, имеет более высокую фактическую минерализацию – до 1,3-1,5 г/л в пределах Голодной степи. Рост минерализации оросительной воды при неизменных величинах объемов оросительных вод в Сырдарьинской области привело в последние годы к ухудшению структуры водно-солевого баланса в зоне аэрации (табл.5.6). Как видно, даже в многоводном 1988 г. здесь произошло накопление солей при минерализации оросительной воды 1,3 г/л, несмотря на существование нисходящего тока (-q) оросительных вод, т.е. превышения водопоступления над эвапотранспирацией. Расчеты показывают недостаточность промывной доли на орошаемом поле при указанных величинах минерализации оросительных вод. Следует иметь в виду, что водно-солевые балансы зоны аэрации составлены с учетом среднегодовой минерализации оросительных вод. Во внутригодовом разрезе, особенно в период промывок, минерализация речных вод бывает повышенной, что также влияет на промывку земель в средних течениях и низовьях рек.

Правильность результатов водно-солевых балансов подтверждается тем, что в большинстве областей и в целом по республике по сравнению с 1970 г. увеличились площади, относящиеся к категории сильнозасоленных. Увеличились также площади средnezасоленных земель. Эта тенденция более выражена на орошаемых территориях, расположенных в среднем и нижнем течении речных бассейнов: р.Амударьи, особенно на территории Каракалпакстана и Хорезмской области, р.Сырдарьи, где к 1988-2009 гг. в Голодной степи увеличились площади средне- и сильнозасоленных земель. Определенно ухудшились земли и в Сурхандарьинской области, где в 1970 г. отсутствовали сильнозасоленные площади, а к 2009 г. их число составило 6,4 %.

Таким образом, возврат коллекторно-дренажного стока в стволы рек способствует резкому ухудшению качества речной воды. Изменение водно-солевых балансов в сторону дефицита и солевого режима орошаемых территорий и речных вод в сторону засоления снижает продуктивность орошаемых земель. Поэтому ниже рассмотрены водно-экономические показатели орошаемого земледелия в бассейнах рек, на основании которых должны определяться направленность мероприятий по утилизации возвратных вод и их эффективность.

Таблица 5.6. Фактические водно-солевые балансы зоны аэрации орошаемого поля в водохозяйственных районах бассейна реки Сырдарьи

Показатели	Верхнее течение, Андижанская область			Среднее течение, Сырдарьинская область		
	1975 г. мало- водный	1979 г. много- водный	2009 г. средне- водный	1975 г. мало- водный	1988 г. много- водный	2009 г. средне- водный
КПД оросительной системы	0,64	0,64	0,64	0,71	0,71	0,7
КПД в/х системы	0,8	0,8	0,8	0,83	0,83	0,82
Минерализация оросительных вод, г/л (речных)	0,49	0,44	0,50	1,43	1,3	1,15
Водный баланс, м <sup>3</sup> /га						
Приход: $O_p^H$	6590	9220	7782	5810	6410	5600
A	2180	2710	2563	2070	2130	2450
$(1 - \alpha) \Phi$ в/х	360	510	300	260	290	260

Расход: Сбр	730	1030	625	640	710	740
ЕГ	8500	8310	8900	7630	7460	7760
Разность: $\pm g$	+100	-3100	-1120	-130	-660	-190
Солевой баланс, т/га						
Приход: Сор	3023	4,1	3,89	8,3	8,3	6,44
$C(1-\alpha) \Phi_{в/х}$	0,2	0,2	0,15	0,4	0,4	0,3
Расход: Ссбр	0,3	0,4	0,3	0,9	0,9	0,85
$\pm Cg$	+0,2	-6,2	-3,36	+0,65	-3,4	-0,86
Разность солей, т/га	+3,3	-2,3	+0,38	+8,5	+4,4	+5,03

### 5.3.2. Влияние ухудшения качества речных вод на водно-экономические показатели орошаемых земель

Негативные последствия от возврата в ствол рек минерализованных КДВ и вовлечения их в оборот через речную воду на больших территориях орошаемых земель сказывается и на продуктивности последних и водно-экономических показателей.

Анализ динамики водно-экономических показателей рассмотренные в сопоставимых ценах 1983 г. на примере пятилеток с 1971 по 1990 гг. показали явную тенденцию снижения продуктивности орошаемых земель во взаимосвязи с ростом минерализации отражающихся в большей степени на водохозяйственных районах, расположенных в средних и нижних течениях рек (М.А.Якубов, 1997).

В бассейне Амударьи в среднее течение входят области: Кашкадарьинская, Бухарская, Самаркандская – по Республике Узбекистан, а также Чарджоуская, Марыйская, Ашгабадская (Туркменистан). Здесь вместе с ростом минерализации с 0,52 до 0,86 г/л и ухудшением водно-солевых балансов орошаемого поля идет снижение продуктивности по всем ВХР в пределах Республики Узбекистан. Стоимость валовой продукции снизилась как на 1 га, так и на 1000 м<sup>3</sup> водозабора. В целом по среднему течению СВП на 1 га снизилась с 2080 до 1580 долларов, то есть на 24 %, а, соответственно, на 1000 м<sup>3</sup> водозабора – с 200. до 140 долларов или на 30 %. Средняя величина потери продуктивности по стоимости валовой продукции в целом по среднему течению, т.е. ущерб при росте минерализации на 0,1 г/л составил 147 долл/га (табл.5.7).

В низовьях Амударьи отмечается еще большее снижение продуктивности земель. Из-за ухудшения качества воды и мелиоративного состояния земель урожайность хлопчатника в Хорезмской области снизилась с 37,7 до 36,6 ц/га, в Каракалпакстане с 29,8 до 20,1 ц/га. Осредненный по нижнему течению ущерб орошаемому земледелию из-за роста минерализации воды на каждые 0,1 г/л составил 134 долл/га. Ежегодный ущерб низовьями оценивается в 550 долларов (в ценах 1983 г.).

Влияние роста минерализации речной, оросительной воды на снижение урожайности и продуктивности орошаемых земель отмечается и в бассейне р.Сырдарьи, хотя в несколько замедленном темпе, чем в бассейне р.Амударьи.

Данные показывают, что тенденция снижения продуктивности отмечается даже в пределах наиболее дренированной территории Ферганской долины, то есть в верхнем течении реки. Здесь по трем областям Республики Узбекистан (Ферганская, Наманганская и Андижанская) средняя урожайность хлопчатника снизилась с 30,3 ц/га (1976-1980 гг.) до 28,1 ц/га при незначительном снижении удельного водозабора с 14,5 до 14,0 тыс.м<sup>3</sup>/га. За это время минерализация оросительной воды увеличилась с 0,35 до 0,5 г/л, из-за чего произошло также снижение стоимости валовой продукции с 2104 до 1870 долларов на 1 га. Средняя величина потерь продуктивности в целом по верхнему течению при росте минерализации на 0,1 г/л составила 158 долл/га.

В среднем течении реки Сырдарьи, где минерализация речного стока повысилась до 1,2-1,25 г/л, а оросительной воды до 1,4-1,5 г/л, ухудшение мелиоративного состояния и темпы потерь продуктивности происходят интенсивнее. Урожайность хлопчатника здесь снизилась с 25,1 ц/га в 1976-1980 гг. до 22,7 ц/га в 1986-1990 гг. Снижение стоимости валовой продукции составило от 1438 до 1282 долл/га.

Ущерб стоимости валовой продукции при росте минерализации воды на 0,1 га в целом по среднему течению составил 71 долл/га по сравнению с 1976-1980 гг.

При сопоставлении с ВХР верхнего течения, где стоимость валовой продукции за последние годы оставляет 1867 долл/га продуктивность ВХР среднего течения в 1986-1990 гг.отстает (СВП – 1281 долл/га на 585 долл/га (табл.5.7).

Таблица 5.7. Сравнительные удельные водно-экономические показатели продуктивности орошаемого земледелия в бассейнах рек Амударьи и Сырдарьи за период 1970-1990 гг.

Область, водохозяйственный район	Расчетный период 1971-1975 гг.*					Расчетный период 1986-1988 гг.**					Ущерб при росте минерализации воды на 0,1 г/л, долл/га
	Орошаемая площадь, тыс.га	Водозабор, тыс.м <sup>3</sup> /га	Минерализация оросительной воды, г/л	Стоимость валовой продукции, долл.США		Орошаемая площадь, тыс.га	Водозабор, тыс.м <sup>3</sup> /га	Минерализация оросительной воды, г/л	Стоимость валовой продукции, долл.США		
				на 1 га	орошаемая площадь, тыс.га				на 1 га	орошаемая площадь, тыс.га	
Бассейн Амударьи											
1. Сурхандарьинская (верховья)	215	16,3	0,53	2380	184	297	15,6	0,5	2980	222	-
2. Всего по среднему течению	760,8	11,0	0,52	2080	200	1180,5	12,4	0,86	1580	140	147
3. Всего по нижнему течению	398	32,8	0,63	1610	50	719	18,4	1,04	1060	58	134
Бассейн Сырдарьи											
	Расчетный период 1976-1980 гг.					Расчетный период 1986-1990 гг.					
1. Верховья (Ферганская долина)	270,0	15,5	0,35	2104	135	300	14	0,5	1867	133	158
2. Среднее течение (Сырдарьинская область)	237,3	13,2	1,03	1438	108,9	296,4	12,3	1,25	1282	104	71

\*) Расчеты С.А.Полинова, 1989г.

\*\*\*) Расчеты М.А. Якубова, 1997 г.

#### 5.4. Необходимость в управлении и использовании КДВ

Результаты проведенного анализа показывают, что одной из причин усиления соленакопления на мелиорируемых землях, наблюдаемое за последнее десятилетие, является использование для полива речной воды с повышенной минерализацией, при отсутствии промывного режима орошения.

Отсюда возникает проблема необходимости управления коллекторно-дренажными, водно-солевыми стоками в пределах зон планирования, путем использования возвратных вод в местах их формирования на легких и средних почвах с поддержанием на орошаемых землях промывного режима орошения и хорошей дренированности мелиорируемой территории.

Превалирующее место по объему отводимых КДВ занимает Узбекистан, где формируется до 20-28 км<sup>3</sup>/год КДВ. Из этого объема непосредственно в местах формирования используется всего 1,5-2,0 км<sup>3</sup> КДВ в зависимости от водообеспеченности.

Если учесть, что к настоящему времени водные ресурсы основных рек бассейна Аральского моря полностью используются в народном хозяйстве и жесткую лимитированность воды между сопредельными государствами, то ясно, что в ближайшей перспективе не приходится ожидать появления дополнительных ресурсов. Тем более ожидается возрастание потребностей Афганистана в водных ресурсах р.Амударьи. С другой стороны перевод крупных водохранилищ построенных в верховьях р.Сырдарьи и Амударьи на энергетический режим эксплуатации, а также частое наступление маловодных лет стало жестко влиять на водообеспеченность территории нижерасположенных республик в летние периоды. Так, по данным НИЦ МКВК за последние годы водообеспеченность орошаемых земель Узбекистана в среднем течении р.Сырдарья очень часто находится в пределах 60-75 % от требуемого. Такой искусственно созданный дефицит водных ресурсов приводит к нарушениям режимов орошения сельхозкультур и потере урожая. Об этом свидетельствуют исследования Ш.Х.Якубова (2003-2005 гг.) по установлению показателей фактического режима орошения хлопчатника выявленные в условиях фермерского хозяйства «Хуснабад» Ш.Рашидовского района Сырдарьинской области (табл. 5.8).

Таблица 5.8. Режим орошения хлопчатника в фермерском хозяйстве «Хуснабад»

(по данным Ш.Х.Якубова)

№ полива	Начало полива	Конец полива	Поливная норма брутто м <sup>3</sup> /га	Сброс, м <sup>3</sup> /га	Поливная норма нетто,
----------	---------------	--------------	--	---------------------------	-----------------------

					м <sup>3</sup> /га
1	28.06.2005	08.07.2005	906	107	799
2	02.08.2005	09.08.2005	1234	156	1079
3	25.08.2005	01.09.2005	474	46	428
		Итого	2614	308	2306

Фактические оросительные нормы хлопчатника за вегетацию составляют 2300-2500 м<sup>3</sup>/га, что значительно ниже рекомендуемых норм для данного гидромодульного района, которая должна быть не менее 4800 м<sup>3</sup>/га (нетто). Недополив сельскохозяйственных культур при прочих равных условиях приводит к потере их урожайности, величины которых описаны в работах известных исследователей (В.Р.Шредер, 1977; В.А.Духовный, Х.И.Якубов, Г.А.Безбородов, 1995; Н.Т.Лактаев, 1979; М.Г.Хорст, 2002; Г.М.Хасанхановой, 1999 и др.) Так, вероятное снижение урожайности хлопчатника, кукурузы и люцерны в зависимости от водообеспеченности можно установить по рисунку 5.3. Согласно этой зависимости при 75 % ной водообеспеченности снижение урожайности хлопчатника составит 13% от оптимальной.

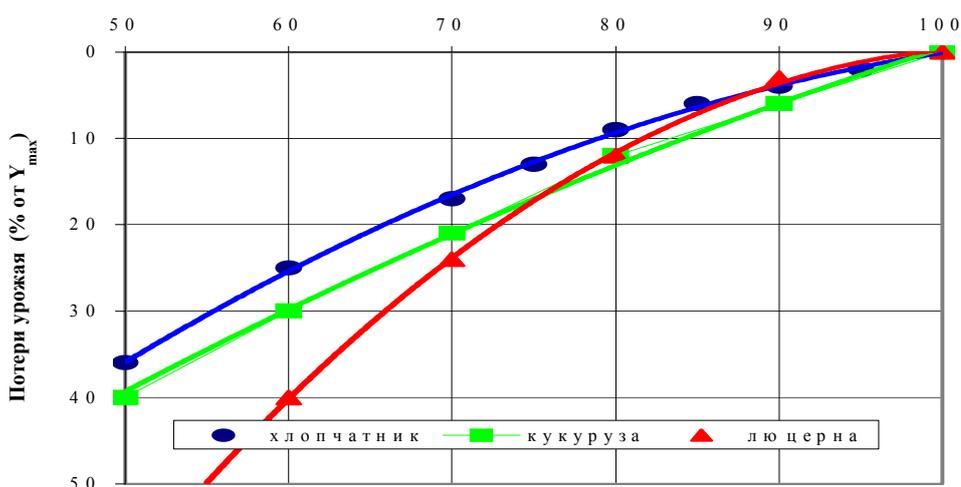


Рис.5.3 - Зависимости потерь урожая от водообеспеченности

Фактический недобор урожая (хлопчатника) на примере Сырдарьинской области, обусловленный сокращением водообеспеченности и финансовые потери можно ориентировочно оценить по данным таблицы 5.9. Данные свидетельствуют, что потери от недополивов составляют от 1,75 до 2,49 млн.долларов США.

Таблица 5.9. Ущерб от недополива по хлопководству по Сырдарьинской области

Годы	Площадь посево под хлопчатни- ком, га	Средняя урожай- ность хлопчат- ника по области, ц/га	Площади с низкой водообеспе- ченностью, тыс.га	Потери урожай- ности из-за недополи- вов, ц/га	Общие потери по сырцу, тонна	Фанансовые потери (при стоимости сырца 150 \$ тонна), доллары США
2004	119435	15,4	59717	1,95 (0,195)	11645	1746750
2005	121656	20,4	60778	2,65 (0,265)	16106	2415900
2006	116907	21,9	58454	2,85 (0,285)	16659	2498850
2007	115779	21,5	57890	2,79 (0,279)	16151	2422650

В этих условиях дальнейшее развитие народнохозяйственного комплекса, в т.ч. аграрного сектора потребует разработки крупномасштабных мероприятий по сокращению стока КДВ через повторное использование их в местах формирования. Перспективность этих мероприятий состоит в том, что в регионе формируются достаточно большие объемы КДВ, имеющих слабую минерализацию.

Так, в бассейне р.Сырдарьи только на территории зон планирования Республики Узбекистан имеется более 15 крупных коллекторов, расходы которых изменяются от 10 до 50 м<sup>3</sup>/с и более, впадающих в реку с минерализацией до 2,0-2,5 г/л. При этом минерализация КДС, формируемых в зонах планирования республик Таджикистан и Казахстан, также не превышает 2-2,5 г/л. В связи с этим в бассейне р.Сырдарьи основным мероприятием по управлению дренажным стоком и качеством речного стока, является использование возвратных вод на орошение и промывки, с внедрением приемов водосбережения и интенсивной агротехники. В современных уровнях объем использования ресурсов КДВ не превышает 15-17 % от общего объема на нужды народного хозяйства. В перспективе объем КДС используемых на сельхозпроизводстве следует постепенно расширить и довести до 50-60 %.

В бассейне р.Амударьи слабоминерализованные КДВ формируются в верхнем течении рр.Вахш, Пяндж и Кафирниган, объемы которых составляют 4-4,5 км<sup>3</sup> а

минерализация 1,27 г/л. В Сурхандарьинской области на территории Республики Узбекистан формируется порядка 1,1-1,2 км<sup>3</sup> КДВ с минерализацией 2,2-2,35 г/л. Из этого объема только часть используется на орошение. В перспективе в зонах формирования слабоминерализованных КДВ здесь также необходимо расширить объемы их использования по месту их формирования.

### **5.5. Альтернативы использования КДС: сброс в реку, сброс в солеприемники и использование на местах**

Как показано выше, большой объем коллекторно-дренажных вод (КДВ) (более 36 %, т.е. 16-17 км<sup>3</sup>) сбрасывается в естественные понижения и испаряется, лишь незначительная доля (13 % или 4-5 км<sup>3</sup>) повторно используется для орошения по всему бассейну. Повторно «прокатное» использование водных ресурсов с возвратом КДВ в ствол реки, предусмотренное в прежних «схемах» и проектах комплексного использования водных ресурсов обосновывалось необходимостью увеличения оросительной способности речных стоков (располагаемых водных ресурсов). При этом в схемах комплексного использования водных ресурсов бассейна Аральского моря, составленных проектными институтами, прогнозировалась возможность повышения оросительной способности речных стоков до 15-20 %.

Однако развитие орошаемого земледелия в Центральной Азии за последние десятилетия показало, что «повторно-прокатное» использование располагаемых водных ресурсов через ствол рек «полезно» только до определенного предела возврата КДВ, за чертой которого оно наносит большой ущерб не только питьевому водоснабжению, но и другим отраслям народного хозяйства и, особенно, развитию агропромышленного комплекса, приводя к ухудшению качества речных стоков. В верхних течениях минерализация воды увеличилась на 0.2-0.3 г/л, в средних течениях - на 0.5-0.7 г/л, а в нижних - на 1.0-1.5 г/л. Ущерб от этого явления, оцененные через стоимость валовой продукции растениеводства показывают, что из-за роста минерализации воды на каждые 0.1 г/л, по сравнению с исходным значением, наносится ущерб продуктивности от 134 до 147 долларов США на один га в среднем и нижнем течении бассейна Амударьи, а в среднем течении бассейна Сырдарьи этот ущерб составляет от 70 до 150 долларов США на 1 га.

Отмеченное положение заставляет искать другие подходы решения проблем управления и размещения коллекторно-дренажных вод, обеспечивающих, с одной стороны, резкое уменьшение водо- и солеобмена между орошаемой территорией и рекой, а с другой – эффективного развития орошаемого земледелия.

В настоящее время существует несколько вариантов для решения этой проблемы:

- первый - «повторное» использование водных ресурсов с возвратом КДВ в ствол реки;
- второй - опреснение КДВ с применением различных способов и технологий;

- третий - использование КДВ в местах их формирования на полив сельскохозяйственных культур и промывку засоленных земель, соответственно, уменьшая долю их сброса в реки;

- четвертый - использование КДВ вне реки, отведя за пределы орошаемых территорий на пустынных массивах для выращивания солеустойчивых культур и древесных насаждений в зонах возможного опустынивания;

- пятый - размещение, использование КДВ и утилизация в естественных и искусственных водоемах с учетом рыбохозяйственных требований, т.е. для развития «ветландов».

Первый вариант, который имеет место быть стихийным, впредь необходимо жестко ограничить.

Второй вариант с применением опреснительных установок на современном этапе экономически неосилен ввиду высокой стоимости опресняемой воды - 20-50 центов/м<sup>3</sup> при малой производительности установок, измеряемых в литрах на секунду, что делает их несомасштабными с огромными объемами стока (в км<sup>3</sup>). В будущем, очевидно, можно будет вернуться к данному варианту по мере удешевления стоимости.

На современном этапе можно рассматривать только третий, четвертый и пятый варианты решения проблемы размещения, использования и утилизации КДВ. Проблема утилизации КДВ в перспективе путем выбора 3, 4 и 5 варианта решается путем прогнозных расчетов эколого-мелиоративных процессов, возникающих при их использовании. При этом возможность выбора вариантов для бассейнов рек Сырдарьи и Амударьи будет резко различаться, что обусловлено природно-хозяйственными условиями. Если по природным условиям в бассейне Амударьи, в пределах которой имеются многочисленные понижения, возможно использование всех 3 вариантов технологии утилизации, то в бассейне р.Сырдарьи остается в основном третий вариант - использование КДВ в местах их формирования, так как в пределах верхнего и среднего течения отсутствуют водоприемники, за исключением Арнасайского понижения, куда поступает сток от Джизакской области и до 40 % КДС от Сырдарьинской области, а также Казахской части Голодной степи. В низовьях реки Сырдарьи до 40 % КДС также отводится в ствол.

Для решения проблем рационального размещения КДВ, без ущерба оросительной способности речных стоков, необходимо установить долю их возможного использования на орошение и промывку, сброса в речной ствол и отвод в естественные понижения для развития ветландов.

Доля ресурсов КДВ для использования в сельскохозяйственном производстве должен осуществляться путем оценки их качества, а также качества земель, чтобы минимизировать ущербы при орошении.

При этом объем используемых КДВ на промывки, орошение и другие нужды должны исходить из выработанных наукой и практикой подходов, ориентированных на критерии солеустойчивости растений, роста потребности в промывках и дренаже, в

зависимости от минерализации используемых вод, а также экономической целесообразности.

## **Глава 6. Существующая практика управления дренажными водами**

### **6.1 Организационно-технологические приемы использования коллекторно-дренажных вод в местах их формирования**

В Центральной Азии в зависимости от природно-хозяйственных и разновидностей развития ирригационно-дренажных систем, а также от обеспеченности орошаемых земель водными ресурсами с учетом их качества; реализуется несколько технологических форм организации орошения (поливов сельхозкультур) с использованием дренажных и слабоминерализованных грунтовых и подземных вод. Они подробно описаны в работах Н.М.Решеткиной и Х.Якубова (1978), А.У.Усманова (1979), М.А.Якубова (1997), Р.К.Икрамова (2002), В.А.Духовного (1993) и др.

К настоящему времени, исходя из разнообразия организационных и технологических особенностей использования на орошения дренажных вод сложились две технологические формы использования:

- постоянное орошение;
- периодическое орошение.

В постоянном (регулярном) орошении, с точки зрения выбора экономических и экологических критериев, а также состава организационно-технических мероприятий, различаются две их разновидности

- ведение орошаемого земледелия на всей территории вновь созданной оросительной системы или отдельных хозяйств за счет дренажно-сбросных вод соседних вод соседних крупных массивов орошения - "регулярное орошение";

- ведение орошаемого земледелия с использованием дренажно-сбросных вод на отдельных картах, бригадах, севооборотных массивах или хозяйствах на территории существующей оросительной системы - "автономное использование"

Периодическое орошение - устранение дефицитности в поливной воде которое может наблюдаться ежегодно в наиболее напряженные периоды поливов на отдельных участках по организационно-хозяйственным и техническим причинам, а также в маловодные годы в течение всего вегетационного периода крупных массивов орошения.

В отдельную группу можно выделить:

- двухстороннее регулирование уровней грунтовых вод с помощью сооружений построенных на горизонтальных дренах и коллекторах, как разновидность использования грунтовых вод для орошения;

- использование откачиваемых подземных вод скважинами вертикального дренажа.

В зависимости от технологической формы использования различается объем и качества используемой воды, инженерных мероприятий по забору и подачи воды для

орошения, объема и состав мелиоративных и организационно-хозяйственных мероприятий по недопущению или ликвидации отрицательных последствий использования вод повышенной минерализации.

### **Периодическое орошение**

Сложившееся в настоящее время в водохозяйственной практике повторное использование КДВ внутри систем по своим организационно-техническим и экономическим особенностям по большей части относится к периодическому использованию. Для периодического использования дренажных вод применяются стационарные насосные станции со сменным технологическим оборудованием или передвижные насосы устанавливаемые в закрепленных точках. В зависимости от производительности и назначения водоподъемных устройств эксплуатация межхозяйственных насосных установок осуществляется за счет госбюджета, внутрихозяйственных - за счет хозяйств-землепользователей.

Заборы воды, несмотря на большое количество насосных установок, нередко осуществляются также примитивными способами (туган с самотеком), ухудшающими мелиоративное состояние земель и техническое состояние самих осушительных систем в зоне действия подпора.

Качество и количество используемой воды не контролируется и имеет место использование совершенно непригодной для орошения минерализованной дренажной воды.

Используемая вода практически не учитывается в графиках водопользования областных и районных управлений оросительных систем, и, тем самым, нарушается ведение графика водопользования. В большинстве случаев, дренажная вода, забираемая из внутрихозяйственной сети является внутренним резервом каждого хозяйства и не поддается учету.

Таким образом, реальный объем использования коллекторно-дренажной воды значительно больше, чем в статистической отчетности органов водного и сельского хозяйства и КДВ является дополнительным источником орошения, хотя по официальным данным по республике Узбекистан ежегодно используется коллекторно-дренажная вода всего в объеме 1,5-25 км<sup>3</sup>, с различной минерализацией и особенно в маловодные годы.

### **Автономное орошение**

Автономное использование дренажных вод осуществляется путем строительства насосных станций на пересечениях хвостовых частей магистральных оросительных каналов с магистральными коллекторами. Когда минерализация дренажных вод находится в допустимых (для орошения) пределах, автономное использование осуществляется путем строительства самостоятельных «водозаборных сооружений» на коллекторах и необходимой водопроводящей сети. Такие системы построены в Центральной Фергане (Ферганская область) и Джизакской в Голодной степи. Так, например, построенная на концевых участках коллектора К-4 Центральной Ферганы насосная станция обеспечивает

водой хозяйства имеющих площадь; 10-15 тыс.га (хозяйство им.З.Ганиева. им Ф.Шамсутдинова и др.), где выращивается в основном хлопчатник и рис.

Наиболее рациональной формой считается отведение площадей подходящих по почвенно-мелиоративным условиям внутри одного крупного хозяйства или ирригационной системы орошаемого за счет собственных дренажно-сбросных вод.

Примеры таких участков нередки, особенно они часто встречаются в Центральной Фергане.

Такая форма является наиболее перспективной с точки зрения внутрисистемного использования при которой появляются реальные возможности контролировать положительное и отрицательное влияние орошения минерализованной водой. При проявлении отрицательного воздействия, их своевременно можно ликвидировать путем дополнительных технических и организационных мероприятий. Она также позволяет использовать более минерализованные воды, с выбором соответствующего солеустойчивого состава культур.

### **Регулярное орошение**

Такая технологическая схема использования применяется созданием специальных систем внутри крупных орошаемых массивов, если коэффициент использования земель (КЗИ) низкий. Однако такую «схему» лучше всего создавать за пределами орошаемых массивов, выбирая площади вдоль крупных коллекторов. В этом случае возможно полное предотвращение сброса отработанных (дренажных) возвратных вод в створ реки и тем самым улучшение качества их стока.

В технологическом плане такое использование КДВ можно организовать путем последовательно (каскадно) - повторного включения их в оборот с одного массива (крупного земельного участка) на второй, а затем на третий, с подбором солеустойчивых культур. Состав культур подбирается для каждого земельного участка отдельно с учетом наращивания минерализации вод используемых в них.

В принципе, для первого участка подбираются менее солеустойчивые культуры с последовательным увеличением солеустойчивости. Такая технология использования КДВ не требует строгого выбора земельного массива по механическому составу и другим признакам почв. Она применима в любых почвенных условиях на естественно или искусственно дренированных территориях, так как нацелено на последовательное накопление солевых масс из-за того, что подаваемые с водой соли остаются на орошаемых землях.

Однако, многократное повторное использование на массивах с высоким уровнем орошаемого земледелия и КЗИ приведет к их выпадению из сельхозоборота. В связи с этим, многократное использование КДВ ограничено определенными условиями:

- выбором орошаемых земель (массивов) для создания "очагов" соленакопления и вывода их из сельхозоборота,

- выбором состава сельхозкультур (или древесных насаждений) для каждого последовательно включаемого для орошения земельного участка по солеустойчивости,
- объемом формируемой КДВ на каждом из орошаемом массиве, и следовательно площади участков будут уменьшаться последовательно от одного массива к другому а качество воды будет ухудшаться;
- и, наконец, технико-экономическим обоснованием целесообразности многоразового использования КДВ для создания очагов соленакопления.

Следует отметить что многоразовое - (каскадное) использование КДВ может быть применено в районах с низким КЗИ, более высокой минерализацией, превышающий 4-5 г/л. Такие условия больше всего присущи среднему и особенно, нижнему течению Сырдарьи и Амударьи.

В бассейне Сырдарьи таких площадей с низким КЗИ в пределах Ферганской долины не имеется, поэтому технологию можно осуществлять только в среднем и нижнем течении - в периферийной части Голодной и Джизакской степи, а также в низовьях.

В бассейне Амударьи высокоминерализованные КДВ формируются в пределах Кашкадарьинской, Бухарской, Хорезмской области и в Республике Каракалпакстан. Во всех этих областях имеется возможность отвода высокоминерализованных КДВ за пределы орошаемой территории и последовательно использовать для выращивания солеустойчивых культур на землях с невысоким КЗИ.

### **Двухстороннее регулирование уровней грунтовых вод**

Одним из технологических приемов использования пресных и слабоминерализованных грунтовых вод является двухстороннее регулирование (подъем-опускание) их уровня, которое применялось на землях с близким залеганием уровней грунтовых вод. Такая технология орошения проводится на фоне дренажа, обеспечивающее устойчиво низкое положение зеркала грунтовых вод.

Потребность растений во влаге в значительной мере удовлетворяется естественным путем за счет грунтовых вод при поддержании их зеркала на определенных отметках, наиболее полно обеспечивающих требуемый влажностный режим почв. В этом случае растения получают достаточное количество влаги, благодаря проникновению корней в капиллярную кайму, расположенную над уровнем грунтовых вод. Управление режимом уровня грунтовых вод достигается путем периодической работы дренажных систем применяемого не только для удаления подземных вод, но также и для снабжения растений подземными водами. Технически это достигается путем устройства на дренах и коллекторах специальных водорегулирующих сооружений, обеспечивающий отводы нормированной нагрузки на дренаж.

При этом появляется возможность регулировать скорость спада и подъема уровней грунтовых вод во внутригодовом цикле, т.е. искусственно формировать режим грунтовых вод с учетом роста корневой системы растений и оптимального условия их произрастания. Исходя из почвенно-мелиоративных и гидро-геологических особенностей орошаемых зон Средней Азии к настоящему времени на практике реализуются несколько технологических приемов регулирования уровней грунтовых вод, отличающиеся по источникам питания, периодам проведения этих мероприятий и техническому способу регулирования:

- первая - создание повышенных горизонтов грунтовых вод на больших территориях в ранний период развития сельскохозяйственных культур (в основном, хлопчатника) с целью получения "дружных" всходов и оттягивании сроков первого вегетационного полива.

Подъем УГВ осуществляется за счет полного временного перекрытия всех дрен и коллекторов, находящихся на орошаемых массивах. При этом в некоторых случаях дополнительно коллекторно-дренажная сеть подпитывается оросительной водой путем подачи ее в их русла. Такая технология обеспечения сельхозкультур влагой широко применяется и в низовьях реки Амударьи - в Хорезмской (Республика Узбекистан), Ташаузской (Республика Туркменистан) областях, Республике Каракалпакстан.

- вторая - создание повышенных уровней грунтовых вод на ограниченных территориях в течение всего периода вегетации сельхозкультур с целью сокращения количества поливов (соответственно оросительной нормы) и послеполивных обработок преимущественно на пресных почвах (Ферганский опыт). Поддержание необходимого уровня грунтовых вод достигается за счет перекрытия дрен и коллекторов в период вегетации территорий и питания из подземных напорных вод (в зонах выклинивания конусов выноса рек).

Указанные технологические приемы эффективны и в условиях слабоминерализованных грунтовых вод.

- третья - создание повышенных уровней грунтовых вод на небольших локальных участках за счет стихийного возникновения перегораживающих сооружений на коллекторно-дренажной сети в период маловодья для забора минерализованных вод на землях не только опресненных но и засоленных. Этот прием практически встречается во всех гидрогеолого-мелиоративных зонах в любое время года в зависимости от степени водообеспеченности территорий. Все три технологические приемы использования грунтовых вод на орошение широко применяются на практике орошаемого земледелия.

Однако, при очевидной эффективности этого способа, применяемые приемы их осуществления находятся на низком техническом уровне. Имеющиеся небольшие участки (площадью 100-300 га) инженерных систем носят опытно-производственный характер. Такие участки в разные годы были построены в Ферганской, Сырдарьинской и Хорезмской областях Узбекистана и Каиндинский участок в Кыргызстане.

### **Использование вод откачиваемых скважинами вертикального дренажа.**

Широкое распространение получило использование вод откачиваемых скважинами вертикального дренажа (СВД) и скважинами на орошение (СНО) построенных для добычи подземных вод. Технологическая схема очень проста, откачиваемые воды из скважин вертикального дренажа непосредственно поступают во внутривоздушную сеть (каналы) и оттуда разбираются на орошение. В любом случае, даже при откачках некондиционных по качеству подземных вод, происходит смешивание их с поверхностными оросительными водами.

Объем и периоды использования вод СВД предусматривается в режиме работы (откачки) системы скважин, которые корректируется исходя из режима орошения сельхозкультур.

### **Технология полива при использовании КДВ.**

Во всех технологических формах (приемах) организации использования КДВ, последним и завершающим этапом является полив сельхозкультур. Особенностью полива при использовании на орошение вод повышенной минерализацией является регулирование водно-солевого режима почв, обеспечивающее снижение или недопущение накопления солей в почве и поддержание влажности почв для нормального развития сельскохозяйственных культур с учетом их режима водопотребления.

Регулирование водно-солевого режима почвогрунтов в зависимости от качественных показателей используемой воды, природно-хозяйственных условий объектов орошения и степени их водообеспеченности проводятся по периодам гидрологического года:

- в вегетационный период;
- в цикле орошения гидрологического года;
- в многолетнем цикле орошения.

Регулирование водно-солевого режима почвогрунтов в вегетационный период достигается путем увеличения оросительной нормы или количества поливов (учащенные поливы) в пределах, которые допускают почвенно-мелиоративные, гидрогеологические, водохозяйственные условия объекта. Наиболее часто применяемым на практике (фермеров) методом является проведение поливов повышенной нормой. Однако, чрезмерное завышение поливных норм затягивает продолжительность проведения поливов, увеличив величину непроизводительных сбросов воды с полей орошения и способствует вымыванию из корнеобитаемой зоны почвы в нижние горизонты питательных элементов и внесенных удобрений. Поэтому, научно исследовательские организации, величину завышения поливных норм против их величин при пресных речных водах, не рекомендуют применять при тяжелом и среднем механическом составе почв и до 20 % при легких почвах.

Проведение учащенных поливов направлено на снижение концентрации почвенного раствора и проводятся они с предполивной влажностью 0,8 НВ (наименьшая влагоемкость). Этот прием применим при поливах водами с относительно низкой минерализацией (до 2-3 г/л) и степенью засоления почвогрунтов (слабозасоленных).

Однако, он не всегда возможен из-за ухудшения аэрации почв и организационно-хозяйственных трудностей, связанных со своевременным проведением поливов,

послеполивными обработками, а также со значительным использованием трудовых ресурсов в наиболее напряженные периоды вегетации. Рекомендуемые оптимальные величины, увеличения оросительной нормы составляют 20-25 % от проектной ее величины а увеличение количества поливов - 1-2 полива.

Регулирование водно-солевого режима почвогрунтов в годовом цикле орошения достигается путем ликвидации сезонного накопления солей в зоне аэрации в вневегетационный период проведением профилактических (эксплуатационных) промывок.

Регулирование водно-солевого режима почвогрунтов в многолетнем цикле орошения проводится в крайних случаях, когда маловодные годы повторяются от двух и более лет и минерализованные воды являются основным источником орошения для данного массива (автономное орошение). Накопившиеся соли удаляются промывками не реже, чем в 2 -3 года.

Есть еще одна особенность поливов коллекторно-дренажной водой, особенно при использовании вод откачиваемых скважинами вертикального дренажа. Установлено, что при поливах водой, откачиваемой из скважин вертикального дренажа интенсивность впитывания почвой влаги более высокая (за счет осветленности и температуры воды), чем при поливах обычной поверхностной водой. В этих случаях для достижения равномерности увлажнения всего поля (при бороздковом поливе) увеличивают поливную норму на 25-30 % против обычной или сокращают длину борозд.

В любом случае для предотвращения отрицательных эколого-мелиоративных процессов на орошаемых землях до вовлечения ресурсов возвратных вод при развитии орошаемого земледелия необходимо оценить их качество. При этом если по выполненной оценке качество дренажных вод не удовлетворяет требованию использования для полива в чистом виде, рекомендуется их смешать речной водой

## **6.2. Методика количественной оценки дренажного стока используемого на орошение**

Вопрос оценки количества дренажного стока, подлежащего использованию на орошение разработан с двух позиций, исходя из условия возможных технических решений, связанных с рациональным использованием водных ресурсов в орошаемом земледелии.

Первая позиция - это оценка количества дренажных вод внутри оросительной системы, т. е. в местах их формирования.

Вторая - оценка количества возвратных вод в целом в водохозяйственной системе, с тем чтобы оценить оросительную способность источника орошения, перспективы развития орошения в системе в целом и другие водохозяйственные проблемы.

Первая позиция, по общему мнению, является наиболее перспективной в связи с чем она освещается более подробно.

Количественная и качественная оценка земель и вод, мощность и техническое состояние дренажной сети, а также прогнозирование, назначение объема и состава

мелиоративных мероприятий производится по системам коллекторов или их отдельным частям. Для чего на орошаемом массиве (административные области или районы) или на его части выделяются (оконтуриваются) площади подкомандные той или иной системе коллекторов, устанавливаются технические параметры дренажа (мощность, тип, размеры и технические состояние сети), почвенно-мелиоративные условия земель (водопроницаемость, засоление почв, режим уровней и минерализация грунтовых вод), водохозяйственные условия территории (водобеспеченность отдельных контуров, механический состав почв, состояние оросительной системы и др.)

Воды КДС формируются, в основном, на фоне горизонтальной открытой коллекторно-дренажной сети, последняя помимо сбора и отвода грунтовых вод может выполнять функции водоотводящих трактов от систем горизонтального и вертикального дренажа, а также сбора и отвода поверхностного стока атмосферных и поливных вод. Поэтому качественные и количественные показатели минерализации воды в открытой КДС подвержены влиянию многих факторов, по разному отражающихся на ее пригодности к использованию на орошение. Наличие большого количества, исключительно активно действующих факторов, качественные и количественные показатели минерализации воды в открытой КДС подвержены изменениям в больших диапазонах. Как правило, интенсивные атмосферные осадки и водоподача по оросительной сети сверх фактической необходимости сопровождается отводом в дрены и снижением минерализации воды в КДС. Таким образом, вода, отводимая открытой КДС, является смесью дренажных вод и поверхностного стока, атмосферных осадков и поливных вод.

Исходя из условий работы КДС, расход воды, возможный к отбору для системы коллекторов или для отдельной её части, определяется по выражению:

$$Q_{расч} = \frac{\varphi}{1-\alpha} * Q_{н.д.} \pm \sum Q_o$$

где  $Q_{расч}$  - расход возможного к отбору в проектируемом створе водозабора, м<sup>3</sup>/сек;

$Q_{н.д.}$  - потенциальная способность построенной дренажной системы с хорошим техническим состоянием сети в отводе грунтовых вод (для староорошаемых земель), или проектный расход собираемый с данной площади м<sup>3</sup>/сек; (для совершенных инженерных систем);

$Q_o$  - отбор дренажных вод (-) в системе выше расчетного створа или приток из других систем (+) коллекторов, м<sup>3</sup>/сек;

$\varphi$  - коэффициент, характеризующий техническое состояние дренажных систем и устанавливает величину снижения « $Q_{н.д.}$ », вызванного отклонением проектных показателей дренажа от фактических его величин и условием эксплуатации (заиленность, зарастание, периодичность очистки КДС, наличие подпоров и др.);

$\alpha$  - коэффициент, учитывающий увеличение фактического расхода воды от сбросов с полей орошения, и характеризующий степень совершенства оросительной системы и уровень ее эксплуатации, а также совершенства технологии полива и др.

