

Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К.И. Сатпаева

УДК 330:631.6 (282 255.2)

На правах рукописи

САПАРОВА АСЕЛ АЛЕКСАНДРОВНА

**Изменение ресурсов и гидрохимического режима рек Арало-
Сырдаринского водохозяйственного бассейна под влиянием
антропогенной деятельности**

6D060800 Экология

Диссертация на соискание степени
доктора философии (PhD)

Отечественный научный консультант

Ж.Д. Достай, д.г.н., проф.

Ж.С. Мустафаев, д.т.н., проф.

Зарубежный научный консультант

Кристиан Опп, доктор, профессор

Марбургского университета

Республика Казахстан

Алматы, 2024

СОДЕРЖАНИЕ

НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ	4
ОПРЕДЕЛЕНИЯ	5
ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ	6
ВВЕДЕНИЕ	7
1 ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ РЕСУРСОВ РЕЧНОГО СТОКА	11
1.1 Природные условия.....	11
1.1.1 Факторы подстилающей поверхности.....	11
1.1.2 Климатическое условие формирования стока.....	13
1.1.3 Гидрографическая сеть бассейна.....	16
1.2 Гидрологическая изученность территории и анализ исходных материалов.....	18
2 МЕТОДЫ ОЦЕНКИ РЕСУРСОВ И КАЧЕСТВА РЕЧНЫХ ВОД	23
2.1 Методы оценки ресурсов речного стока.....	23
2.2 Методы оценки антропогенного изменения ресурсов речного стока	25
2.2.1 Методика определения изменений ресурсов речного стока под воздействием хозяйственной деятельности.....	26
2.2.2 Методы оценки качества речных вод.....	29
3 ВЛИЯНИЕ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ И ГИДРОХИМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ РЕК АРАЛО-СЫРДАРИИНСКОГО ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО БАСЕЙНА.....	34
3.1 Изучение влияния хозяйственной деятельности на гидрологический и гидрохимический режим.....	34
3.1.1 Ресурсы речного стока бассейна.....	34
3.1.2 Анализ водохозяйственного состояния в бассейне.....	41
3.1.3 Использование водных ресурсов на территории Казахстана.....	46
3.1.4 Оценка антропогенных нагрузок на водные ресурсы.....	47
3.1.5 Антропогенное изменение годового стока.....	52
3.2 Антропогенное изменение гидрохимического режима рек.....	62
3.3 Сценарные прогнозы будущего состояния ресурсов речного стока с учетом антропогенных нагрузок – инновационный подход к управлению водными ресурсами.....	91
4 ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ СТОК – КАК ФАКТОР ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РАВНОВЕСНОГО СОСТОЯНИЯ РЕЧНЫХ СИСТЕМ.....	105
4.1 Концепция определения экологического стока, понятие, цели.....	105
4.2 Методики (модели) и классификация определения экологического стока.....	106
4.2.1 Оценка экологического стока на основе нормирования воздействия водных ресурсов речных бассейнов.....	107
4.2.2 Методика оценки экологического стока на основе сохранения и поддержания видового и ландшафтного разнообразия экосистемы.....	113

4.3 Общие научно-методические подходы к определению экологического стока.....	114
4.3.1 Научно-методические подходы к определению экологического стока в Республике Казахстан.....	119
4.3.2 Обоснование экологического стока с использованием линейно-корреляционной модели водного баланса.....	121
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	126
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	128
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	144
ПРИЛОЖЕНИЕ А Гидрологическая изученность Арало-Сырдаринского ВХБ.....	144
ПРИЛОЖЕНИЕ Б Сведения о восстановлении рядов годового стока рек.....	157
ПРИЛОЖЕНИЕ В Сведения об основных гидрологических характеристиках.....	162
ПРИЛОЖЕНИЕ Г Расходы различной обеспеченности.....	167
ПРИЛОЖЕНИЕ Д Внутригодовое распределение минерализации.....	171
ПРИЛОЖЕНИЕ Е Внутригодовое распределение органических веществ.....	177
ПРИЛОЖЕНИЕ Ж Внутригодовое распределение биогенных веществ.....	179
ПРИЛОЖЕНИЕ И Внутригодовое распределение тяжелых металлов..	182
ПРИЛОЖЕНИЕ К Внутригодовое распределение хлорорганических пестицидов.....	185
ПРИЛОЖЕНИЕ Л Сценарные прогнозы водозабора и притока.....	189
ПРИЛОЖЕНИЕ М Прогнозные водохозяйственные балансы изменения ресурсов Арало-Сырдаринского ВХБ.....	191
ПРИЛОЖЕНИЕ Н Графические зависимости среднегодового объема свободного стока от среднегодового объема расходуемого стока.....	193

НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В настоящей диссертации использованы ссылки на следующие документы и стандарты:

ГОСТ 7.1-2003 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления.