Потенциальная способность, построенной дренажной системы, в отводе, ( $Q_{n.d.}$ ) устанавливается (для староорошаемых земель) для конкретной территории путем анализа гидрогеолого-мелиоративных и водохозяйственных условий для случая, когда построенный дренаж имеет хорошее техническое состояние и обеспечен свободный (безподпорный) отвод в водоприемник.

Дренажный сток, являясь результирующим элементом водного баланса, претерпевает резкие изменения не только по периодам гидрологического года, но и в многолетнем разрезе. Эти изменения связаны с изменением природных (метеорологические, водохозяйственные, почвенно-гидрогеоло-мелиоративные и др.) и организационно-хозяйственных условий территорий. Кроме того, степень изменчивости зависит от типа дренажа и условий его эксплуатации. Поэтому оценку количества дренажного стока подлежащего к отбору необходимо производить с заданной обеспеченностью с учетом многолетней и внутригодовой изменчивости стока.

В случае, когда система построена по проекту (новоосвоенные земли с совершенными типами дренажа), можно воспользоваться проектными показателями системы. Во всех случаях методика определения - вопрос чрезвычайно сложный и должен быть индивидуальный подход с учетом конкретных природно-хозяйственных условий и наличия исходных данных.

Величина отбора дренажных вод  $Q_o$  (-) внутри системы выше расчетного створа или притока из соседних коллекторов (+) устанавливается путем непосредственных замеров и наблюдений, проводимых эксплуатационными организациями.

Коэффициент « $\varphi$ » устанавливается путем анализа проектных и фактических параметров дренажа в различных гидрогеолого-мелиоративных и водохозяйственных условиях подкомандных площадей системы коллекторов.

В связи с этим вводится понятие КПД системы коллекторов, выражающий отношение  $Q_{фак}$  к  $Q_{n.d.}$ , т.е.

$$\varphi = \frac{Q_{фак}}{Q_{n.d}}$$

где:  $Q_{фак}$  - фактически получаемый расход по системе коллекторов при существующих режимах орошения, технического состояния дренажа и уровня их эксплуатации.

В виду того, что факторы, влияющие на  $Q_{фак}$ , в течение года претерпевают резкие изменения, КПД величина переменная во времени и зависит от режима орошения и промывок, состава, объема эксплуатационных мероприятий и времени их проведения.

Коэффициент ( $\alpha$ ) устанавливается на основе материалов мелиоративных служб управлений оросительных систем и вычисляется по формуле:

$$\alpha = \frac{Q_{сбр}}{Q_{уст}}$$

где:  $Q_{сбр}$  - величина сбросных вод в общем дренажном стоке, м<sup>3</sup>/сек;

$Q_{уст}$  - устьевой расход коллектора, замеряемый на гидрометрическом посту, м<sup>3</sup>/сек.

Поскольку определить величину  $Q_{сбр}$  прямым замером практически невозможно (из-за рассредоточенности участков формирования), то его можно определить расчленением расхода на составные части гидрохимическим методом по формуле:

$$\alpha = \frac{Q_{сбр}}{Q_{уст}} = \frac{\mu_{гр} - \mu_{уст}}{\mu_{гр} - \mu_{сбр}}$$

где:  $\mu_{уст}$  - минерализация воды, замеренная в устье коллектора, г/л;

$\mu_{сбр}$  - минерализация сбросной (оросительной) воды, г/л;

$\mu_{гр}$  - минерализация грунтовой воды, г/л;

Сущность полевых работ по расчленению устьевого расхода дренажных систем гидрохимическим методом состоит в систематическом определении минерализации устьевой (по гидропостам) и оросительной воды, а также в гидрохимической съемке территорий по установлению минерализации и химического состава грунтовых вод. По данным гидрохимических карт устанавливается средневзвешенное (по площади) значение минерализации грунтовых вод для зон обслуживания каждой системы коллекторов.

Установлено, что содержание сбросной воды в дренажном стоке изменяется в широких пределах и зависит, главным образом, от водообеспеченности системы в отдельные периоды года, преобладающего типа дренажа в системе и от хозяйственных условий. Большие сбросы в дренажную сеть еще объясняются тем, что оросительные системы как правило не имеют специальных сбросных трактов и всякий избыток воды в ней сбрасывается в дрены и коллектора. Среднее содержание собственно сбросных вод в устьевом расходе, которое может быть принято при расчетах, составляет 20-25%; при наличии в зоне обслуживания системы крупных площадей рисовых посевов, указанный процент следует повышать на 5-10%.

В случае, когда в системе коллекторов имеются различные типы дренажа (горизонтальный закрытый, вертикальный), построенные на различных технических уровнях или имеющие различное техническое состояние, объем воды подлежащий к отбору в расчетном створе определяется дифференцированно для каждого участка, а общий объем суммированием результатов частных определений.

### **6.3. Методы оценки качества КДС для орошения сельскохозяйственных культур и на промывки земель**

Широкое использование коллекторно-дренажных вод ограничивается особенностью режима их формирования и, главным образом, из-за повышенной ее минерализации. Использование минерализованных вод без оценки ее пригодности на орошение приводит к вторичному засолению и снижению урожайности сельскохозяйственных культур вплоть до полной ее потери, а в отдельных почвенно-мелиоративных условиях (при проявлении преобладания натриево-хлоридного засоления), даже проявлению процесса осолонцевания. Пригодность минерализованных вод на орошение оценивается, в основном, по опасности засоления, по опасности осолонцевания и по опасности отдельных токсичных элементов на почвы и на рост и развитие растений. Допустимая минерализация поливной воды зависит от общей минерализации и ее химического состава, почвенно-мелиоративных условий (механический состав почв, дренированности территории и др.) орошаемых земель и солеустойчивости сельскохозяйственных культур и их режима орошения.

Такая постановка задачи по оценке пригодности вод и многофакторность изучаемых процессов обуславливает технико-экономическое обоснование целесообразности использования минерализованных вод в каждом конкретном случае. При этом под критерием пригодности подразумевается совокупность показателей, воздействующих на получение заданной урожайности сельскохозяйственных культур без снижения плодородия почв в различных природно-хозяйственных условиях при экономически оправданных трудовых и материальных затратах. В указанной формулировке критерии определяются в основном следующими группами факторов:

1. Факторы качества воды.
2. Природные факторы.
3. Водохозяйственные факторы.
4. Технико-экономические факторы.

Каждая группа факторов состоит из ряда показателей, зависящих от природных условий объектов и современного и перспективного уровня развития сельскохозяйственного производства в целом.

Необходимо отметить, что как в местной, так и мировой практике до настоящего времени отсутствуют официально действующие нормативные документы по оценке качества вод, регламентирующие применение их для орошения.

Так, стандарт – ГОСТ 17.1.2.03-90 "Охрана природы, критерии и показатели качества воды для орошения" не содержит нормирования качества оросительной воды. Он устанавливает перечень элементов, подлежащих нормированию и основные требования к разработке стандарта нормативов качества оросительной воды. В соответствии с ГОСТ 17.1.03-90 нормированию подлежат нитраты, нитриты, фосфаты, микроэлементы, а также тяжелые металлы, различные элементы, пестициды, фенолы, производные нефти, радиоактивные вещества и микробиологические показатели.

В мировой сельскохозяйственной литературе и различных трудах бывшего СССР опубликованы многочисленные подходы оценки качества воды с позиции установления критерия ее применимости на полив сельхозкультур. Наиболее распространенными из них являются зависимости: И.Н.Антипова-Каратаева и Г.М.Кадер, Буданова, Можейко и

Воротникова, Глуховой Т.П., Айдарова И.П., А.И.Корольковой, С.Я.Бездниной, САНИИРИ (СССР); а в Мировой практике: Келли и Либику (США), Гапона (по ирригационному коэффициенту), Бауэра и Мээсленда, Виллах (США), Г.Сабольча и К.Дараба (Венгрия) и другие.

Анализ возможности применения существующих мировых и бывших в Союзе методов оценки качества поливных вод дан в табл.6.1.

Все вышеуказанные авторы, за исключением САНИИРИ, к оценке подходят, исходя из условий проверки качества воды, осолонцевания почв, что практически исключается для условий Центральной Азии, из-за содержания в почвогрунтах карбонатов кальция и гипса в достаточном объеме. Как нам представляется при оценке качества оросительной воды необходимо учитывать ряд показателей и критериев: экологические, сельскохозяйственные, технические и экономические.

**Экологические критерии** служат для оценки качества воды с точки зрения охраны объектов окружающей среды от загрязнения и обеспечения безопасной санитарно-гигиенической и медико-биологической обстановки. Поскольку сельскохозяйственное производство тесно связано с поверхностными и подземными водами, то его влияние на загрязнение этих вод в системе сельскохозяйственного водоотведения, надо учитывать.

**Сельскохозяйственные критерии** служат для оценки качества воды с позиции сохранения и воспроизводства продуктивности орошаемых земель, предупреждая развитие процесса засоления, осолонцевания, ухудшения водно-физических свойств почв, т.е. создания на орошаемых землях оптимальных водно-солевых, водно-воздушных и питательных режимов.

**Технические критерии** предназначены для оценки качества воды с учетом их влияния на сохранность и долговечность всех элементов гидромелиоративных систем с целью предотвращения развития процессов коррозии, зарастания.

**Экономические критерии** служат для оценки качества воды с целью установления оптимальных пределов ее использования без ущерба народному хозяйству. Они устанавливаются по рентабельности затрат на ее улучшение или наносимому ущербу при использовании воды, не отвечающей требованиям сельскохозяйственного применения.

Следует отметить, что экологические критерии оценки "работают" больше всего при оценке качества воды питьевого водоснабжения. В перспективе питьевое водоснабжение должно решаться за счет использования подземных вод из глубоких пресных водоносных горизонтов и поверхностных вод высокого качества из верхнего течения рек.

Тогда с позиции оценки качества воды сельскохозяйственного применения "работают" оставшиеся 3 критерия: агрономические, технические и экономические. Как сказано выше, большинство международных руководств по оценке качества оросительной воды не всегда приемлемы для условий Центральной Азии, поскольку жестко подходят к содержанию в воде и почве элементов, приводящих к осолонцеванию, тогда как в наших условиях имеются довольно большое количество карбонатов кальция и гипса в водах и почвах. Если жестко оценивать по этим классификациям даже речные воды, то часто и они становятся непригодными для орошения сельхозкультур, что вряд ли приемлема при дефиците водных ресурсов, так как резко сокращают оросительную способность стока.

Таблица 6.1. Оценка существующих методов, критериев и стандартов по оценке качества оросительных вод, пригодных для полива сельхозкультур

№ пп	Существующие классификации, нормы и стандарты	Критерии пригодности	Условия применения воды	Недостатки классификаций, нормативных документов и стандартов	Предложения по унификации существующих методов
1	В пределах СНГ по Антипову-Каратаеву $K = \frac{rCa + Mg}{rNa + 0.23S}$ S-минерализация, г/л	$K \geq 1$	Можно использовать для орошения	Международный классификации(в том числе классификации) оросительную воду оценивают по опасности осолонцевания почвы катионами натрия и содового засоления.	
2	По Буданову $K = \frac{Na * 100}{Ca + Mg}$	$K \leq 4$	Можно использовать		
3	По Можейко и Воротнику $K = \frac{Na * 100}{Ca + Mg + Na}$	$K \leq 65\%$	Можно использовать		

4	По Т.П.Глухой	0,6-2,0	Можно использовать	В условиях Центральной Азии (или пустынной полупустынной зоны) сода отсутствует как в воде, так и в почве. В то же время в них имеется достаточное количество кальция карбонатов и гипса.	
	$\frac{Na}{Ca}$				
	$\frac{Mg}{Ca}$				
5	Мировой опыт: По Келли и Либиху (США)	$K \leq 1$	Можно использовать на орошение	Резервы Са и гипса предохраняют почву от осолонцевания и в свою очередь позволяют использовать минерализованные воды на внутриконтурное орошение	
	$K = \frac{Na}{Ca + Mg}$				
	$K = \frac{Mg}{Ca + Mg}$				
1	2	3	4	5	6
6	по Гапону (США)	SAR < 10	Можно использовать		В Международную классификацию следует внести корректировку,
		SAR = 10-8	Есть средняя степень опасности осолонцевания почв		
		SAR = 18-26	Высокая опасность		

		SAR > 26	Не пригодна для орошения		учитывающую резервы кальция, содержащегося в воде и почве
7	По Wilcox L.V. (США) содержание соды Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> при Σ(NaCO <sub>3</sub> + NaHCl <sub>3</sub> )	> 2,5 мг-экв/л	пригодность ограничена		
		> 2,5 мг-экв/л	не пригодна на почвах, не содержащих гипс		
8	по Szabolich и Darab (Собольч и Дараб - Венгрия) $Mg = \frac{Mg}{Ca + Mg} \cdot 100$	> 50 %	Вредно действует на почву		
9	Doneen L. Cl + 0,5 * SO <sub>4</sub> , мг-экв/л	50-20 мг-экв/л	Можно использовать на почвах с хорошей водопроницаемостью		
		3-15 мг-экв/л	Можно использовать на почвах со средней проницаемостью		
		3-7 мг-экв/л	Можно использовать на почвах с низкой проницаемостью		
10	Стандарты по минерализации	≤ 1,0 г/л	Можно использовать	Стандарты и ГОСТы разработаны только для рыбохозяйственной, санитарной	

				и питьевой воды. Они включают более 500 элементов - загрязнителей, поэтому для оценки оросительной воды сельхоз применения неприменимы	
1	2	3	4	5	6
11	<p>САНИИРИ</p> <p>отношение <math>\frac{Cl}{SO_4}</math> и общей минерализации</p>	критерии приведены отдельно в приложении		<p>Классификация САНИИРИ более менее унифицирована для условий Центральной Азии, так как в ней автоматически учтены соотношения и других ионов в зависимости от минерализации.</p> <p>Классификация рассчитана на проведение промывных режимов орошения на фоне</p>	<p>Следует переработать с учетом дефицита водных ресурсов и возможности усиления дренажа</p>
12	ГОСТ 17.1.2.03-9			<p>Не содержит нормирования качества оросительной воды. Он устанавливает перечень элементов, подлежащих нормированию</p>	<p>Подлежит переработке</p>

Поскольку в некоторых классификациях обращается внимание на ограничение элементов азота, фосфора, калия, ядохимикатов и тяжелых металлов и нефтяных продуктов, то нужно отметить, что они обусловлены, главным образом, количеством вносимых минеральных удобрений в поле и сбросом от промышленности и коммунально-бытовых секторов. Следует отметить, что за последние годы в регионе общий объем вносимых на поля минеральных удобрений и ядохимикатов сократился на 30-40 %, что привело к снижению этих ингредиентов в возвратных водах, начиная с 1993-1994 гг., т.е. загрязнение воды, связанное с сельхозпроизводством снизилось.

С учетом вышеприведенных оценок, в результате обобщения многолетних опытов изучения химического состава дренажных вод для условий Центральной Азии разработана классификация качества оросительной воды, которая определяет степень пригодности и условия их применения в зависимости от химического состава и общей минерализации (табл. 6.2).

Воды разделены на 4 класса по опасности засоления и осолонцевания, согласно которой оценивается: вода с общей минерализацией от 0,6 до 1,0 г/л (1 класс) может быть использована во всех природно-хозяйственных зонах региона без ограничения; воды от 2,5 до 6,0 г/л (IV класс) практически не пригодны, но могут быть использованы в исключительных случаях, временно, на солеустойчивых культурах; воды II и III класса с общей минерализацией (1,0-2,5) г/л и (2,5-6,0) г/л, соответственно, классу, применяются на легких почвах, хорошо дренированных землях с дополнительными мелиоративными мероприятиями (увеличение оросительной и промывной нормы и дренированности земель) по ликвидации последствий. Необходимо отметить, что нижние пределы минерализации относятся к водам хлоридного состава, а верхние пределы - гидрокарбонатно-сульфатным.

Для полной оценки по предложенной классификации требуется учет закономерности изменения химического состава вод, соотношения полного состава дренажных вод, находящиеся в различных природно-хозяйственных условиях. Химический состав дренажных вод основных массивов орошения весьма разнообразный. Встречаются все типы вод сульфатно-хлоридного комплекса

Несмотря на разнообразие химического состава дренажных вод и содержание гипотетических солей, в ней вполне четко прослеживается общая закономерность в формировании количественных показателей состава:

- при меньших значениях общей минерализации (до 1-2 г/л) наблюдается преобладание гидрокарбоната над другими, а при больших - самое меньшее значение гидрокарбоната. Рост содержания его от увеличения минерализации незначительный;

- наблюдается закономерное уменьшение удельного содержания иона кальция и магния в процессе увеличения общей минерализации и прекращения роста содержания кальция при достижении минерализации воды до 6-9 г/л;

- с ростом минерализации дренажной воды наблюдается повсеместный интенсивный рост удельного и абсолютного содержания ионов натрия и хлора. Рост натрия имеет прямую связь с ростом хлора, а с ионом сульфата обратный;

- наблюдается увеличение удельного содержания ионов сульфата до достижения общей минерализации вод 4-6 г/л в зависимости от исходного его содержания, а затем - закономерное убывание.

Таким образом, по общей минерализации выделяются три качественно различные зоны, при которых количественные соотношения ионов сохраняют свое относительное равновесие, а с переходом в другую зону количественные соотношения ионного состава перестраиваются. Первая зона с минерализацией воды до 1,5-2,0 г/л, вторая - с

Таблица 6.2. Классификация качества дренажных вод по пригодности на орошение (по САНИИРИ)

№ п/п	Градация качества воды	По опасности засоления почв						По опасности осолонцевания почв		Условия применения
		Содержание солей, г/л при различных $Cl^{-} SO^{2-}$						натриевого	магниевого	
		до 0,2	0,2-0,4	0,4-0,6	0,6-0,8	0,8-1,0	1,0-1,2	Ca <sup>2+</sup> / Na <sup>+</sup> Мг-экв	Ca <sup>2+</sup> / Mg <sup>+</sup> Мг-экв	
I	Хорошее	<u>&lt;1,0</u> <0,05	<u>&lt;0,8</u> <0,1	<u>&lt;0,6</u> <0,1	<u>&lt;0,4</u> <0,1	<u>&lt;0,3</u> <0,1	<u>&lt;0,2</u> <0,1	2	1,5	Можно использовать много лет без специальных мероприятий по предупреждению накопления солей
II	Удовлетворительное	<u>1,0-2,5</u> 0,05-0,2	<u>0,8-2,0</u> 0,1-0,25	<u>0,6-1,5</u> 0,1-0,3	<u>0,4-1,0</u> 0,1-0,3	<u>0,3-1,0</u> 0,1-0,3	<u>0,2-0,6</u> 0,1-0,3	2,0-1,0	1,5-0,65	Необходимо использовать при высокой дренированности (искусственной или естественной) территории ежегодными профилактическими поливами, предупреждающими постепенное накопление солей
III	Слабо удовлетворительное	<u>2,5-6,0</u> 0,2-0,5	<u>2,0-5,0</u> 0,25-0,8	<u>1,5-4,0</u> 0,3-0,9	<u>1,0-3,5</u> 0,3-1,0	<u>1,0-3,0</u> 0,3-1,1	<u>0,6-2,5</u> 0,3-1,1	1,0-0,5	0,65-0,4	Можно использовать при весьма высокой дренированности территории с ежегодными промывками и преимущественно на легких почвах
IV	Плохое	<u>&gt;6,0</u>	<u>&gt;0,5</u>	<u>&gt;4,0</u>	<u>&gt;3,5</u>	<u>&gt;3,0</u>	<u>&gt;2,5</u>	0,5	0,4	Практически не пригодны для орошения, но в исключительных случаях (на легких

		>0,5	>0,8	>0,9	>1,0	>1,1	>1,1			почвах с достаточным дренажем) (на легких почвах с достаточным дренажем) в пределах, не превышающих нормы солеустойчивости и с учетом фазы развития растений, можно использовать на последних поливах
--	--	------	------	------	------	------	------	--	--	---

ПРИМЕЧАНИЕ: числитель - общая минерализация воды, г/л;

знаменатель - содержание хлора, соответствующее данной минерализации, г/л.

минерализацией 2-6 г/л и третья - с минерализацией более 6 г/л. Степень изменчивости соотношений зависит от условий формирования дренажного стока.

Из проведенного анализа вытекает, что из всех методов и критериев оценки качества воды для орошения, классификация, разработанная в САНИИРИ (табл.6.2) больше подходит к оценке возможности использования дренажных вод в условиях Средней Азии. Она учитывает полный химический состав воды и ее применение дает меньший ущерб продуктивности орошаемых земель.

Оценка пригодности дренажных вод основных крупных массивов орошения Республики Узбекистан по указанным методами (классификациям) дана в табл. 6.3 -6.4.

Необходимо отметить, что оценка КДВ, формируемых в бассейне Аральского моря по указанным критериям показывает их пригодность на орошение и промывку земель в соответствующих гидрогеолого-почвенно-мелиоративных условиях всех водохозяйственных районов. Это объясняется отсутствием опасности осолонцевания при использовании КДВ, имеющих высокое содержание кальция (50-60 % от суммы солей) в почвах Центральной Азии.

Подобные оценки качества оросительных и дренажных вод были проведены по орошаемым массивам Туркменистана по опасности засоления и осолонцеватости почв (табл. 6.5 и 6.6). Результаты оценки качества коллекторно-дренажных вод основных орошаемых массивов Туркменистана показывает, что воды с минерализацией 2-3 г/л могут быть использованы для выращивания на легких пустынно-песчаных почвах хлопчатника и других солеустойчивых кормовых культур. Коллекторно-дренажные воды с повышенной минерализацией (3-10 г/л) могут быть использованы только при промывке солончаков и сильно-засоленных почв.

Согласно проведенным оценкам, пригодность дренажных вод различных массивов орошения, находящихся в разных почвенно-климатических зонах и имеющих различный химический состав вод, колеблется в значительных пределах даже в рамках одной группы вод по качеству. Первая группа от 0,4 до 1 г/л, вторая – 0,4 до 2,5 г/л, третья – от 2,5 до 5 г/л, а четвертая – от 3,5 до 6 г/л.

При оценке пригодности по опасности засоления, наряду с качеством воды следует обязательно учесть условия их использования – режим и технику орошения, почвенно-мелиоративные условия и степень дренированности территорий.

Для оценки возможности использования КДВ на орошение необходима информация о минерализации и химическом составе воды в тех или иных зонах планирования.

Следует отметить, что в последние годы по республикам Центральной Азии не выполняется полный химический анализ коллекторно-дренажных вод, а проводится сокращенный анализ с определенными только величинами минерализации воды. (В сокращенный анализ входит плотный остаток, хлор и сульфат). По химизму большая часть КДВ перешла в сульфатный тип из-за интенсивного вымыва хлоридов. По этому для повышения надежности оценок качества КДВ для различных природно-хозяйственных условий можно пользоваться зависимостями между минерализацией воды и отношением хлора к сульфату. Такие зависимости строятся по результатам сбора и обобщения многолетних данных о гидрохимическом режиме коллекторно-дренажных вод, в тех или иных орошаемых зонах, которые позволяют легко определить пригодность КДВ для орошения по унифицированной классификации САНИИРИ (рис.6.2).

Таблица 6.3. Оценка качества дренажных вод для основных орошаемых массивов Узбекистана

Группа воды	Градация качества воды	Содержание солей, г/л по регионам						
		ККАССР	Хорезмская область	Сырдарьинская область	Кашкадарьинская область	Сурхандарьинская область	Ферганская, Наманганская, Андижанская области	Бухарская, Навоийская области
1	Хорошее	<u>≤0,4</u>	<u>≤0,5</u>	<u>≤0,5</u>	<u>≤0,7</u>	<u>≤0,8</u>	<u>≤1,0</u>	<u>≤1,0</u>
		<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,03	<0,05
		Можно использовать без дополнительных мероприятий по предупреждению реставрации засоления и на всех без исключения почвах						
2	Удовлетворительное	<u>0,4-1,0</u>	<u>0,5-1,0</u>	<u>0,8-1,5</u>	<u>0,7-1,5</u>	<u>0,8-2,0</u>	<u>1,0-2,5</u>	<u>1,0-2,5</u>
		0,1-0,25	0,1-0,25	0,1-0,3	0,1-0,3	0,1-0,3	0,03-0,1	0,05-0,2
		Можно использовать на легких и средних по механическому составу почвах на фоне дополнительных мероприятий, увеличения норм орошения, дренирования и ежегодных профилактических промывок						

3	Неудовлетворительное	<u>1,0-3,0</u>	<u>1,0-3,5</u>	<u>1,5-4,0</u>	<u>1,5-4,0</u>	<u>2,0-5,0</u>	<u>2,5-6,0</u>	<u>2,5-5,0</u>
		0,25-0,9	0,25-1,1	0,3-0,8	0,3-0,8	0,3-0,8	0,1-0,5	0,2-0,5
Можно использовать только на легких почвах, на фоне дополнительных мероприятий								
4	Плохое	<u>≥3,5</u>	<u>≥3,5</u>	<u>≥4,0</u>	<u>≥4,0</u>	<u>≥5,0</u>	<u>≥6,0</u>	<u>≥6,0</u>
		>0,9	>1,1	>8,0	>0,8	>0,8	>0,5	>5,0
Можно использовать в исключительных случаях (на легких почвах на фоне дополнительных мероприятий, с учетом солеустойчивости, фазы развития растений, лучше при последних поливах)								

ПРИМЕЧАНИЕ: числитель - общая минерализация, г/л

знаменатель - содержание хлора, соответствующее данной минерализации, г/л.

Таблица 6.4. Оценка качества дренажной воды (предел пригодности, г/л) по методам различных авторов

	По Антипову-Каратаеву и Кадеру	По Буданову	По Можайко и Воротник	По методу Департамента США	По Келли, Брауну, Либиху (США)	По Стеблеру, щелочная характеристика
Орошаемые регионы	$\frac{Ca+Mg}{Na*0,23C}$ не>1	$\Sigma M*b$ $C''+Mg''$ мгэкв/л не>4	$\frac{Na*100}{Ca+Mg+Na}$ мгэкв/л не>6,6 %	$\frac{Na'\sqrt{Ca+Mg}}{2}$ мгэкв/л не>8	$\frac{Na}{Ca+Mg}$ не>1	К<1,2
Ферганская область	5	7	7	6	7	8
Старая зона орошения Голодной степи	5	5,5				5,5
Хорезмская область	4	4	6	4	3	4,5
Кызкеткенская ОС, республика КК	3	4	5	3,5	3	4
Бухарский оазис	нет опасности	нет опасности	нет опасности	10	нет опасности	8

Таблица 6.5. Оценка качества воды основных источников орошения и коллекторов ТССР по степени опасности засоления почв

Источник орошения	Место отбора проб воды	Минерализация, г/л	Хлор-ион, г/л	Cl/SO <sub>4</sub>	Ирригационный коэффициент	Качество воды по			
						Приклонскому	Якубову и др.	Сойферу С.Я.	данным ученых США
<b><u>Оросительная вода</u></b>									
р.Амударья	Чарджоу	0,64	0,12	0,40	16,17	У	Хор.	П	В
Каракумский	р-н Ашхабад	0,70	0,13	0,69	12,70	У	Хор.	П	В

канал									
р.Теджан	р-н Теджен	1,10	0,26	0,70	7,50	У	У	ОП	НП
р.Мургаб	р-н Тахтабазар	0,70	0,09	0,44	23,10	Х	Х	П	В
<i>Коллекторная вода</i>									
Шават-Андреевск	на границе УзССР	4,42	1,23	1,05	1,66	НУ	НП	НП	НП
Дарьялык	место слияния	2,60	0,68	0,87	2,99	НУ	НУ	УП	НП
Гл.Левобережный	Чарджоуский р-н	2,37	0,53	1,50	3,00	НУ	НУ	НП	НП
Озерный	Тахтинский р-н	4,20	1,30	1,12	1,57	НУ	НУ	НП	НП
Дренаж	р-н Ашхабад	2,85	0,32	0,15	9,25	У	У	ОП	У
Дренаж	р-н Ашхабад	2,00	0,25	0,27	7,17	У	У	ОП	У
Дренаж*)	р-н Байрам-Али	2,05	0,52	0,87	3,97	НУ	МУ	ПП	НП
Дренаж*)	р-н Байрам-Али	3,02	0,66	0,52	2,76	НУ	МУ	ПП	НП
Дренаж*)	р-н Байрам-Али	5,09	1,62	0,97	1,26	НУ	НУ	ПП	НП

ПРИМЕЧАНИЕ: НУ - неудовлетворительная; У - удовлетворительная; Хор. - хорошая; МУ - малоудовлетворительная; НП - непригодная; ПБК - пригодная для большинства культур; УП - условно пригодная; ОП - ограниченно пригодная; П - пригодная; ПП - пригодная на песках; В - опасность засоления высокая.

\*) - вода получена путем разбавления оросительной воды дренажной.

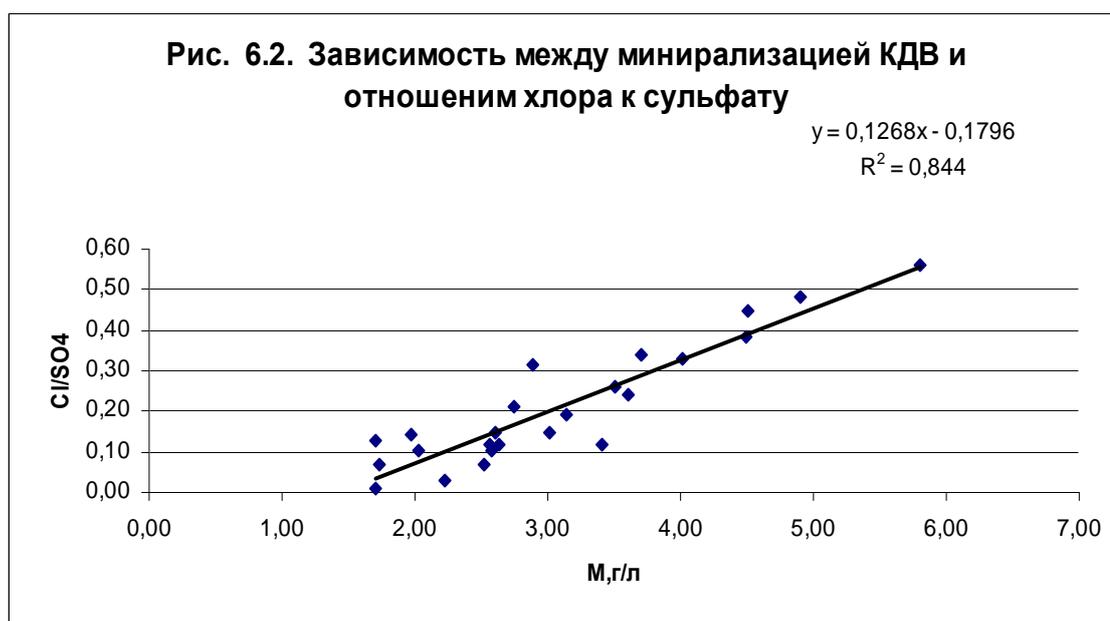
Таблица 6.6. Оценка количества воды источников орошения по опасности осолонцевания почв

Источник орошения	Место отбора проб воды	Минерализация, г/л	Показатель по формулам			Можайко	Сойфер	По данным ученых США
			8	9	10			
<b><u>Оросительная вода</u></b>								
р.Амударья	Чарджоу	0,64	1,97	49,43	2,93	П	П	Н
Каракумский канал	р-н Ашхабад	0,70	1,58	37,60	2,20	П	П	Н
р.Теджан	р-н Теджен	1,10	2,14	53,00	4,57	П	ОП	Н
р.Мургаб	р-н Тахтабазар	0,70	1,90	47,47	3,29	П	П	Н
<b><u>Коллекторная вода</u></b>								
Шават-Андреевск	на границе УзССР	4,42	1,71	41,40	6,05	П	ОП	Н
Дарьялык	место слияния	2,60	1,69	41,00	4,70	П	ОП	В
Гл.Левобережный	Чарджоуский р-н	2,37	1,82	45,33	5,60	П	ОП	В
Озерный	Тахтинский р-н	4,20	2,22	26,54	9,19	П	ОП	Н

Дренаж	р-н Ашхабад	2,85	1,75	43,16	3,24	П	ОП	Н
Дренаж	р-н Ашхабад	2,00	1,68	40,71	4,14	П	УП	Н
Дренаж*)	р-н Байрам-Али	2,05	2,44	50,20	9,63	ОП	УП	С
Дренаж*)	р-н Байрам-Али	3,02	2,70	48,24	9,89	ОП	УП	С
Дренаж*)	р-н Байрам-Али	5,09	2,19	54,40	10,43	ОП	УП	В

ПРИМЕЧАНИЕ: НУ - неудовлетворительная; У - удовлетворительная; Хор. - хорошая; МУ - малоудовлетворительная; НП - непригодная; ПБК - пригодная для большинства культур; УП - условно пригодная; ОП - ограниченно пригодная; П - пригодная; ПП - пригодная на песках; В - опасность засоления высокая.

\*) - вода получена путем разбавления оросительной воды дренажной.



Согласно этой зависимости при отношении  $Cl/SO_4$  равному от 0,2 до 0,4 пределы пригодной минерализации КДВ колеблются от 2,5 до 4,5 г/л.

Оценки проведенные согласно классификации САНИИРИ показали, что в Узбекистане не менее 50% коллекторно-дренажного стока пригодны для использования в местах формирования, за исключением дренажно-сбросных вод Каршинской степи, отдельных районов Бухарской области.

В принципе с учетом того, что в современных условиях в каждой республике химизм формируемых КДВ имеют в основном сульфатный тип засоления, то везде можно использовать такие воды с минерализацией 2-3 г/л на повторное орошение. Каждая республика должна сама решать: сколько, где и когда можно использовать КДВ как дополнительный ресурс.

В дальней перспективе, с учетом исчерпания доступных водных ресурсов, очевидно, повсеместно будем вынуждены вовлекать для повторного использования и дренажные воды, имеющие повышенную минерализацию путем их разбавления с пресной водой.

Решение о разбавлении КДВ с пресной водой принимается с учетом их минерализации с помощью известного уравнения баланса веществ. Доля минерализованной и пресной воды определяется как:

$$M_1 = \frac{(C_3 - C_{пр})}{C_{др} - C_{пр}} \cdot 100, \%$$

Где  $C_3$  – заданная минерализация смешанной воды, г/л

$C_{др}$  – минерализация дренажной воды, г/л

$C_{пр}$  – тоже, пресной воды в каналах, г/л

Для удобства расчетов предлагается разработать номограмму разбавления дренажных вод с оросительной с учетом расходов воды в каналах и коллекторах (рис.6.3).

Номограмма разбавления дренажных вод оросительными при  $S_k=2,5$  г/л.

Минерализация оросительной воды  $S_{op} = 0,8$  г/л.  
Минерализация коллекторной воды  $S_k = 2,5$  г/л.

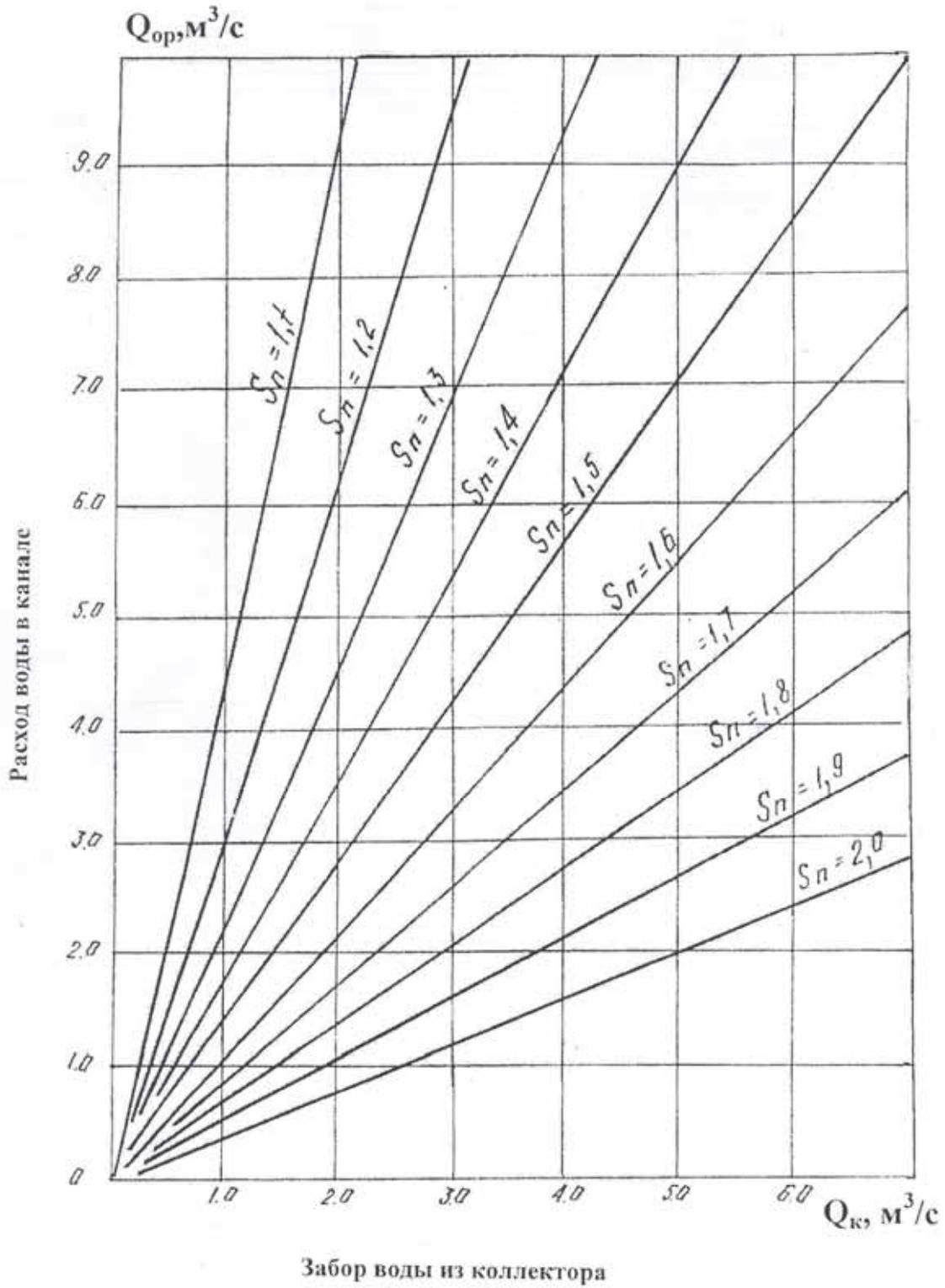


Рис. 6.3.

#### **6.4 Методика выбора площадей возможного использования КДВ для орошения и промывки земель**

Перспективность применения минерализованных возвратных вод на орошение и промывку земель определяется не только оценкой объема и качества располагаемых ресурсов дренажного стока, но и площадей возможного их использования без ущерба, плодородию почв.

Планирование использования дренажно-сбросных вод на перспективу начинается с выбора площадей под орошение с наименьшим ущербом на плодородие почв. Установлено, что при использовании минерализованных коллекторно-дренажных вод на орошение на землях с тяжелым суглинистым механическим составом орошаемые почвы интенсивно теряют начальное плодородие за счет увеличения и накопления солей. Освобождение от накопленных солей также затруднительно в виду их низкой водопроницаемости. Более легкие почвы с достаточной водопроницаемостью и незначительной емкостью поглощения не концентрируют больших масс токсичных солей и легко освобождаются от них. Они позволяют применять для орошения более минерализованные воды без отрицательных последствий. Об этом свидетельствует многолетнее и успешное использование на поливы высокоминерализованных морских вод на песчаных и супесчаных грунтах в Израиле, Алжире, Тунисе, Италии, Азербайджане, Туркменистане и др. странах. Научно-исследовательский (САНИИРИ) и проектный институты – Средазгипроводхлопок, НИЦ МКВК в регионе провели ряд научно-исследовательских работ по установлению основных принципов выделения площадей для использования на них вод повышенной минерализации и в САНИИРИ была предложена типизация почвенного профиля по категориям водопроницаемости с учетом слоистости почв (табл 6.7).

В основу такой типизации был положен механический состав почв и чередование слоев различного механического состава. При этом учтены наличие слабопроницаемых прослоек ("шох" и "арык").