СП 33-101-2003 Определение основных расчётных гидрологических характеристик.

ГОСТ 7.0.5-2008 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления.

ГОСТ 7.0.11-2011. Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ

В настоящей диссертации применяются следующие термины с соответствующими определениями:

Река – водный поток сравнительно больших размеров, как правило, постоянный, питающийся стоком атмосферных осадков со своего водосбора и подземными водами и текущий в разработанном им русле.

Трансграничная река – река, пересекающая или разделяющая территорию двух или нескольких государств, не имеющая непосредственного соединения с морем, несудоходна или судоходна лишь для каботажного плавания (без выхода в открытое море).

Бассейн реки – часть земной поверхности, включая толщу почвогрунтов, откуда происходит сток вод в отдельную реку, речную систему или озеро.

Речной сток – перемещение воды в процессе ее круговорота в природе в форме стекания по речному руслу; количество воды, протекающее в речном русле за какой-либо период времени.

Водный режим – изменение во времени уровней, расходов и объемов воды в реках, озерах и болотах.

Водные ресурсы – запасы поверхностных и подземных вод какой-либо территории.

Антропогенные факторы – экологические факторы, обусловленные различными формами влияния деятельности человека на природу.

Водозабор – забор воды из водоема для дальнейшего использования.

Водопотребление – изъятие воды из водных источников, характеризующееся частичным или полным безвозвратным расходом или возвращением воды в источники водозабора в измененном (загрязненном) состоянии.

Безвозвратное водопотребление – тип водопотребления, при котором часть изъятая на хозяйственные нужды объема воды не возвращается обратно в тот же или соседний водный объект.

Экологический сток – это сток рек, определяемый исключительной потребностью речной экосистемы, имеющий внутригодовое распределение аналогичное внутригодовому распределению стока при естественном гидрологическом режиме водоток.

Экологический попуск – периодическая или эпизодическая подача воды из водохранилища для регулирования расхода или уровня воды на нижележащем участке водотока или уровня воды в самом водохранилище.

Предельно допустимый объем изъятия речного стока – предельно допустимое изъятие водного ресурса, определяемое как сток, допустимый к изъятию из водного объекта без ущерба для экосистемы

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

В настоящей диссертации применяют следующие термины с соответствующими сокращениями:

ВХБ	–	водохозяйственный бассейн
ВХУ	–	водохозяйственный участок
ГП	–	гидрологический пост
ГЭС	–	гидроэлектростанция
ГТС	–	гидротехнические сооружения
МКВК	–	Международная координационная водохозяйственная комиссия
МС	–	метеостанция
МОЦАО	–	модели общей циркуляции атмосферы и океана
ПДК		предельно допустимая концентрация
РК	–	Республика Казахстан
ЦА	–	Центральная Азия
ЦМР	–	цифровая модель рельефа
СМІР	–	Coupled Model Intercomparison Project
РСР	–	Representative Concentration Pathway

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы. Современный анализ деградации речных вод Арало-Сырдаринского водохозяйственного бассейна показывает, что этот процесс является результатом отсутствия соответствующих прогнозных оценок и предвидения возможных последствий принимаемых решений в стадии разработки «Схем комплексного использования и охраны водных ресурсов Арало-Сырдаринского бассейна». При этом необходимо подчеркнуть, что сложность прогнозов водности в первую очередь связан с расположением бассейна р. Сырдария на территории четырех независимых государств Центральной Азии (Кыргызстан, Таджикистан, Узбекистан и Казахстан), где до сих пор не решены вопросы справедливого вододеления между этими сопредельными государствами.

Особую сложность в оценке произошедших изменений создает динамичность процессов, как естественных (природных), так и вызванных антропогенной деятельностью сопредельных государств. Данное обстоятельство создает трудности для исследований, базирующихся на поиске экологических закономерностей, а также сталкиваются с необходимостью одновременного учета большого количества данных о процессах различной природы: физико-географических, физических, химических, биологических, антропогенных и т.д.