В качестве рассматриваемого слоя, на основе которого ведется типизация, принята зона активного водосолеобмена мощностью 2 м. Для выделенных типов почвенных профилей установлены осредненные фильтрационные и гидрохимические характеристики, для предварительных расчетов объемов мелиоративных мероприятий (режим орошения, промывки, дренаж и др.). На основе этой характеристики, используя почвенные съемки выполняемые организациями Государственного земельного кадастра, Министерства сельского и водного хозяйства, научных и проектных институтов необходимого масштаба и детализации выполняется типизация и районирование почвенных разностей, наиболее подходящих для использования дренажно-сбросных вод на орошение.

Таблица 6.7. Типизация почвенного профиля по категориям водопроницаемости с учетом слоистости почв

Характеристика механического состава почвогрунтов верхнего горизонта 30-100 см	Характеристика механического состав почвогрунтов нижнего подстилаемого горизонта 100-200 см					
	песок	супесь	легкий суглинок	средний суглинок	средний суглинок со слабоводопроницаемыми прослоями	тяжелый суглинок, глина
Песок (тонко и среднезернистый, барханный)	1-в	1-б	1-б	2-б	3-б	4-б
Супесь и легкий суглинок	1-в	2-в	2-б	2-б	3-б	4-б
Средний суглинок	2-а	2-а	3-а	3-в	3-б	4-б
Тяжелый суглинок, глина	3-а	3-а	3-а	4-а	4-а	4-в

ПРИМЕЧАНИЕ:

1 – интенсивно водопроницаемые;  
вверх;

а) – почвенные профили, утяжеляющиеся по механическому составу снизу

2 - водопроницаемые;

3 – слабоводопроницаемые;

4 – плоховодопроницаемые;

б) – облегчающиеся по механическому составу снизу вверх;

в) – относительно однородные по механическому составу.

## 6.5. Оценка пригодности КДВ и выбор площадей для их использования на примере Ферганской области

По приведенной выше методике нами оценены возможные объемы коллекторно-дренажных вод Ферганской области которые можно было бы использовать на орошение за последние годы (таблица 6.8).

Таблица 6.8. Классификация качества КДВ Ферганской области

Группа по качеству	Ирригационный коэффициент	Градация качества воды	*Содержание солей, г/л
I	18	Хорошее	$< \frac{1,0}{0,05}$
II	18-6	Удовлетворительное	$\frac{1,0 - 2,5}{0,05 - 0,2}$
III	6-2	Малоудовлетворительное	$\frac{2,5 - 6,0}{0,2 - 0,5}$
IV	2	Плохое	$> \frac{6,0}{0,5}$

\*)- числитель-минерализация воды, г/л; знаменатель - содержание Cl

Согласно оценкам воды первой группы можно использовать без специальных мероприятий. Воды II группы необходимо использовать на фоне хорошей дренированности и профилактических промывок земель. Воды III группы можно использовать на легких почвах на фоне хорошей дренированности. Воды IV группы (плохие)-практически не пригодны для орошения и можно их использовать только в исключительных случаях на последних фазах развития растений на легких почвах.

Значительная часть КДС относится по качеству ко II группе, т.е. удовлетворительной оценке, объемы которых в Ферганской области составляют в вегетацию 1,73-2,2 км<sup>3</sup>, а в межвегетацию 1,9-2,5 км<sup>3</sup>. В подавляющем большинстве коллекторов минерализация воды колеблется в пределах 1,48-2,5 г/л и в редких случаях она достигает 3,68 г/л. Отношение Cl/SO<sub>4</sub> равно 0,1-0,25 и они в целом пригодны для орошения (табл. 6.9).



**Таблица 6.9 Оценка объемов и качества КДВ Ферганской области по возможности их использования в сельском хозяйстве**

Наименование районов	Название коллекторов	Годы	Показание	Ед.изм	Группа качества	Показатели		Качества воды		Примечание
						За вегетацию	За невегетацию	За вегетацию	За невегетацию	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Дангара	Аччикуль (Водопр-к Сырдырья)	2000	Объем	млн,м <sup>3</sup>	III, II	596,47	807,86	Малоудовлетворительное	Удовлетворительное	
			Минер-я	г/л		2,78	2,41			
		2005	Объем	млн,м <sup>3</sup>	II, II	857,6	1051,06	Удовлетворительное	Удовлетворительное	
			Минер-я	г/л		1,73	1,97			
Дангара	Гарбий Ёзёвон (Водопр-к Аччикуль)	2000	Объем	млн,м <sup>3</sup>	III, III	18,35	18,41	Малоудовлетворительное	Малоудовлетворительное	
			Минер-я	г/л		2,75	2,75			
		2005	Объем	млн,м <sup>3</sup>	II, II	21,87	25,89	Удовлетворительное	Удовлетворительное	
			Минер-я	г/л		2,01	2,31			
Дангара	Янги кадам (Водопр-к Аччикуль)	2000	Объем	млн,м <sup>3</sup>	III, III	32,52	30,35	Малоудовлетворительное	Малоудовлетворительное	
			Минер-я	г/л		2,81	2,55			

		2005	Объем	млн,м <sub>3</sub>	II, II	23,77	23,02	Удовлетворительное	Удовлетворительное	
			Минер-я	г/л		1,915	2,06			
Дангара	К-4 (Водопр-к Аччикуль)	2000	Объем	млн,м <sub>3</sub>	III, III	138,28	120,04	Малоудовлетворительное	Малоудовлетворительное	
			Минер-я	г/л		2,72	2,62			
		2005	Объем	млн,м <sub>3</sub>	II, II	121,10	144,73	Удовлетворительное	Удовлетворительное	
			Минер-я	г/л		1,86	2,18			
Дангара	Пишкоран (Водопр-к Сырдыр-я)	2000	Объем	млн,м <sub>3</sub>	II, II	11,43	10,31	Удовлетворительное	Удовлетворительное	
			Минер-я	г/л		2,24	2,35			
		2005	Объем	млн,м <sub>3</sub>	II, II	15,33	16,59	Удовлетворительное	Удовлетворительное	
			Минер-я	г/л		1,44	1,68			
Дангара	Тумар	2000	Объем	млн,м <sub>3</sub>	II, III	8,85	9,16	Удовлетворительное	Малоудовлетворительное	
			Минер-я	г/л		2,2	2,52			
		2005	Объем	млн,м <sub>3</sub>	II, II	8,90	13,91	Удовлетворительное	Удовлетворительное	
			Минер-я	г/л		1,78	2,30			

Дангара	Шур-кишлак	2000	Объем	млн,м <sup>3</sup>	II, II	7,93	8,32	Удовлетворительное	Удовлетворительное	
			Минер-я	г/л		2,39	2,38			
		2005	Объем	млн,м <sup>3</sup>	II, II	5,83	7,04	Удовлетворительное	Удовлетворительное	
			Минер-я	г/л		1,88	1,85			

Продолжение табл. 6.9

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Дангара	Чагали	2000	Объем	млн.м <sup>3</sup>	III, II	8,46	7,73	Малоудовлетворительное	Удовлетворительное	
			Минер-я	г/л		2,61	2,2			
		2005	Объем	млн,м <sup>3</sup>	III, II	7,60	9,17	Малоудовлетворительное	Удовлетворительное	
			Минер-я	г/л		3,68	1,34			
Дангара	Абдусамат	2000	Объем	млн,м <sup>3</sup>	II, II	7,08	5,48	Удовлетворительное	Удовлетворительное	
			Минер-я	г/л		2,23	2,19			
		2005	Объем	млн,м <sup>3</sup>	II, II	8,49	9,22	Удовлетворительное	Удовлетворительное	
			Минер-я	г/л		1,57	1,57			
Дангара	Шур Ок-кул	2000	Объем	млн.м <sup>3</sup>	II, II	14,93	11,79	Удовлетворительное	Удовлетворительное	

			Минер-я	г/л		2,41	2,16			
		2005	Объем	млн,м3	II, II	14,53	17,42	Удовлетворительное	Удовлетворительное	
			Минер-я	г/л		1,59	1,42			
Дангара	Сох-ташлама	2000	Объем	млн.м3	II, II	19,47	19,46	Удовлетворительное	Удовлетворительное	
			Минер-я	г/л		2,21	2,06			
		2005	Объем	млн,м <sup>3</sup>	II, II	21,70	32,47	Удовлетворительное	Удовлетворительное	
			Минер-я	г/л		1,53	1,58			
Фуркат	Д-2	2000	Объем	млн,м <sup>3</sup>	III, II	39,07	30,14	Малоудовлетворительное	Удовлетворительное	
			Минер-я	г/л		2,93	2,46			
		2005	Объем	млн,м3	II, II	31,34	27,28	Удовлетворительное	Удовлетворительное	
			Минер-я	г/л		1,60	1,97			
Фуркат	ЖК-4	2000	Объем	млн,м3	II, II	34,05	29,5	Удовлетворительное	Удовлетворительное	
			Минер-я	г/л		2,3	2,32			
		2005	Объем	млн,м3	II, II	28,30	26,28	Удовлетворительное	Удовлетворительное	
			Минер-я	г/л		1,73	1,90			
Бешарик	Сох-Исфара	2000	Объем	млн,м3	II, II	100,92	137,26	Удовлетворительное	Удовлетворительное	
			Минер-я	г/л		2,49	2,27			
		2005	Объем	млн,м3	II, II	172,72	171,41	Удовлетворительное	Удовлетворительное	

			Минер-я	г/л		1,21	1,43			
Дангара	ДА-1	2000	Объем	млн.м3	Ш, Ш	12,69	6,22	Малоудовлетвори тельное	Малоудовлетворит ельное	
			Минер-я	г/л		2,59	2,56			
		2005	Объем	млн,м3	П, П	7,76	8,67	Удовлетворител ьн ое	Удовлетворительн ое	
			Минер-я	г/л		1,595	1,61			

Продолжение табл. 6.9

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Бешарик	д	2000	Объем	млн.м3	Ш, Ш	11,44	10,99	Малоудовлетвори тельное	Малоудовлетворит ельное	
			Минер-я	г/л		2,69	2,72			
		2005	Объем	млн,м3	I, П	1,71	16,89	Хорошее	Удовлетворител ьн ое	
			Минер-я	г/л		0,99	1,81			
Бешарик	Марказий	2000	Объем	млн.м3	П, П	14,23	12,19	Удовлетворитель ное	Удовлетворител ьн ое	
			Минер-я	г/л		1,96	2,08			
		2005	Объем	млн,м3	П, П	16,32	20,19	Удовлетворитель ное	Удовлетворител ьн ое	
			Минер-я	г/л		1,63	1,59			

Бешарик	Шимолий	2000	Объем	млн,м3	II, II	17,73	12,31	Удовлетворительное	Удовлетворительное
			Минер-я	г/л		2,14	2,26		
		2005	Объем	млн.м3	II, II	17,90	20,36	Удовлетворительное	Удовлетворительное
			Минер-я	г/л		1,17	1,92		
Бешарик	КЯК	2000	Объем	млн.м3	II, II	7,35	5,36	Удовлетворительное	Удовлетворительное
			Минер-я	г/л		2,05	2,18		
		2005	Объем	млн.м3	II, II	4,84	6,78	Удовлетворительное	Удовлетворительное
			Минер-я	г/л		1,33	1,91		
Бешарик	Ок товук	2000	Объем	млн,м3	II, II	11,49	10,7	Удовлетворительное	Удовлетворительное
			Минер-я	г/л		2,29	2,22		
		2005	Объем	млн.м3	II, II	12,50	14,67	Удовлетворительное	Удовлетворительное
			Минер-я	г/л		1,17	2,15		
Кува	Найнова (Водопр-к Сари- Жуга)	2000	Объем	млн,м3	III, II	207,79	179,04	Малоудовлетворительное	Удовлетворительное
			Минер-я	г/л		2,57	2,16		
		2005	Объем	млн,м3	II, II	173,83	202,64	Удовлетворительное	Удовлетворительное
			Минер-я	г/л		2,25	2,06		
Кува	Сари-Жуга (Водопр-к Сарик сув)	2000	Объем	млн,м3	II, II	61,43	55,69	Удовлетворительное	Удовлетворительное
			Минер-я	г/л		2,31	2,27		

Язьяван	Шимолий	2005	Объем	млн,м3	II, II	88,44	102,91	Удовлетворительное	Удовлетворительное
			Минер-я	г/л		2,11	1,69		
		2000	Объем	млн.м3	II, II	346,73	327,23	Удовлетворительное	Удовлетворительное
			Минер-я	г/л		2,16	2,04		
2005	Объем	млн.м3	II, II	522,44	522,75	Удовлетворительное	Удовлетворительное		
				Минер-я	г/л			1,48	1,26

Продолжение табл. 6.9

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<b>ИТОГО</b>		2000	Объем	млн,м3	II, II	1728,69	1865,54	Удовлетворительное	Удовлетворительное	
			Минер-я	г/л		2,43	2,34			
		2005	Объем	млн,м3	II, II	2196,00	2491,35	Удовлетворительное	Удовлетворительное	
						Минер-я	г/л			1,71

### **6.5.1. Выбор площадей под орошение коллекторно-дренажными водами**

Совмещение карт естественной дренированности, засоления почв и оценка качества минерализованных коллекторно-дренажных вод дали возможность выделить площади наиболее подходящие под коллекторно-дренажных вод без ущерба.

В результате анализа построенной карты появилась возможность выделения на орошаемой территории Ферганской области семи категорий почвогрунтов, отображающих степень и возможность применения на них коллекторно-дренажных вод, (табл. 6.10)

Каждой категории почв дана характеристика засоления, водопроницаемости по механическому составу почвогрунтов, минерализации коллекторно-дренажных вод. В Ферганской области пригодные для орошения минерализованными водами площади без дополнительных мероприятий - категории с I по III - составляют 51 %; пригодные для орошения, но с предварительно проведенными мероприятиями по расселению земель или смешением минерализованных вод с речными - категории IV и V - составляет 31%; непригодные для орошения минерализованными водами - категории VI и VII - составляет 18% (табл. 6.11).



Таблица 6.10 Характеристика почвогрунтов для выбора площадей под орошение коллекторно-дренажными водами

Индекс категории почв	Характеристика почвогрунтов		Минерализация коллекторно-дренажных вод	Условия использования коллекторно-дренажных вод для орошения
	по водопроницаемости	по засолению		
I	Хорошо водопроницаемые	ниже средней	преимущественно от 3,0 до 5,0 г/л	Вполне пригодные, с доведением высокоминерализованных вод в смешиванием с речными до 3,0 г/л
II	Водопроницаемые	Ниже средней	до 3,0 г/л	Вполне пригодные
III	Слабо водопроницаемые	Ниже средней	Равнозначно до 3,0 г/л и более	Пригодные с доведением высокоминерализованных вод в смешиванием с речными до 3,0 г/л
IV	Слабо водопроницаемые	Сильнозасоленные	преимущественно до 3,0 г/л	Предварительное расселение. Использование коллекторно-дренажных вод до 3,0 г/л
V	Плохо водопроницаемые	Ниже средней	преимущественно до 3,0 г/л	Использование коллекторно-дренажных вод в смеси с речной водой в соотношении 1,0:1,0
VI	Плохо водопроницаемые	Ниже средней	до 3,0 г/л	Использование коллекторно-дренажных вод не рекомендуется
VII	Плохо водопроницаемые	Ниже средней	преимущественно до 3,0 г/л	Использование коллекторно-дренажных вод не рекомендуется

Таблица 6.11 Распределение площадей по типам почвенных разностей под орошение коллекторно-дренажными водами (Мухамеджанов Ш.Ш., 1991г.)

Наименование района	Площадь брутто, га	типы почвогрунтов						
		I	II	III	IV	V	VI	VII
Бешарыкский	62720	-	13500	12860	4950	18900	8100	4010
Узбекистанский	45299	-	5400	29099	-	8100	2700	-
Дангаринский	37871	2700	6300	17171	4050	5400	2250	-
Ленинградский	24579	-	6300	10359	-	7920	-	-
Бувайдинский	25086	-	900	14736	1350	6300	1800	-
Багдадский	29142	-	1800	2142	1800	6300	15300	1800

Риштанский	49785	-	1800	34035	-	6300	7650	-
Алтыарыкский	32038	1800	-	9538	3600	13050	2250	1800
Ахунбабаевский	36347	-	-	15197	4500	10350	2250	4050
Язъяванский	34280	-	1800	20330	-	1350	10800	-
Ташлакский	22325	-		4775	1350	6750	9450	-
Кувинский	37388	-	-	11738	4050	19350	2250	-
Итого по области	436860	4500	37800	181980	25650	110070	64800	12060

## 6.6. Сокращение объемов стока дренажных вод и солей в р.Сырдарья за счет внутриконтурного использования возвратных вод Ферганской долины

Анализ вышеприведенных материалов по зонам планирования, сбросу коллекторно-дренажных вод и солей в р. Сырдарью позволяет отметить, что большая часть солевого стока здесь сбрасывается из Ферганской долины.

В связи с этим в ближайшей перспективе для условий бассейна р.Сырдарья с учетом роли Ферганской долины реальным и единственным путем, позволяющим быстро найти выход из этой ситуации, являются разработка и внедрение мероприятий по внутриконтурному использованию возвратных вод в районах их формирования на легких по механическому составу и физико-химическому свойству почвах в пределах долины.

Анализ многолетних данных по формированию КДВ и прогнозные проработки, выполненные нами оценки качества КДВ для различных вариантов по объему использования дренажной воды на орошение в местах ее формирования, показывают возможность снижения выноса солей в реку и соответственно уменьшения минерализации речной воды на выходе из долины (табл.6.12).

Расчеты показывают, что по сравнению с существующим выносом 16,25 млн.т солей (при сбросе 6500 млн.м<sup>3</sup> стока КДВ), при использовании их в местах формирования объем выноса солей можно уменьшить от 14,33 (при использовании 10% объема КДВ) до 7,96 млн.т (при использовании 50% объема КДВ). В среднем, если учитывать, что режим орошения сельскохозяйственных культур и режим формирования КДВ не совпадают, реально можно использовать до 30% годового объема КДВ, формируемых в пределах Ферганской долины. Это дает возможность сократить минерализацию речной воды до 0,90-1,05 г/л.

Таблица 6.12. Оценка возможности сокращения объемов стока дренажных вод и солей при внутриконтурном использовании КДВ Ферганской долины в местах формирования

В существующих условиях	Прогнозные параметры при различных процентах использования КДВ				
	10	20	30	40	50
КДВ, 6500 млн.м <sup>3</sup>	5850	4200	4550	3900	3250
Соли, 16,25 млн.т	14,33	12,74	11,15	9,55	7,96

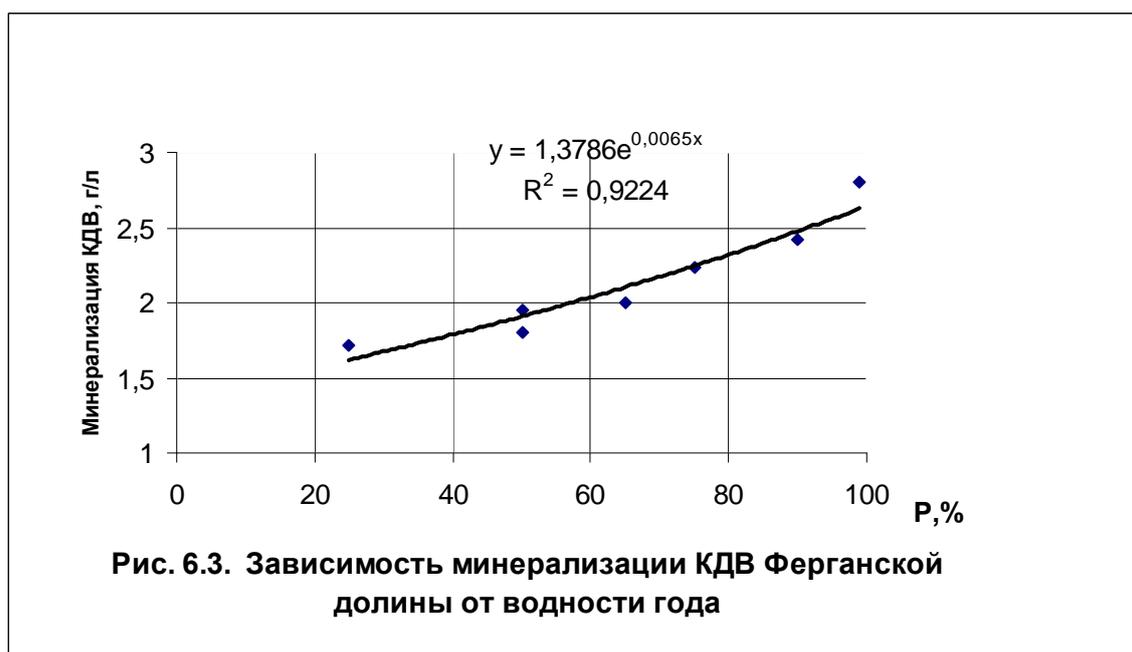
Минерализация речной воды на выходе из долины при осуществлении этого мероприятия, г/л	0,9-1,05				

Для внутриконтурного использования КДВ в условиях Ферганской долины имеются довольно большие площади земель потенциально пригодных для этих целей, которые имеют легкий и средний механический состав (табл.6.13). По проведенным оценкам они составляют (в сумме по Ферганской, Наманганской и Андижанской областям) 691 тыс.га.

Таблица 6.13. Распределение площадей бассейна реки Сырдарья (Республика Узбекистан) по потенциальной возможности орошения минерализованной водой

Области, республики	Площадь, тыс.га	Площади почв по механическому составу, тыс.га % от общей площади		Потенциально возможная площадь под орошение минерализованной водой, тыс.га
		средние и тяжелые	легкие	
Андижанская	$\frac{265,6}{100}$	$\frac{206,6}{77,8}$	$\frac{59,0}{22,2}$	225,7
Ферганская	$\frac{328,8}{100}$	$\frac{172,9}{53,4}$	$\frac{150,9}{46,6}$	224,2
Наманганская	$\frac{250,5}{100}$	$\frac{202,9}{81,0}$	$\frac{47,6}{19,0}$	241,1

Следует добавить, что средневзвешенная минерализация КДВ Ферганской долины зависит от водности года, связь которой имеет достаточно высокий коэффициент корреляции (рис.6.3). Следовательно, объемы внутриконтурного использования КДВ по месту их формирования можно оперативно корректировать с учетом ожидаемой водности года.



## **6.7. Сокращение объемов стока дренажных вод и солей в р.Сырдарью за счет внутрисистемного использования подземных вод Ферганской долины**

В проблеме использования минерализованных КДВ в местах формирования и сокращения солевого стока в реки важное место занимает вопрос использования подземных и ирригационно-грунтовых вод, откачиваемых скважинами на орошение и вертикального дренажа.

Широкое использование подземных вод на орошение очень развито в мировой практике: в США, Индии, Китае, Пакистане и во многих других странах орошение фермерских хозяйств основывается в основном на использовании подземных вод. Это не требует больших затрат со стороны государства, так как фермеры самостоятельно эксплуатируют скважины за свой счет.

В странах Центральной Азии, в т.ч. Узбекистане также накоплен огромный опыт откачки и использования подземных вод для различных отраслей народного хозяйства: хозпитьевого водоснабжения, орошения, пастбищного орошения, рекреации, бальнеологии и т.д.

Ресурсы подземных вод в верхнем течении р. Сырдарья довольно велики: в наиболее крупном регионе- Ферганской долине они составляют по разным оценкам около 300 м<sup>3</sup>/сек, не только превышая сток местных рек (221 м<sup>3</sup>/с), но и соизмерим со стоком Сырдарьи в этом регионе (500 м<sup>3</sup>/с). В 1980-годы в долине откачивали около 2,0 км<sup>3</sup> подземных вод. Даже очень скромные предложения по использованию подземных вод на орошение, выполненные НПО «Узбекгидрогеология» в 1983 г, показывали возможность использования порядка 2,7 км<sup>3</sup> ресурсов. Это превышает потребности в воде Узбекистана к попуск из Токтогульского водохранилища. Однако до сих пор на орошение используется незначительная часть (всего 8,5% от рекомендованных) подземных вод, которые уменьшаются с каждым годом.

В современных условиях в Ферганской долине ситуация серьезно осложняется тем, что области питания, транзита и разгрузки подземных вод совпадая с высотнопоясной зональностью, обычно расположены и пересекают границы разных стран. Поэтому водохозяйственная деятельность, осуществляемая в одном государстве, может вызвать серьезные негативные последствия в зоне формирования подземных вод соседнего государства. Это связано с тем, что большинство водоносных горизонтов Ферганской долины являются трансграничными и порождаемые проблемы становятся межгосударственными. Многие города и поселки находятся в катастрофическом положении из-за подтопления подземными водами, на площади около 300 тыс.га в узбекской части уровни грунтовых вод поднялись выше критического и вызывают процессы засоления на площади 120 тыс.га. а сформированные на этих землях КДВ в объем 6-9 км<sup>3</sup> отводят в р.Сырдарью ежегодно 15-16 млн.т. солей.

В условиях ожидаемых сокращений располагаемых поверхностных водных ресурсов на орошение, росте населения и необходимости обеспечения его продуктами питания очевидно, что необходимо незамедлительно приступить к созданию систем совместного использования поверхностных и подземных вод, что несомненно позволит увеличить общие располагаемые водные ресурсы в бассейне в размере 3-3,5 км<sup>3</sup>/год.

По данным «Узбекгидрогеология» на 2005 г. Только в Узбекской части Ферганской долины возобновляемые ресурсы подземных вод составляют около 260 м<sup>3</sup>/с (табл 6.14). Из этих ресурсов в настоящее время отбирается порядка 118,9 м<sup>3</sup>/с или 3,7 км<sup>3</sup>, в том числе для хозяйственных нужд населения, которая является приоритетным, отбирается 41,5 м<sup>3</sup>/с

(1,3 км<sup>3</sup>). Для целей же орошения, с учетом отбора скважинами вертикального дренажа (СВД) используется около 948,8 млн.м<sup>3</sup> (60,2 м<sup>3</sup>/с). Как показывают данные, подземные

Таблица 6.14 - Ресурсы подземных вод Ферганской долины и современное состояние их использования

Наименование месторождений	Эксплуатационные запасы		Современный отбор, в.т.ч:						минерализация
			Общий отбор		На хозяйственное водоснабжение		На орошение + вертикальный дренаж		
	м <sup>3</sup> /с	млн.м <sup>3</sup>	м <sup>3</sup> /с	млн.м <sup>3</sup>	м <sup>3</sup> /с	млн.м <sup>3</sup>	м <sup>3</sup> /с	млн.м <sup>3</sup>	г/л
Алмас-Варзыкское	6,57	207,2	6,44	203,1	1,2	37,8	5,2	163,9	0,2-1,5
Касансайское	2,88	90,8	3,3	104,1	1,1	34,7	2,2	69,4	0,5-1,5
Исковат-Пишкаранское	4,34	136,9	4,08	128,7	0,88	27,8	3,2*	100,9	0,2-0,4
Чуст-Папское	9,57	301,8	4,05	127,7	0,7	22,1	3,35	105,6	0,5-2,6
Наманганское	10,42	328,6	3,1	97,8	0,9	28,4	2,2	69,4	0,3-30
Нарынское	41,46	1307,5	7,28	229,6	3,64	114,8	3,64	114,8	0,2-1,0
Майлисуйское	10,57	333,3	2,0	63,1	0,78	24,6	0,37	11,7	0,3-0,7
Караунгурское	6,74	212,6	1,3	40,99	0,5	15,8	0,76	23,9	0,25-0,5
Чимион-Аувальское	14,9	469,9	4,37	137,8	4,0	126,1	0,37	11,7	0,8-1,8
Ярмазарское (г.Фергана)	7,0	220,7	3,57	112,6	3,57	112,6	-	-	-
Исфаринское	8,33	262,7	2,8	88,3	0,64	20,2	0,68	21,4	0,2-3,2
Сохское	36,18	1140,9	26,2	826,2	1,2	37,8	16,8*	529,8	1,0-1,3
Алтыарык-Бешалышское	28,85	909,8	25,1	791,6	7,0	220,7	16,4*	517,2	0,4-1,2
Андижан-Шахриханское	19,27	607,7	10,0	315,4	3,0	94,6	3,0*	94,6	0,4-1,8
Сырдарьинское	26,2	826,2	2,6	81,99	1,9	59,9	0,7	22,1	1,0-3,0
Ош-Араванское	23,0	725,3	12,7	400,5	10,5	331,1	1,3	40,9	0,2-1,2
Кукумбайское	2,88	90,8	-	-	-	-	-	-	-

Нанайское	1,05	33,1	-	-	-	-	-	-	-
<b>Итого</b>	<b>260,21</b>	<b>8205,9</b>	<b>118,9</b>	<b>3749,6</b>	<b>41,51</b>	<b>1309,1</b>	<b>60,17</b>	<b>1897,5</b>	

Примечание: если на орошение используется только в период вегетации, то цифру 1897,5 надо разделить на 2, и будет 948,8 млн.м<sup>3</sup>;

\* - с учетом отбора вертикальным дренажем.

воды являются пресными и слабосоленоватыми, их минерализация колеблется от 0,2 до 3,2 г/л, и большая часть этих вод пригодны для орошения.

Оценка качества подземных вод по пригодности для орошения по вышеприведенной методике САНИИРИ была проведена для откачиваемых скважинами вертикального дренажа вод (на примере Ферганской области), которая показала их высокую пригодность (табл. 6.15). Как видно, минерализация этих вод колеблется в пределах 1,12-2,24 г/л по плотному остатку и от 0,02 до 0,9 г/л по иону хлора.

Крупномасштабное развитие систем совместного использования поверхностных и подземных вод в Ферганской долине имеет ряд положительных эффектов: на подтопленных орошаемых землях и населенных пунктах обеспечится понижение уровней грунтовых вод, будет сокращен вынос солей в реку, достигнуто улучшение мелиоративного состояния земель, резко уменьшатся затраты на содержание оросительной и дренажной сети, которые в настоящее время не очень эффективны. С другой стороны подача освободившегося речного стока на нижерасположенные земли среднего и нижнего течения позволит решить проблему летнего дефицита воды, возникающей от изменения режимов эксплуатации верхненарынского каскада водохранилищ. Как показано выше на примере Сырдарьинской области, из-за дефицита воды в летний период сельхозкультуры поливаются всего 1 или 2 раза вместо 5-6 поливов, рекомендуемых по режиму орошения, что наносит серьезные ущербы сельскому хозяйству.

Такое мероприятие решает также проблему летнего дефицита воды и для южных регионов Казахстана на перспективу.



Таблица 6.15 - Объем и качество вод откачиваемых СВД в Ферганской области

Наименование района	годы	количество скважин, шт	подвешанная площадь, га	объем откаченной воды, млн.м3	в том числе		химич
					в коллектор	в ороситель	откачен
							пл. остаток
Алтыарыкский	2000	146	9310	42,6	41,71	0,89	1,99
	2005	161	9310	38,04	38,04		1,97
Ахунбабаевский	2000	52	3590	8,3	7,47	0,87	1,12
	2005	46	3590	6,8	6,8		1,39
Багдадский	2000	124	9580	41,9	36,6	5,32	1,68
	2005	152	9580	57,89	57,89		1,79
Бешарыкский	2000	109	8480	9,2	4,6	3,64	1,67
	2005	96	8480	3,81	3,81		1,77
Дангаринский	2000	72	3450	1,9	0,99	0,91	1,96
	2005	72	3450	5,02	5,02		1,98
Кувинский	2000	232	17690	113,9	112,19	1,71	1,81
	2005	232	17690	56,61	56,61		1,91
Риштанский	2000	146	7290	70,7	65,08	5,65	2,13
	2005	182	8910	76,51	76,51		2,24
Ташлакский	2000	114	9070	44,2	43,78	0,42	1,33
	2005	106	9070	26,62	26,62		1,22
Узбекистанский	2000	112	7810	20,1	18	2,1	2,21
	2005	107	7810	15,23	15,23		1,7
Учкуприкский	2000	42	2340	5,4	4,48	0,92	2,14
	2005	39	2340	6,58	6,58		2,01
Фуркатский	2000	56	4800	0,9	0,68	0,22	1,74
	2005	56	4800	1,16	1,13	0,03	1,15

Язъяванский	2000	10	300	0,2	0,17	0,03	1,4
	2005	10	300	0,92	0,92		1,41
г.Кувасай	2000	26	420	16,1	11,9	4,11	0,88
	2005	26	420	9,86	9,86		1,12
<b>Итого по области</b>	2000	<b>1264</b>	<b>86180</b>	<b>389,9</b>	<b>362,34</b>	<b>27,6</b>	<b>1,68</b>
	2005	<b>1285</b>	<b>85750</b>	<b>305,05</b>	<b>305,02</b>	<b>0,03</b>	<b>1,67</b>

## **Глава 7. Влияние существующей практики использования возвратных вод на водно-солевые балансы, сельхозпроизводства и качества дренажного стока и последующие альтернативы его размещения**

### **7.1. Экспериментальные исследования по использованию минерализованных вод на орошение сельскохозяйственных культур и промывку почв**

Опыты по использованию минерализованных вод проводились в СССР и в зарубежных странах (США, Италия, Индия, Тунис, Алжир, Израиль и др.). Зарубежный опыт достаточно подробно изложен в работах Г.С.Нестеровой (1973), Н.Г.Минашиной (1973) и других.

Минерализованные воды для орошения применялись в гумидной и аридной, а также степной зонах СССР. На Украине такие опыты проводили М.Ф.Буданов (1956, 1970), А.И.Болдырев и др. (1979), Н.В.Красутская и др. (1978); в Крымском полуострове И.К.Супряга (1973) и др. Определенные исследования по данному вопросу проводились и в других регионах - в Азербайджане: А.К.Бехбудов (1973), А.К.Бехбудов, Х.Ф.Джафаров (1980), Г.М.Гусейнов (1973), А.К.Бехбудов, М.М.Сейидов (1984) и др.; В Туркмении: И.С.Рабочев (1973), Г.И.Рабочев и др.(1978), О.Реджепов и др.(1978), в Казахстане: А.Г.Рау и др. (1978), А.Джумабеков (1978) и другие.

В Узбекистане опыты по использованию дренажных вод на орошение впервые были организованы на Центральной мелиоративной станции (ЦОМС) в 1933 г., а также на Федченковской, Бухарской, Хорезмской и Чарджоуской опытных станциях СоюзНИХИ (В.М.Легостаев, 1961). Указанному вопросу посвящены работы Н.М.Решеткиной и др. (1972), В.А.Духовного и др. (1974), Х.Якубова и др. (1973), А.У.Усманова (1968), Н.Ф.Беспалова (1978, 1984), Т.П.Глухой и др. (1983), Д.Д.Матмуратова и др. (1984), Г.А.Ибрагимова (1973), П.Н.Беседина и др. (1978), А.А.Рачинского (1963), Ф.М.Рахимбаева (1978), Э.И.Чембарисова, Б.Бахретдинова (1989), М.А. Якубова (1998, 2010) и многих других.

Большой опыт внутриконтурного использования дренажных (в т.ч. откачиваемых подземных) вод для орошения различных сельхозкультур и промывок земель накоплен и в других республиках Центральной Азии. Отдельное место занимают экспериментальные исследования по длительному использованию КДВ на орошение (М.А.Якубов, 1978; Т.П.Глухова, 1983; Г.А.Ибрагимов, 1973).

Проведенные натурные, опытно-экспериментальные исследования резко отличаются друг от друга, как по природно-хозяйственным и почвенно-геоморфологическим условиям, так и по масштабам, по постановке вопросов, методике и

по видам сельхозкультур и др., что потребовало обобщения результатов этих опытов. Обобщена информация по 12 пилотным объектам, из которых 7 объектов опытных участков расположены в различных природно-хозяйственных условиях республики Узбекистан; 2 - республики Казахстан; 2- Туркменистана и 1 - Кыргызстана. Перечень пилотных проектов по этому направлению представлен в таблице 7.1.

Таблица 7.1. Перечень пилотных проектов по использованию минерализованных вод

№№ участ- ка	Республика	Местоположение ОПУ			Наименование темы
		Область	Район	Хозяйство Автор	
1	Узбекистан	Джизакская	Около ЮГК	- Т.Хамзина	Использование минерализованных вод для орошения и промывок в условиях Джизакской степи
2	Узбекистан	Сырдарьинская	-	С-х № 16 Т.Хамзина	Разработка рекомендаций по использованию минерализованных вод на орошение в различных условиях
3	Узбекистан	Ферганская	Бешарыкский	- А.Усманов	Изучение изменения солевого режима почв и грунтовых вод при длительном использовании дренажного стока в производственных условиях и получения устойчивого урожая сельхозкультур
4	Узбекистан	Ферганская	Алтыарыкский	К-з “Атакулова” А.Усманов	Снижение затрат поверхностной воды на внутривладельческом уровне и объемов дренажного стока, отводимого за пределы хозяйств за счет использования грунтовых вод путем регулирования их уровня (Субиригация)
5	Узбекистан	Ферганская	Бувайдинский	К-з	Изучение эффективности использования минерализованных

				“XXПартсъезд” М.А.Якубов	дренажных вод в местах их формирования
6	Узбекистан	Сырдарьинская	К-р Шурузяк	- И.Рузиев	Комплекс организационно-технических водоохраных мероприятий по предотвращению загрязнения поверхностных вод агрохимикатами, выноимыми коллекторно-дренажным стоком с орошаемых полей Шурузякского массива Голодной степи
7	Узбекистан	Сырдарьинская	Ильичевский	К-з Правда В.Николаенко	Использование минерализованных коллекторно-дренажных вод для орошения сельхозкультур на пустынно-песчаных почвах южной части Кызылкумов (Голодная степь)
8	Казахстан	Чимкентская	Туркестанский	С-з “Икан” Вышпольский	Улучшение водопользования за счет внутрисистемного использования дренажных вод на орошение
9	Казахстан	Чимкентская	Шардаринский	С-з “50 лет октября” Джумабеков	Изучение эффективности повторного использования минерализованных дренажных вод на рисовых системах юга Казахстана
10	Кыргызстан	Чуйская	Сококульский	С-з “Нижнечуйский” Карманчук	Разработать орошение минерализованным дренажным стоком на продуктивность почв
11	Туркменистан	Ашгабадская		7 км от г. Ашгабада	Разработать технологию использования минерализованных вод на орошение сельхозкультур
12	Туркменистан	Чарджоуская	Чарджоуский	К-з Ленинград	Орошение хлопчатника магнитоактивированной водой



### 7.1.1. Параметры пилотных участков и условия проведения экспериментов

Параметры пилотных участков приведены в таблице 7.2

Данные показывают, что опыты проводились в разных условиях-от лабораторных-на сосудах или деляночных размером  $25\text{м}^2$  до охватывающих крупные орошаемые поля и массивы площадью от 100 до 12 000 га.

Оросительная сеть на опытных участках представлена как земляными каналами с КПД=0,6, так и бетонными каналами или лотками с КПД=0,9-0,96.

Коллекторно-дренажная сеть представлена, в основном, горизонтальными дренами, глубиной заложения от 1,5 до 4,0, удельной протяженностью от 3-5 до 30-73 м/га. Междренные расстояния колеблются от 160 до 600м. Удельные расходы дрен составляют 0,05-1,0 л/с.га в годовом разрезе, а величина дренажного стока –от 1480 до  $16000\text{м}^3/\text{га}$ . Минерализация воды в отводящей системе колеблется от 0,8-2,0 до 4-15 г/л.

Только на одном опытном участке, в Чимкентской области (Казахстан), территория дренируется вертикальным дренажем в количестве 60шт. на площади равной 12000га.

Дебит скважин вертикального дренажа колеблется от 20 до 45л/с, а дренажный сток (объем откачиваемых вод) составляет в среднем  $2300\text{ м}^3/\text{га}$  в год. Поскольку минерализация откачиваемых вод невысокая (0,7-2,0 г/л), они полностью используются для повышения водообеспеченности территории. На этом пилотном участке также существует горизонтальная дренажная сеть с низкой удельной протяженностью от 3-до 5 м/га.

Минерализация дренажных вод, используемых для орошения и промывок земель колеблется в широком диапазоне. Так в лабораторных опытах в трубках, минерализация воды по вариантам колебалась от 2,0 до 16,0 г/л по сухому остатку, таблица 7.3.

А в опытах, проведенных в натуральных условиях, где использовалась вода из конкретных дрен или коллекторов, минерализация воды колебалась от 0,7 до 7,0 г/л, а в большинстве случаях от - 2 до 4,0 г/л.

Оценка качества дренажных вод по возможности их повторного использования проводилась разными методами, в том числе, и по международной классификации, учитывающей натриевый адсорбционный коэффициент (SAR).

Проведенная оценка химического состав показала, что используемые для повторного орошения коллекторно-дренажные воды по качеству, в подавляющем большинстве территориях и зонах, имели «хорошую» оценку - величина SAR=2-10.

Только в редких случаях дренажные воды имеют оценку «малоудовлетворительная» или «плохая»- в Чуйской долине в составе дренажных вод обнаружена сода.