Произошедшие и происходящие процессы деградации речной системы Арало-Сырдаринского бассейна при существующих принципах управления водными ресурсами делают особо актуальной и необходимой разработку оценки влияния антропогенной деятельности на речной сток и гидрохимический режим. Это необходимо для целенаправленного управления водными ресурсами и речными системами бассейна на основе справедливого вододеления между сопредельными государствами.

Цель работы разработка новой методической и информационно-аналитической основы оценки антропогенного влияния на водные ресурсы и речные системы трансграничного Арало-Сырдаринского водохозяйственного бассейна на основе принципов устойчивого развития природы.

В контексте сформулированной цели решались следующие **задачи**:

- изучение природно-климатических условий формирования речного стока и гидрохимического режима для дальнейшего анализа современного экологического состояния казахстанской части бассейна реки Сырдария;
- анализ и выбор методов изучения количественных и качественных характеристик речного стока и гидрохимического режима казахстанской части бассейна реки Сырдария;
- оценка изменчивости речного стока, элементов водохозяйственного баланса и гидрохимического режима казахстанской части бассейна реки Сырдария с учетом антропогенных нагрузок и климатических изменений;

- долгосрочное прогнозирование использования водных ресурсов, трансграничного притока и элементов водохозяйственного баланса в бассейне реки Сырдария, которое является инновационным;

- разработка методических основ экологического стока, как основы стабильного развития речных систем бассейна реки Сырдария (казахстанской части).

Научная новизна работы заключается в следующих пунктах:

- на основе комплексного анализа гидрометеорологической информации выполнено уточнение оценки современных ресурсов речного стока бассейна реки Сырдария (казахстанской части);

- на основе комплексного анализа информации по гидрохимическому режиму реки Сырдария (казахстанской части) выявлены закономерности его пространственно-временных изменений, впервые была получена цельная и объективная картина современного эколого-гидрохимического состояния реки;

- в результате обобщения водохозяйственной информации по территориальному делению водопользования осуществлен сценарный прогноз будущего состояния водохозяйственного баланса бассейна реки Сырдария (казахстанской части), что реализовано впервые для данного региона;

- впервые представлен научно-методологический подход для обоснования экологического стока для речных систем бассейна реки Сырдария (казахстанской части).

Объект исследования – реки Арало-Сырдаринского водохозяйственного бассейна.

Предмет исследования – динамика изменения речного стока и гидрохимического режима, уточнение водных ресурсов, нормирование экологического стока.

Положения, выносимые на защиту:

1 Количественная оценка речного стока и уточнение методики оценки антропогенного изменения гидрологического режима рек в бассейне реки Сырдария (казахстанская часть);

2 Количественная оценка антропогенной трансформации гидрохимического режима в бассейне реки Сырдария (казахстанская часть);

3 Перспективная сценарная оценка ресурсов речного стока и уточнение методики долгосрочных сценарных прогнозов будущего состояния водохозяйственного баланса (перспективное водопотребление) бассейна реки Сырдария (казахстанская часть);

4 Определение объема экологического стока, обеспечивающего устойчивость речной экосистемы с учетом элементов руслового баланса в виде линейно-корреляционной модели и водохозяйственных процессов в бассейне реки Сырдария (казахстанская часть).

Материалы и методика исследований. В ходе выполнения данной диссертационной работы были использованы кадастровые и мониторинговые

данные РГП «Казгидромет», АО «Институт Географии и водной безопасности», в том числе и экспедиционные материалы.

Для решения каждой из поставленных задач были применены научные подходы, включающие различные методы классической и современной гидрологии и гидрохимии, в т.ч. гидрологические и водохозяйственные расчеты, воднобалансовые методы, методы регрессионного и факторного анализа, гидрохимическая методика нормирования качества поверхностных вод на основе ПДК рыбохозяйственного назначения, сценарное прогнозирование, линейно-корреляционная модель водного баланса определения экологического стока.

Практическая значимость работы заключается в повышении достоверности оценок водных ресурсов путем применения методологии комплексного учета факторов формирования; в получении уточненных оценок элементов руслового водного баланса и их антропогенных преобразований; в дифференцированной оценке роли отдельных видов хозяйственной деятельности на речной сток. Было произведено нормирование стока для лет различной водности, что позволяет определить объем экологического стока, обеспечивающего устойчивость речной экосистемы.