Параллельно ставились опыты и на контрольных вариантах, где полив производится пресной арычной водой с минерализацией от 0,4 до 1,4 г/л на опытных участках уровень грунтовых вод регулировался в пределах от 0,6 до 2,0 м (при субиригации в Ферганской

долине), а в основном же от 1,5 до 3,5 м от поверхности земли. Исключением являются земли Чуйской долины (Кыргызстан), где грунтовые воды залегают глубоко от 6 до 10 м от поверхности.

Режим орошения сельхозкультур проиллюстрирован в таблице 7,4, данные которой показывают, что в опытах проводились от 1 до 12 поливов (Туркменистан), в Узбекистане и других республиках основном от 3 до 6 поливов. Оросительные нормы для хлопчатника колебались от 3000 до 8700 м<sup>3</sup>/га. А посевах рисовых культур они составили 20,6-25,6 тысм<sup>3</sup>/га. Кроме того на этих опытных участках проводились ежегодные осенне-зимние промывки земель в целях борьбы с реставрацией засоления почв. Влажность почв поддерживался в пределах 0,7-0,9 от наименьшей влагоемкости.

Таблица 7.2. Параметры пилотных проектов (опытных участков)

Орошаемая площадь, га или м <sup>2</sup>	Характеристика оросительной сети и КПД	Характеристика КДС									
		Удельная протяженность м/га	hг, м	В,	q л/с.га	Дгор м <sup>3</sup> /га	Сгор, м <sup>3</sup> /га	Кол-во СВД	Q в, л/с	Дверт. м <sup>3</sup> /га в год	С вер г/л
Узбекистан											
Лабораторная	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25 м <sup>2</sup> , деля ночные	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5-12 га	земляные КПД=08	35-73	1,5-2,5	-	0,2-0,3	2	21-9-1	-	-	-	-
250 га	земляные	36	2,4-3,0	400-600	1-3		0,8-2,0	-	-	-	-
102 га	бетонные лотки КПД=0,96	45	2,5-3,0	200-400	0,09-0,21	4000-6100	2,0-4,4	-	-	-	-
Очистка коллектора Шурузьяк-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
27 га	бетонные лотки КПД=0,96	-	2,5-3,0	160-200	0,14	1500	9,7-15,7	-	-	-	-
Туркменистан											

Делянки 2000м	-	-	-	-	-	-	2,1-2,8	-	-	-	-
24 га	земляные КПД=08	20	3,0-3,5	-	-	-	-	-	-	-	-
Казахстан											
12000 га	Земляные и бетонные каналы КПДс =0,75	3-5	3,0-3,5					60	20-45	2300	0,7-2,0
40 га	земляные КПД=0,6-0,65	38-40	2,0-2,2	-	0,22- 0,34	6900- 10800	1,0-10,0	-	-	-	-
Кыргызстан											
84 га	бетонные лотки	-	3,5-4,0	-	0,05- 0,07	1480- 2200	1,98-3,8	-	-	-	-

**Условные обозначения:** **КПД**- Коэффициент полезного действия; **Сгор**- минерализация дренажного стока, г/л; **Нг**- глубина заложения горизонтальных

дрен, м ; **Q в**- расход скважин вертикального дренажа, л/с; **В**- междренные расстояния, м; **Дв**- объем откачки скважин

вертикального дренажа в год, м<sup>3</sup>/га; **q**- удельный расход дрен л/с.га; **Св** - минерализация откачиваемых подземных вод, г/л;

**Дгор**- величина дренажного стока, м<sup>3</sup>/га

Таблица 7.3. Условия проведения опытов по внутриконтурному использованию дренажных вод

Условия использования дренажных вод	Минерализация используемой воды, г/л	Оценка качества воды по существующим классификациям	Минерализация воды Контрольного варианта, г/л	Пределы регулирования УТВ. м		Фактический режим орошения при использовании дренажных вод				
				макс.	мин.	Кол-во поливов шт.	Поливные нормы м <sup>3</sup> /га	Оросительные нормы за вегетацию м <sup>3</sup> /га	Нормы осенне-зимних промывок и влагозарядковых, м <sup>3</sup> /га	Годовая водоподача м <sup>3</sup> /га
<b>Узбекистан</b>										
Лабораторные опыты в трубках	2,0-16,0	От хорошего до плохого	дистиллированная	-	-	-	-	8680	-	8680
Деляночные F=25 м <sup>2</sup>	2,0-5,6	SAR=2,1-10,6 Неопасная	Арычная 0,6-1,0			3-6	400-3200	3000-8400	-	3000-8400
Полевые, F=5-12 га, полив хлопчатника	2,1-3,1	Удовлетворительная	0,4-0,64	2,25	1,0	1-6	500-1800	3600-6900	1500-6440	5100-13340
Полевые, F=250 га, субиригация	0,8-2,0	хорошее	0,4-1,0	2,0	0,6	1-6	700-6400	3600-6400	1500-6400	5100-12840

хлопчатника										
Полевые, F=5-12 га,полив хлопчатника	2,2-4,4	SAR=2-8 Неопасная	0,5-0,9	2,5	1,2	5-6	660-2000	5900-7900	2000-3400	7650-11500
Полевые и лабораторные. Очистка воды коллектора Шурузяк	2-5	-	-	2,5	1,5	-	-	-	-	-
Полевые, F=27 га	3-7	Удовлетворит ельное и плохое	0,7-1,0	3,5	2,0	3	1000-1630	4010	2000-2500	6000-6500

**Туркменистан**

Деляночные F=2000 м <sup>2</sup> хлопчатник	2,1-2,8	Удовлетворит ельное	0,5-0,6	2,5	2	12	600-800	8750	Влагозарядко вый полив пресной водой1000	9750

Продолжение табл. 7.3.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Полевые F=24 га хлопчатник,	2-3	Удовлетворит ельное	0,73-1,4	3,5	2,4	7	620-900	6370-7290	Влагозарядко вый полив пресной водой 2500-	8870-10290

омагниченная вода									3000	
<b>Казахстан</b>										
Полевые F=12 000 га хлопчатник	0,73-2,0	SAR<6 хорошее	0,7-1,0	3,5	1,5	3-5	1 200-1 500	4 000-6 500	влагозарядковый полив N= 1 300-1 600	5 300-8 100
Полевые F=40 га полив риса	2,6-3,0	Удовлетворительное	1,0-1,4	3,0	1,5	постоянная подача		20 600-25 600		20 600-25 600
<b>Кыргызстан</b>										
Полевые F=84 га люцерны и кукуруза	1,8-2,2	малоудовлетворительное (содержит соду)	0,42-0,49	10	6	5-8	600-1 800	кукуруза - 4800; люцерна - 7100		4 800-7100

**Примечание:**

**SAR** - коэффициент натриево-адсорбционного отношения, показывающее отношение ионов  $Na^+$  к катионам  $Ca^{++}$  и  $Mg^{++}$ , в мг-экв/л. Если SAR < 10 - нет опасности осолонцевания; SAR=10-18 -средняя опасность; SAR> 18 - высокая опасность воды.

Таблица 7.4. Характеристика условий орошения и промывки опытных полей за период исследований (Ферганская долина, Узбекистан)

№ опыт-ных по-лей	Площадь, га  <i>общая наблюд.</i>	Источник орошения		Дренированность		Предел изменения оросительной нормы, м <sup>3</sup> /га	Промывная норма. м <sup>3</sup> /га		Засеваемая культура с началом освоения территории
		наименование коллектора	минерализация г/л	удельная протяжен, дренажа м/га	глубина дренажа, м		1963-1967 гг.	1980-1986 гг.	
1.	<u>95</u> 12	Северо-Багдадский	2.1-3-1	73	2,6-2,8	4050-5530	5470	2000	1956-кукуркза, с 1965-хлопок
2.	<u>87</u> 8	Северо-Багдадский	2,1-3-1	64	2,0-2,5	3610-4100	2100	1500	с 1956-кукуруза, с 1968-хлопок
3.	<u>75</u> 7,5	Янги-Курган	1,24-3.8	46	2,0-2,5	4260-6900	6440	2500	1961-кукуруза, с 1965-хлопок
4.	<u>30</u> 5	Старый Мазар	1,5-5,0	40	1,5-2,0	4100-56-00	5000	2000	1962-кукуруза, с 1965- хлопок
5.	<u>60</u> 14	Караул-Тева	1,7-3,0	35	1,8-2,0	4240-6200	4750	3000	1951-хлопок (староорошаемые)

6.	$\frac{52}{7}$	Кара-Шах	1,59-3,08	50	1,7-2,1	4000-4250	4250	1500	1960-хлопок (старорошае мье)
----	----------------	----------	-----------	----	---------	-----------	------	------	------------------------------------

### 7.1.2. Фактические водно-солевые балансы опытных участков при использовании дренажных вод на орошение

Анализ фактических водно-солевых балансов на опытно-производственных участках показывает, что в приходной части основную роль играет водоподача, размеры которого колеблются от 4 800 до 1 2500 м<sup>3</sup>/га на хлопчатнике и до 20 600 м<sup>3</sup>/га в год - на рисовой культуре. Величина атмосферных осадков составляет всего от 1 200 до 1 700 м<sup>3</sup>/га (за исключением опытов в Кыргызстане, где сумма осадков составила 3 200 м<sup>3</sup>/га) и как правило не играют существенную роль в формировании водно-солевого режима почв.

В расходной части водного баланса основную роль играет суммарное испарение (или эвапотранспирация), которая в условиях аридной зоны составила 6 900-10 850 м<sup>3</sup>/га за год. Второе место занимает дренажный сток с орошаемых полей, достигающей за год от 1 500 до 5 800 м<sup>3</sup>/га на хлопковых полях, и до 10000-12000 м<sup>3</sup>/га на рисовых полях.

Результаты водно-солевых балансов сложившихся на пилотных участках за время исследований приведены в таблице 7.5

Данные таблицы 7.5 показывают, что почти во всех случаях (по всем опытам) фактический режим орошения в годовом разрезе поддерживался промывного типа, т.е. поступление воды превышало над суммарным испарением. Отношение суммарной водоподачи к суммарному испарению ( $\frac{B + A}{ET}$ ) по пилотным участкам колебалась от 1,04 до 1,35 и только в одном случае оно несколько ниже 1,0 (Кыргызстан, табл. 7.5)

Отношение дренажного стока к водоподаче (величина водоотведения) по пилотным участкам колебалась от 0,20 до 0,5.

В корнеобитаемой зоне хлопчатника, или в зоне аэрации в годовом цикле также обеспечивался благоприятный баланс, способствующий вымыванию солей в нижнем слое. Величина водообмена с отрицательным знаком (-g) составила от 400 до 3 300 м<sup>3</sup>/га.

Солевой баланс орошаемого поля по пилотным участкам складывается в соответствии с водным балансом. Несмотря на поступление значительного количества солей (от 6 до 44 т/га в год) с оросительной водой, при использовании дренажных вод, мощность дренажа все-таки обеспечивает стабильный отвод этих солей при промывном режиме орошения. Баланс солей, разность между приходом и выносом складывается с отрицательным знаком, величиной от 1 до 10 т/га в год.

В внутригодовом цикле на отдельных опытных участках в период вегетации, когда в летние месяцы суммарное испарение превышает над водопоступлением иногда наблюдается положительный баланс со знаком «+», т.е. накопление солей. Но затем последующие промывные поливы обеспечивают рассоление земель к следующему сезону. Пример такого внутригодового баланса по месяцам, когда летом происходит незначительное превышение

прихода солей над отводом (0,5-2,6 т/га) приведен в таблице 7.6 по пилотному участку, расположенному в Центральной Фергане (Узбекистан).

Рассолительного типа солевой баланс в годовом разрезе обеспечивался естественно при минерализации поливной воды до определенного предела - использование дренажной воды, имеющей концентрацию 7,0 г/л приводит к накоплению солей до 25 т/га и реставрации засоления почв, тогда как при минерализации воды до 3-4 г/л еще удается поддерживать рассолительный баланс.

Таблица 7.5. Фактические водно-солевые балансы при внутриконтурном использовании дренажных вод.

Приход за год м <sup>3</sup> /га				Итого	Расход за год м <sup>3</sup> /га			Итого	Соотношения элементов баланса		Годов, велич. водо-обмена между зоной аэрации и грунтом, водой ±g. м <sup>3</sup> /га	В лажность почв. % от ППВ 0-1м	Приход солей т/га	Вынос солей, т/га	Баланс солей, т/га, (+)
О <sub>с</sub>	В	Ф	П		ЕТ	Др	О		$\frac{В+Ос}{ЕТ}$	$\frac{Дв}{В+Ос}$					
<b>Узбекистан</b>															
-	8680	-	-	8680	-	-	-	-	-	-	-	0,75 ППВ	16	16	0
-	7300	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,75 ППВ	-	-	-
1500	9220 среди	-	-	10720	8800	5400	-	14200	1,21	0,50	-1990	0,65-0,75 ППВ	17,3	27,0	-9,7
1360	8841	410	-	11896	8598	5800	-	14398	1,18	0,48	-3298	0,75-0,80 ППВ	10,2	15,9	-5,7
1584	12499	-	2874	16962	9087	4952	3190	17229	1,2	0,35	-2530	0,70-0,80	43,5	49,4	-5,9

												ППВ			
биологическая очистка воды коллектора Шурузяк												-	-	-	-
	10090			10900	8100	1500		9600	1,25	0,25	-1990	0,7-0,8 ППВ	При Мор= 2 г/л 13,0 Мор= 3г/л 19 Мор=7 г/л 45,5	20,2  20,2  20,2	-7,2  -0,7  +25

Приход за год м <sup>3</sup> /га				Итого	Расход за год м <sup>3</sup> /га			Итого	Соотношения элементов ба- ланса		Годов. велич. водо- обмена между зоной аэрации и грунт. водой О- м <sup>3</sup> /га	Влаж ность почв, % от ППВ 0-1м	При ход солей т/га	Вы нос со лей, т/га	Ба ланс со лей. т/га. (±)
О <sub>с</sub>	В	Ф	П		ЕТ	Др	О		<u>В+Ос</u> ЕТ	<u>Др</u> В+Ос					
<b>Туркменистан</b>															
1500	9750	-	-	11250	10850	-	-	-	1,04	-	-400	0,7 ППВ	20,0	20,0	0
1200	8870	-	-	10070	9150	-	-	-	1,10	-	-920	0.7-0,8 ППВ	22,0	22,0	0
<b>Казахстан</b>															
1700	7000	-	1900	10600	8400	1600	-	10000	1,04	0,22	-1600	0,7-0,75 ППВ	7,3	10,3	-2,7
1600	20600	-	-	22200	6880	10800	-	17680	1,35	0,45	-1660	0,8-0,9	-	-	-

												ППВ			
<b>Кыргызстан</b>															
3200	7100	-	-	10300	8500	2220	-	10720	1,21	0,21	-1800	0,7-0,8 ППВ	6,30	3,60	+2,7
3200	4800	-	-	8000	8500	1480	-	9980	0,94	0,19	+500	0,7-0,8 ППВ	6,30	3,60	+2,7

Примечание:

О<sub>с</sub> - атмосферные осадки, В - годовая водоподача, Ф - фильтрационные потери из каналов, П - подземный приток, ЕТ - суммарное испарение, Др - дренажный сток, Q- подземный отток.

Таблица 7.6. Общий солевой баланс на опытно-производственном участке № 1 за 1979 г., т/га (Центральная Фергана, М.А.Якубов 1988)

Месяцы	Поступление солей с атмосфер, осадками	Поступление солей с оросит-й водой	Поступление солей с подзем-ми водами	Сумма приходных статей	Вынос солей с коллекторно-дренажным стоком		Вынос солей с под земными водами	Сумма расходных статей	Разность
					дренажной водой	сбросной водой			
I.	0,09	3,79	0,94	4.82	8,38			8,39	-3,56
II.	0,02	-	1,01	1.03	5,46			5,46	-4,43
III	0,06	-	-	0.06	2,69		0,36	3,04	-2,98
IV	0,25	-	-	0.26	1,45		0.02	1,47	-1,22
V	0,05	2.66	0,60	3,31	0,97	0,21	-	1,18	2,13
VI	0,01	3.89	0.90	4,8	2,74	0,94	-	3,68	1,12
VII	-	6.56	1,72	8.28	3,22	2,48	-	5,70	2,58
VIII	-	7,91	1,4	9.31	3,21	5,56	-	8,77	0,54
IX	0,02	2,55	-	2.57	1,75	0.55	0.49	2,79	-0,22
X	0,01	-	0.73	0,74	1,72	-	-	1,12	-0,38
XI	0,03	-	-	0,03	0,80	-	0,92	1,72	-1,69

XII	0,01	5,4	-	5,41	0,74	-	3,4	4,14	1,27
<b>ИТОГО:</b>	<b>0,56</b>	<b>32,76</b>	<b>7,3</b>	<b>40,61</b>	<b>32,53</b>	<b>9,74</b>	<b>5,18</b>	<b>47,56</b>	<b>-6,84</b>

По результатам фактических и прогнозных водно-солевых балансов, составленных для пилотных участков в многолетнем цикле установлен график зависимости запасов солей от величины соотношения суммарной водоподачи к суммарному испарению и отношением дренажного стока к водоподаче, который приведен на графике, рис.7.1

Данные этого графика показывают, что при использовании дренажных вод на орошение, имеющих минерализацию от 2 до 4 г/л в рассматриваемых условиях необходимо поддерживать промывной режим орошения, т.е. суммарная водоподача (вместе осадками) в годовом цикле должна в какой-то мере превышать над суммарным испарением (или эвапотранспирацией). Это обеспечит стабилизацию солесодержания в расчетном слое, что является важным фактором при повторном использовании солоноватых вод. Как видно из графика, для стабилизации солевого режима почв необходимо поддерживать отношение (В+А): ЕТ не менее 1,05, а отношение дренажного стока к водоподаче (Др:В) не менее 0,3-0,4.

### **7.1.3. Изменение солевого режима почв и состава поглощающего комплекса**

Результаты натурных исследований, проведенных в различных почвенно-гидрогеолого-мелиоративных условиях показывают, что на опытных участках солевой режим почв изменяется в зависимости от минерализации используемой воды и, главным образом, в зависимости от направленности водного и солевого баланса орошаемого поля, дренированности территории и др. Влияние использования арычных (контроль) и дренажных вод на солесодержание почвы показаны в таблице 7.7. Длительность этих опытов колеблется от 3-х до 15 лет.

Данные таблицы показывают, что на легко- и среднесуглинистых почвах при обеспечении промывного режима орошения и отрицательного водно-солевого баланса, как правило использование дренажных вод с минерализацией 2-4 г/л в многолетнем разрезе не проявляет отрицательного воздействия, и солесодержания в верхних слоях почвы, обычно, не выше чем на контрольном варианте. В годовом и многолетнем цикле отрицательный баланс с выносом от 5 до 20 т/га солей приводит к постепенному опреснению почв.

К примеру можно привести данные опытов по Ферганской долине (индекс ОПУ 0.3.3; 03.4; 03.5 Узбекистан), где на исходно сильнозасоленных почвах (сумма солей от 1,0 до 2,4 %) поддержание промывного режима орошения на фоне хорошо работающего дренажа многолетние поливы дренажной водой с концентрацией от 2 до 4,4 г/л не привели к накоплению солей, а наоборот произошло опреснение до пределов 0,3-0,9 % по плотному остатку, хотя от весны к осени происходит частичное накопление солей. На этих участках при поливе арычной водой (0,6-1,0 г/л) т.е. контрольном варианте, рассоление почв шло несколько интенсивнее.

В условиях Туркменистана на незасоленных песчаных почвах поливы дренажной водой с минерализацией 2,1-2,8 г/л не повлияли на солесодержание почв, а их величина оставалось стабильной как на опыте, так и на контроле при поливе арычной водой ( $Mop=0,5-0,6$  г/л).

В условиях Южного Казахстана на слабозасоленных почвах использование подземных вод для орошения также не оказало вредного воздействия. Только под рисовым полем отмечается более интенсивное опреснение (таблица 7.7.).

Но в то же время использование дренажных вод с повышенной минерализацией, достигающей до 7,0 г/л при неизменных водоподачах и сохранение того же режима орошения, в Голодной степи приводит к положительному балансу с накоплением до 25 т/га солей и содержание увеличивается к концу опытов с 0,380 до 1,000 % по плотному остатку.

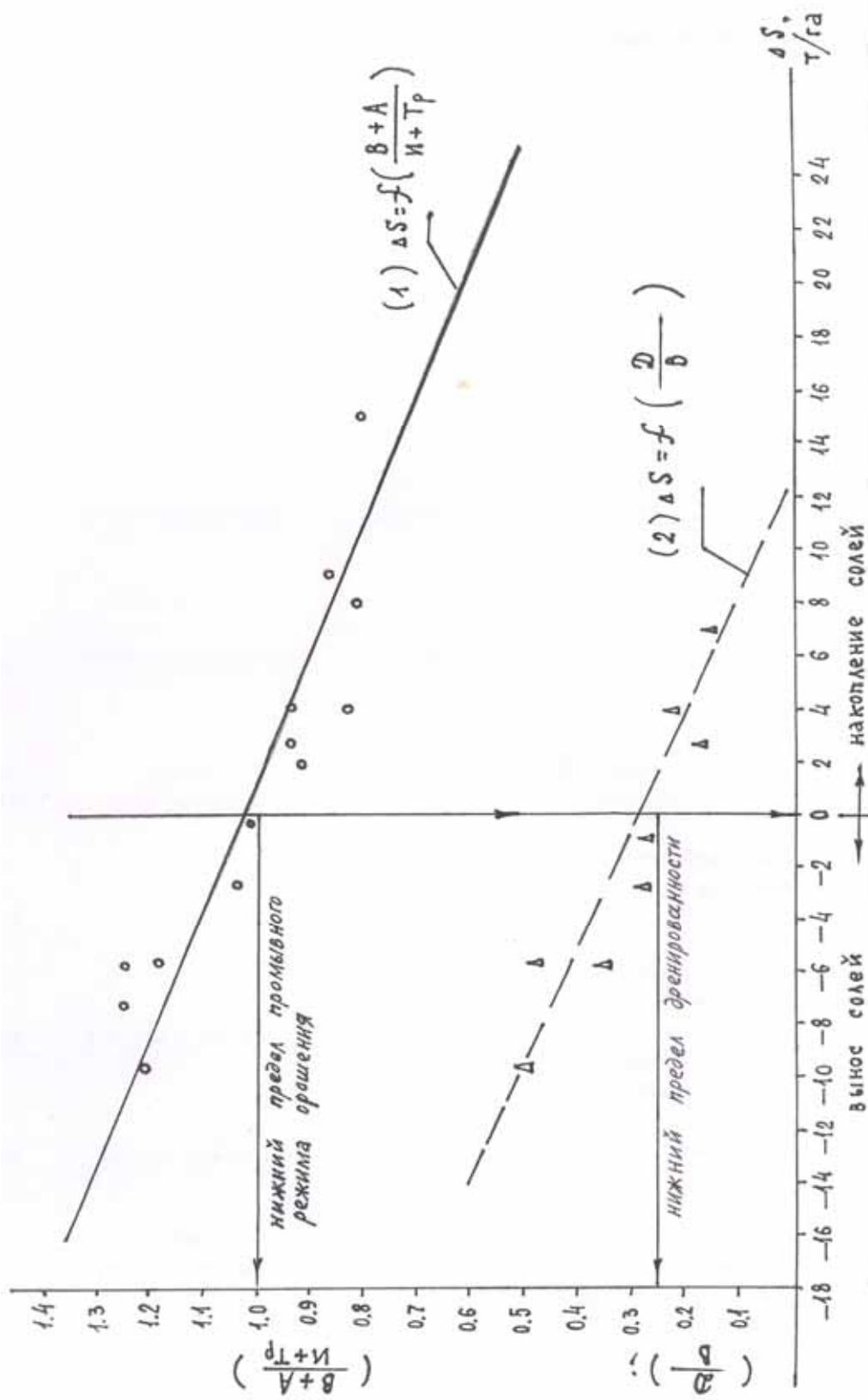


Рис. 7.1. Изменение запасов солей в балансовом слое в зависимости от коэффициента промывного режима орошения (1) и дренированности территории (2)



Таблица 7.7. Влияние использования дренажных вод на солесодержание почв и состав поглотительного комплекса

Тип почв по мехсоставу	Вид данных или варианты	Минерализация г/л	Разность солей по балансу (±) т/га	Результаты, <u>исходи.</u> <u>достигн.</u>	Содержание плотного остатка в почве. % от массы	Динамика почвенно-поглотительного комплекса (ППК)			
						Сумма ППК в слое 0-100 см. мг-экв/100 г почвы	Обменные Ca <sup>++</sup> , % от суммы ППК	Обменный Na <sup>+</sup> , % от суммы ППК	Наличие признаков солонцеватости
<b>Узбекистан</b>									
суглинки	опыт	2,0-16,0	-	исходный	0,3-1.2	не определена	не определена	5-10	не обнаружены
				достигнут	0,5-1.2			5-10	
	контроль	0,2		исходный	не засол.	не определена	не определена	1,5	не обнаружены
				достигнут	не засол.			1,5	
средние и тяжелые суглинки	опыт	2,0-5,6		исходный	0,3	5,7	58	10,2	не обнаружены
				достигнут	0,3	6,3	59	10,2	
	контроль	0,6-1,0		исходный	0,3	5.7	58	10,2	не обнаружены
				достигнут	0,3	6,3	59	10,2	

пески	опыт	2,1-3,10	-9,7	исходный	1,5-2,34	7,0	51	0,71	не обнаружены
				достигнут	0,3-0,9	6,8	55	1 С /,5	
суглинки	контроль	0,4-0,6	-21,0	исходный	1,5-2,34	3,3	61	2,0	не обнаружены
				достигнут	0,3-0,9	6,9	68	2,3	
легкие, средние.	опыт	0,8-2,0	-5,7	исходный	0,3-1,0	6,7	61	0,31	не обнаружены
				достигнут	0,3-0,8	11,3	67	1,9	
суглинки	контроль	0,4-1,0	-10	исходный	0,3-1,0	6,6	61	1Д	не обнаружены
				достигнут	0,3-0,8	7,9	70	1,8	
легкие, средние, суглинки	опыт	2,2-4,4	-5-9-	исходный	1,3-2,4	6,16	49,2	5,05	не обнаружены
				достигнут	0,7-1,0	8,9	61,0	5,5	
суглинки	контроль	0,5-0,9	-20	исходный	1,3-2,4	3,8	46,0	5,7	не обнаружены
				достигнут	0,5-0,9	9,9	70,0	4,9	
Опыты по биологической очистке дренажных вод									
средние суглинки	опыт	7,0	+25	исходный	0,380	не определялся			-
				достигнут	1,000				

	опыт		-	исходный	0,500	не определялся			-
				достигнут	0,500				
	контроль			исходный	0,470	не определялся			-
				достигнут	0,420				
песчаные и легкие суглинки	опыт	2-1-2,8	-	исходный	0,450	6,08	71,8	4,52	не обнаружены
				достигнут	0,460	6,25	69,8	3,3	
	контроль	0,5-0,6	-	исходный	0,330	6,08	71,8	4,52	не обнаружены
				достигнут	0,350	7,06	70,4	1,52	
тяжелые суглинки	опыт	2-3	-	исходный	0,150	не определялся			-
				достигнут	0,150				
	контроль			исходный	0,150	не определялся			-

				достигнут	0,150				
<b>Казахстан</b>									
средние и тяжелые суглинки	опыт	0,7-2,0	-2,7	исходный	0,06-0,232	10,9-27,1	40-76	1,8-10,9	не обнаружены
				достигнут	0,06-0,332	10,9-27,1	40-76	1,8-10,9	
	контроль	0,7-1,0	-4,7	исходный	0,06-0,232	10,9-27,1	40-76	1,8-10,9	не обнаружены
				достигнут	0,06-0,230	10,9-27,1	40-76	1,8-10,9	
суглинки	опыт	2,6-3,0	-	исходный	0,380	не определялся		12-18	не обнаружены
глина	контроль	1,0-1,4	-	достигнут	0,330			12-18	
суглинки	контроль	1,0-1,4	-	исходный	0,350	не определялся		4-7	не обнаружены
<b>Кыргызстан</b>									
Средние суглинки	опыт	1,8-2,2	+2,7	исходный	0,170	9,60	58	5,8	есть солон- цеватость

				достигнут	0,190	9,90	60	6,4	
	контроль	0,4-0,5	-2,4	исходный	0,170	Не определялся			есть солон- цеватость
				достигнут	0,190				

## Изменение физико-химических свойств почв, состава поглотительного комплекса

Одним из важнейших вопросов при использовании дренажных вод на орошение и промывке полей является изучение их влияния на обменные реакции почвенно-поглотительного комплекса.

Характер изменения емкости и состава почвенно-поглотительного комплекса по опытным участкам приведены в таблице 7.7

Результат обобщения накопленных материалов показывает, что в условиях Центральной Азии на большинстве объектах почвы и дренажные воды достаточно насыщены карбонатными и кальциевыми солями (гипсом) и повторное их использование таких вод как правило, почти не оказывает влияния на состав обменных катионов. При использовании дренажных вод с таким составом на легких и средних по мехсоставу почвах, при поддержании промывного режима, обычно происходит улучшение состава поглощенных оснований, т.е. улучшаются физико-химические свойства почв с вытеснением  $\text{Ca}^{++}$  и вытеснение  $\text{Na}^+$ .

Данные табл.7.7. показывают, что в большинстве опытных участков за многолетний период использования дренажных вод состав ППК почти не менялся - содержание катиона  $\text{Ca}^{++}$  составляет от 45 до 76 %, а вредного  $\text{Na}^+$ , как правило, колеблется обычно от 0,3 до 5 % от суммы ППК. Отмечается только незначительное перераспределение катионов между собой, а емкость поглощения меняется очень медленно.

В отдельных случаях отмечено исходное высокое содержание поглощенного  $\text{Na}^+$  до 15-18% от суммы ППК, но за время использования дренажных вод на орошение, его содержание оставалось стабильным, как на опыте, так и на контрольном варианте с использованием арычной воды (таблица 7.7).

Вместе с тем, в условиях щелочных почв и дренажных вод, с показателем, превышающим  $\text{pH} > 8,5$ , где в составе воды преобладают сульфаты магния и натрия и даже присутствует сода, что имеет место в Чуйской долине Кыргызстана, в опытах установлена опасность возникновения осолонцевания почв. Здесь за время проведения опытов незначительно увеличилось содержание поглощенного  $\text{Na}^+$  с 5,8 до 6,4 %, но вместе с тем увеличилось также содержание  $\text{Ca}^{++}$  с 58 до 60 % от суммы ППК. Поскольку здесь присутствует сода, авторы полагают, что необходимо применить гипсование почв для нейтрализации солонцовости.

Особо хочется отметить, что во всех остальных опытах специалистами не обнаружены какие-либо физические признаки солонцовости почвы. Очевидно, на бедных гумусом почвах и низкой обменной емкости способность их к ионообменной сорбции невелика, и при соблюдении нормальных приемов агротехники и промывного режима орошения, хорошей дренированности, а также наличие в воде и почве гипса и кальцийсодержащих солей, поливы дренажной водой с невысокой минерализацией, практически не ухудшают состав ППК и свойства почвы, его плодородие не снижается.

## **7.2 Влияние практики отвода возвратных вод на сельскохозяйственное производство**

### **7.2.1. Снижение урожайности сельхозкультур в зависимости от минерализации оросительной воды**

Влияние качества поливной воды на урожайность определяется, в первую очередь, его влиянием на почвенные процессы (повышение концентрации почвенного раствора, осолонцевание, засоление, ухудшение водно-физических свойств и др.), через них на урожайность сельхозкультур. Степень влияния на урожайность зависит от многих факторов: от типа и свойств почв, засоленности и дренированности орошаемых земель, солеустойчивости сельскохозяйственных культур и фазы их развития, нормы водоподачи и других условий. С повышением дренированности, облегчением почв по механическому составу и увеличением солеустойчивости сельхозкультур снижается степень влияния и наоборот.

Многофакторность этого процесса требует осреднения ряда факторов и допущения при установлении количественных связей между качеством воды и урожайностью сельхозкультур. Необходимость таких связей продиктована:

- оценкой ущерба при технико-экономических расчетах выраженный снижением урожайности сельхозкультур;
- установлением нормы засоления при назначении мелиоративных мероприятий (промывка почв, дренаж и др.)
- управлением качеством оросительной воды в течении года с целью минимизации ущерба от засоления;

Для первых двух случаев можно ограничиться осредненными зависимостями за весь вегетационный период развития сельхозкультур, а для третьего - необходима связь урожайности от засоления почв дифференцированные по фазам развития, которые отличаются по солеустойчивости.

- Связь минерализации поливной воды с урожайностью может быть установлена путем анализа и обработки экспериментальных материалов полученных на опытных участках расположенных в различных природно-хозяйственных и почвенно-мелиоративных условиях. Состав сельхозкультур определяется особенностью сельского хозяйства стран региона. В странах ЦАР после получения независимости резко изменился состав сельхозкультур в зависимости от их экономической политики в переходный период развития. Практически во всех странах площади зерновых (орошаемых) в частности пшеницы, резко увеличились. Основные культуры, для которых надо составлять связи, следующие: хлопчатник, пшеница (озимая и яровая), ячмень, кукуруза, кормовые

(люцерна, травы и др.), рис, овощи, сады и виноградники.

Для некоторых стран возможно несколько другой состав сельхозкультур, в зависимости от особенностей природных, хозяйственных и экономических условий. Очевидно, получить связи с одинаковой детальностью и обоснованностью для всех культур невозможно, если учесть, что исследования прошлых лет были сосредоточены в основном на сельхозкультурах хлопкового (хлопок, люцерна, кукуруза) и рисового севооборотов. Причем рис в большинстве случаев засевался как мелиоративная культура при освоении засоленных земель. Поэтому степень обоснованности по разным культурам будет отличаться в зависимости от наличия экспериментальных данных. Натурные исследования по использованию минерализованных вод для орошения сельскохозяйственных культур проводились практически во всех регионах Центральной Азии начиная с 60-х годов XX века.

На урожайность сельскохозяйственных культур, кроме степени засоления почв, также оказывает влияние минерализация оросительных вод. Например, исследования проведенные в Махтаарале показали, что орошение минерализованной водой в течение четырех лет увеличило запасы солей в почвогрунтах с 17,88 до 63,53 т/га (таблица 7.8).

Таблица 7.8. Поступление солей с оросительной водой

Минерализация оросительных вод, г/л	Оросительная норма, М <sup>3</sup> /га	Поступление солей, т/га				
		1 год	2 год	3 год	4 год	всего за 4 года
5,5...5,8	10885	17,88	11,84	19,77	14,04	63,53
2,8.3,7	10620	11,53	6,21	11,05	6,93	35,72
0,7..0.8	11000	3,0	1,23	2,46	1,64	8.33

Материалы фенологических наблюдений и данные об урожае хлопка по вариантам опыта показывают, что в первый и третий год исследований при поливе минерализованной водой, рост растений на начало августа был на 4,8 и 6.6 см больше чем в контроле (3 вариант). В остальные годы большого различия в росте по вариантам не наблюдалось.

Резкой разницы в сроках начала цветения хлопчатника на всех вариантах опыта на протяжении четырех лет также не отмечалось. Число симподиальных ветвей по вариантам опыта в среднем за 4 года было одинаковым (10.6 - 10,7). Количество коробочек на одном растении на I/VIII как в среднем за 4 года, так и по годам было больше при поливе дренажной водой, наименьшее число коробочек (4,8) - при поливе смешанной водой. Густота стояния растений хлопчатника в среднем за годы исследований составляла 64,3-67,5 тыс. шт/га.. Наибольшая густота стояния растений отмечалась при поливе дренажной водой (таблица 7.9).

Таблица 7.9. Урожай хлопчатника в зависимости от минерализации оросительной воды

Минерализация оросительных вод, г/л	Высота растений, см	Дата начала цветения	Число симподиальных ветвей	Число коробочек на одном растении	Густота стояния растений, тыс. шт/га	Урожай хлопка, ц/га
1 год исследований						
5,5-5,8	67,1	25/VI	9,8	5,7	67,3	28,9
2,8-3,7	65,7	26/VI	10,2	5,4	64,4	26,6
0,7-0,8	62,3	27/VI	ШЛ	5,2	62,2	24,6
2 год исследований						
5,5-5,8	65,1	23/VI	12,3	7,8	66,4	33,8
2,8-3,7	72,2	27/VI	12,8	6,2	67,6	31,2
0,7-0,8	73,3	24/VI	12,2	6,1	68,6	29,4
3 год исследований						
5,5-5,8	79,4	27/VI	10,0	5,2	50,6	19,4
2,8-3,7	68,9	27/VI	10,2	4,0	42,2	17,4
0,7-0,8	72,8	28/VI	9,3	4,4	47,8	19,5
4 год исследований						
5,5-5,8	64,5	5/VII	10,3	4,1	51,6	20,8
2,8-3,7	63,0	6/VII	9,9	3,8	49,6	19,2
0,7-0,8	64,9	8/VII	10,8	3,9	44,2	21,6
В среднем за 4 года						
5,5-5,8	69,3	23/VI - 5/VII	10,6	5,7	58,9	25,72
2,8-3,7	67,4	21/VI-6/VII	10,7	4,8	55,9	23,60
0,7-0,8	68,3	24/VI - 8/VII	10,6	4,9	55,5	1 23/7

Вместе с тем, результаты исследований показывают, что на 3-4 год исследований в вариантах, где поливы осуществлялись минерализованной водой, произошло снижение урожайности хлопка-сырца. Это объясняется высокими темпами засоления почв при поливе минерализованной водой. Например, при поливе водой с минерализацией 5,5-5,8 г/л, темпы накопления солей в почвах составили 7.62 раза по сравнению с вариантом, где поливы хлопка осуществлялись оросительной водой с минерализацией 0,7-0,8 г/л. При поливе хлопка водой с минерализацией 2,8-3,7 г/л, темпы накопления солей составили 4,3 раза. При таких темпах накопления солей в корнеобитаемой толще почв при поливах минерализованной водой, урожайность хлопка на 4-год была меньше, чем при поливе оросительной водой.

Влияние минерализации поливной воды на рост, развитие и урожайность сельскохозяйственных культур подтверждается также исследованиями КазНИИВХ (А.Л.Джумабеков и др.), проведенными на рисовых системах Кызылординской области. Эти данные свидетельствуют, что использование минерализованных дренажно-сбросных вод на орошение сельскохозяйственных культур на засоленных и склонных к засолению почвах, оказывают отрицательное влияние на рост, развитие и урожайность сельскохозяйственных культур в 1 год исследований. Например, рост, развитие и урожайность риса, который как известно является мелиорирующей культурой, предопределяются минерализацией оросительных вод. При этом, результаты исследований показали, что рост риса замедляется при минерализации поливной воды превышающей 2,5 г/л (таблица 7.10)

Таблица 7.10. Динамика высоты растений риса (см) при различных минерализациях оросительной воды (среднее за 2 года)

Минерализация поливной воды, г/л	Кущение	Трубкавание	Выметивание и цветение	Молочная спелость	Полная спелость
1,4-1,7	48,5	83,3	97,5	108,2	110
2,5-3,0	42,2	71,2	81,0	86,4	88,2
3,5-4,0	34,5	62,5	70,3	78,6	80,5
5,0-6,0	30,2	55,0	61,4	70,6	72,4

Из приведенных данных видно, что максимальная высота растений в конце вегетации получена при поливе оросительной водой. С увеличением минерализации поливной воды происходит снижение роста риса. Например, при поливе водой с минерализацией 2,5-3 г/л, высота риса снизилась на 20 % относительно варианта, где полив осуществлялся оросительной водой. Тенденция снижения высоты риса усиливается с ростом минерализации поливной воды и максимальные темпы снижения - 34,2% получены при минерализации поливной воды 5,5- 6,0 г/л.

Влияние минерализации поливной воды и соответственно степени засоления почв на рост, развитие риса определяют динамику их биометрических показателей. Например, масса 1000 зерен в зависимости от минерализации поливных вод изменялась от 24,14 до 30,18 г, таблица 7.11. Такая динамика веса 1000 зерен в зависимости от минерализации поливных вод определила различную урожайность риса. Максимальная урожайность риса получена при поливе оросительной водой. С увеличением минерализации поливных вод происходит снижение урожайности риса и при поливе водой с минерализацией 2.5-3.0 г/л урожайность риса составила 29,7 ц/га или 57,7% от варианта, где рис поливался оросительной водой. С увеличением минерализации поливных вод, происходит дальнейшее снижение урожайности риса и в варианте, где поливы осуществлялись минерализованной водой 5-6 г/л, урожайность риса составила 5,0 ц/га или 9,7% от варианта, где поливы осуществлялись водой с минерализацией 1,4- 1,7 г/л.

Таблица 7.11. Динамика урожайности риса при различных минерализациях поливной воды

Минерализация поливных вод, г/л	Количество зерен в главной метелке			Масса зерна одной метелки, г	Масса, г	1000 зерен в % от веса зерна при поливе оросительной водой	Урожайность	
	полных	пустых	Пустозерность				ц/га	в % от урожайности 1 варианта
1,4- 1,7	112	9	8	3,47	30,18	100	51,5	100
2,5-3,0	109	15	13	3,03	29,86	98,9	29,7	57,7
3,5-4,0	91	23	26	2,16	27,13	89,9	13,2	25,6
5,0-6,0	70	30	43	1,96	24,14	80	5,0	9,7

Влияние минерализации поливных вод на рост, развитие и урожайность сельскохозяйственных культур на засоленных почвах подтверждается также динамикой роста люцерны. При этом, наибольшая урожайность люцерны 1-го года жизни получена при поливе оросительной водой. В данном варианте продолжительность вегетации 1-го укоса составила 94 суток (таблица 7.12) С ростом минерализации поливных вод продолжительность вегетации возрастает и при минерализации поливных вод 5,5- 6 г/л достигает 107 суток. Этот показатель на 14% выше, чем продолжительность вегетации люцерны при использовании оросительной воды.

После 1-го укоса, в вариантах, где поливная вода имела минерализацию выше 4 г/л,

люцерна погибла. Вместе с тем, влияние минерализации поливных вод на продолжительность вегетационного периода сохраняется и во 2-ом укосе.

Таблица 7.12. Урожайность люцерны 1-го года жизни при различных минерализациях поливной воды

Минерализация поливной воды, г/л	Продолжительность вегетации				Урожайность люцерны 1-го года жизни			
	1 укос		2 укос		Зеленая масса		сенаж	
	сутки	в % от первого варианта	сутки	в % от первого варианта	ц/га	в % от первого варианта	ц/га	в % от первого варианта
1,6-1,7	94	100	67	100	163,2	100	40,5	100
2,0-2,5	96	102	69	103	135,8	83,2	33,3	82,2
2,5-3,0	98	104	70	104	97,2	59,6	23,5	58,0
3,0-4,0	101	107	73	109	34,5	21,1	8,3	20,5
4,5-5,0	103	110	растения погибли		12,3	7,5		6,9
	107	114			2,9	0,2	0,7	1,7

Анализ приведенных данных показывает, что максимальная урожайность люцерны (зеленая масса и сено) получена при поливе оросительной водой. При поливе водой с минерализацией 2 - 2,5 г/л, урожайность люцерны снижается на 16,8% относительно 1-го варианта. Дальнейший рост минерализации оросительных вод усиливает процессы влияния токсичных солей на урожайность люцерны. Поэтому, при использовании на орошение воды с минерализацией 5,5- 6 г/л, урожайность люцерны по зеленой массе составила 2,9 ц/га, а по селу 0,7 ц/га.

Аналогичная динамика роста, развития и урожайности при изменении минерализации поливных вод на засоленных и склонных к засолению почвах Кызылординской области получена и для кукурузы на силос. Например, исследования А.А.Джумабекова показали, что продолжительность различных фаз развития кукурузы «Краснодарская 1/49» составляет: от посева до всходов – 8- 10 дней, от всходов до стеблевания – 35- 40, от стеблевания до выбрасывания метелки – 18- 21 и от выбрасывания метелки до молочной спелости початков -20-24 дня. При этом наибольшие показатели соответствуют поливу минерализованной водой до 4 г/л.

Накопление зеленой массы кукурузы в каждой фазе происходит также по разному. До образования 13-14 листьев растения накапливают сухое вещество медленно. За 50 дней от начала вегетации кукуруза создает всего 1/14 часть всей надземной сухой массы. После образования 13-14 листьев, когда растения сформируют больше 50% листовой

поверхности, накопление надземного урожая значительно возрастает. За 15 дней от образования 13- 14 до 17- 18 листьев и за 9- 12 дней от образования 17- 18 листьев до выбрасывания метелок среднесуточный прирост сухого вещества растений возрастает в 8-10 раз по сравнению с предыдущим периодом. От выбрасывания метелок до молочной спелости зерна, когда растения образуют 96-100 % всей листовой поверхности, накопление сухой массы также идет интенсивно, в дальнейшем до молочно-восковой и особенно до полной спелости зерна темп прироста сухого вещества снижается.

Наибольшая высота кукурузы и соответственно зеленой массы получена в I варианте, где поливы осуществлялись оросительной водой. С увеличением минерализации поливных вод происходит снижение урожайности кукурузы на силос (таблица 7.13).

Таблица 7.13. Урожайность кукурузы при различных минерализациях поливной воды

Варианты	Минерализация поливной воды, г/л	Высота растений, см	Урожайность, ц/га
Полевой опыт			
1. Полив оросительной водой	1,35-1,48	2,74	332,5
2. Полив смешанной водой	2,41-2,46	2,38	280,6
3. Полив дренажно-сбросной водой	2,85-3,02	1,52	120,3
4. Полив до фазы образования 10-12 листьев оросительной, затем смешанной водой	1,35-1,48 2,41-2,46	2,65	321,6
Вегетационный опыт			
1. Полив оросительной водой	1,35-1,48	2,66	324,0
2. Полив смешанной водой	2,41-2,46	2,25	244,8
3. Полив дренажной водой	2,85-3,06	1,44	107,0
4. Полив дренажной водой	3,88-4,00	2,65	32,5
5. Полив дренажной водой	5,08-5,50	Растения погибли	

Из приведенных данных видно, что при минерализации поливной воды более 5 г/л кукуруза погибает. Таким образом анализ результатов исследований показывает, что независимо от вида культур, при превышении минерализации поливных вод 4 г/л, их рост и развитие резко замедляются. Это можно объяснить высокими запасами токсичных солей в корнеобитаемой толще почв (таблица 7.14).

Таблица 7.14 Степень засоления почв, %

Горизонты, см	Засоление, %			Почвенный раствор, г/л		
	Cl	SO <sub>4</sub>	Сумма солей	Cl	SO <sub>4</sub>	Сумма солей
0-40	0.113	0.292	0.640	6,65	17.18	37,65
40-100	0.066	0.271	0,559	3.88	15,94	32,88
0- 100	0.085	0.279	0,591	5.0	16,41	34,76
100-200	0,229	0.274	0.850	13,47	16,12	50,00
0-200	0,157	0,276	0,271	9,23	16,23	42,41

Анализ показывает, что во всех горизонтах корнеобитаемой толщи их запасы превышают допустимые пределы, например, в 0 - 40 см слое запасы токсичных ионов хлора превышают более 11,3 раза, а в 0 - 100 см слое - 8,5 раза.

### 7.2.2. Влияние засоления почв на урожайность сельскохозяйственных культур

Одной из главных причин снижения продуктивности орошаемых земель является засоление корнеобитаемой толщи токсичными солями. При этом продуктивность

орошаемых земель предопределяется солями, образованными при соединении следующих ионов:  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ . В процессе взаимодействия перечисленных ионов, в корнеобитаемой толще образуются следующие соли: хлориды -  $\text{NaCl}$ ,  $\text{MgCl}_2$ ,  $\text{CaCl}_2$ ; сульфаты -  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{MgSO}_4$ ,  $\text{CaSO}_4$ ; бикарбонаты-  $\text{NaHCO}_3$ ,  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ,  $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ ; сода -  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (В.А.Ковда, 1973).

В почве указанные соли, находятся в различном состоянии: часть из них присутствует в растворе в виде ионов, другая находится в твердой фазе, некоторое количество солей сорбируется почвенным поглощающим комплексом. По характеру влияния солей на рост и развитие растений они делятся на токсичные и нетоксичные. К токсичным солям относятся хлориды, сульфаты, карбонаты, бикарбонаты  $\text{Na}^+$  и  $\text{Mg}^{2+}$ . Соли кальция, за исключением  $\text{CaCl}_2$ , относятся к нетоксичным. Степень токсичности этих солей прямо пропорциональна растворимости и имеет следующую последовательность:



Исследованиями выявлено, что влияние солей на рост, развитие и урожайность сельскохозяйственных культур связано с осмотическим давлением внешнего раствора и их токсическим действием. Произрастанию растений на засоленных почвах, согласно теории осмотического действия возможно лишь в том случае, когда осмотическое давление клеточного сока превышает осмотическое давление почвенного раствора. Считается, что при сильном засолении корнеобитаемой толщи почв, ведущее значение в действии солей на растения принадлежит осмотическому давлению внешнего раствора, при слабом - токсическому действию солей.

Солеустойчивость растений нередко определяют по общей сумме воднорастворимых солей в корнеобитаемой толще почвы, однако, такая оценка недостаточна, так как отмечаются случаи сравнительно хорошего состояния сельскохозяйственных культур при довольно значительном содержании воднорастворимых солей в почве. Это указывает на то, что для произрастания сельскохозяйственных культур большое значение имеет не только степень, но и химизм засоления почв.

Значительно легче растения переносят сульфатное, чем хлоридное засоление. Исследованиями установлено, что при хлоридном засолении почв у сельскохозяйственных культур заметно снижается интенсивность дыхания, фотосинтеза, задерживается процесс поглощения и расхода воды, что отрицательно сказывается на их росте, развитии и урожайности. Тип засоления определяется по соотношению анионов и катионов (Базилевич Н., Панкова Е., 1972).

В САНИИРИ и других научно-исследовательских и проектных институтах Центральной Азии накоплены обширные материалы, полученные на опытных участках, где изучалось влияние минерализованных вод на урожайность сельскохозяйственных

культур. Определенные материалы по этому вопросу имеются в областных водохозяйственных и сельскохозяйственных управлениях.

Сбор и анализ фондовых материалов накопленных в научно-исследовательских и проектных организациях Центральной Азии по опытам влияния качества воды на урожайность различных сельскохозяйственных культур дал возможность установить уровень снижения урожайности различных сельхозкультур от изменения минерализации поливной воды, который представлен на рис. 7.2, 7.3, 7.4, 7.5.

Рис.7.2. - характеризует кривые обеспеченности относительного снижения урожайности хлопчатника при поливе оросительной водой различной минерализации. По данным рисунка видно, что снижение урожайности начинается даже с 1 г/л и с ростом минерализации резко возрастает степень потери урожайности.

Рис.7.3 и 7.4 - характеризуют снижение урожайности риса и кормовых культур при поливе минерализованной водой.

Представленные материалы иллюстрируют, что кормовые культуры более чувствительны, чем рис. Потери урожайности кормовых культур сопровождаются при минерализации поливной воды 0.5-0.7 г/л, тогда как риса - при 1.5 г/л.

Обобщение проведенных опытов по влиянию качества воды на урожайность сельхозкультур показало, что урожайность хлопчатника при минерализации поливной воды даже при 1-2 г/л снижается на 4.5 %, а при 2-4 г/л на 1-1.5 %; при 4-6 г/л - на 30 %. Относительное снижение урожайности на 10; 25; 50 % наблюдается для культуры риса при поливе водой 2; 3; 4 г/л, а для кормовых культур 2.4; 4.5; 8.5 г/л, соответственно относительному снижению. При этом действие изменения концентрации почвенного раствора на урожайность начинается по фазам развития растений.

Обработка данных исследований и экспертных оценок ряда специалистов позволила установить связь между относительной урожайностью и содержанием хлора в почве в различные фазы развития хлопчатника (рис.7.5).

Получена серия кривых, которые хорошо аппроксимируются с зависимостью вида (7.1)

и позволяют установить относительное снижение урожайности хлопчатника от изменения засоления почвы по фазам-развития растений и от минерализации используемой воды (рис. 7.5).



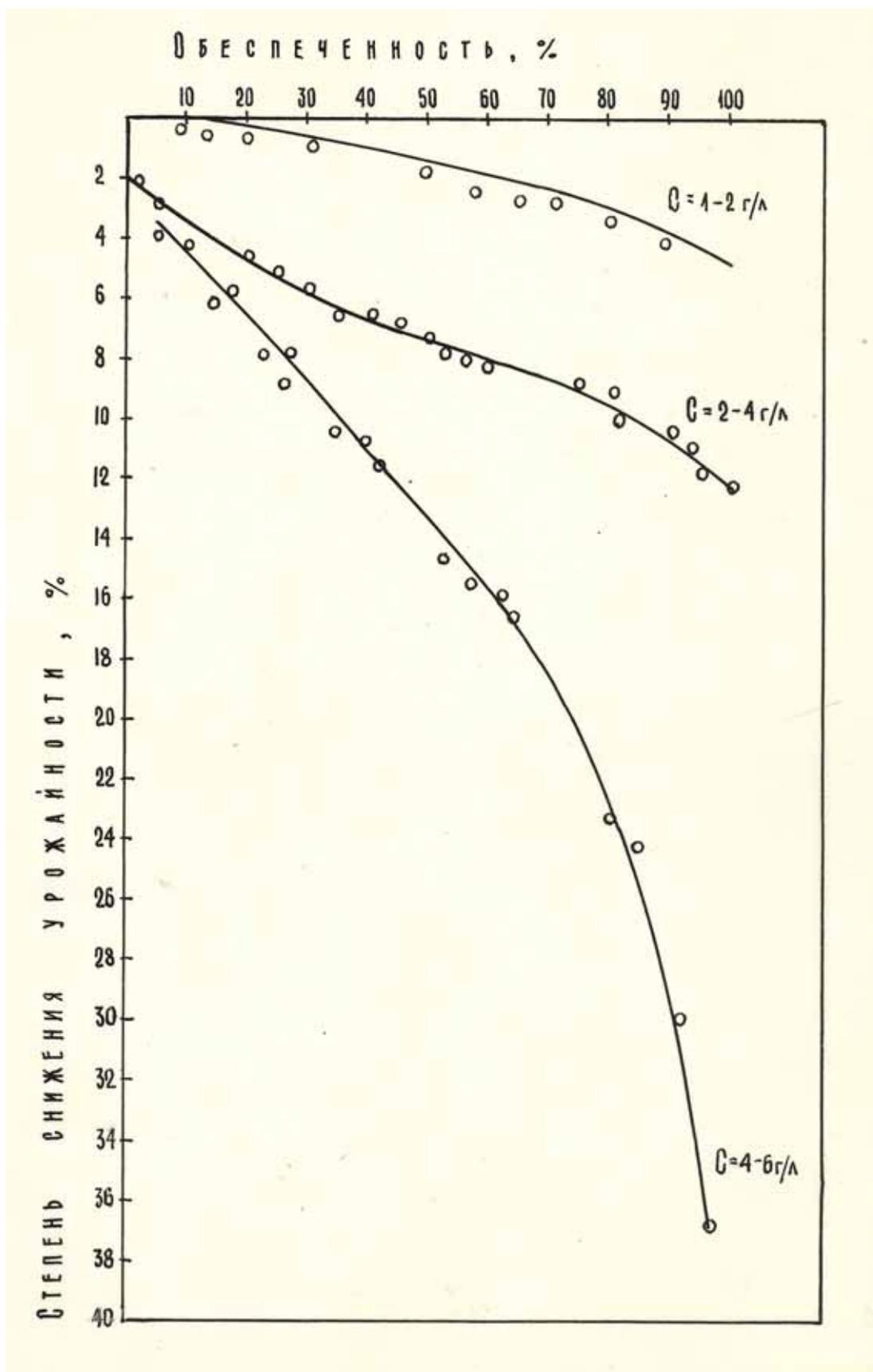


Рис. 7.2. Кривые обеспеченности относительного снижения урожайности хлопчатника в зависимости от минерализации оросительной воды

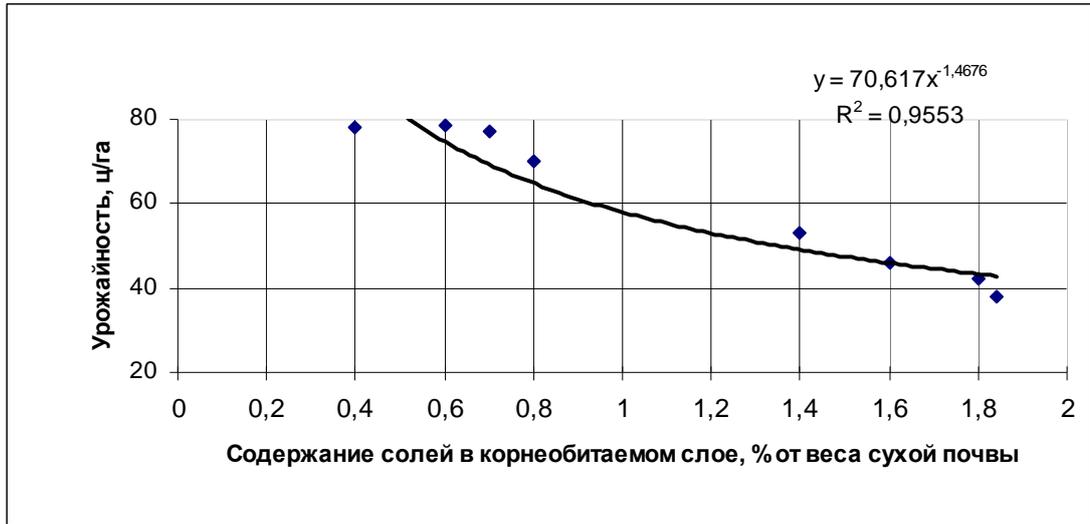


Рис. 7.3. Изменение урожайности риса от степени засоления почв

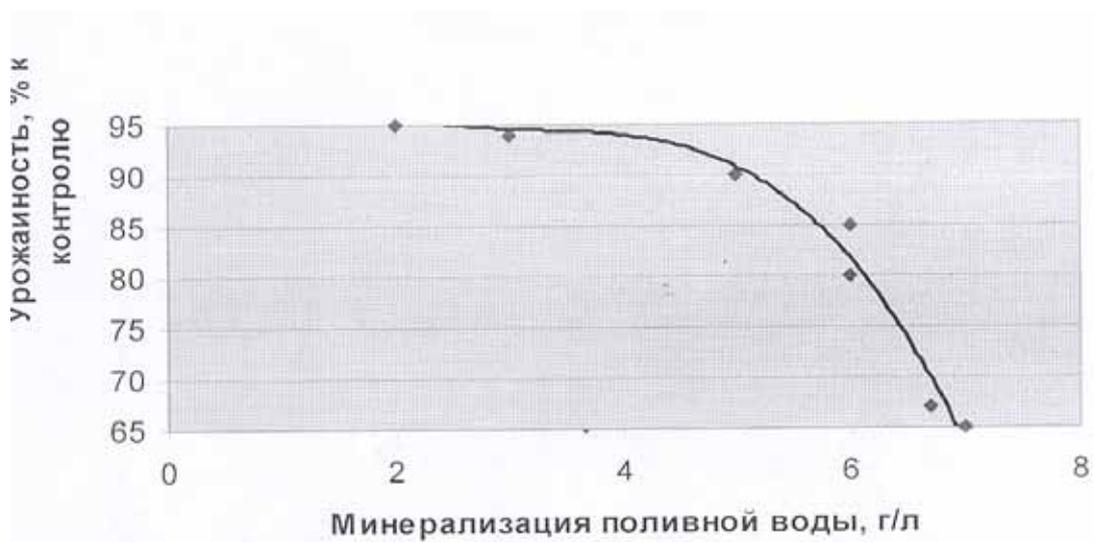


Рис. 7.4. Зависимость урожайности люцерны (сена и зеленой массы) от минерализации поливной воды на опытных делянках в процентах к урожаю на контроле

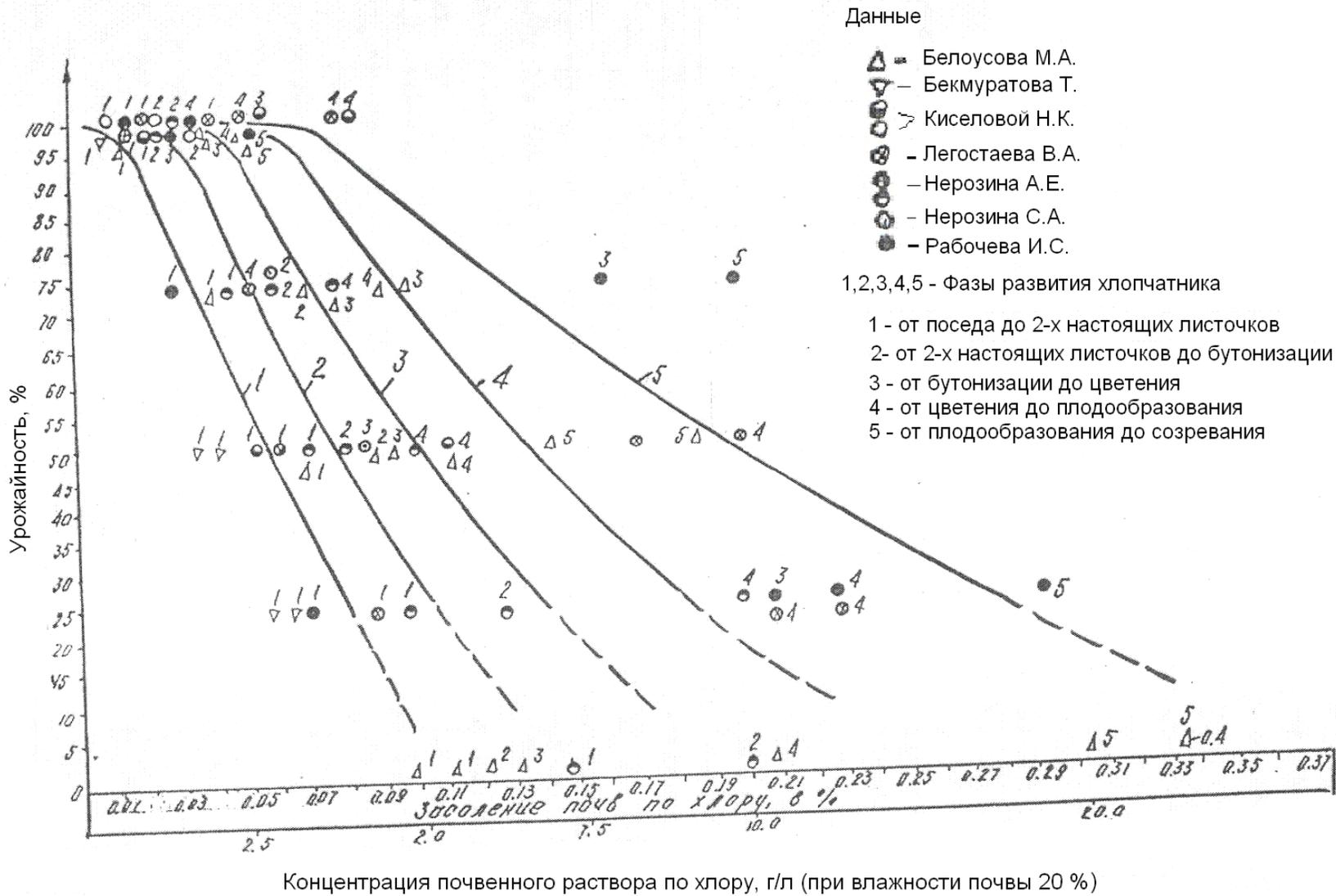


Рис. 7.5. Урожайность хлопчатника в зависимости от засоления по фазам развития растений



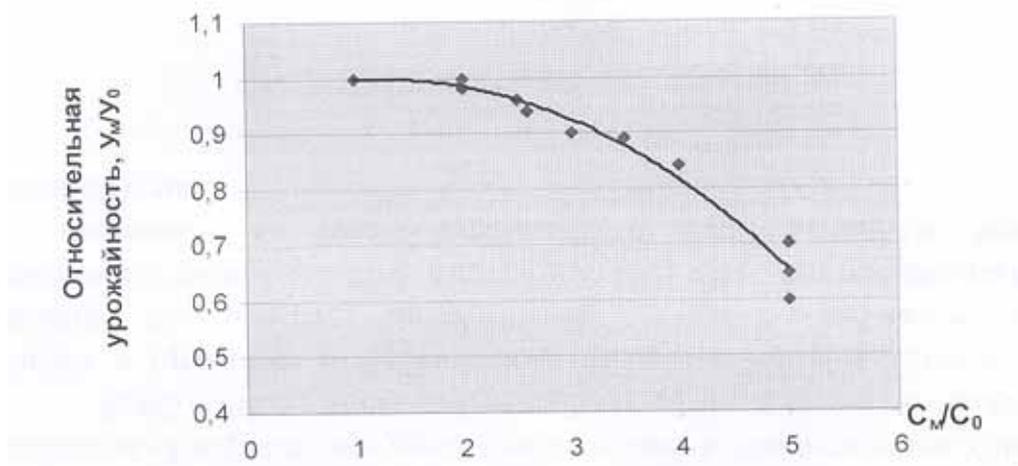


Рис.7.6. Зависимость урожайности хлопчатника от минерализации используемой воды

$U_m$  – урожайность при орошении минерализованной водой

$U_0$  – урожайность при орошении арычной водой ( $C_{ор}$  до 1,0 г/л)

$C_m/C_0$  – отношение минерализации дренажной воды к оросительной

Суммарное снижение урожайности определяется произведением частных величин, полученных в отдельных фазах развития растений, по выражению:

$$O = \prod (1 - \frac{S_{p^i} - S_{доп}^i}{S_k^i - S_{доп}^i})^{a_i} \cdot 100 \quad (7.1)$$

где:  $U$  - относительная урожайность, в %;

$i = 1.2...5$  - номера фаз развития хлопчатника, принятой в обобщении (см.рис.7.6);

$S_{доп}$  - допустимое засоление почвы для данной фазы развития;

$S_k$  - критическое засоление почвы, при котором наблюдается массовая гибель растений;

$$S_p = S_{доп}, \text{ если } S_{факт}^i \leq S_{доп}$$

$$S_{\text{факт}}^i, \text{ если } S_{\text{доп}}^i < S_{\text{факт}} < S_k \quad (7.2)$$

$$S_k^i, \text{ если } S_{\text{факт}}^i \geq S_k^i$$

$S_p$  - расчетное значение засоления почвы (по хлору);

$S_{\text{факт}}$  - фактическое засоление почвы по фазам развития.

Количественные характеристики входящих в формулу (7.1) и (7.2) приводятся в таблице 7.15 или берутся из рис.7.5.

Таблица 7.15. Обобщенные показатели величин, входящих в расчетную зависимость

№№ п/п	Показатели	Номера фазы развития хлопчатника				
		1	2	3	4	5
1	Допустимое засоление почвы по фазам развития, $S_{\text{доп}}$ , в % от массы	0,015	0,03	0,045	0,06	0,07
2	Критическое засоление почвы, $S_{\text{кр}}$ , в % от массы	0,11	0,15	0,20	0,26	0,40
3	Показатель степени, $\alpha$	1,1	1,3	1,4	1,4	1,4

Из рисунка 7.5 видно, что содержание солей по хлору, при котором не происходит снижение урожайности, а также массовая гибель хлопчатника, в зависимости от фазы развития растений колеблется в значительных пределах и составляет от 0.015 до 0.07 %, от 0.11 до 0.4 % - от массы почвы. Анализ показывает на нецелесообразность использования минерализованных вод для поливов хлопчатника в начальной фазе его развития (до фазы бутонизации) и особенно недопустима на вызывные поливы. .

Данные также показывают на возможность кратковременного использования большого объема минерализованных вод с достаточно высокой концентрацией без снижения урожайности, а в условиях зарегулированного стока рек дифференцированное замещение дефицита поверхностных вод дренажной.

Очевидно, что в этих условиях большое внимание должно быть уделено на нормы осенне-зимних промывных поливов. И, наконец, прогнозировать допустимые объемы, минерализацию и сроки подачи минерализованных вод для полива сельскохозяйственных культур в зависимости от планируемого уровня урожайности и качества продукции.

Следует отметить, что большинство опытов проводилось на делянках с соблюдением строгих приемов агротехники. В производственных условиях в зависимости от свойств почв,

дренированности территории и соблюдения агротехнических приемов влияние минерализованных вод на урожайность может быть и более интенсивным.

Таким образом, обобщение экспериментальных исследований показало, что сельскохозяйственные культуры по-разному реагируют на засоление почвы, а их урожайность находится в прямой зависимости от степени и типа засоления земель. Для выявления соответствующих взаимоотношений между засоленностью и урожаем сельхозкультур необходимо определить понижающие (стрессовые) коэффициенты урожайности культуры для различных комбинаций природных факторов, на основании которых можно просчитать реальные потери от засоления по площадям.

Применяемые для этой цели классификации по засолению земель (В.Егоров, Н.Минашина, Н.Базилевич, Е.Панкова, В.А.Ковда, ФАО и др.) мы объединили в сводную таблицу (табл.7.16), позволяющую определить соответствующие градации каждой отдельной степени в зависимости от метода оценки засоления ( $Cl$ ,  $SO_4$ ,  $HCO_3$ ,  $\Sigma$ солей,  $\Sigma$  токсичных солей по электропроводимости).

Таблица 7. 16. Сводная классификация засоления почв, применяемая в ЦАР

Степень засоления почв	Незасоленные почвы	Слабозасоленные почвы	Среднезасоленные почвы	Сильнозасоленные почвы	Солончаки
По Cl-иону в % от МСП*	<0,01	0,01-0,035	0,035-0,07	0,070-0,14	>0,14
По SO <sub>4</sub> в % от МСП	<0,08	0,08-0,17	0,17-0,34	0,34-0,86	>0,86
По HCO <sub>3</sub> в % от МСП	0,061	0,061-0,122**	0,122-244	0,244-0,488	>0,488
По $\Sigma$ солей в % от МСП	<0,15-0,14**	0,19-0,60	0,30-1,00	0,70-2,00	>0,80->2,00
По $\Sigma$ токсичных солей в % от МСП	<0,03-0,14**	0,09-0,3	0,19-0,60	0,30-1,40	>0,60->1,40
Электропроводимость по ФАО (dS/m)	0-2	2-4	4-8	8-16	>16

\* - МСП - масса сухой почвы

\*\* - приведенные пределы концентрации солей зависят от типа засоления почвы

Потери урожая от определенной степени засоленности почв во многом зависят от солеустойчивости отдельных сельскохозяйственных культур и уровень таких потерь, приведенный в табл.7.17, используется при прогнозировании урожая на засоленных землях.

Таблица 7.17. Потенциал урожая при различной степени засоления почв (в слое 0-100)

по ФАО

Культуры	ECe, dS/m					
	2	4	6	8	12	16
% от потенциального урожая						
Озимый ячмень				100	80	60
Хлопок				98	78	57
Сахарная свекла				94	71	47
Озимая пшеница			100	86	57	29
Рис		88	63	38		
Кукуруза (сладкая)		72	48	29		
Свекла		100	82	64	27	
Помидоры		86	67	48	10	
Капуста		80	53	27		
Картофель	96	72	48	24		
Перец сладкий	93	65	37	8		
Лук	87	55	23			
Морковь	86	58	30	1		
Люцерна	100	86	71	57	29	
Абрикос	90	43				
Виноград	95	76	57	38	0	
Слива	91	55	20			

\* - засоление почвы оценивается по электропроводимости насыщенного почвенного экстракта

 - 100 % урожай,  - нулевой урожай.

Ниже приводится несколько иной способ расчета потерь урожая, который используется в СНГ при программированном возделывании сельскохозяйственных культур.

Таблица 7.18. Урожай сельскохозяйственных культур (%) в зависимости от уровня

Культура	Урожай при содержании суммы солей в почве (% от массы сухой почвы)				
	незасо- ленные	слабоза- соленные	среднеза- соленные	сильноза- соленные	очень сильно- засолен- ны
Хлопчатник	100	94	65	43	16
Озимая пшеница	100	80	47	25	0
Кукуруза на зерно	100	95	46	10	0
Кукуруза на силос и зеленую массу	100	98	72	57	35
Люперна	100	96	73	53	39
Подсолнечник	100	108	84	53	46
Картофель	100	110	68	0	0
Томат рассадный	100	98	74	54	34
Горох овощной	100	66	27	0	0
Перец сладкий	100	71	43	39	0
Баклажан	100	102	74	48	32
Свекла столовая	100	95	88	73	66

засоления почвы, % к контролю (В.А.Духовный, Х.Э.Якубов и др. 2004)

В табл.7.18 приводятся данные по потерям урожая различных сельхозкультур (%) в зависимости от уровня засоления почвы (по содержанию суммы солей) в % от контроля (незасоленный фон), в табл.7.19 уравнения регрессии для расчета снижения урожайности сельхозкультур в зависимости от степени засоления почвы.

Снижение урожая от засоления рассчитывается следующим образом. Например, при содержании суммы солей в активном слое почвы 0,40 : урожай озимой пшеницы составит:

$$Y = 105 - 94 \cdot 0,40 = 67,4 \%$$

т.е. 67,4 % от получаемого на незасоленной почве в аналогичных условиях, допустим равного 50 ц/га. В этом случае, на почвах с указанным засолением (0,40 по сумме солей в % от МСП) мы можем рассчитывать на урожай равный

$$\frac{50 \text{ ц/га} \cdot 67,4\%}{100\%} = 33,7 \text{ ц/га}$$

Таблица 7.19 Уравнения для определения снижения урожайности сельскохозяйственных культур от засоления почвы (по содержанию суммы солей в почве, %) (В.А.Духовный,

Культура	Уравнения регрессии
Хлопчатник	$Y = 112-93 \cdot X$
Озимая пшеница	$Y = 105-94 \cdot X$
Кукуруза на зерно	$Y = 112-116 \cdot X$
Кукуруза на силос и зеленую массу	$Y = 104-52 \cdot X$
Люцерна	$Y = 105-55 \cdot X$
Подсолнечник	$Y = 111-54 \cdot X$
Картофель	$Y = 121-114 \cdot X$
Томат рассадный	$Y = 107-59 \cdot X$
Горох овощной	$Y = 101-121 \cdot X$
Перец сладкий	$Y = 95-72 \cdot X$
Баклажан	$Y = 109-63 \cdot X$
Свекла столовая	$Y = 103-31 \cdot X$

Примечание:  $Y$  - урожай, в % от получаемого на незасоленной почве;  
 $X$  - содержание солей, % массы сухой почвы.

Х.Э.Якубов и др. 2004)

В таблице 7.21 приведен пример расчета физических (в тоннах) и финансовых (тыс.\$) потерь от снижения урожаев на засоленных землях Бухарской, Ферганской областей и Каракалпакстана для основных сельхозкультур, высеваемых в этих зонах (хлопчатник, пшеница). В расчетах использованы показатели средних потерь урожая от степени засоления, полученные в экспериментальных исследованиях и обобщенные для цели экспертной оценки. Следует учесть, что приведенные расчеты правомерны только для условий, если на всей засоленной территории области не проводится промывка

земель. В реальных условиях, при проведении промывных поливов и остаточном воздействии солей на посеvy, приведенные потери будут в несколько раз меньше расчетных.

Для ориентировочных расчетов урожайность сельхозкультур в условиях различной степени засоления почв можно использовать понижающие коэффициенты, приведенные в таблице 7.20. Данные коэффициенты позволяют определить потери в урожае для культур, как на засоленных непромываемых землях, так и на землях, где проводятся промывные поливы, рекомендованными для зоны нормами.

Таблица 7.20. Усредненные понижающие коэффициенты для расчета урожайности

Культура	Незасоленные (0-2 ds/m)	Слабозасоленные (2-4 ds/m)		Среднезасоленные (4-8 ds/m)		Сильнозасоленные (8-16 ds/m)	
		без промыв-ки	после промыв-ки	без промыв-ки	после промыв-ки	без промыв-ки	после промыв-ки
Хлопок	1,0	0,96	1,00	0,72	0,95	0,45	0,90
Озимая пшеница	1,0	0,90	0,98	0,57	0,92	0,34	0,86
Яровая пшеница	1,0	0,93	0,98	0,59	0,93	0,37	0,89
Кукуруза на зерно	1,0	0,95	1,00	0,67	0,90	0,42	0,89
Кукуруза на силос	1,0	0,98	1,00	0,74	0,91	0,55	0,90
Озимый ячмень	1,0	1,00	1,00	0,80	0,96	0,60	0,91
Яровой ячмень	1,0	1,00	1,00	0,80	0,96	0,63	0,92
Рис	1,0	1,00	1,00	0,90	0,89	0,80	0,92
Овощи	1,0	0,85	0,98	0,63	0,97	0,41	0,87
Картофель	1,0	1,08	1,00	0,84	0,90	0,53	0,92
Люцерна	1,0	0,89	1,00	0,68	0,92	0,43	0,88
Бахча	1,0	0,95	1,00	0,68	0,93	0,54	0,90
Салы	1,0	0,73	0,98	0,54	0,94	0,25	0,82
Виноград	1,0	0,76	0,98	0,58		0,28	0,86

сельхозкультур в условиях различной степени засоления земель

Таблица 7.21. Расчет физических и финансовых потерь от снижения урожаев на засоленных землях (для условий,

Область	Культура и площадь под ней, тыс.га	Степень засоления	Площадь засоления под культурой, тыс.га	Средние потери урожая от солей, ц/га	Потери урожая от солей на всей площади, т	Общие потери урожая, т	Финансовая цена 1 т хлопка-сырца, \$/т	Сумма потерь, тыс.\$
<b>хлопчатник</b>								
Бухарская	Хлопок 129,0	слабая	74,8	1,2	8976	32254	150	48381
		средняя	36,1	3,8	13718			
		сильная	12,1	7,9	9560			
Ферганская	Хлопок 121,2	слабая	30,3	1,2	3636	18935	150	28402
		средняя	25,5	3,8	9690			
		сильная	7,1	7,9	5609			
Каракашпакская	Хлопок 129,0	слабая	65,8	1,2	7896	31403	150	47104
		средняя	39,2	3,8	14896			
		сильная	10,9	7,9	8611			
<b>пшеница</b>								
Бухарская	Пшеница 77,2	слабая	44,77	3,2	14326	38151	65	24798
		средняя	21,61	7,1	15343			
		сильная	7,25	11,7	8482			
Ферганская	Пшеница 116,8	слабая	29,2	3,2	9344	34899	65	22684
		средняя	24,64	7,1	17494			
		сильная	6,89	11,7	8061			
Каракашпакская	Пшеница 38,8	слабая	19,78	3,2	6329	18548	65	12056
		средняя	11,79	7,1	8370			
		сильная	3,29	11,7	3849			

если на всей площади не проводится промывка земель)

### 7.3. Методика расчета ущербов, связанных с ухудшением качества воды на примере Сырдарьинской и Джизакской областей

Методика расчетов такого рода ущербов приведена в работах В.А. Духовного (2004), Х.Э.Якубова (2004), С.А.Полинова (1990), А.У. Усманова (1990), Ф.А. Муминова (1991), М.А.Якубова, Е.Шерматова (2005), Р.К.Икрамова (2002) и др.

Многолетние данные по водообеспеченности орошаемой территории, урожайности сельхозкультур и др. показателям использованы нами для определения ущербов орошаемого земледелия Узбекистана в среднем течении. Многочисленными исследованиями установлены определяющие факторы получаемого урожая. К ним относятся режим влагообеспеченности растений, агротехника, тепловой режим, режим минерального питания, мелиоративное состояние орошаемых земель и фактор культуры земледелия. Известно, что урожай формируется на основе влияния вышеизложенных взаимосвязанных факторов.

В общем виде функция урожайности орошаемых земель имеет вид:

$$Y=f(x_1x_2...x_n)$$

где: Y -урожайность (ц/га);

X<sub>1</sub>, X<sub>2</sub>, ..., X<sub>n</sub> - факторы, влияющие на урожайность

Детальное изучение исследуемой территории Сырдарьинской и Джизакской областей на фотоплане совместно с наземными исследованиями при помощи критериев выбора эмпирических формул позволило выявить зависимость между относительной площадью пятен (J<sub>n</sub>) и получаемой урожайностью хлопчатника на поливных участках в виде:

$$Y_{расч} = A e^{-BJ_n}$$

где Y<sub>расч</sub> - расчетная урожайность, ц/га;

A - потенциально возможная урожайность при соблюдении агротехнических норм и правил, а также мелиоративных приемов, ц/га; B - угловой коэффициент уравнения; J<sub>n</sub> - относительная площадь пятен, которая определяется как:

$$J_n = 1 - \frac{S_{срастением}}{S_{общ}} = \frac{S_n}{S_{общ}}$$

$S_{с\text{ раст.}}$  - площадь поля с растением;  $S_{общ.}$  - общая площадь поля;  $S_{н-}$  непродуктивная площадь посева;  $e$  - основание натурального логарифма.

Для условий Голодной степи это уравнение имеет вид:

$$Y_{расч} = 39,6 e^{-4,35Jn} + 1,75 \text{ (ц/га)}$$

По выбранной формуле рассчитывались потери урожая и финансовые потери с 1996 г. по 2002 г, в зависимости от ухудшения водохозяйственных факторов. Они в денежных выражениях лежат для Сырдарьинской и Джизакской области в интервале 12949 - 18741 миллиард сум (табл.7.22). Для устранения ущерба необходимо внедрить промывной режим орошения, увеличив оросительные нормы до проектной величины, которая возможна только за счет комплексного использования водных ресурсов с учетом использования подземных вод и коллекторно-дренажного стока в местах его формирования.