Результаты работ могут быть использованы уполномоченными органами, проектными и научно-исследовательскими организациями, занимающимися вопросами планирования развития водного сектора экономики страны.

Апробация работы. Основные результаты диссертационной работы доложены на международных научно-практических конференциях: «Опустынивание Центральной Азии: Оценка, прогноз, управление» (Астана, РК 2014), «Гидрология и инновационные технологии в водном хозяйстве» (Астана, РК 2015), «Водные ресурсы Центральной Азии и их использование», посвященной подведению итогов объявленного ООН десятилетия «Вода для жизни» (Алматы, РК 2016), «Окружающая среда и устойчивое развитие регионов. Экологические вызовы XXI века» (Казань, Республика Татарстан, Россия, 2017), «Управление водными ресурсами в условиях глобализации» (Алматы, РК 2021).

Личный вклад автора заключается:

- в выборе задач, путей и способов их решения, формулировок и обоснований научных положений;
- в уточнении оценки изменения ресурсов речного стока рек бассейна трансграничной реки Сырдария в связи с изменением климата и под влиянием антропогенной деятельности;
- в оценке антропогенного изменения гидрохимического режима (по группе главных ионов, органических веществ, биогенных веществ, тяжелых металлов и хлорорганических пестицидов) трансграничной реки Сырдария;
- в оценке современного водохозяйственного баланса, а также перспективного прогнозирования изменения его составляющих;
- в разработке методических основ нормирования экологического стока рек бассейна реки Сырдария (казахстанской части).

Связь с научными работами. Диссертационная работа проводилась на основе НИР в лаборатории водных ресурсов АО «Институт географии и водной безопасности» в соответствии с Программами:

1. «Разработка научно-прикладных основ обеспечения водной безопасности Республики Казахстан в трансграничном Арало-Сырдаринском бассейне до 2050 г. (2021-2022 гг.).

2. BR21882122 «Устойчивое развитие природно-хозяйственных и социально-экономических систем Западно-Казахстанского региона в контексте зеленого роста: комплексный анализ, концепция, прогнозные оценки и сценарии»

3. BR06249255-OT-20 «Оценка и прогноз ежегодно возобновляемых водных ресурсов возможных к использованию для целей орошения по водохозяйственным бассейнам Республики Казахстан» (2018-2020 гг.);

4. Водная безопасность республики Казахстан: Геопространственная информационная система «Водные ресурсы Казахстана и их использование» (2014-2016 гг.).

Публикации. По теме диссертационной работы опубликованы 20 научных работ, в том числе 6 – в изданиях, индексируемых Web of Science и Scopus, 4 – в изданиях, рекомендуемых Комитетом по обеспечению качества в сфере науки и высшего образования Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан, 10 – в материалах Международных научно-практических конференций и в других научных журналах и изданиях.

Структура и объем диссертационной работы. Диссертация изложена на 195 страницах и состоит из нормативных ссылок, определений, обозначений и сокращений, введения, 4 разделов, заключения и списка использованных источников из 233 наименований, из них 7 на иностранных языках; содержит 8 таблиц, 23 рисунков и 12 приложений.

русла реки в стороны. По этой причине рельеф равнинной части бассейна не рассматривается.

Горная область представлена хребтами западной половины Тянь-Шаньской горной системы (Киргизский, Таласский, Чаткальский, Пскемский, Огемский, Каржантау, Каратау) и северными хребтами Памиро-Алайской горной системы (Атбаши, Алайский, Туркестанский) (рисунок 1.1) [1, с. 11; 2, с. 26-30].

В пределах Казахстана к р. Сырдария обращены юго-западные склоны хребта Каратау, северо-западная часть хребта Таласский Алатау, хребты Боралдайтау, Огем и Каржантау. От основных хребтов веерообразно расходятся второстепенные гребни и гряды (Казыгурт), постепенно понижаясь, они переходят в предгорья, шлейфы гор и наконец в равнинные пространства. Хребты в основном вытянуты в западном и юго-западном направлениях, в этих же направлениях уменьшается их высота. Исключение составляет хр. Каратау, простирающийся в северо-западном направлении, где его гребень также постепенно понижается и переходит в равнинную местность. Горная область сильно изрезана большим числом глубоких долин и ущелий, по которым текут малые реки. Средняя высота водосборов большей части рек района колеблется от 800 до 2000 м. Здесь формируется сток последних притоков Сырдарии – реки Келес и Арыс (со своими притоками Аксу, Бадам, Боралдай, Сайрам и Жабагылысу). Верхний пояс хребтов имеет типичный альпийский облик и характеризуется широким развитием нивально-гляциальных форм, распространены снежники и ледники. Склоны гор часто крутые, местами отвесные, массы обломочного материала осыпей и обвалов, скатываясь с крутых склонов, загромаждают долины и вызывают образование запрудных озер, а в долине р. Жабагылысу – селевых потоков. С уменьшением относительных высот уменьшается водоносность рек: многочисленные мелкие реки юго-западных склонов хребта Каратау пересыхают или теряются в песках при выходе из гор [1, с. 60; 2, с. 29].

Таким образом бассейн р. Сырдария с юга и юго-востока окружен высокими горными хребтами, а с севера и северо-запада занят равнинными пространствами и открыт для проникновения западных влагоносных воздушных масс. Разнообразие форм рельефа и ландшафтов: от высоких горных хребтов до знойных безводных пустынь, обуславливают разнообразие климатических условий в бассейне р. Сырдария.

Почвы и растительность. Большую часть региона занимают огромные, частично закрепленные растительностью песчаные массивы: на севере пески Приаральские Каракумы, Улкен и Киши Борсыктар, которые покрыты в основном песчаными и супесчаными бурыми почвами, чередующимися с суглинистыми, солонцеватыми грунтами, а в понижении рельефа преобладают солончаки и такыры. Песчаные пустыни северного Приаралья неплохо обеспечены пресными грунтовыми водами. Растительность представлена злако-кустарниковыми группировками (жузгун, житняк сибирский, волоснец гигантский, осока песчаная и другими видами), произрастающими на бугристых и бугристо-грядовых песках. На бурых песчаных почвах равнин преобладает

житняково-полынная растительность с участием весной эфемеров и эфемероидов. В понижениях на суглинистых солонцеватых почвах и солончаках, а также на такырах развиты биюргуново-полынные ассоциации. Пески северного Приаралья используются как ценные осенне-зимне-весенние пастбища [2, с.45-51].

В междуречье Сырдарии и Амударии к Аральскому морю подходит обширная пустыня Кызылкумы. Здесь вдоль старых русел Сырдарии на песчаных серо-бурых почвах распространены саксаульники. По песчаным буграм и грядам преобладает кустарниково-травянистая растительность южных пустынь с жузгунами, песчаной акацией, белым саксаулами множеством эфемеров. По понижениям на такыровидных солонцеватых почвах развиты группировки боялыча, полыни белоземельной, биюргуна. Ближе к долине Сырдарии, где песчаные почвы встречаются реже, появляется черный саксаул, солончаки, луговины, занятые ажреком и тростником. Лугово-аллювиальные почвы в значительной степени распаханы. В настоящее время в связи со снижением общей обводненности пойм и их опустыниванием площадь с естественной луговой и тугайной растительностью значительно уменьшилась, их место заняли однолетние солянки [2, с.45-51; 6-9].

1.1.2 Климатическое условие формирования стока

Климат рассматриваемой территории формируется под воздействием арктических полярных и тропических воздушных масс, резко-континентальный и крайне засушливый. Здесь доминируют арктические полярные и тропические воздушные массы, преобладает западный перенос влаги. Для региона типичны: большая амплитуда суточных и сезонных температур, малое количество неравномерно распределенных осадков, высокая солнечная радиация, относительно низкая влажность. Лето жаркое и сухое, с пыльными бурями и суховеями, иссушающими почву; зима малоснежная и ветреная с постоянным чередованием сильных морозов и оттепелей. Ввиду большой разности высотных отметок микроклимат отдельных частей бассейна р. Сырдария различается [2, с. 33; 9, с. 7; 10-23].

Атмосферная циркуляция. В холодное время года, с октября по март, территория находится под влиянием западного отрога сибирского антициклона. Характерной чертой зимней циркуляции атмосферы являются частые северо-западные, северные и северо-восточные вторжения, при которых поступает холодный воздух арктических и умеренных широт. Быстрому продвижению волн холода к югу способствует наличие над Средней Азией области пониженного давления или развитой волновой деятельности на полярном фронте. Кроме того, в холодное время года на территорию региона оказывают воздействия континентальные массы воздуха, вторгающиеся со стороны Ирана. Встреча их с холодным воздухом создает неустойчивую погоду; среди зимы нередко наступает оттепель. Вторжение арктических воздушных масс сопровождается сильными ветрами и выпадением осадков в виде снега, затем температура воздуха быстро понижается и наступает ясная морозная погода.