Таблица 7.22. Расчетные значение потери урожайности хлопка – сырца за счет отклонения от нормативных режимов водохозяйственных и мелиоративных параметров орошаемого гектара Голодной степи

Годы	Фактически		Площадь непродуктивных пятен, га	Потери урожая за счет отклонений от нормативных режимов водохозяйственных и мелиоративных параметров орошаемого поля, тыс.т	Выход волокна (1 тонна хлопка сырца - 0,33), тыс.т	Ущерб от потери урожая в условных единицах (1 т. х.в. = \$ 1150)*сум, миллиард сум
	Площадь посева хлопчатник, га	Урожайность хлопка – сырца, т/га				
1	2	3	4	5	6	7
Джизакская область						
1990	144500	2,37	17100	40469,5	13354,9	16126063
1993	144500	1,84	25600	47032,4	15520,7	18741229
1994	131000	1,85	22950	42414,1	13996,6	16900957
1995	132537	2,34	16050	37531,3	12385,3	14955287
1996	110122	1,24	29425	36443,1	12026,2	14521675

1997	111792	1,57	23800	37331,4	12319,3	14875625
1998	111225	1,23	29900	36771,2	12134,5	14652421
1999	112010	2,3	14300	32497,1	10724,0	12949287
2000	105252	1,48	23850	35244,9	11630,8	14044234
Сырдарьинская область						
1996	132861	1,4	32000	44445,7	1467,0	17710504
1997	139793	1,46	32105	46816,2	15449,3	18655106
1998	145254	1,30	37200	48351,8	15956,1	19267001
1999	139930	1,76	26155	45933,9	15158,2	18303532
2000	139930	1,29	36150	46531,3	15355,3	18541591
2001	139930	1,37	34150	46776,7	15436,3	18639371
2002	139930	1,17	39225	45886,5	15142,5	18284568

### **Выводы по экспериментальным исследованиям использования минерализованных вод на орошения сельхозкультур**

Обобщение и анализ пилотных проектов по натурному исследованию повторного использования дренажного стока с целью сокращения их отвода в реки показало, что:

в условиях Центральной Азии на пустынно-песчаных и среднесуглинистых почвах вполне возможно повторное использование дренажных вод с минерализацией от 1,8 до 4,5 г/л относящихся по химическому составу по анионам к сульфатному, сульфатно-хлоридному, или хлоридно-сульфатному, по катионам к кальциево-магниевому-натриевому типу. К данному типу относятся почти 90 % формируемых КДВ. Эффективность внутриконтурного использования дренажных вод доказана многолетними результатами натуральных исследований, проведенных на довольно больших площадях от 50 до 12000 га. К ним относятся опыты: в колхозе «Правда», Тедженского района Республики Туркменистан; в колхозе «XX Партсъезд», Бувайдинского района, Республики Узбекистан; в совхозе «Нижнечуйский» Республики Кыргызстан; в совхозе «Икон», Чимкентской области Казахстана и др.

При орошении сельхозкультур дренажной водой в период вегетации режим орошения поддерживается путем применения частых поливов - на пустынно-песчаных почвах 10-12 поливов с малыми нормами от 800 до 1600 м<sup>3</sup>/га. На подверженных засолению землях в осенне-зимний период проводятся промывные поливы нормой 3000-3500 м<sup>3</sup>/га или влагозарядковые поливы в весенний период. В опытах для поддержания солевого режима почвы в допустимых пределах годовые нормы водоподдачи по сравнению с пресной водой

увеличены на 5-25 %. Отношение суммарной водоподачи к суммарному испарению в годовом цикле обеспечивало промывной режим с коэффициентом от 1,05 до 1,25. Оптимальная дренированность территории обеспечивалась при соотношениях дренажного стока к водоподаче равных от 0,25 до 0,40.

Учащенные поливы позволили регулировать влажность почв в пределах 0,7-0,8 от предельно-полевой влагоемкости (70-80 % ППВ), а самое главное поддерживать концентрацию почвенного раствора в допустимых пределах, позволяющих нейтрализовать вредное воздействие токсичных солей на корневую систему растений при поливе дренажной водой.

Установлено, что использование вод повышенной минерализации в фазе созревания растений оказывается наиболее оптимальной технологией. В ранней стадии развитие растений лучше использовать не минерализованные воды. Такая технология обеспечивает устойчивую урожайность сельхозкультур, не уступающую контрольному варианту с поливами пресной водой. Так, урожаи тонковолокнистых сортов хлопчатника на пустынно-песчаных почвах (Туркменистан) при поливе дренажной водой ( $M_{др}=2,1-2,8$  г/л) дошли до 35-44 ц/га.

На среднесуглинистых почвах (Ферганская, Чимкентская области) на староорошаемых землях урожайность хлопчатника достигала 25-36 ц/га, что не ниже чем в контрольных вариантах.

В то же время, определенное снижение урожайности отмечено при поливах риса - на 10-15 % (Южный Казахстан) по сравнению с контрольным вариантом, где проводились поливы речной водой.

В условиях солонцовых почв Кыргызстана (Чуйская долина) поливы дренажной водой снизили урожайность кормовых культур (кукурузы и люцерны) от 2 до 40 % против контрольного варианта.

В целом продуктивность используемой воды по различным пилотным участкам на единицу выращиваемой сельхозпродукции колеблется от 0,210 до 0,475 кг/м<sup>3</sup>. Последняя цифра находится на уровне рекомендуемой ФАО для хлопчатника, что говорит о достаточной эффективности использования дренажно-сбросных вод в местах формирования.

При использовании дренажных вод на орошение происходят обменные реакции в поглотительном комплексе почвы, т.е. физико-химические реакции. Результаты опытов доказывают, что в условиях Центральной Азии, как правило, почвы и дренажные воды достаточно насыщены гипсом (карбонатные и кальциевые соли), что позволяет избежать опасности осолонцевания почв при использовании дренажных вод. На опытных участках содержание поглощенного кальция достигало 50-90 %, а натрия 2-10 % от суммы и это соотношение не меняется при многолетнем использовании дренажных вод.

Повторное использование дренажного стока по месту его формирования позволило уменьшить вынос пестицидов (аммиак, нитраты, фосфор, калий), что сыграет положительную роль в оздоровлении экологического состояния речных систем.

Разработана довольно эффективная технология очистки КДВ от пестицидов и других загрязнителей, основанная на гидробиотических методах с использованием различных микроводорослей и микроорганизмов. Так, результаты опытов САНИИРИ по очистке воды коллекторов Шурузяк, Сардобинский и др. в Сырдарьинской области, показали возможность ускоренной очистки воды от биогенных элементов (аммиак, нитраты и др.) и снижения минерализации воды при внедрении биологической очистки. Улучшение качества дренажных вод позволяет использовать их как для рыбохозяйственных целей, так и для орошения сельхозкультур и, тем более, способствует оздоровлению экологического состояния рек и водоемов. По многим загрязняющим элементам достигнуто снижение их содержания до уровня допустимых концентраций и ниже.

При решении вопроса о повторном использовании дренажных вод на орошение нужно полнее учитывать качество формируемой воды в конкретных условиях. Для различных зон, имеющих специфические почвенно-мелиоративные и гидрогеолого-геоморфологические условия, а значит, и характерные составы ионов и солей в КДВ (наличие соды, вредных солей нитратов, хлоридов, тяжелых металлов и пр.) необходимо применять соответствующие классификации для оценки пригодности этих вод для орошения или промывок. В условиях Центральной Азии, где как правило содовое засоление почв и КДВ отсутствует, для оценки КДВ на предмет их применимости для орошения можно использовать классификацию САНИИРИ, которая позволяет легко оценить качество воды по отношению хлора к сульфату.

Выбор типов почв, наиболее подходящих для использования КДВ является одним из важных факторов при оценке пригодности дренажных вод для орошения. Опытами зарубежных и отечественных специалистов установлено, что на легких по механическому составу и супесчаных почвах можно без опасности засоления использовать минерализованные воды для орошения.

Мероприятия по использованию КДВ на орошение должны исходить из наличия в каждом регионе площадей и типов почв с легким механическим составом в увязке с наличием объемов дренажных вод с подходящим качеством.

Одной из главных причин снижения продуктивности орошаемых земель является засоление корнеобитаемой толщи токсичными солями. При этом продуктивность орошаемых земель предопределяется солями, образованными при соединении следующих ионов: Ca, Mg, Na, CO<sub>3</sub>, HCO<sub>3</sub>, Cl, SO<sub>4</sub>. В процессе взаимодействия перечисленных ионов, в корнеобитаемой толще образуются следующие соли: хлориды- NaCl, MgCl<sub>2</sub>, CaCl<sub>2</sub>; сульфаты - Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, MgSO<sub>4</sub>, CaSO<sub>4</sub>; бикарбонаты- NaHCO<sub>3</sub>, Ca(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, Mg (HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>; сода -Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>.

В почве указанные соли, находятся в различном состоянии: часть из них присутствует в растворе в виде ионов, другая находится в твердой фазе, некоторое количество сорбируется почвенным поглощающим комплексом. По характеру влияния солей на рост и развитие растений они делятся на токсичные и нетоксичные. К токсичным солям относятся хлориды, сульфаты, карбонаты, бикарбонаты Na и Mg. Соли кальция, за исключением CaCl<sub>2</sub>, относятся к нетоксичным. Степень токсичности этих солей прямо пропорциональна растворимости.

Исследованиями выявлено, что влияние солей на рост, развитие и урожайность сельскохозяйственных культур связано с осмотическим давлением внешнего раствора и их токсическим действием. Произрастание растений на засоленных почвах, согласно теории осмотического действия возможно лишь в том случае, когда осмотическое давление клеточного сока превышает осмотическое давление почвенного раствора. Считается, что при сильном засолении корнеобитаемой толщи почв, ведущее значение в действии солей на растения принадлежит осмотическому давлению внешнего раствора, при слабом- токсическому действию солей. К сожалению, экспериментальные данные характеризующие количественные характеристики связи урожайности от осмотического давления почвенного раствора для различных сельскохозяйственных культур практически отсутствуют.

Солеустойчивость изменяется с возрастом культур. Растение наиболее чувствительно к солям в период прорастания семян, появления всходов и в начальной период развития. Для взрослых растений допустимо большее содержание солей в почве.

Солеустойчивость растений нередко определяют по общей сумме воднорастворимых солей в корнеобитаемой толщии почвы, однако, такая оценка недостаточна, так как отмечаются случаи сравнительно хорошего состояния сельскохозяйственных культур при довольно значительном содержании воднорастворимых солей в почве. Это указывает на то, что для произрастания сельскохозяйственных культур большое значение имеет не только степень, но и химизм засоления почв. Национальными группами оценка влияния засоления на урожайность сельскохозяйственных культур проведена для следующих типов засоления характерных для своих территорий:

Узбекистан - сульфатного и хлоридно-сульфатного типа, Казахстан - хлоридно - сульфатного типа, Туркменистан- хлоридно-сульфатного и сульфатно-хлоридного типа, Кыргызстан – сульфатного типа, Таджикистан – хлоридно - сульфатного и сульфатного типа.

Таким образом, наиболее распространенными типами засоления является хлоридно - сульфатный и сульфатный тип, площади которых в регионе преобладают.

Оценка солеустойчивости проведена по содержанию суммы солей в метровом слое почвы ( в процентах от массы сухой почвы - МСП ), по сумме солей в почвенном растворе ( г/л), по сумме токсичных солей в почвенном растворе ( г/л ) при влажности соответствующей наименьшей влагоемкости осредненные за вегетационный период для хлоридно-сульфатного и сульфатного типов засоления. При этом коэффициент токсичности принят для хлоридно- сульфатного- 0.2-0.4 в среднем 0.3 , а для сульфатного- 0.0- 0.2 в среднем -0.1. Переход от общего содержания солей в метровом слое почвы (в % от МСП) к почвенному раствору осуществлен расчетным путем, по формуле:

$$ПР = 1000 * S * K_T / НВ-Г , г/л$$

где: ПР- почвенный раствор, г/л; S- содержание солей, в % от МСП; НВ- наименьшая влагоемкость, в % от массы; Г - гигроскопическая влага, в % от массы; Кт- коэффициент, учитывающий долю токсичных солей в плотном остатке;

На засоленность почв различные растения реагируют по разному. Наиболее солеустойчивой является, подсолнечник, свекла, сорго, люцерна, хлопчатник, люцерна, наименьшей – бобовые, овощи и фруктовые деревья.

Основными сельскохозяйственными культурами для которых были определена связь урожайности от засоления почв является хлопчатник, пшеница (озимая), кукуруза, люцерна и рис, площади которых в сумме составляет более 80-85% для всех республик региона. Оценки влияния засоления, установленные для этих культур являются наиболее обоснованными, так как все натурные исследования проведены именно с этими культурами. По остальным культурам как - овощи, фрукты, виноград и др. экспериментальные данные отсутствуют, поэтому они оценены экспертным путем или по рекомендациям зарубежных исследователей.

Количественная оценка влияния засоления на урожайность сельскохозяйственных культур базируется на рекомендациях крупных ученых - специалистов, результатов натурных исследований проведенных в различных природных зонах и с различными культурами. Обзор наиболее значимых исследований и рекомендаций приведен в основном тексте. Анализ показывает, что результаты проведенных исследований позволяет с достаточной точностью для практики, оценить ущерб сельскохозяйственному производству от засоление почв и оросительной воды.

Обобщенные по своей территории информации о влиянии засоления на урожайность сельскохозяйственных культур представлены в зависимости от общего содержания солей в метровом слое. По Казахстану оно представлено ещё и от расчетной величины почвенного раствора с учетом растворимости солей. Этот подход имеет перспективу. Заслуживает внимания имеющаяся рекомендация НИЦ МКВК и САНИИРИ о понижающих коэффициентах полученных на основе обобщения материалов и представленная в зависимости от суммы токсичных солей в почвенном растворе практически для всех сельскохозяйственных культур выращиваемых в регионе. Данную рекомендацию Туркменистан и Таджикистан считают наиболее подходящей для своих условий и принимает ее за основу при определении понижающих коэффициентов для зон планирования. Однако, надо отметить уязвимость оценки по сумме токсичных солей в почвенном растворе, заключающаяся в том что концентрация почвенного раствора полученная расчетным путем изменяется в значительных пределах в зависимости от характеристики почв, типа и степени *засоления*.

Экспериментальные данные о влиянии концентрации почвенного раствора на урожайность культур практически отсутствуют.

Наиболее распространенными из зарубежных рекомендаций является - А. Аере и Н.Весткот (1976), Garter (1981) и ФАО, которые использовались местными

специалистами в той или иной степени при обобщении своих данных путем перевода их в местные единицы измерения. Отметим, что в зарубежной практике засоление почв ( $E_{se}$ ) и минерализация воды ( $E_{sw}$ ) представляется в величинах электропроводности, выражая концентрацию электролитов в растворе в децисименсах на метр ( $dS/m$ ). Эмпирический коэффициент пересчета электропроводности в минерализацию по рекомендациям ФАО равен  $1dS/m = 640$  для получения минерализации в мг/л и  $0.64$ -для получения показателя в г/л.

Обобщенные по региону понижающие (стрессовые) коэффициенты представлены по содержанию солей (в % от МСП) в метровом слое почвы для хлоридно-сульфатного и сульфатного типов засоления по основным культурам - хлопчатник, пшеница, люцерна и рис, выращиваемых в регионе. Для сравнения, здесь же, приведены рекомендации САНИИРИ и ФАО. При этом рекомендация ФАО условно приравнена к хлоридно-сульфатному типу засоления, выраженный по сумме токсичных солей в почвенном растворе.

Сравнительный анализ приведенных данных показывает, что наиболее доступной и обоснованной для оценки ущерба сельского хозяйства от засоления почв являются понижающие коэффициенты урожайности, представленные в зависимости от содержания всех солей (в %, от МСП). При наличии достаточных данных о характеристиках почв зон планирования и долях токсичных солей, может быть оценена по сумме токсичных солей в почвенном растворе. Рекомендация ФАО хорошо согласуется с данными по токсичным солям до содержания солей в почве -  $0.3-0.4\%$  от МСП, а с увеличением засоления разница резко увеличивается.

В связи с технологической особенностью выращивания риса оценка ущерба от засоления рекомендуется провести по величине минерализации оросительной воды. Под технологической особенностью подразумевается агротехнические мероприятия при выращивании культуры риса, такие как подготовка полей к севу (предварительное затопление), проведение вегетационных поливов (постоянное затопление чеков со сменой оросительной воды), когда концентрация почвенного раствора находится в прямой зависимости от минерализации поливной воды.

#### **7.4. Оценка перспективных площадей и возможных объемов коллекторно-дренажных вод, пригодных для использования по бассейнам рек**

Как отмечено выше, перспективность применения минерализованных вод на орошение и промывку земель определяется оценкой объемов и качества дренажных вод и площадей возможного использования без ущерба плодородию почв. Для выбора площадей возможного использования КДВ на основе методики САНИИРИ, приведенной в разделе 6.4., нами использованы почвенные съемки института Средазгипроводхлопок масштаба  $1:100000$ . На этой основе установлено распределение площадей по водопроницаемости для бассейнов рек Амударья и Сырдарья и отдельно для территории

Узбекистана, входящей в бассейн р.Сырдарьи (табл. 7.23 и 7.24). По бассейну реки Сырдарьи наибольшая площадь возможного использования минерализованных вод сосредоточено в Ферганской долине ( 691,0 тыс.га).

В бассейне р.Амударьи площади возможные под орошение дренажной водой составляют 1081,83 тыс.га по зоне существующего орошения и 1316,6 тыс.га в зоне перспективного орошения.

По бассейну р.Сырдарьи площади возможного орошения дренажной водой составляют 1400 тыс.га только по Узбекистану.

Табл. 7.23. Распределение площадей бассейна реки Сырдарьи и Амударьи по потенциальной возможности орошения минерализованной водой

Республика	Категория земель, по водопроницаемости					
	Сильно водопроницаемые	Водопроницаемые	Слабо водопроницаемые	Плохо водопроницаемые	Итого	Всего
Узбекистан	<u>48,83</u> 281,74	<u>484,88</u> 698,0	<u>606,89</u>	<u>694,2</u>	<u>3099,4</u>	4055
Таджикистан	<u>12,1</u> 0,2	<u>113,6</u> 84,0	<u>256,8</u> 117,44	<u>35,3</u> 130,56	<u>417,8</u> 332,2	750,0
Туркменистан	<u>133,28</u> 67,28	<u>272,84</u> 160,98	<u>160,04</u> 108,20	<u>264,34</u> 373,04	<u>830,5</u> 709,5	1540,0
Кыргызстан	-	<u>16,3</u> 33,4	= <u>43,3</u>	= 7,0	<u>16,3</u> 83,7	100
Итого по бассейну реки Амударьи	<u>194,21</u> 349,22	<u>887,62</u> 967,38	<u>1023,73</u> 991,54	<u>993,84</u> 1037,46	<u>3099,4</u> 3345,6	6445,0
Бассейн Сырдарьи, Центр.Фергана*)	<u>41,72</u>	<u>114,97</u>	<u>183,51</u>	<u>272,86</u>	<u>612,56</u>	612,56

	-	-	-	-	-	
--	---	---	---	---	---	--

ПРИМЕЧАНИЕ: в числителе- орошаемые земли;

в знаменателе- земли перспективного орошения.\*) – рассмотрены части орошаемых территорий Ферганской долины, находящиеся в Центральной Фергане.

Таблица 7.24. Распределение площадей бассейна реки Сырдарьи

(Республика Узбекистан) по потенциальной возможности орошения минерализованной водой

Области, Республики	Площадь, тыс.га	Площади почв по механическому составу, тыс.га/% от общей площади		Потенциально возможная площадь под орошение минерализованной водой, тыс.га
		средние и тяжелые	легкие	
Андижанская	<u>265,6</u>	<u>206,6</u>	<u>59,0</u>	225,7
	100	77,8	22,2	
Ферганская	<u>328,8</u>	<u>172,9</u>	<u>150,9</u>	224,2
	100	53,4	46,6	
Наманганская	<u>250,5</u>	<u>202,9</u>	<u>47,6</u>	241,1
	100	81,0	19,0	
Ташкентская	<u>362</u>	<u>346,6</u>	<u>13,3</u>	344,4
	100	96,6	3,7	
Сырдарьинская	<u>285,7</u>	<u>195,6</u>	<u>90,1</u>	97,2
	100	68,3	<u>31,7</u>	
Джизакская	<u>269,2</u>	<u>195,2</u>	<u>74,0</u>	132,7
	100	75,5	24,5	
Итого по	<u>1761,8</u>	<u>1324,8</u>	<u>434,9</u>	<u>1399,8</u>

бассейну	100	75	25	80
----------	-----	----	----	----

Проведенная оценка качества КДВ по выбранной методике позволила выявить объемы воды с хорошим и малоудовлетворительным качеством для внутриконтурного использования в местах формирования, т.е. выделен и КДВ по регионам, вместе с тем и их качество и химизм. Из всего объема, формируемого в бассейне Арала КДВ – около 35 км<sup>3</sup>/год, только по Республике Узбекистан за последние годы формируется около 20-24 км<sup>3</sup> в год коллекторно-дренажных вод (табл. 7.25).

Данные показывают, что наиболее высокоминерализованные КДВ формируются в Сырдарьинской и Джизакской областях по бассейну Сырдарьи (3,8 и 4,9 г/л). По бассейну р.Амударьи высокоминерализованные КДВ формируются в Бухарской, Кашкадарьинской, Навоийской областях и низовьях Каракалпакстана (от 3,6 до 5,8 г/л).

Средневзвешенная минерализация отводимых КДВ по другим областям Республик Узбекистан имеют невысокую минерализацию: от 0,8 до 2,5 г/л. Но в то же время почти во всех областях встречаются зоны формирования КДВ с минерализацией 1-2 г/л, а также зоны формирования КДВ с очень высокой минерализацией, достигающей до 10-12 г/л (Кашкадарьинская, Бухарская области в бассейне Амударьи) и Центральная часть Ферганской долины (7-8 г/л) и Джизакская область (15-25 г/л) в бассейне Сырдарьи.

В целом по Узбекистану пригодные для внутриконтурного орошения КДВ с хорошим качеством воды составляют 8,42 км<sup>3</sup> в год. Эти объемы воды можно использовать в местах формирования без опасности отрицательных последствий на легких почвах. В таблице 7.25 приведены результаты оценки качества КДВ по областям Узбекистана.

Таким образом из объема КДВ. Формируемых в пределах Узбекистан (24,2 км<sup>3</sup>) около 30 % или 8,42 км<sup>3</sup> в год вполне пригодны для внутриконтурного орошения. Остальные объемы КДВ имеющих повышенную минерализацию можно использовать путем их разбавления, также последовательного отвода их в внутрорегиональные водоприемники. В целом реализация указанных мероприятий позволит значительно сократить объем выноса солей в реки, тем самым снизив минерализацию речных вод на 20-30 %.

Таблица 7.25. Оценка возможности снижения минерализации речных вод при внутриконтурном использовании коллекторно-дренажных вод на легких почвах (в пределах Узбекистана)

Водохозяйственный район	Общий объем КДВ и солей по РУз в Существующих условиях (среднее за 2000 – 2009 гг.)		Объемы КДВ и солей, отводимых в Сырдарью и Амударью		Площади с легким механическим составом и хорошо водопроницаемыми грунтами, тыс.га	Пригодные для внутриконтурного использования объемы КДВ, оцененные по существующим классификациям, млн. м <sup>3</sup>	Сокращение отвода солей при использовании КДВ, млн.т	Снижение минерализации речной воды,%
	млн.м <sup>3</sup> в год	млн.т в год	млн.м <sup>3</sup> в год	млн. т в год				
Бассейн р. Сырдарьи								
Верхнее течение	6910	11,48	4110	6,78	299	4110	6,8-7,5	
Среднее течение ЧАКИР	5580	16,71	3600	9,03	286	1800	4,5-5,0	20-30
ИТОГО:	12490	28,19	7710	15,81	585	5910	11,3-12,5	
Бассейн р. Амударьи								

Верхнее течение Сурхандарьи	1100	1,98	600	1,03	69	600	1,1-1,3	
Среднее течение	5130	19,12	1610	4,84	338	1280	1,9-2,0	20-30
Нижнее течение	5490	27,04	320	1,13	273	320	1,5-1,6	
ИТОГО:	24210	76,33	10240	22,77	1265	8420	15,8-17,4	
Примечание. Площади с легким механическим составом почв определены по данным Института Узгипрозем (1987) и ИВП АН РУз (Хасанханова, 1994)								

Однако возможность развития орошаемого земледелия на указанных площадях зависит от объема КДВ, пригодных к использованию без ущерба продуктивности земель и других организационно-технических и технологических мероприятий.

Объем возвратного стока подлежащий к внутри системному использованию лимитирован многими факторами и связан с решением ряда организационно-технических вопросов:

- качество (минерализация и химический состав) коллекторно-дренажного стока, оцененный по средним данным по бассейнам рек и на выходе из водохозяйственного района, явно недостаточно ввиду искаженности информации, связанной с разнообразием природно-хозяйственных, гидрогеолого-мелиоративных условий, зоной формирования. Качество формируемого стока внутри системы колеблется в значительных пределах, как по территории, так и во времени.

Требуется расчленить объем стока по степени его пригодности дифференцированной по территории (массивам орошения) и по времени;

- оценить внутригодичное распределение продиктовано с увязкой режима формирования с стока, необходимость которого режимом водоподдачи для полива сельхозкультур. Процесс формирования дренажно-сбросного стока в системе тесно связан с режимом водоподдачи. Дренажно-сбросной сток, как вторичный продукт орошаемого земледелия, образуется с некоторым запаздыванием по времени. В отдельных регионах периоды запаздывания очень велики в зависимости от почвенно-гидрогеологических условий орошаемых территорий;

- изменчивость дренажно-сбросного стока по времени и по территории, зависящей от водности года, режима орошения и состава сельхозкультур, а также почвенно-гидрогеологических условий орошаемых земель. Этот фактор создает технические, технологические затруднения по забору воды и определения подвешенных площадей орошения;

- рассредоточенность образуемого стока относительно небольшими объемами на территории, создающих организационные и технические трудности по сбору и подаче воды на орошаемую площадь. Возможны случаи территориального несоответствия, наличия дренажного стока с площадями перспективными для орошения минерализованной водой;

- социально-экономические факторы использования КДВ с повышенной минерализацией в условиях перехода к рыночной экономике (тарифы, организация АВП и так далее).

Указанные лимитирующие факторы по определению возможного объема коллекторно-дренажных вод, подлежащих к использованию недостаточно разработаны, недоучет которых приводит к значительному завышению объемов внутрисистемного использования. Они должны быть разработаны для конкретных регионов по системам отдельных крупных систем коллекторов, как организационно-техническая единица формирования стока с идентичными водохозяйственными условиями. Проработки

поставленных вопросов были, выполнены в САНИИРИ по системам коллекторов в Центральной Ферганы в бассейне р.Сырдарьи и Каршинской степи в бассейне р.Амударьи для состава сельхозкультур хлопкового комплекса. Результаты проработки показали, что объемы возможного использования коллекторно-дренажных вод с учетом разбавления составили в Каршинской степи до 40-50 %, по Центральной Фергане - 50-60 %, в низовьях р.Амударьи (Хорезм, Каракалпакистан и др.) - 20-30 % стока вегетационного периода.

В зависимости от технологической формой использования будут различаться объем и качество используемой воды, инженерных мероприятий по забору и подачи воды для орошения, объем и состав мелиоративных и организационно-хозяйственных мероприятий по недопущению или ликвидации отрицательных последствий использования вод повышенной минерализации. При этом как главными критериями будут вступать экологические и экономические оценки перспективности орошения водой некондиционного качества.

Расчеты показали, что систематическое (постоянное) использование дренажного стока на легких по механическому составу почвах (землях I категории по водопроницаемости) ограничивается минерализацией 2,0 г/л, хотя нормативный эффект сохраняется на совершенных системах при минерализации поливной воды до 3 г/л и более. На землях II и III категорий водопроницаемости этот предел составляет 1,5 г/л. На землях IV категории дренажно-сбросную воду на орошение использовать не рекомендуется. При периодическом (временном) использовании в маловодные годы или на землях существующего орошения, где жестко проявился дефицит воды и необходимо сохранить их хотя бы и пониженную продуктивность, положительный эффект сохраняется при орошении водой с минерализацией до 4,0 г/л. Для этих условий рекомендуется использовать на землях I категории 3-4 г/л; на II и III категории до 2,0-3,0 г/л, а на землях IV категории земель использования воды с минерализацией выше 1,0 г/л нецелесообразно. Следует отметить, что в перспективе необходимо уточнить экологические и экономические критерии, которые уточняют объем и качество используемой воды.

Установлено, что при использовании КДВ для повышения водообеспеченности территорий для покрытия дефицита водных ресурсов, особенно в маловодные годы (периодическое использование), необходимо ориентироваться на 50 % обеспеченности стока в местах водозабора из коллекторов, наблюдаемых за ряд лет, а в случае постоянного использования для орошения (круглогодично) на отдельных картах севооборотных массивах или запредельных массивах (автономное использование) - 90 % обеспеченности стока наблюдаемых в местах водозабора, с тем, чтобы полностью обеспечить водой подвешенные площади.

В последние годы в странах Центральной Азии резко увеличились площади по зерно-колосовым, в основном, пшенице и ячменю, поливы которых производятся. В осенне-зимний и весенний периоды, когда основная культура хлопчатник не заливается. Орошаемая площадь пшеницы только по Узбекистану составляет порядка 1 млн.га, на которой также можно использовать воды повышенной минерализации. Кроме того,

имеются значительные площади средне- и сильнозасоленных почв, на промывку которых также можно использовать часть дренажно-сбросных вод, что доказано многочисленными экспериментами. Таким образом, объемы повторно используемых КДВ внутри систем можно довести до 25-30 % годового стока.

Реализация такого мероприятия позволит изменить структуру возвратных вод за счет уменьшения доли их возврата в реки, что позволит значительно снизить минерализацию речного стока. Величина повторно используемой воды внутри системы по бассейнам Амударьи составит 2-4 км<sup>3</sup> по бассейну Сырдарьи - 1,5-3,0 км<sup>3</sup> в год, а в целом по бассейну Аральского моря составит 3,5-7,0 км<sup>3</sup>.

По предварительным оценкам воды, пригодные к орошению (2-3 г/л) по Узбекистану насчитывается порядка 10-12 км<sup>3</sup>/год, из которых в режиме водопотребления можно использовать 2,5-4,0 км<sup>3</sup> слабоминерализованных дренажно-сбросных вод.

Использование такого объема возвратных вод требует дополнительных капитальных и эксплуатационных мероприятий по ликвидации отрицательных их последствий, в основном, ликвидации вторичного засоления и снижения продуктивности почв.

#### **7.5. Мероприятия по предупреждению отрицательных последствий от использования дренажных вод**

Сложность и разнообразие природных условий мелиорируемых земель определяют необходимость надежного обоснования оптимального мелиоративного режима, обеспечивающего нормальный рост и развитие сельскохозяйственных культур при использовании КДВ на орошение. Основные показатели, характеризующие мелиоративный режим в корнеобитаемой зоне, - пределы изменения влажности в соответствии потребностями растений и допустимое содержание легкорастворимых солей (Аверьянов, 1978 г.).

В последнее время большинство исследователей пришли к выводу, что при использовании минерализованных вод в почвенно - поглощающем комплексе и питательном режиме корнеобитаемой зоны происходят очень важные процессы. Показатели этих процессов можно регулировать системой мелиоративных мероприятий, в частности режимом и техникой орошения, химическим составом оросительных вод, различными приемами агрохимии и дренажем, а в некоторых случаях - применением химмелиорантов (Решеткина, Якубов, 1978 г.).

Мелиоративный прогноз позволяет оценить природные процессы, их направленность, взаимосвязь, существующие и возможные изменения, темпы изменений под влиянием мелиоративных воздействий и правильно назначить мероприятия по предупреждению отрицательных последствий.

Почвенно-мелиоративные прогнозы разрабатываются по следующим направлениям.

Метод сравнительных почвенно-географических и почвенно-мелиоративных аналогий основан на использовании принципа перенесения (экстраполяции) данных, полученных на других объектах.

Балансовый метод, основанный на решении уравнений водно-солевых балансов, позволяет определить разность между суммарным поступлением и расходом воды и солей (Ковда, 1973; Лебедев, 1976; Решеткина, 1965; Аверьянов, 1978; Ходжибаев, Самойленко, 1978; Якубов, Шерматов и др. 1982 и др.).

Суть аналитических методов состоит в математическом описании процесса передвижения солей под влиянием конвективной диффузии и растворения (Веригин, 1979; Аверьянов, 1978; Барон, 1972; Айдаров, Хачатурьян, 1973; Голованов, Новиков, 1975, Шульгин, Клыков, 1977; Абуталиев и др., 1978, 1984, 1993).

Метод моделирования процессов перемещения воды и солей в почво-грунтах, основанный на физическом моделировании этих процессов, разработан А.В. Новиковой (1975).

Задачу прогноза солевого режима для того или иного объекта можно решить также хорошо известным методом расчета влаго-солепереноса, разработанным И.П. Айдаровым, Л.М. Рексом, А.М. Якиревичем (1985). Он основан на решении системы уравнений, описывающих движение влаги и солей в насыщенной и ненасыщенной зонах почвогрунтов. Уравнения имеют одномерную постановку следующего вида:

$$\frac{dW}{dt} = \frac{d}{dx} \left[ K(W) \frac{dH}{dx} \right] - e(W, x),$$

$$V = -K(W) \frac{dH}{dx},$$

$$\frac{d(W_c)}{dt} = \frac{d}{dx} \left( D^* \frac{dc}{dx} - \frac{d(V_c)}{dx} \right),$$

где  $H$  - обобщенный потенциал почвенной влаги, м

$$H = p(W) - x$$

$p(W)$  - капиллярный потенциал, м;  $X$  - вертикальная ордината ( $x = 0$  на поверхности почвы);  $W$  - объемная влажность, т/м<sup>3</sup>;

$K$  ( $W$  – коэффициент влагопроводимости;  $e(W, x)$  – функция отбора влаги корнями растений;  $V$  – скорость влагопереноса, м/сут;

$C$  – минерализация порового раствора, г/л;  $D^*$  – коэффициент конвективной диффузии,  $t$  – время, сут.

Приведенные выше уравнения дополняются начальными условиями, задающими исходное распределение потенциала влаги (влажность) и концентрации солей в профиле почвогрунтов. На верхней и нижней границах области расчета ставятся краевые условия, задающие потоки влаги и солей, минерализацию используемой воды и др.

### **7.5.1. Прогноз почвенно-мелиоративных процессов для условий опытных участков в Ферганской долине при длительном использовании на орошение дренажно-сбросных вод**

Для выполнения прогнозных расчетов использованы установленные закономерности фактических мелиоративных режимов на основании многолетних натуральных наблюдений показателей почвенно-мелиоративных процессов и элементов водно-солевых балансов.

Прогнозные расчеты по изложенным методам проведены для условий ОПУ на эксплуатационный период с целью обеспечения промывного и рассолительного солевого режима почвогрунтов на орошаемых землях в годовом и многолетнем разрезе. Основой для этих расчетов служили указанные выше закономерности и параметры мелиоративных режимов, установленные на основе многолетних экспериментальных исследований по изучению влияния полива минерализованной водой в условиях ОПУ в Центральной Фергане.

При выполнении прогнозных расчетов необходимо было определить изменения основных показателей мелиоративного состояния земель при длительном использовании минерализованных вод на орошение и промывку. При этом режим орошения и другие условия задавали близкими к существующим: предполивную влажность в период вегетации поддерживали в пределах 70% от ППВ, послеполивную – 100%, минерализацию поливной и промывной воды приняли постоянной – 3г/л; уровень грунтовых вод в период вегетации водно-солевой баланс складывался положительный (отношение  $\frac{B+A}{ET_B} = 0,91$ , а

в годовом цикле – отрицательный ( $\frac{B+A}{ET_B} = 1,22$ ) т.е. поддерживался промывной режим

орошения. Прогнозными расчетами определены следующие показатели:  $S_a$ ,  $S_{гр}$ ,  $S_{кс}$  – соответственно среднее засоление почв по сумме солей в зоне аэрации, в поверхностном слое грунтовых вод и в корнеобитаемом слое, % от сухой массы почв; минерализация поверхностного слоя грунтовых вод  $M^{гп}$ , г/л; минерализация почвенно-порового раствора

восходящего тока  $M_{пр}^{вт}$ , г/л. Результаты расчетов, выполненных за 20-летний период, приведены на рис.7.7.

Полученные данные показывают, что если поддерживать заданный промывной режим орошения в годовом и многолетнем цикле, то уже на 4-5-й год орошения мелиоративное состояние земель улучшается, несмотря на постоянное и длительное использование минерализованных вод и исходное высокое засоление почв и грунтовых вод. Засоление почв и минерализация почвенного раствора снижаются до допустимых пределов:  $S^a=0,76\%$  и  $M_{пр} = 10,8$  г/л.

Поддержание промывного режима позволяет через десять лет опреснить почвы до 0,51-0,59%, грунтовых вод – до 7г/л и почвенного раствора – до 6,6 г/л, а через 20 лет достигается опреснение почв до 0,3-0,32%, грунтовых вод и почвенного раствора до 4,8-5,0 г/л (М.А.Якубов, 1997).

#### Заданные условия

Показатели								
$\frac{B+A}{ET}$		УГВ средн., м		$\pm g, м^3/га$		$M_{ор}, г/л$	$D_p, м^3/га$	Подземный приток, $м^3/га$
за вегетацию	за год	за вегетацию	за год	за вегетацию	за год			
0,91	1,22	1,6	1,7-1,8	+1041	-2058	3,0	5000	+2960

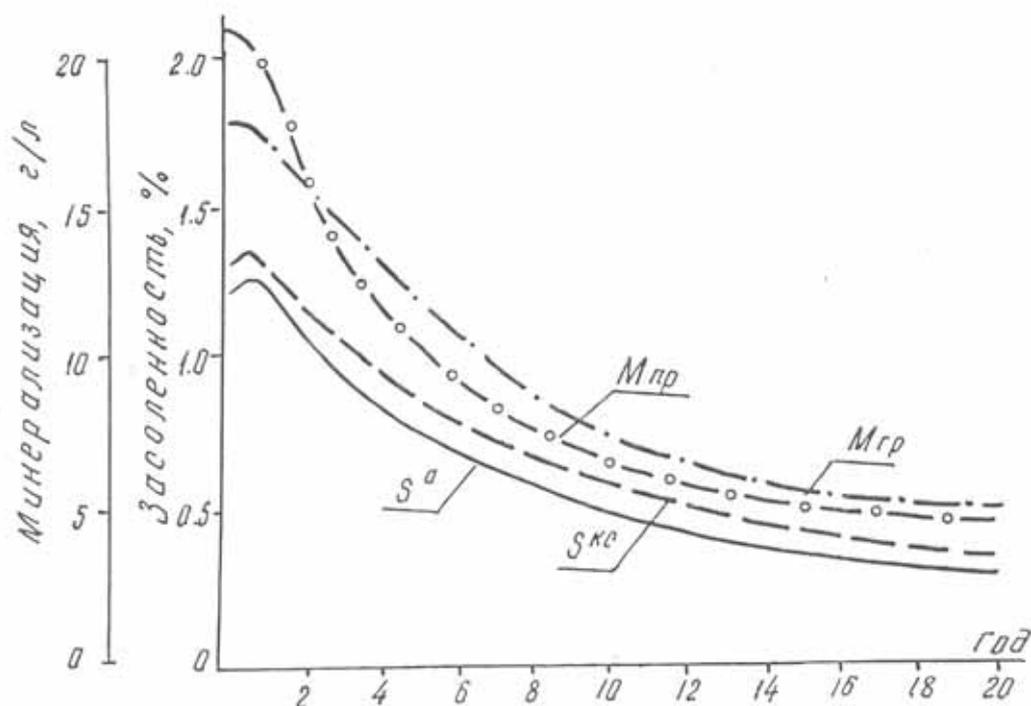


Рис. 7.7. Прогноз основных показателей мелиоративного состояния земель при длительном использовании минерализованных вод на орошение и промывку в условиях Центральной Ферганы:

$S^a$ ,  $S^{kc}$  – содержание солей в зоне аэрации и корнеобитаемом слое по плотному остатку, % от веса сухой почвы;  $M_{гр}$ ,  $M_{пр}$  – минерализация грунтовых вод и почвенного раствора, г/л

Обобщение результатов многочисленных натуральных экспериментов, проведенных во всех республиках Центральной Азии (опыты Н.М.Решеткиной, Х.Э.Якубова, А.У.Усманова, Р.И.Паренчик, В.М.Легостаева, Н.Ф.Беспалова, Рау и Джумабекова, Вишпольского, Шеринова, Ф.М.Рахимбаева и Г.Ибрагимова, А.Рамазанова, Е.Курбанбаева и др.) также показало, что одним из основных мер предотвращения реставрации засоления почв при внутриконтурном использовании КДВ является обеспечение промывного режима орошения на фоне высокой дренированности территории с выполнением следующих условий:

- отношение суммарной водоподачи к суммарному испарению должно быть:

$$\Sigma (B + O_c) : E_{Tp} > (1,1 - 1,2) K_m;$$

- отношение дренажного стока к водоподаче:

$$D_p : \Sigma (B + O_c) \geq 0,3-0,4$$

где:  $K_m$  – коэффициент, учитывающий степень минерализации используемой воды (по данным  $K_m$  можно принять в пределах 1,2-1,4).

Многовариантными прогнозными расчетами по материалам экспериментов выполненными в САНИИРИ, Института водных проблем АН РУз и др. институтах, установлен коэффициент увеличения норм профилактических поливов в зависимости от минерализации используемой воды, таблица 7.26.

Таблица 7.26. Коэффициент увеличения норм профилактических поливов в зависимости от минерализации используемой воды

Степень водопроницаемости	Минерализация, г/л					
	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
I. Хорошо водопроницаемые	1,08	1,06	1,09	1,11	1,23	1,15
II. Водопроницаемые	1,04	1,08	1,12	1,15	1,18	1,20
III. Слабопроницаемые	1,07	1,12	1,17	1,22	1,25	1,28
IV. Плохо водопроницаемые	1,0	1,17	1,24	1,3	1,36	1,4

Для современного отвода указанных норм профилактических поливов потребуется увеличение мощности, дренажа на 20-50 %, которые также установлены расчетами для разных типов проницаемости почв (табл. 7.27).

Таблица 7.27. Коэффициент увеличения мощности дренажа в зависимости от минерализации оросительной воды

Степень водопроницаемости	Минерализация, г/л					
	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
I. Хорошо водопроницаемые	1,05	1,10	1,15	1,2	1,22	1,25
II. Водопроницаемые	1,10	1,15	1,17	1,22	1,25	1,35
III. Слабопроницаемые	1,15	1,17	,22	1,25	1,35	1,50

IV. Плохо водопроницаемые	1,17	1,22	1,25	1,35	1,50	1,55
---------------------------	------	------	------	------	------	------

### 7.6. Количество и качество дренажного стока и последующие альтернативы его размещения

Как показано выше, общий объем возвратных вод, формируемых по бассейну Аральского моря, в годы средней водности составляли 36-38 км<sup>3</sup> в год, из которых 32-35 км<sup>3</sup> приходится на коллекторно-дренажные воды, а 3,3 км<sup>3</sup> на сток промышленности и хозяйственно-бытовых потребителей. Из общего объема КДВ около 51 % (от 16-18 км<sup>3</sup> отводится в естественные понижения и теряется на испарение.

Превалирующее место по объему отводимых КДВ занимает Узбекистан, где формируется до 20-24 км<sup>3</sup>/год КДВ в маловодные годы. Из этого объема непосредственно в местах формирования используется всего 1,4-2,1 км КДВ в зависимости от водообеспеченности. В целом анализ водно-солевых балансов поверхностных вод и водно-солевых балансов зоны аэрации позволяет отметить следующие особенности по бассейнам рек.

**Бассейн р.Сырдарьи.** Геологические, геоморфологические, климатические и гидрографические условия верховьев р.Сырдарьи обуславливают здесь ее функцию как региональной дрены. В этом субрегионе практически отсутствуют бессточные впадины и понижения, которые можно было бы использовать как местные водо- и солеприемники для возвратных (отработанных) вод. Поэтому основной объем коллекторно-дренажных вод поступает в ствол большой реки. Ежегодный вынос с ними солей в отдельные годы составляет до 15 млн.тн, в результате чего повышается минерализация речной воды уже на выходе из верховьев до 0,9-1-2 г/л. Для верховьев бассейна реки Сырдарьи первоочередной задачей в решении проблемы регулирования качества воды в реке наряду с сокращением удельных затрат воды на орошение, является разработка крупномасштабных мероприятий по сокращению стока дренажных вод через повторное использование КДВ в местах их формирования.

В среднем течении реки Сырдарьи проблему можно решить путем отвода части формируемых КДВ в Арнасайское понижение (до 60 %).

В низовьях Сырдарьи проблема отвода и утилизации КДВ решается путем использования их в искусственных озерах и поддержания программ увеличения биоразнообразия, объем которых составляет около 1,2-1,3 км<sup>3</sup> (60 %). При этом до 40 % объема КДС отводится в ствол реки.

**Бассейн р.Амударьи.** В бассейне р.Амударьи, как показано выше и анализ сложившегося водно-солевого баланса, основной объем КДВ и солей в реку поступает в

ее среднее течение и низовьях как с территории Туркменистана, так и с Узбекистана. Как нам представляется, в бассейне р.Амударьи складывающийся ущерб, наносимый продуктивности орошаемого земледелия, можно будет избежать путем ускорения и осуществления проектных разработок по сбору и отводу КДВ среднего и нижнего течения по Главному водо-отводящему тракту в Аральское море, минуя реку Амударья. Исключение объема отвода КДВ в реку несомненно приведет к уменьшению водности реки. Если сопоставить ущерб, наносимый сельскому хозяйству и мелиоративному состоянию земель из-за использования некачественной воды, то эффект от улучшения качества воды в реке и ожидаемое улучшение мелиоративного состояния земель, повышение урожайности сельхозкультур, а также избежание необходимости ежегодных промывок земель и значительное улучшение экологического состояния низовьев, то общая выгода от кардинального решения этой проблемы будет значительна.

В проблеме распределения и управления КДВ важную роль играет наличие естественных впадин и водоприемников отработанного стока, что требует оценку их современного состояния.

### **Состояние водоприемников коллекторно-дренажных вод (КДВ) Центральной Азии и управление КДС**

До широкого развития дренажных систем в Центральной Азии решение вопроса выбора водоприемников отработанных на полях орошения дренажного стока не стоял так остро. До пятидесятых годов незначительные КДС отводились в местные небольшие понижения и там расходовались на испарение.

Начиная с восьмидесятых годов, когда минерализация воды обеих рек в среднем течении повысилась до 0,9-1,3 г/л (в маловодные годы доходила до 1,5 г/л) против 0,5-0,7 в 1960-1965 гг. по реке Сырдарье и 0,6-1,0 г/л против 0,35-0,6 г/л по Амударье, и это стало причиной проведенных ущербов, на проблему водоприемников КДВ стали обращать определенное внимание. Учитывая, что выбор водоприемников во многом зависит от географического расположения зон планирования, рек и их геоморфологических (рельефных) характеристик, водоприемники в бассейнах Амударьи и Сырдарьи получили различные решения.

#### **7.6.1 Бассейн Сырдарьи**

Река Сырдарья, начиная от истока практически до устья проходит по низким отметкам поверхности земли и является водоприемником отработанных на орошаемых полях КДС и фильтрационных вод. Кроме того, в бассейне Сырдарьи в верхнем течении отсутствует естественное понижение для отвода КДВ, а в среднем течении имеется единственная крупная впадина - Арнасайское понижение, которое соединяется с

Чардаринским водохранилищем через плотины. Это понижение является водоприемником КДВ, формируемых в районе Южно-Казахстанской области. До 1969 года Арнасайское озеро состояло из системы озера «Тузкан», расположенного в юго-западной части Арнасай. Арнасай, расположенный в его северозападной части, имеющий тесную связь с рекой и Айдаром, находится между указанными выше озерами.

В 1969 г. в результате высочайшего весенне-летнего паводка реки с расходом более 4500 м<sup>3</sup>/сек и сброса около 20 км<sup>3</sup> из Чардаринского водохранилища в Арнасайскую озерную систему, её уровень, объем и площади сильно возросли. Это приводятся в таблице 7.28. Арнасайское озеро является замкнутой впадиной, в которую поступает огромный объем КДВ, атмосферных осадков и сбросных вод из реки, а накопленный ресурс расходуется только на испарение. Поэтому здесь формируется изменчивый водно-солевой баланс: в маловодные годы и в годы без сброса из Чардаринского понижения объема, площади водной поверхности сокращаются, а минерализация резко повышается.

Так, в 1969-1972 годы средняя минерализация Арнасайского озера составляла 4-5 г/л, изменяясь в районе Тузкан до 6-7 г/л, а Арнасай - 3,0-4,0 г/л, а к 1975-77 годам она повысилась до 14,0 г/л. На современном уровне средняя минерализация по озеру Арнасай варьирует от 4,5 до 6,0 г/л, что соответствует требованиям развития в нем флоры и фауны.

Далее, ниже Чардаринского водохранилища до границы Кызыл-ординской области также отсутствует естественное понижение, за исключением озера Чочка-куль, расположено в зоне командования Арысь-Туркестанского канала, оно является которое водоприемником КДВ Бугуньского и Шаулдерского районов Южно-Казахстанской области. Озеро образовалось в естественной впадине и является замкнутой системой, работающей в испарительном режиме. В пределах Кызыл-ординской области расположены более 100 мелких и крупных озер, определенная часть которых служит водоприемником КДС.

Таким образом, в бассейне Сырдарьи в верхнем, среднем и в части нижнего течения реки из-за природных условий (отсутствие естественного понижения), за исключением Арнасайского понижения, основным водоприемником КДВ является сама река, трасса которой проходит по низким отметкам. В связи с этим, река Сырдарья как водоприемник принимает до 70% объема КДВ, формируемого в бассейне р.Сырдарья, который на 2000 г. составил - 9,9 км<sup>3</sup> (табл. 7.29). Объем поступления в ствол реки составляет на 2000 г. 29 % от общего объема солей, т.е. 21,4 млн.тн. Объем КДВ, поступающий в естественное понижение в 2000 г. составляет 2550 млн.м<sup>3</sup>/год, а солей 10060 тыс.тн в год.

Самым высоким поставщиком КДС и солевого потока в ствол реки является Республика Узбекистан, больше всего возвращает их Ферганская долина и Ташкентская область. По этим зонам планирования все ресурсы водно-солевых стоков возвращаются в ствол реки, а по Сырдарьинской области около 40 % КДВ поступают в реку и 60 % в Арнасайское понижение.

Согдийская зона планирования Республики Таджикистан в ствол реки возвращает от 77 до 83 % КДВ и солей.

В южных районах Республики Казахстан формируется от 2,0 до 2,2 км<sup>3</sup> КДС с минерализацией 2,0-2,5 г/л, объем солевого стока составляет 4,5-5,5 млн.тн в год, из которых 60 % возвращается в ствол реки, остальные - местные понижения и используются как водоприемники. При этом все водоприемники - понижения являются замкнутыми, где их водные ресурсы расходуются на испарение.

В бассейне р.Сырдарьи только на территории зон планирования Республики Узбекистан имеется более 15 крупных коллекторов, расходы которых изменяются от 10 до 50 м<sup>3</sup>/с и более, впадающих в реку с минерализацией до 2,0-2,5 г/л (табл.7.30). При этом минерализация КДС, формируемых в зонах планирования республик Таджикистан и Казахстан, также не превышает 2-2,5 г/л. В связи с этим в бассейне р.Сырдарьи основным мероприятием по управлению дренажным стоком и качеством речного стока, является использование возвратных вод на орошение и промывки, с внедрением приемов водосбережения и интенсивной агротехники. На современном уровне объем использования ресурсов КДВ не превышает 15-17 % от общего их объема.

Таблица 7.28. Уровни, объемы и площади Арнасайской озерной системы и сбросы из Чардаринского водохранилища в Арнасайское понижение за период 1969 – 2001 гг.

Годы	оз.Тузкане			оз.Айдар			Арнасайская озерная система			
	уровень, м	объем, км <sup>3</sup>	площадь, км <sup>2</sup>	уровень, м	объем, км <sup>3</sup>	площадь, км <sup>2</sup>	уровень, м	объем м <sup>3</sup>	площадь, км <sup>2</sup>	сброс из вдхр.,
1969										20,1
1970							238,57	18,664	2175	2,21
1971							238,50	18,502	2165	0,38
1972							237,84	17,778	2067	0,61
1973							237,62	16,579	2039	0
1974							237,15	15,657	1974	0
1975							236,48	14,089	1860	0
1976							235,73	12,721	1744	0
1977							235,24	11,827	1667	0
1978							235,10	11,590	1398	0

1979	235,87	1,412	302	234,94	10,42	1390				0
1980	237,21	1,868	330	235,14	10,42	1400				0
1981	237,80	2,073	343	234,98	10,43	1391				0
1982	238,96	2,476	367	235,15	10,74	1415				0
1983	236,99	1,795	325	235,85	11,12	1466				0
1984	237,60	2,004	338	235,68	7,59	1475				0
1985	237,61	2,007	339	235,80	7,7	1489				0
1986	237,32	1,906	332	235,80	7,7	1489				0
1987	237,52	1,976	337	235,88	7,8	1498				0
1988	237,67	2,028	340	235,81	7,71	1490				0
1989	237,73	2,049	341	236,14	8,0	1528				0
1990	237,72	2,045	341	236,17	8,02	1532				0
1991	237,20	1,865	330	236,30	8,14	1547				0
1992	237,64	2,018	339	237,50	9,20	1685				0
1993							237,58	16,700	2045	2,65
1994							238,70	18,620	2216	9,28
1995							241,60	25,720	2682	4,00
1996							242,48	27,980	2821	1,21
1997							242,50	28,080	2824	1,24
1998							242,63	28,480	2848	3,13
1999							243,69	31,734	3038	3,1
2000							244,26	33,482	3140	2,8
2001							244,45	34,067	3173	0,35
<b>1.01.0</b>							<b>244.11</b>	<b>33.022</b>	<b>3113</b>	<b>0</b>

**Примечание:** Данные уровней, объемов и площадей приведены на начало года, по морфометрии, данные САНИГМИ.



Таблица 7.29. Объемы возвратных вод и солевого стока бассейна р.Сырдарьи (на уровень 2000 г.)

Области формирования	Площадь формирования	Основные источники формирования стока, тыс.га	Средняя минерализация, г/л	Объем возвратных вод и солевого стока, млн.м <sup>3</sup> тыс.т	В том числе		
					в реку, млн.м <sup>3</sup> тыс.тн	в понижения, млн.м <sup>3</sup> тыс.тн	на орошение, млн.м <sup>3</sup> тыс.тн
<b>Верхнее течение</b>							
Республика Кыргызстан	460	коллектора Нарынской, Ошской, Джалалабадской областей	1,2	<u>800</u> 960	<u>800</u> 960	-	-
Республика Узбекистан	280	Замбаркуль Карагукан	1,65	<u>1264</u> 2085,6	<u>1200</u> 1980	-	<u>64</u> 105,6
Наманганская область	280	Аччикуль Каракалпак	2,75	2250 6187,5	1090 2997,5	-	1160 3190,0

Ферганская область	360	Аччикуль	2,8	2970	2020	-	950
		Сарыджуга		8316	5656		2660
		Северный					
Республика Таджикистан		коллектора области	2,4	<u>1189</u>	<u>922</u>	-	<u>267</u>
				<u>2853,6</u>	2212,8		640,8
					77,5 %		(22,5 %)
					77,5 %		(22,5 %)
			2,1	<u>2155</u>	<u>1800</u>	-	<u>355</u>
				4525,5	3780		745,5
					83,5		(16,5)
					83,5		(16,5)

Продолжение табл.7.79.

<b>Среднее течение</b>							
<b>Республика Узбекистан</b>							
Ташкентская область	390	Ортакли	2,1	<u>2480</u>	<u>2200</u>	-	<u>280</u>
		Карасув		5280	4620		<u>588</u>

		Чилисай					
Сырдарьинская область	280	Системы ЦГК, Шурузяк, Пойменный и др.	3,6	<u>1940</u> 6984	<u>390</u> 1404	<u>1450</u> 5220	<u>100</u> 360
Джизакская область	280	ДГК, Ак – Булак, Клы	4,4	<u>1165</u> 5126		<u>1100</u> 4840	<u>65</u> 286
Республика Казахстан	360	Система коллекторов «Достук», «Кызылкумчий», «Шаулдерский»	2,6	Нет информ	Нет информ	Нет информ	Нет информ
Кызыл-ординская область	286	Система коллекторов – «Тогускенский», «Шиелинский», «Кызылорда – Казалинский»	2,4	Нет информ	Нет информ	Нет информ	Нет информ
<b>Всего по Бассейну</b>	без низовьев			<b><u>14776</u></b>	<b><u>9890</u></b>	<b><u>2550</u></b>	<b><u>2979</u></b>
				<b>37174</b>	<b>21397</b>	<b>10060</b>	<b>7935</b>
				<u>(100%)</u>	<u>(67%)</u>	<u>(17%)</u>	<u>(16%)</u>
				<u>(100%)</u>	<u>(57%)</u>	<u>(27%)</u>	<u>(16%)</u>

Таблица 7.30. Расход и минерализация крупных коллекторов по бассейну р. Сырдарьи за 2009 г.

№	Наименование коллекторов	Расход, м3/сек	Минерализация, г/л	Водоприемник	Зона, область
1	Замбаркуль	21,13	0,99	Сырдарья	Андижан
2	Карагунан	27,51	0,63	Сырдарья	Андижан
3	Найнова	10,10	2,27	Сырдарья	Фергана
4	Пограничный	12,5	1,7	Сырдарья	Фергана
5	Пап (в целом по району)	10	0,86	Сырдарья	Наманган
6	Наманган (в целом по району)	9,86	0,8	Сырдарья	Наманган
7	Система «Аччиккуль»	51,73	2,81	Сырдарья	Фергана
8	Сары Джуга(Фергана)	4,28	2,35	Сырдарья	Фергана
9	Северо Багдадский	18,5	2,1	Сырдарья	Фергана
10	К-4	7	2,89	Сырдарья	Фергана
11	Сох Исфаринский	9,31	2,69	Сырдарья	Фергана
12	Шурузьякский	18,41	2,55	Сырдарья	Сырдарья
13	ГПК - С	2,1	2,11	Сырдарья	Сырдарья
14	ЦГК	44,32	3,62	Арнасай	Сырдарья
15	Калыб 1996 г	14,7	4,17	Тузкан	Джизак
16	ДГК 1996 г	11,5	3,59	Клы	Джизак
17	Акбулак 1996 г	6,92	4,91	Тузкан	Джизак

#### 7.6.2 Бассейн Амударьи

Объемы возвратного стока и солей по бассейну Амударьи приведены в таблице 7.31.

Река Амударья, в отличие от реки Сырдарьи местами проходит по низким и местами высоким отметкам по отношению к орошаемой территории. Поэтому она работает на отдельных участках (например, от истока до створа Керки) как водоприемник дренажного стока и фильтрационных потоков, а на других участках (от Дарганаты до Туямуюна) питает орошаемые земли фильтрационными токами. Кроме того, в пределах бассейна реки в ее среднем и нижнем течениях расположены многочисленные пустынные понижения, которые используются в качестве водоприемника КДС. Пустынные понижения наиболее развиты на правобережной части бассейна, параметры которых приведены в таблице 7.32.

В современных условиях из этих пустынных озер, как водоприемник используется Медами и Тухкуй, а остальные используются в качестве отвода КДС. При этом Султандагское и Соленое озера выполняют не только роль водоприемника, но и регулятора стока Южного коллектора с Каршинской степи и части КДВ из Бухарской зоны планирования (таблица 7.32).

Озера Сичанкуль, Султандаг, Соленое и Каратерень являются водоприемниками открытого типа со сбросом р.Амударьи через Парсанкульский коллектор, где солевой баланс складывается отрицательного типа с уменьшением минерализации по времени, а остальные озера-замкнутого типа с положительным солевым балансом (с ростом минерализации во времени).

Таблица 7.31. Объемы возвратных дренажных вод и солевого стока бассейна р.Амударьи (на уровень 2000 г.)

Области формирования	Площадь формирования, тыс.га	Основные источники формирования стока	Средняя минерализация, г/л	Объем возвратных вод и солевого стока, млн.м3 тыс.тн	В том числе		
					в реку, млн.м3 тыс.тн	в понижения, млн.м3 тыс.тн	на орошение, млн.м3 тыс.тн
<b>Республика Узбекистан (нижнее течение)</b>							
Республика Таджикистан	530	дренажные системы р.Вахш, Пяндж и Кафирниган	1,27	<u>400</u> 5080	<u>4000(100%)</u> 5080(100%)	-	-
Республика Узбекистан	320	р.Карасу к-р Ангорский ВСТ, К-1.К-2...К-5	2,2	<u>1100</u> 2420	<u>600 (54.5%)</u> 1320(54,5%)	-	<u>500 (45,5%)</u> 1100(45,5%)
<b>Среднее течение</b> Республика Узбекистан Кашкадарьинская	490	К.Южный Каракалпак	7,1	<u>2340</u> 16614	<u>800 (34.2%)</u> 5680 (34,2%)	<u>1540(63,8%)</u> 10934(63,8%)	-
Бухарская	360	Парсанкуль, ЦБК к-р Северный	4,2	<u>2790</u> 11718	<u>810(29%)</u> 3402(29 %)	<u>1980 (71 %)</u> 8316(71 %)	-

		Денгизкуль					
Республика Туркменистан Дашогузская	460.7	Система озерно-уровневая и Дарьялыкский коллектор	3,5	<u>2263,2</u> 7921,2	-	<u>2263,2(100%)</u> 7921,2(100%)	-
Лебабская	322 2	Система коллекторов левобережной территории р.Амударьи	2,3	<u>1814</u> 4172,2	<u>1814</u> 4172,2(100%)	-	-

Продолжение табл. 7.31

Республика Узбекистан								
Хорезмская	1990	758	к-р «Озерный»	2,98	<u>2740</u> 8165,2	-	<u>2561 (93,5%)</u> 7631,8(93,5%)	<u>179 (6,5%)</u> 533,4(6,5%)
	1999	256	«Дарьялык»	3,7	<u>3290</u> 12173	-	<u>3110 (94,5%)</u> 11507 (94,5%)	<u>180 (5,5%)</u> 666 (5,5%)
Республика Кара- калпакстан	1990	496	Системы коллекторов КС, к-р Берунийский	4,2	<u>2332</u> 9794,4	<u>388(16,6%)</u> 1629,6(16,6%)	<u>1944(83,4%)</u> 8164,8	-

	1999	500	к-р Аязкалинский	4,2	<u>2200</u> 9240	<u>320 (85,5%)</u> 1344(85,5%)	<u>1880(100%)</u> 7896(100%)	-
Республика Туркменистан Ахалская	1990	332,2	Системы коллекторов области	13,6	<u>479,4</u> 6519,8	-	<u>479,4(100%)</u> 6.519,8(100%)	-
	1999	479,04		9,20	<u>498,2</u> 4583,4	-	<u>498,2(100%)</u> 4583,4(100%)	-
Марыйская	1990	373,1	Системы коллекторов: области	12,2	<u>1657</u> 20215	-	<u>1657(100%)</u> 20215 (100%)	-
	1999	477,04		5,0	<u>1395</u> 6960	-	<u>1395(100%)</u> 6960(100%)	-
Всего по бассейну	<b>1990</b>	-	-	-	<b><u>20559,1</u></b> <b>84877,5</b>	<b><u>9267 (45%)</u></b> <b>21847,7(23,7%)</b>	<b><u>10490,1 (51%)</u></b> <b>60965 (69%)</b>	<b><u>807 (4%)</u></b> <b>2009,2 (5,3%)</b>
	<b>1999</b>	-	-	-	<b><u>21690,4</u></b> <b>80881,8</b>	<b><u>8344 (40%)</u></b> <b>20998,2 (26,2%)</b>	<b><u>12666,4 (58,8%)</u></b> <b>58104,8(71,8%)</b>	<b><u>680(1,6%)</u></b> <b>1766 (2,0%)</b>

Таблица 7.32. Водоприемники (естественные понижения), расположенные на правобережье реки Амударьи и их параметры

Зона планирования (область)	Понижение	Отметка уровня воды	Объем, млн.м3	Площадь зеркала, км2	Объем испарения, млн. м' /год	Название коллекторов		Примечание
						впадающих	отводящих	
Кашкадарьинская	Атчинское	276	20	6	15	К-3, К-4	нет	действующий
	оз.Сичанкуль	247,5	1210	68	90-110	Южный	нет	действующий
	оз.Султандаг	205	520	70	120	Южный	Южный	действующий
	Деухана	250	200	23	35	р.Кашкадарья		действующий
Бухарская и Навоийская	оз.Денгизкуль	184	3500	310	500	Денгизкульский	Денгизкульский	действующий
	Хадича	226	65	17,5	28	Караулбазарский	нет	намечаемый
	Кум султан	202	205	92	140-150	Караулбазарский	Караулбазарский	действующий
	Тудакуль	223,5	1200	210	330-340	Главный Каракульский	ПК и Амударья	действующий
	оз.Соленое	183,4	120	62	93	Центрально-Бухарский	Парсанкульский	действующий

	Каракир	-	-	-	-	Северный		действующий
	Аякагитма	187	7300	220	400	Агитминский		действующий
	Медами	171	350	90	140	нет	нет	намечаемый
	Тухкуй	170	550	ПО	150-160	нет	нет	намечаемый
Республика Каракал пакстан	Аязкала	93	300	48	72-75	Кзылкумский	Аязкалинский	действующий
	Каратерень	-	-	-	-	Джилъванский	К-5	действующий

Характеристики основных коллекторов, сток которых формируется в пределах Бухарской, Кашкадарьинской областях и р. Каракалпакстан приводятся ниже в таблице 7.33.

Таблица 7.33. Характеристики основных коллекторов (за 2009 г.)

Область	Коллектор	Сток (млн. м <sup>3</sup> )	Минерализация (г/л)	Сброс в
Сурхандарьинская область	-	649		Амударья
Кашкадарьинская область	река Кашкадарья	550-600	1,0-4,0	Даухана, Сичанкуль, повторное использование
	КЗ.К4	20-25	5-7	Атчи
	Южный, Сичанкуль	1200-1300	5-7	Султандаг, Сичанкуль
Бухарская область	Денгизкульская	429,8	5,3	ПК (существующий)
	Южный	26,4	8.0	Денгизкуль
	Главный Каракульский	75,5	7,1	ПК (существующий), Амударья
	Центральный Бухарский	286,1	3,5	Озеро Соленое, Амударья
	Западный Ромитанкий	80,2	3,9	озеро Соленое, Амударья
	Северный	343,5	3,4	озеро Каракир
	Аягитма	120,8	2,5	депрессия Аягитма

	Караулбазарский	109,4	9,01	депрессия Хадича
Каракалпакстан (юг)	Берунийский	268,9	4,75	Амударья
	Кзылкумский	263,0	3,21	озеро и коллектор Аязкуль
	Восточный 1, 2	16,1	2,34	коллектор Аязкала
Каракалпакстан (север)	КС-1	276,1	3,23	Джилтербас. Аральское море
	КС-3	141,9	3,95	Аральское юре
	КС-4	75,1	2,85	Аральское море
	Коксу	11,8	3,28	озеро Каратерень
	Джихван	45,7	3,34	Аральское море

В настоящее время многие существующие понижения практически заполнены до допустимого уровня за исключением нескольких проточных емкостей (оз.Султандаг, оз.Соленое), являющихся преимущественно испарителями. Некоторая часть их объема теряется на фильтрацию.

Повышение эффективности использования этих емкостей возможно при функционировании их в качестве регулятора стока:

- Для озер Сичанкуль и Денгизкуль это может быть достигнуто устройством связывающего их канала и канала от оз.Денгизкуль до Денгизкульского сброса, что позволит осуществить проточный режим. Создающийся на соединительном канале перепад между озерами около 60м при достаточно постоянном стоке даст возможность организовать получение электроэнергии. При необходимости объем озера Сичанкуль может быть увеличен за счет наращивания дамбы, ограждающей озеро с юга, на протяжении около 2,6 км.

- Создание регулирующих объемов озер Сичанкуль и Денгизкуль с продолжением тракта в сторону Денгизкульского сброса позволит повысить гибкость регулирования стока Южного коллектора и решить задачу сокращения сбросов КДВ в оз. Султандаг на территорию Туркменистана.
- Понижение Деухана используется для аккумуляции части стока р. Кашкадарья на концевом участке, насыщенного КДВ. Очевидно, следует проработать вопрос о строительстве перехватывающих коллекторов вдоль р.Кашкадарья с отводом их в Сичанкульский коллектор и обеспечения подачи в понижение только пресной речной воды.
- По понижению Хадича одним из важных вопросов является переключение коллектора ГД на понижение Кумсултан и далее на Денгизкульский сброс. Это позволит исключить из работы депрессию Хадича, так как в ней сложилась весьма неблагоприятная ситуация с засолением и водной эрозией прилегающих земель.
- Использование понижений Медами и Тузкуй позволит, дополнительно к существующим емкостям на территории региона, создать полезный объем для аккумуляции и испарения стока КДВ около 900 млн.м<sup>3</sup> и обеспечить годовой объем испарения около 300 млн.м<sup>3</sup>/год, что составляет около 15 % от испарительной способности всех существующих понижений. Для их наполнения потребуется завершить строительство участка правобережного отводящего тракта от озера Соленого до Медами.
- В качестве испарительной емкости может быть рассмотрено использование для этой цели понижения Маханкуль, к западу от оз.Соленое. В настоящее время оно дренировано Парсанкульским коллектором и осушено. В результате устройства дамбы вдоль Парсанкульского сброса, это понижение, при площади около 120 км<sup>2</sup>, может дать испарительный эффект около 200 млн.м<sup>3</sup>/год. Для таких же целей могут быть использованы межбарханные понижения вдоль перспективной трассы правобережного тракта ниже Медами.

Все эти мероприятия позволяют сократить объем сбрасываемых в реку дренажных вод, регулирование стока будет способствовать снижению загрязнения реки Амударья.

В настоящее время недостаточно имеющихся данных для выполнения конкретного проектирования. Поэтому, необходимо организовать проведение соответствующих работ по уточнению параметров понижений путем топографической съемки, установления режима испарения и величины фильтрационных потерь из водохранилищ, расположенных в разных зонах.

В бассейне Амударьи кроме указанных пустынных понижений, расположенных на правом берегу р.Амударьи имеется ряд естественных понижений на левом берегу. Из них наиболее крупным является Сарыкамышское озеро, работающее с 1960-65 гг. как водоприемник КДС, формируемого по Хорезмской (Республика Узбекистан) и Дашхаузской (Республика Туркменистан) зонам планирования. Оно расположено на территории Республика Туркменистан, морфологические характеристики которого представлены в таблице 7.34.

По мере развития водоема, увеличения его площади и объема происходит сглаживание морфометрических характеристик озера. В настоящее время основные изменения в конфигурации водоема прилегают к южному побережью, где наиболее размываемые песчаные берега подвержены интенсивному переформированию.

Уровенный режим озера отражает характер и направленность изменения компонентов водного баланса водоема. За последние 35 лет Сарыкамыш превратился из небольших солончаков в крупнейшее ирригационно-сбросовое озеро бассейна Аральского моря. Уровень воды при этом поднялся более чем на 35 м. Расчеты на имитационной модели показали, что наиболее интенсивный подъем уровня был характерен для первых 10-15 лет, когда возрастающий приток коллекторно-дренажных вод не полностью компенсировался потерями на испарение.

Таблица 7.34. Динамика морфометрических характеристик оз.Сарыкамыш по материалам космических снимков

Характеристика	1971 г.	1975 г.	1976 г.	1980 г.	1985 г.
Отметка уровня воды, м	-9,2	-7,60	-6,97	-4,30	-2,0
Площадь зеркала, км <sup>2</sup>	1020	1600	1790	2800	2900
Длина, км	43,1	73,7	76,3	81,4	84,0
Ширина, км:					
наибольшая	36,1	47,3	51,7	65,3	65,4
средняя	23,7	21,7	23,5	34,4	34,5
Глубина, м:					
наибольшая	30,0	32,0	35,0	38,0	42,0
средняя	11,2	8,5	8,1	7,3	9,3
Объем воды, км <sup>3</sup>	11,44	13,54	14,55	20,56	27,08
Длина береговой линии, км	262	486	561	585	520
Показатель:					
удлиненности	1,82	3,40	3,25	2,37	2,43
компонентности	0,66	0,46	0,45	0,45	0,53
развития акватории	2,32	3,45	3,74	3,12	2,72

относительной глубины	1,05	0,73	0,67	0,51	0,65
формы озерной чаши	0,37	0,27	0,23	0,19	0,22
открытости озера	91,5	188,2	220,9	383,5	408,6
условного динамического воздействия берегов и водной массы	3,89	3,29	3,08	4,79	5,57

Средняя интенсивность подъема уровня за 1962-1965 гг. достигала 3,1 м/год, за 1965-1974 гг. - 1,8 м/год, за 1976-1981 гг. - 0,5 м/год, в 1982-1986 гг. она сократилась до 0,2 м/год.

Анализ многолетних изменений уровня, восстановленных методом водного баланса, позволяет выделить в режиме озера четыре периода:

начальный период образования ирригационно-сбросового озера (1962-1974 гг.), характеризующийся постоянным наиболее интенсивным подъемом уровня за счет интенсивного поступления КДВ по Дарьялыкскому коллектору - до 4-5 км<sup>3</sup>;

период замедления роста уровня (1975-1981 гг.), сопровождавшийся затоплением равнинной части котловины;

период приближения водного баланса к равновесным условиям (1982-1966 гг.);

период стабилизации водного баланса с расходом приходной части на испарение и фильтрации из ложи озера за счет увеличения его площади.

В приходной части баланса основным ресурсо-формирующим элементом является приток воды в озеро по Дарьялыкскому коллектору, значение которого составляет от 91,4 до 96,4%, остальная часть приходится на долю осадков, а расходной части - испарение.

При этом до 1982-1983 годов водный баланс складывается по типу интенсивного накопления запасов воды, подъема уровня озера и увеличения испарения за счет роста площади. Начиная с 1982 годов сумма приходных статей стабилизировалась в объеме 4,3-5,0 км<sup>3</sup>, а испарение 3,9-4,0 км<sup>3</sup>. Иначе говоря, структура водного баланса за исследуемый период практически не изменилась. Около 80 % поступающей воды в озеро расходовалось на испарение, а 20 % - на увеличение его объема, который достиг к 1985 г. 27 км<sup>3</sup>. В дальнейшем глубина, площадь и объем воды в озере практически стабилизировались на этом уровне, изменяясь от 25-27 км<sup>3</sup> до 30 км<sup>3</sup>.

Дельтовая часть бассейна Амударьи (Республика Каракалпакстан) представлена наиболее развитой сетью естественных понижений - озер, которые служат водоприемниками КДС.

Начиная с 1960 годов для отвода дренажного стока с орошаемых земель в республике строились также крупные коллектора: Аязкалинский, Берунийский, ККС,

Главный левобережный (ГЛК), ПВККС, Устюрт, КС-1, КС-3 и КС-4, параметры устьевых частей которых приведены в таблице 7.35. Суммарная протяженность этих межхозяйственных коллекторов составляет 2200км. По проектам их суммарный расход равен 300 м<sup>3</sup>/сек или 9,0 млрдм<sup>3</sup>. На современном уровне общий расход всех этих коллекторов не превышает 40-45 м<sup>3</sup>/сек или 13-15 % от их проектной величины. Кроме того, фактические параметры эксплуатируемых коллекторов и по другим показателям технических характеристик, таких как отметки дна и горизонтов также не соответствует проектным данным. По этим показателям все коллектора заилены на 2,0-2,5 м. В связи с этим горизонт воды в них на эту величину стоит выше проектных и они подпирают внутривладельческие коллектора и дренажи, снижая их работоспособность.

В зоне обслуживания этих коллекторов ежегодно формируется от 1193,8 млн.м<sup>3</sup> (1970 г.) до 3554,3 млн.м<sup>3</sup> коллекторно-дренажных вод, которые по указанным коллекторам отводятся в реку Амударью, пески и озера - Жыл-тырбас, Судочье, Мишанкуль, Каратерень и Сарыкамыш. Доля отводимых в реку КДС изменяется в пределах 8,3 % (1970 г.) до 15,8 % (2000 г.), а в пески от 12,6 до 19,1 % от общего объема КДВ. Минерализация вод изменяется в широких пределах от 3,5-4,0 г/л до 5-7 г/л (табл.7.36). Объем КДВ, поступающие в озера составляет 65-70 % от общего объема КДВ.

До 1990-1997 гг. практически все озера, за исключением Судочье, были бессточными, а в современных условиях они являются проточными за счет их реконструкции. В расположенных на территории Республики Каракалпакстан складываются отрицательные солевые балансы с медленным опреснением воды. В этих озерах идет процесс восстановления биоразнообразия. В тоже время КДС формируемый по Республике Каракалпакстан по уровню солености относятся к категории слабоминерализованной и он вполне доступен к использованию на орошение и промывку земель, представленных легкими и средними почвогрунтами. Республика Каракалпакстан имеет в своем земельном фонде огромные свободные площади с почвами легкого сложения.

Только по Сурхандарьинской зоне 45-55 % КДВ используются на орошение и промывку земель. В принципе бассейн Амударьи располагает достаточно большим количеством пустынных понижений для приема КДС в полном объеме, который формируется в его пределах, за исключением Лебапской зоны планирования. В этом случае резко снизится оросительная способность реки, а также усложнится управление водоприемниками из-за их переполнения и отвода КДВ в другие понижения. В связи с этим в бассейне Амударьи должны рассматриваться варианты распределения КДВ в реку, водоемы, на орошение, установив их оптимальные ресурсы без ущерба народному хозяйству.

Таблица 7.35. Технические характеристики устьевых частей крупных коллекторов РК (данные ОГГМЭ)

№ № ПП	Наименование коллекторов	Место нахождения гидропостов (пикеты проект\ полевой)	Проектные отметки		Существующие отметки		Стадия проектирования	Обоснование	Расход м <sup>3</sup> /сек		Дренажный модуль стока, л/сек/га		Минерализация, г/л
			дно	Гори зонт воды	дно	Гори зонт воды			проект	факт	проект	факт	
1	Аязкалинский	5/-	87,65	90,75(мах)	89,65	92,69	Рек-ция	УзГВХ 87	33,6	7,5	0,95	0,21	4,0
2	Беруний	264	86,98	88,98	87,53	89,53	Рек-ция	УзГВХ 87	28	6,6	0,69	0,16	4,0
3	ККС	550	49,29	52,03	51,79	51,53	Рек-ция	Узгипроводхоз 85	42,2	11,7	0,38	0,1	3,96
4	ГЛК	30+40	53,40	54,90	55,75	57,25	Рек-ция	Узгипроводхоз 85	21,0	3,3	0,35	0,05	3,74
5	ПВ ККС	12	51,94	53,44	54,05	55,5	мехочистка	Уздавмелиосув 2000	15,0	2,1	0,50	0,07	2,41
6	Устюрт	493	58,94	60,64	60,14	61,84	мехочистка	ККРПХО - 93	31,0	2,2	1,04	0,07	2,03
7	КС-3	900	48,09	50,09	50,36	52,34	Рек-ция	САГВХ-86	32,0	1,3	0,61	0,02	2,39
8	КС 4	272	50,17	52,16	52,16	54,15	Рек-ция	САГВХ-86	29,0	1,6	1,10	0,06	1,79
9	КС-1	1186	48,77	52,17	50,54	52,64	Рек-ция	УзГВХ 87	51,0	4,8	0,57	0,05	2,41



Таблица 7.36. Распределение дренажного стока Республики Каракалпакстан по водоприемникам за 1970-2002 г (данные ОГГМЭ)

№ № пп	Год ы	Всего отведе но	В том числе по водоприемникам							Примечани е
			Озеро Жылтыр бас	Озеро Судоч ье	Озеро Машанк уль	Озеро каратер ень	В песк и	Река Амуда рья	Озеро Сарыкам ыш	
1	1970	1993,8	467,6	250,5			164,7	120,0	191,0	Орошаемая площадь обслуживае тся открытой горизонталь ной дренажной сетью
2	1975	2014,1	418,1	193,10			146,5	130,1	172,6	
3	1980	2978,3	856,27	583,05	210,05	119,60	401,96	271,0	362,0	
4	1985	2943,35	865,91	643,75	231,01	244,17	340,44	387,6	230,5	
5	1990	2331,53	603,64	568,80	106,59	115,49	293,1	356,3	287,6	
6	1991	2881,24	772,92	596,76	129,01	109,17	463,4	507,86	302,1	
7	1992	3554,27	1068,46	734,98	197,55	179,16	586,4	423,84	363,9	
8	1993	3295,53	928,09	748,71	248,77	169,24	522,8	378,3	242,0	
9	1994	2897,20	835,62	655,91	249,57	176,20	351,22	346,4	182,3	
10	1995	1876,09	453,56	515,88	85,96	74,50	327,76	268,9	149,5	
11	1996	2503,77	685,85	583,71	204,84	113,58	368,52	354,3	193,2	
12	1997	1846,63	435,52	469,11	85,69	49,19	358,48	305,62	143,0	
13	1998	2813,5	845,0	629,10	291,9	144,3	422,4	303,5	177,3	
14	1999	2737,0	709,8	595,6	211,90	125,1	488,	325,3	281,15	

	9	0					15			
15	200 0	1572,2	344,00	350,9	67,80	45,5	300, 8	248,0	215,2	

## **Глава 8. Рекомендации и предложения по использованию и размещению**

### **КДС**

#### **8.1. Государственная политика в отношении сохранения повторного использования и размещения КДС**

##### **Современный уровень и перспективы управления трансграничными возвратными водами (ТГВВ) и коллекторно-дренажным стоком**

Под трансграничными возвратными водами (ТГВВ) понимаются стоки системы коллекторов, ресурсы которых формируются с участием грунтовых (подземных), поверхностных и коммунально-бытовых вод и они отводятся в водоприемники через **территории** двух или более государств.

К категориям ТГВВ следует отнести стоки, формируемые на территории одного государства, но отводящие водные ресурсы в межгосударственные водоприемники в виде рек и озер и загрязняющие их.

Критерием определения перечня коллекторов, стоки которых формируются на территории одного государства, на наш взгляд, следует принимать их расходы и минерализацию воды.

В условиях ухудшения эколого-мелиоративного состояния бассейна в целом, странами региона вырабатываются национальные и региональные стратегии по управлению трансграничными возвратными водами (ТГВВ).

Региональные и национальные стратегии управления бассейна нацелены на устойчивое развитие и использование трансграничных возвратных вод, которые требуют постоянного мониторинга и управления по ряду критериев, обеспечивающих их экологическую стабильность и безопасность, а также долговременную биопроизводительность и биоразнообразие поддерживаемых ими экосистем (таблица 8.1).

Система управления ТГВВ включает ряд принципиальных положений:

- определение возможных лимитов сброса ТГВВ в реки с учетом ограничения загрязнения для различных участков рек с тем, чтобы колебания вредных компонентов по содержанию не превышало согласованных концентраций, установлению на **этой** основе лимитов для стран;

определение расчетных параметров санитарных и экологических попусков свежей воды по контрольным створам с учетом предполагаемых режимов сбросов ТГВВ в реки;

- разработка принципа выбора и обоснования состава сельхозкультур и зональных мероприятий для различных почвенных условий, в которых рекомендуется использование возвратных вод для орошения земель;

- подготовка рекомендаций по технико-экономическому обоснованию размеров и масштабов привлечения коллекторно-дренажного стока для орошения, промывок и других нужд;

разработка методики прогнозирования режима водоемов и ветландов для обеспечения их экологической устойчивости и определение необходимых режимов улучшения;

определение комплекса организационно-технических мероприятий по **предотвращению** ухудшения мелиоративно-экологического состояния объектов использования ТГВВ.

***Региональная стратегия управления ТГВВ, включает:***

- установление лимитов сброса возвратных вод по объемам воды и по количеству сбрасываемых загрязнителей странам и отдельным их зонам;
- порядок назначения санкций при нарушении согласованных лимитов;

Таблица 8.1 Система управления ТГТВ, критерии и ограничения

Вид использования возвратных вод	Направление возможного использования	Критерий устойчивости	Ограничения	контроль
Сброс в реки	Увеличение водного ресурса	Недопущение превышения допустимого лимита загрязнения воды в реке	Максимальная величина лимита загрязнения стока повременно	Качество воды в реке и аккумуляция солей в зонах планирования
Орошение и нужды других водопотребителей	<ul style="list-style-type: none"> <li>- В местах формирования стока для орошения сельхозкультур</li> <li>- На пустынных массивах для орошения солеустойчивых древесных культур</li> <li>-Для промывки засоленных земель</li> <li>-Для подпитки корнеобитаемого</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Недопущение засоление земель</li> <li>-Экономическая и экологическая стабильность</li> <li>- Эффект рассоления</li> <li>- Недопущение заболачивания и</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Наличие ресурса воды</li> <li>- Солевой баланс земель в сезонном разрезе отрицателен</li> <li>Солевой баланс земель в сезонном разрезе отрицателен, экологическая целесообразность</li> <li>-Расположение УГВ ниже допустимого уровня,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Солевой состав почв в целом и по ионам</li> <li>- Солевой состав почв в целом и по ионам</li> <li>-Ход рассоления</li> <li>- Контроль за УГВ, солевой</li> </ul>

	<p>слоя подпором воды в коллекторах</p> <p>- Использование для технических нужд</p>	<p>засоления земель</p> <p>-Недопущение коррозии металлических частей машин и механизмов</p>	<p>сезонный отрицательный солевой баланс</p> <p>- Наличие ресурса воды</p>	<p>состав воды и ионный состав</p>
<p>Сброс в водоемы и ветланды</p>	<p>- Создание ветландов</p> <p>-Рыбопроизводство</p> <p>-Пущное звероводство</p> <p>-Корм скоту</p> <p>-Квота и туризм</p> <p>-Миграция птиц</p> <p>-Восстановление дельт рек</p>	<p>- Требование соответствующих отраслей по изменению минерализации, расходов. проточности. кислородному обмену и т.д.</p>	<p>Минерализация и объем сбросных вод</p> <p>Возможность разбавление пресными водами по объему</p>	<p>- Застойные зоны</p> <p>-Скорость воды</p> <p>- Содержание солей</p> <p>- Содержание кислорода</p> <p>-ВПК</p>

- установление границ ответственности за управление ТГВВ между региональными, национальными и местными органами.
- баланс распределения солей, вовлекаемых возвратными водами, между зонами их накопления.

***Национальная стратегия управления ТГВВ включает:***

- установление перечня и состава охраняемых и управляемых водоемов на возвратных водах, порядок их передачи под управление соответствующим местным и областным органам водного хозяйства (или) и охраны природы;
  - разработка правил и порядка работы национальных организаций по управлению возвратными водами;
  - подготовка порядка распределения лимитов сбросов ТГВВ между областями и местными зонами;
  - разработка системы управления ТГВВ на национальном уровне, включая выдачу разрешений на использование их для орошения и другие нужды;
  - подготовка и утверждение регламента работы охраняемых национальных водоемов на возвратных водах, включая прогнозирование их режимов с позиций устойчивого развития, а также предложения по соответствующим инженерным и экологическим мероприятиям;
  - составление перечня основных зональных организационно-технических мероприятий по предотвращению или минимизации ущерба при использовании ТГВВ на поддержание ветландов и других видов водопользования.
- Создание новых (или расширение существующих) региональных и национальных организаций для усиления "организационного потенциала" водо-экологических организаций, ответственных за управление ТГВВ.

В суверенных странах Центральной Азии, в зависимости от географического, природно-хозяйственного и экономического положения, а также характера проявления (направленности) экологических процессов реализуются различные организационно-технические решения по управлению (использование и размещение) коллекторно-дренажными стоками. При этом общим для всех государств Центральной Азии является использование части стока вод на местах их формирования на орошение, а различие - в решении проблем отвода и утилизации.

В республике Узбекистан в бассейне р. Амударьи 50-65 % КДС Бухарской, Навоийской областей и Республики Каракалпакстан отводятся в местные понижения, такие как Соленое озеро – Денгизкуль, Аяк Агитма, Акчакуль, и др, а Хорезмская область полностью сбрасывает в озеро Сарыкамыш емкостью более 20 км<sup>3</sup>. В бассейне Сырдарьи около 50 % формируемого в её средней части стока отводится в естественное понижение – Арнасай. Такое положение связано с тем, что трасса реки проходит по всей её протяженности, по низким отметкам территории и река является единственным водоприемником

Однако частичной отсечкой КДС от сброса в ствол реки экологическая проблема по улучшению качества речного стока не решается. Поэтому по поручению правительства Республики Узбекистан в 1980 г проектным институтом "Средазгипроводхдопок" разрабатывалось технико-экономическое обоснование Большого правобережного коллектора по сбору и отводу возвратных дренажных вод с орошаемых

земель, расположенных в верхнем, среднем и частично нижнем течениях р.Амударьи. общей площадью около 1 млн.га. Трасса коллектора проходит по правому берегу реки Амударьи, параллельно к ней, по пескам и впадает в Аральское море. Общий объем сбора коллекторно-дренажных вод по проекту установлен в порядке 3,5 км<sup>3</sup>. Протяженность коллектора составляет более 308 км, а стоимость оценена около 1 млрд. долл.США. По прогнозу отсечка КДС с правобережной части Амударьи должна обеспечить снижение минерализации воды в нижнем течении реки ниже 1.0 г/л. Общим недостатком ТЭО является отсутствие технических « альтернатив по снижению дренажного стока, и его очень большая стоимость.

Строительство правобережного коллектора начата в 1987 году, она ведется очень медленно. При этом строительство планировалось вводить в две очереди. В первой очереди строительство велось по территории р. Каракалпакстана, и оно завершено в 2009 году. Часть Правобережного коллектора, предназначенного для отвода дренажного стока из Наваийской и Бухарской областей и Каршинской степи ещё не начато, хотя правительство Узбекистана обратилось Всемирному Банку развития и реконструкции за помощью в увеличении финансирования объекта, вопрос пока не решен.

### ***Республика Казахстан.***

В пределах республики Казахстан в бассейне р. Сырдарья до 2000 г. ежегодно формировались возвратные воды в объеме от 2,1 до 2,5 млрд м<sup>3</sup>, из которых 40 45 % отводились в местные понижения, водоемы и ветланды, а остальная часть в русло реки. Начиная с 2001 - 2002 гг. здесь наблюдается резкое снижение КДВ, объем которых изменяется в пределах 0,5-0,7 км<sup>3</sup>/год.

Благодаря природно-климатическим условиям большинство водоемов Казахстана являются уникальными природными гидробиокомплексами. В водоемах обитает более 1000 видов водолюбивых растений, сотни видов беспозвоночных и рыб, 12 видов водолюбивых млекопитающих. К числу наиболее важных компонентов относятся водоплавающие и околоводные птицы - около 130 видов.

Переход к экологически безопасному и устойчивому развитию является одним из приоритетных направлений развития Казахстана. В Стратегию долгосрочного развития страны до 2030 года включен раздел «Экология и природные ресурсы - 2030», где выделены 4 приоритетных направления:

1. Создание экологически безопасной окружающей среды
2. Сбалансированное использование природных ресурсов
3. Сохранение биологического разнообразия
4. Экологическое просвещение

Из этого следует, что сохранение биоразнообразия водных экосистем - приоритетная проблема государственной политики. Однако экономические трудности являются на данном этапе серьезной помехой по ее осуществлению.

### ***Республика Туркменистан***

Правительством принято решение по созданию грандиозного озера-водохранилища "Озеро Золотого века Туркменистан", создаваемого за счет сбора и отвода коллекторно-дренажных вод (КДВ), формируемых на территориях Туркменистана и частично Узбекистана.

Коллекторно-дренажный сток, формируемый на орошаемых землях 5-вилоятов Республики Туркменистан - Ахал, Балкан, Мары, Лебап, Дашовуз и Хорезмской области Республики Узбекистан, подается к озеру с помощью строительства двух магистральных коллекторов, протяженность которых составляет 1080 км. К магистральным коллекторам дренажный сток из вилоятов поступает через 9 межхозяйственных коллекторов, общей протяженностью 936 км.

Очевидно, что реализация этого грандиозного проекта затрагивает изменение эколого-мелиоративных процессов не только Республики Туркменистан, но и всего низовья Амударьи.

Положительной стороной этого проекта является то, что строительство объединительных коллекторов с их рукавами позволяет управлять отводом дренажного стока с орошаемой территории за его пределы, а также предотвращает поступление его в ствол Амударьи в пределах Лебапского вилоята в объеме 2-2,5 км<sup>3</sup>, и тем самым снижает солевое давление в реку, хотя и на незначительную величину - 6-7 млн. тонн в год при общем поступлении солей по бассейну 60-80 млн. тонн в год.

В настоящее время строительство магистральных и межхозяйственных коллекторов завершилось. Однако основные коллектора не подключены к магистральным и дренажный сток не подается к «Золотому озеру». В то же время трассы как Правобережного и Левобережного так и основные магистральные и межхозяйственные коллектора р. Туркменистан проходят по песчаным, пустынным зонам. В связи с этим будут происходить большие потери воды, которые создадут определенные трудности отвода планируемого объема сбросных вод до места назначения.

В то же время возможность быстрого наполнения (до 2010 года) и, тем более, использования на расширение орошаемых площадей, развитие рыбопроизводства с очисткой вод, а также решение проблемы мелиорации земель вызывает определенное сомнение.

**В Таджикистане и Кыргызстане** орошаемые зоны расположены в головных (верхних) участках рек Амударьи и Сырдарьи и весь коллекторно-дренажный возвратный сток, сформированный в этих странах, в виду их географического положения обратно поступает в русло рек, загрязняя их солями и пестицидами.

## **8.2. Рекомендации и предложения по использованию и размещению коллекторно-дренажных вод**

Практически во всех республиках Центральной Азии практикуется «повторно-прокатный» способ использования дренажного стока в народном хозяйстве с их отводом

в ствол рек, что привело к повышению минерализации и ухудшения химического состава речного стока. При этом ухудшение качества речного стока проявилось в среднем и особенно в нижнем течении рек. Использование речного стока ухудшенного качества является одной из причин проявления засоленности почв и снижения эффективности других отраслей народного хозяйства.

Между тем, общепринятая практика использования минерализованных вод на орошение и промывку земель в Центральной Азии и в других государствах показывает возможность и целесообразность использования дренажного стока по месту их формирования в определенных почвенно-мелиоративных условиях. Обработка и анализ полученных многолетних информации изложенных выше в главах 1-7 показывает возможность эффективного использования дренажного стока с минерализацией до 3 – 3,5 г/л, на легких и средних по водопроницаемости почвах на достаточно хорошо дренированных землях, в чистом виде, без смешивания арычной водой. Необходимо соблюдение требования промывного режима орошения, то есть общее водопоступление на поле должно быть на 5-10 % больше, чем эвапотранспирация:

$$\left( \frac{O_c + B_o}{I + T} \right) > 5-10 \%$$

При минерализациях дренажного стока выше 3-4 г/л вода должна использоваться путем смешивания ее с речной водой; количество речной воды может быть определено по формуле

$$M_{ор} \cdot Q_{ор} + M_{др} \cdot Q_{др} = M_{см} (Q_{ор} + Q_{др}),$$

где:  $M_{ор}$ ,  $M_{др}$  и  $M_{см}$  - минерализация соответственно оросительной (арычной), дренажной и смешанной воды, г/л;  $Q_{ор}$  и  $Q_{др}$  -расход оросительной и дренажной воды, м<sup>3</sup>/с.

При отсутствии арычной воды или её недостаточности, нормы водопотребления должны быть на 15-20 % больше чем эвапотранспирация, или на один полив больше чем установленных по режиму орошения в годовом разрезе. Такое требование по увеличению нормы водопотребления необходимо для предотвращения процессов засоления почв. Увеличение норм водопотребления на поле в свою очередь требует небольшого повышения мощности дренажа.

Необходимость широкого использования КДВ на орошение сельхозкультур и промывку земель вызвано не только острым дефицитом водных ресурсов, наблюдаемым за последние 40-50 лет, но и необходимостью увеличения орошаемых земель для удовлетворения потребностей быстро растущего населения Центральной Азии, количество которого в 2010 году достиг более 60 млн. человек, в том числе по Узбекистану составляет 28,8 млн. человек.

Ежегодный рост населения по Узбекистану за 2010 год составил около 890 тыс. чел, а по Средней Азии он превысил 1,4 млн. человек.

Таким образом в ближайшем будущем население Центральной Азии будет превышать 100 млн. человек, что потребует увеличения орошаемых площадей при сильном дефиците водных ресурсов. В Центральной Азии других дополнительных источников водных ресурсов кроме КДВ отсутствует. В то же время здесь имеются огромные свободные земельные площади, представленные легкими и средними по мехсоставу почвами и хорошей водопроницаемостью. По предварительным оценкам САНИИРИ, НИЦ МКВК и ИВП АН Узбекистана на уровне 1990 – 2000 г.г. площади таких земель по бассейнам двух рек по верхнему и среднему течению составляет более 2,6 млн.га.

При положительном отношении к этой проблеме каждая республика Центральной Азии сама должна решать где и как использовать дренажные стоки, формируемые на своей территории, больше всего за счет, уже нормированного по лимиту МКВК. Такая постановка проблем позволит разработать оптимальный подход в решении проблемы управления дефицитом водных ресурсов и улучшения мелиоративно-экологических процессов, а также улучшения качества речного стока.

В последнее десятилетие объем дренажного стока Центральной Азии, в составе которого имеется определенное количество и подземных вод, изменяется в зависимости от водности года в пределах 26-28 км<sup>3</sup> в год, а по Узбекистану 20-24 км<sup>3</sup>. Республика Туркменистан по ресурсам дренажного стока занимает второе место после Узбекистана, где объем КДВ изменяется от 5 до 7 км<sup>3</sup>. В остальных республиках ресурсы КДВ в пределах 300-700 млн. м<sup>3</sup> в год. Особенно большое снижение КДВ наблюдается в Казахстане. В то же время соленость КДВ стабилизировалось повсеместно в конце прошлого века и изменяется в пределах 2-4 г/л.

В республике Узбекистан минерализация дренажного стока осталась на том же уровне и в последнее десятилетие. При этом большая часть дренажного стока имеет минерализацию 2,5-3,5 г/л и по всем классификациям относится к удовлетворительным градациям. Их можно использовать на орошение и промывку земель без смешивания с речной или арычной водой при соблюдении требований промывного режима в годовом разрезе. Только в Каракалпакстане, в отдельных зонах Бухарской области, Каршинской и Голодной степи (новая зона орошения), минерализация дренажного стока превышает 4 г/л и изменяется в пределах 4-6 г/л. В указанных зонах также можно применять КДВ на полив сельхозкультур путем смешивания с арычной водой или увеличив поливные и оросительные нормы на 15-20 % против норм установленных по режиму орошения для арычной воды. То есть необходимо удовлетворить требование промывного режима орошения и соответственно мощности дренажа.

### **8.3. Способы отбора и использования КДВ**

В настоящее время имеются три способа подъема КДВ и использования её на орошение и промывку земель:

- путем подъема уровней грунтовых вод,
- механический подъем воды и подача её на орошение;
- самотечная подача воды путем подбора соответствующих уклонов по топографическим картам.

Первый способ требует устройства перемычек (шлюзов) в дренажных колодцах и с их помощью регулировать УГВ, временно остановив работу дренажных систем. Этот способ применяется больше всего во внутрифермерских и межфермерских дренажных системах. Однако при этом способе нарушается равномерность увлажнения корнеобитаемого слоя сельхозкультур.

Второй способ, т.е. механический способ подачи воды на поля орошения, применим везде, где имеется электроэнергия и достаточный объем топлива. Из-за этого их эксплуатация обходится дорого и усложняется его применение (требуется более квалифицированные рабочие силы).

Третий способ применим в зонах магистральных и более крупных межхозяйственных коллекторов путем строительства водоотборных каналов, подобрав соответствующий уклон по топографическим картам до места использования КДВ. Этот способ требует определенных капиталовложений на строительство канала и он функционирует долгие годы. Этот способ уже применяется в зонах проекта ИУВР-Фергана, осуществляемого НИЦ МКВК, на вновь освоенных зонах Центральной Ферганы.

Таким образом, в ближайшем будущем из-за острого дефицита поверхностных водных ресурсов, все государства будут вынуждены перейти к использованию дренажного стока на орошение и промывку земель. В связи с этим всем республикам ЦАР следует разработать перспективный план и комплекс мероприятий, определив более обоснованно место и площади целесообразного использования КДВ.

### Список использованной литературы

1. Абуталиев Ф.Б., Баклушин М.Б., Ербеков Я.С., Умаров У.У. Эффективные приближенно-аналитические методы для решения задач теории фильтрации. Ташкент: Фан, 1978. 244 с.
2. Абдугалиев Ф.Б., Умаров У.У., Измайлов И.И., Хабибуллаев И.Х. и др. Численное моделирование водно-солевого режима орошаемых массивов и его автоматизации на ЭВМ // Тез.докл.27-го международного геологического конгресса. Т.7. М.: Наука, 1984. С.338-339.
3. Абдугалиев Ф.Б., Баклушин М.Б. Моделирование влагосолепереноса в ненасыщенной зоне орошаемой территории //Тр. Института водных проблем АН РУз. Ташкент: Фан. 1993. С. 75-78.
4. Аверьянов С.Ф. Борьба с засолением орошаемых земель. М.: Колос. 1978. 288 с.
5. Айдаров И.П., Хачатурьян В.Х. Исследование динамики водного и солевого режимов земель лиманного орошения //Физическое и математическое моделирование. М., 1973. С.210-220.
6. Айдаров И.П., Рекс Л.М., Якиревич А.М. Расчет водно-солевого режима орошаемых земель. – М.: ВНИИГиМ, 1985. – 40 с.
7. Аманов Х.А. Определение суммарного расхода воды на хлопковом поле при близком залегании грунтовых вод //Гидротехника и мелиорация. 1967. № 7. С. 57-61.
8. Антипов-Каратаев.И.Н., Кадер Г.М. К мелиоративной оценке поливной воды, имеющей щелочную реакцию //Почвоведение. 1961. №3. – с.60-65.
9. Базилевич Н.И., Панкова Е.И. Опыт классификации почв по содержанию токсичных солей и ионов //Бюл.почв.ин-та им.В.В.Докучева. 1972. Вып. 5. с.36-40.
10. Базилевич Н.И. Передвижение солей и изменения //Продуктивность растительности аридной зоны Азии. Л.:Наука. Ленинградское отд-ие, 1977. с. 141-152.
11. Барон В.А. К вопросу об обосновании модели пористой среды в связи с прогнозом гидрохимического режима грунтовых вод //Материалы межведомственного совещания по мелиоративной гидрогеологии и инженерной геологии. М., 1972. С. 187-189.
12. Бекмуратов Т.У. Регулирование водно-солевого режима почв эксплуатационный период работы вертикального дренажа в условиях напорных вод (на примере Западной Ферганы) //Дис...канд.техн.наук. Ташкент, 1983. 269 с.
13. Беседин П.Н. Влияние поглощенных катионов на состав последовательных водных вытяжек //Труды Института почвоведения. Вып. IV. Ташкент: Государственное издательство УзССР, 1964. С 84-91.
14. Беспалов Н.Ф. Влияние орошения минерализованными водами на содержание гипса и состав поглощенных оснований почв //Тезисы докладов Среднеазиатской конференции «Проблемы использования минерализованных дренажных вод». Ташкент, СоюзНИХИ, 1978. с. 54-55.
15. Беспалов Н.Ф. Использование минерализованных вод для орошения и промывки в Узбекистане// Использование минерализованных вод в сельском хозяйстве. Ашгабад, 1984. с. 46-53.
16. Безднина С.Я. Рекомендации по оценке качества воды для орошения сельскохозяйственных культур. М.: ВНИИГиМ, 1983.
17. Бехбудов А.К. Некоторые вопросы использования минерализованных вод для промывки и орошения. – В сб.: Использование пресных и

- минерализованных вод при промывах и орошении земель. М.: ВНИИГиМ, 1977.
18. Бехбудов А.К., Джафаров Х.Ф. Мелиорация засоленных земель. –М.: Колос, 1980. – 240 с.
  19. Бехбудов А.К., Сейидов М.М. Оценка качества подземных вод, используемых для орошения и промывок. – Гидротехника и мелиорация. 1979. №5.
  20. Болдырев А.И. Сафонова Е.П. Влияние орошение минерализованными водами на плодородие темно-каштановых почв. –Гидротехника и мелиорация. 1979, № 5.
  21. Буданов М.Ф. Требования к качеству оросительных вод // Водное хозяйство. Вып.1. Киев: Урожай, 1965. – С.38-56.
  22. Веригин Н.Н. Методы прогноза солевого режима грунтов и грунтовых вод. М.: Колос, 1979. 336 с.
  23. Гайон Е.Н. К теории обменной адсорбции в почвах //Ж-л общей химии, 1933. Т.III. Вып.2. с. 33-42.
  24. Глухова Т.П., Стрельникова Г.А. Минерализованные воды Узбекистана как резерв орошения. Ташкент: Фан, 1983. 136 с.
  25. Горелкин Н.Е., Никитин А.М. Испарение с поверхности водоемов // Труды САНИГМИ, вып.102 (183). М.: Гидрометеоздат, 1985. – С.3-24.
  26. Горбунов.Н.И. Минералогия и физическая химия почв. М.: Наука, 1978.
  27. Джумабеков А.А. Научные основы рационального использования водных ресурсов и охраны окружающей среды на рисовых системах Приаралья //Автореф. дис...доктсельхоз.наук. Ташкент, 1994. 49 с.
  28. Духовный В.А., Баклушин М.Б., Томин Е.Д.,Серебренников Ф.В. Горизонтальный дренаж орошаемых земель. –М.: Колос, 1979. – 25 с.
  29. Духовный В.А. Ирригационные комплексы на новых землях Средней Азии. – Т.: Узбекистан, 1983. – 184 с.
  30. Духовный В.А., Якубов Х.И. Дренаж в бассейне Аральского моря в направлении стратегии устойчивого развития НИЦ МКВК. Ташкент. 2004. – 314 с.
  31. Духовный А.А., Якубов Х.И., Безбородов Г.А. Расчетные биологически потребные оросительные нормы сельскохозяйственных культур на различные уровни урожайности для условий Узбекистана. Ташкент, 1995. 32 с.
  32. Егоров В.В. Почвообразование и условия проведения оросительных мелиораций в дельтах Арало-Каспийской низменности. М.: Изд-во АН СССР, 1959. с.176-206.
  33. Ибрагимов Г.А. Использование минерализованных вод на орошение хлопчатника. Ташкент: ФАН, 1973. – 176 с.
  34. Икрамов Р.К. Мелиоративно-технологические принципы управления водно-солевым режимом орошаемых земель. Автореферат дисс...док.техн.наук. Ташкент, 2002. – 42 с.
  35. Ковда В.А., Егоров В.В. и др. Закономерности процессов соленакопления в пустынях Арало-Каспийской низменности. Труды почвенного института им.В.В.Докучаева. Т.XLIV. 1958.
  36. Ковда В.А. Основы учения о почвах. М.: Наука, 1973. Кн.1. – 228 с. Кн.2. – 469 с.
  37. Красутская Н.В., Сафонова Е.П., Бадыров А.И., Золотун В.П. Проблема эффективного использования земель, орошаемых минерализованными водами в условиях юга Украины. – Тезисы докл. VI съезду ВОП. Кн. 5. Тбилиси, 1981.
  38. Лактаев Н.Т. Полив хлопчатника. М.: Колос, 1978. – 174 с.
  39. Лебедев А.В. Методы изучения баланса грунтовых вод. М.: Недра, 1976. 223 с.

40. Легостаев В.М., Лунев В.Г. Опыт промывки засоленных почв со слабоводопроницаемыми гипсированными прослойками // Гидротехника и мелиорация. 1968. № 12. С.85-92.
41. Минашина Н.Г. Орошение минерализованными водами и расчет промывного режима // Использование минерализованных вод для орошения. М.: 1973. – С.67-69.
42. Минашина Н.Г. Орошаемые почвы пустыни и их мелиорация. М.: Колос, 1974. С.364.
43. Мирзаев С.Ш. Запасы подземных вод Узбекистана. Ташкент: Фан. 1974. 224 с.
44. Можейко А.П., Воротник Т.К. Гипсование каштановых солонцеватых почв УССР, орошаемых минерализованными водами как метод борьбы с солонцеванием этих почв // Труды УкрНИИП, 1958. Т.3.
45. Муминов Ф.А. Погода, климат, хлопчатник. Гидрометеиздат. Ленинград. 1978. -176 с.
46. Мухамеджанов Ш.Ш. Установление закономерности формирования дренажного стока и влияние его использования на гидрогеолого-мелиоративные процессы орошаемой зоны (на примере Ферганской долины). Дис...канд.техн.наук. Ташкент: САНИИРИ, 1990. 1978 с.
47. Нестерова Г.С. Возможность использования соленых вод для орошения с.-х. культур. – М.: Колос, 1972.
48. Новикова А.В. Прогнозирование вторичного засоления почв при орошении. Киев: урожай, 1975. 184 с.
49. Панкова Е.И., Айдаров И.П., Ямнова И.А., Новикова А.Ф., Благоволин Н.С. Природное и антропогенное засоление почв бассейна Аральского моря (география, генезис, эволюция). М.: 1996. – 186 с.
50. Панков М.А. Мелиоративное почвоведение. Ташкент: Укитувчи, 1974. 416 с.
- 51.
52. Полинов С.А., Пинхасов М.А. Основные положения отсечки коллекторно-дренажных вод среднего течения Амударьи (в пределах УзССР). Раздел 2. Ташкент: САНИИРИ, 1990. – 113 с.
53. Полинов С.А., Пинхасов М.А., Речицкая Л.Р. Водохозяйственно-экономическая оценка ущерба от роста минерализации стока реки Амударьи и меры по его снижению в орошаемой земледелии низовьев // Сб. научных трудов САНИИРИ. 1990. С.3-14.
54. Рабочев И.С. Использование минерализованных вод для орошения. М.: Колос, 1973. с. 7-25.
55. Рамазанов А.Р., Курбанбаев Е., Якубов Х.И. Некоторые вопросы мелиорации засоленных земель в низовьях Амударьи. Нукус: Каракалпакстан, 1978. С.222.
56. Рау А.Г., Токарев Н.П. Рекомендации по орошению риса дренажно-сбросными водами. Алма-Ата: Кайнар. 1976.
57. Рау А.Г., Джумабеков А., Айдаров Т. Полив риса и сопутствующих культур дренажно-сбросными водами на Кызылкумской рисовой системе // Тезисы докладов Среднеаз. конф. «Проблемы использования минерализованных дренажных вод». Ташкент: СоюзНИХИ, 1978. С.62-64.
58. Рахимбаев Ф.М., Ибрагимов Г.А. Использование дренажных грунтовых вод для орошения. М.: Колос, 1978. – С.190.
59. Рачинский А.А. Возможности использования грунтовых вод для промывки и вегетационных поливов // Хлопководство. 1963. № 3. – С.22-30.
60. Рекс Л.М. Определение параметров переноса воды при впитывании по изменению влажности в зоне неполного насыщения // Теория и практика

- брьбы с засолением орошаемых земель. М.: Колос, 1971. С.39-45.
61. Решеткина Н.М., Якубов Х.И. Вертикальный дренаж. – М.: Колос, 1978. – С.340.
  62. Решеткина Н.М., Спицин А.К., Шуравин А.В. Орошение хлопчатника дренажными водами в совхозе «Пахта-Арал». – Гидротех. И мелиорация, 1972. № 3.
  63. Сабольч Г., Дараба К., Динамика воды и солей в орошаемых почвах. Будапешт. 1973.
  64. Супряга И.К. Орошение с.-х. культур сбросными минерализованными водами рисовых систем в зоне Северо-Крымского канала. – В сб.: Использование минерализованных вод для орошения. М.: Колос. 1973.
  
  65. Усманов А.У. К вопросу методологии оценки качества дренажных вод в целях использования их на орошение. // Сб. научных трудов САНИИРИ. Вып.156, Ташкент, 1978. – С.55-63.
  66. Усманов А.У. Количественная, качественная оценка и районирование коллекторно-дренажных вод Западной Ферганы в целях использования их на орошение. Автореферат дисс. канд. с/х. наук. – Ташкент, 1968.
  67. Хасанов А.С., Шерфединов Л.З. Аридный гидрогеолого-мелиоративный процесс. Ташкент: Фан. 1987. 173с.
  68. Хорст М.Г., Шамуталов Ш.Ш., Гонсалвес Дж.М., Перейра Л.С. Оценка совершенствований бороздкового полива и водосбережения при орошении хлопчатника // Из-во Vita Color, Ташкент -2005. с.
  69. Чембарисов Э.И., Бахретдинов Б.А. Гидрохимия речных и дренажных вод Средней Азии. Ташкент: Укитувчи. 1989. 231 с.
  70. Шредер В.Р., Сафонов, Васильев и др. Расчетные значения оросительных норм сельскохозяйственных культур в бассейнах рек Сырдарьи и Амударьи. Средазгидроводхлопок. Ташкент, 1969. – 292 с.
  71. Якубов Х.И., Корелис Л.Л. Использование слабоминерализованных вод на промывку засоленных вод для орошения. М.: Колос, 1973. С.143-158.
  72. Якубов Х.И., Кадыров Х.А. Указания по технологии промывок засоленных земель, мелиорируемых вертикальным дренажем. Ташкент: САНИИРИ. 1980. 66 с.
  73. Якубов Х.И., Сорокина И.А. Прогнозирование изменения мелиоративных процессов при реконструкции оросительной сети. 1980. Вып. 160. С. 10-29.
  74. Якубов Х.И. Проектирование рассолительных мероприятий на крупных массивах на фоне вертикального дренажа // Сб. научных трудов САНИИРИ. 1984. Вып. 172. С.24-40.
  75. Якубов Х.И., Икрамов Р.К. Принципы расчета и корректировка режима работы вертикального дренажа в целях ускорения эффективности мелиорации. // Сб. научных трудов САНИИРИ. 1985. Вып. 173. С. 19-34.
  76. Якубов Х.И. Мелирация засоленных земель на фоне вертикального дренажа. Ташкент: Мехнат, 1990. С.188.
  77. Якубов М.А. Особенности мелиоративно-гидрологических процессов в бассейнах рек Сырдарьи и Амударьи и регулирования качества их вод // Автореферат докторской диссертации. Ташкент. САНИГМИ. 1997. 45 с.
  78. Якубов М.А., Шерматов Е. Разработка рациональной схемы размещения дренажно-сбросных вод в среднем течении реки Амударьи на основе водно-балансовой модели территории. Отчет. Архив ИВП АН РУз., Ташкент. 2007.

- 70с.
79. Cavassa L. Problems of irrigation with Brackish Water in Italy // Saline irrigation for agriculture and forestry/ - 1968.
80. Donen L. Water quality for irrigated agriculture – E col Studies. Plantshin Saline enwirin. – 1975/
81. Szabolch I., Darab K. Salt balance and Salt Trans of int longer // Soil Sci. – 1968. – v.1.
82. Wilcox L.V/ Determination of the quality of irrogation water // Agric. Inform. Publ. – ISDA, Washington, 1958. - № 197.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

		стр.
	<b>Введение.....</b>	<b>3</b>
<b>Глава 1</b>	<b>Природно-хозяйственная характеристика бассейна</b>	
	<b>Аральского моря и развитие орошаемого земледелия.....</b>	<b>6</b>
<b>1.1</b>	<b>География бассейна Аральского моря.....</b>	<b>6</b>
<b>1.2</b>	<b>Климат.....</b>	<b>7</b>
<b>1.3</b>	<b>Геоморфолого-гидрогеологические условия.....</b>	<b>7</b>
<b>1.4</b>	<b>Почвенный покров.....</b>	<b>8</b>
<b>Глава 2</b>	<b>Источники и механизмы образования засоления земель и</b>	
	<b>речных вод.....</b>	<b>12</b>
<b>2.1</b>	<b>Водные ресурсы и развитие орошаемого земледелия.....</b>	<b>12</b>
<b>2.1.1</b>	<b>Формирование поверхностного стока.....</b>	<b>12</b>
<b>2.2</b>	<b>Качество поверхностных вод.....</b>	<b>13</b>
<b>2.1.2</b>	<b>Подземные воды: запасы и использование.....</b>	<b>14</b>

2.1.3	Развитие орошаемого земледелия. ....	14
2.3	Распределение зон планирования (административных областей). ...	15
2.4	Оценка засоленности почв мелиоративного фонда Центральной Азии и их роль в формировании вторичного засоления орошаемых земель и речного стока. ....	16
2.5	Мелиоративное состояние земель бассейна Аральского моря. ....	28
Глава 3	Развитие дренажных систем в Центральной Азии и оценка их технического состояния. ....	37
Глава 4	Коллекторно-дренажный, водно-солевой сток (КДС) в Центральной Азии. ....	44
4.1	Формирование коллекторно-дренажных вод. ....	44
4.2	Водно-солевые балансы орошаемых земель зон планирования и их роль в развитии засоления земель и снижении продуктивности почв и вод. ....	46
Глава 5	Необходимость в управлении и использовании коллекторно-дренажного стока. ....	50
5.1	Формирование минерализации коллекторно-дренажных вод и солевого стока, современный уровень их отвода и использования. ...	50
5.2	Изменение качества речных вод под влиянием возвратного коллекторно-дренажного стока. ....	51
5.3	Последствия ухудшения качества воды в реках. ....	58
5.3.1.	Влияние ухудшения качества речных вод на водно-солевые балансы зоны аэрации орошаемых земель. ....	58
5.3.2	Влияние ухудшения качества речных вод на водно-экономические показатели орошаемых земель. ....	64

5.4	Необходимость в управлении и использовании КДВ. ....	66
5.5	Альтернативы использования КДС: сброс в реку, сброс в солеприемники и использование на местах. ....	68
<b>Глава 6</b>	<b>Существующая практика управления дренажными водами. ....</b>	<b>70</b>
6.1	Организационно-технологические приемы использования коллекторно-дренажных вод в местах их формирования. ....	70
6.2	Методика количественной оценки дренажного стока используемого на орошение. ....	75
6.3	Методы оценки качества КДС для орошения сельскохозяйственных культур и на промывки земель. ....	77
6.4	Методика выбора площадей возможного использования КДВ для орошения и промывки земель. ....	92
6.5	Оценка пригодности КДВ и выбор площадей для их использования на примере Ферганской области. ....	94
6.5.1	Выбор площадей под орошение коллекторно-дренажными водами	99
6.6	Сокращение объемов стока дренажных вод и солей в р.Сырдарья за счет внутриконтурного использования возвратных вод Ферганской долины. . . .....	102
6.7	Сокращение объемов стока дренажных вод и солей в р.Сырдарья за счет внутрисистемного использования подземных вод Ферганской долины. .... .....	103
<b>Глава 7</b>	<b>Влияние существующей практики использования возвратных вод на водно-солевые балансы, сельхозпроизводства и качества дренажного стока и последующие альтернативы его размещения. ....</b>	<b>108</b>
7.1	Экспериментальные исследования по использованию минерализованных вод на орошение сельскохозяйственных культур и промывку почв. .... .....	

		108
7.1.1	Параметры пилотных участков и условия проведения экспериментов. . . . . .....	111
7.1.2	Фактические водно-солевые балансы опытных участков при использовании дренажных вод на орошение. ....	116
7.1.3	Изменение солевого режима почв и состава поглощающего комплекса. . . . . .....	117
7.2	Влияние практики отвода возвратных вод на сельскохозяйственное производство. ....	126
7.2.1	Снижение урожайности сельхозкультур в зависимости от минерализации оросительной воды. ....	126
7.2.2	Влияние засоления почв на урожайность сельскохозяйственных культур. . .....	131
7.3	Методика расчета ущербов, связанных с ухудшением качества воды на примере Сырдарьинской и Джизакской областей. ....	144
7.4	Оценка перспективных площадей и возможных объемов коллекторно- дренажных вод, пригодных для использования по бассейнам рек. . . . . .....	149
7.5	Мероприятия по предупреждению отрицательных последствий от использования дренажных вод. ....	154
7.5.1.	Прогноз почвенно-мелиоративных процессов для условий опытных участков в Ферганской долине при длительном использовании на орошение дренажно-сбросных вод. ....	156
7.6	Количество и качество дренажного стока и последующие альтернативы его размещения. ....	158
7.6.1	Бассейн Сырдарьи. ....	159
7.6.2	Бассейн Амударьи. ....	164
Глава 8	Рекомендации и предложения по использованию и размещению КДС	175

8.1	Государственная политика в отношении сохранения повторного использования и размещения КДС. ....	175
8.2	Рекомендации и предложения по использованию и размещению коллекторно-дренажных вод. ....	179
8.3	Способы отбора и использования КДВ. ....	180
	Список использованной литературы. ....	183

**ЯКУБОВ Халдар Эгамбердиевич**

**ЯКУБОВ Мурат Адылович**

**ЯКУБОВ Шавкат Халдарович**

**Коллекторно-дренажной сток Центральной Азии и оценка его использования на орошение**

Утверждено к печати Ученым Советом Института водных проблем АН РУз