Осенью и весной холодные арктические воздушные массы вызывают заморозки [9, с. 10].

В теплое время года территория находится главным образом под воздействием вторгающегося теплого и влажного континентального полярного воздуха, формирующегося в летние месяцы над Средней Азией и Ираном. Характерной особенностью циркуляционного режима весеннего периода является неустойчивость погоды, что связано с северо-западными и западными циклонами, приносящими влажные воздушные массы. Летом, особенно в августе, в связи с проникновением с юга тропического воздуха над значительной территорией Южного Казахстана и Средней Азией формируется термическая депрессия, определяющая малооблачную сухую погоду. Развитие депрессии характеризуется непрерывным нарастанием температуры воздуха. В осенний период учащаются холодные вторжения. Переход к зиме осуществляется в короткий период и сопровождается спадом температуры воздуха [9, с. 10].

Температура воздуха. Средняя температура воздуха на казахстанской части бассейна р. Сырдария изменяется в довольно широких пределах: годовая амплитуда ее колебаний в среднем составляет 40 °С. Резче всего температурные различия выражены в январе, вследствие незащищенности рассматриваемой территории с севера, откуда приходят сухие крайне холодные арктические и сибирские воздушные массы. Среднеянварская температура изменяется от 0 °С на юге до -8 °С на севере, с абсолютным минимумом -38 °С. Летом температурные различия на севере и юге минимальны: средняя температура июля изменяется от 26 °С на севере до 30 °С на юге, с максимальной температурой 45-50 °С. Почти одинаковая летняя температура является мощным фактором испарения. Минимальная среднегодовая температура воздуха составляет 6,0 °С (МС Шуылдак, Н=1947 м), а самая высокая среднегодовая температура – 13,7 °С (МС Шардара, Н=275 м) [9, с. 11; 23, с. 29-32; 24].

Холодный период продолжается три месяца – декабрь, январь, февраль. Наиболее холодным месяцем является январь, среднемесячная температура воздуха составляет минус 12,2 °С (МС Аральское море). В ночное время температура воздуха может опускаться до минус 36 °С (МС Шаян, МС Арыс). Из-за пересеченности местности, вторгающиеся холодные воздушные массы застаиваются в пониженных местах, где формируются наиболее низкие температуры воздуха, что отмечается крайне редко. Окончание холодного периода связано с перемещением с юга на север иранского фронта, в марте [9, с. 11; 23, с. 29-33].

С апреля по октябрь рассматриваемая территория полностью находится в области положительных температур. Весна отличается быстрым ростом температуры воздуха и неустойчивостью погоды. Средняя месячная температура апреля достигает 10-12 °С. Лето обычно жаркое. Средние месячные температуры июля равны 25-28 °С. Абсолютный максимум наблюдался на метеорологических станциях Шаян и Арыс и составили 46 °С. Понижение температуры начинается во второй половине августа, погода окончательно теряет летние черты в октябре. Средняя температура воздуха октября изменяется по территории от 5 °С на

высоте 1950 м до 12 °С на высоте 540 м. Как и весной, для осеннего периода характерны чередования резких потеплений и похолоданий. Наиболее ранние осенние заморозки могут изредка наблюдаться во второй половине августа, чаще всего в сентябре и октябре [9, с. 12; 23, с. 29-36].

Температура воздуха с увеличением высоты местности изменяется обычно в сторону уменьшения. В весенне-летний период (май-август) градиент изменения температуры воздуха равен 0,5-0,6 °С на 100 м. В зимний период из-за температурных инверсий, температура воздуха в предгорьях до определенных высот выше, чем на прилегающих равнинах. Кроме того, в это время наблюдается оттепели, связанные с фоновым эффектом. Наиболее часто они повторяются в декабре-феврале. При оттепелях температура воздуха повышается до 8-10 °С. Поэтому зависимость температуры воздуха от высоты местности в зимние и переходные месяцы имеет непрямолинейный вид [99, с. 12; 23, с. 29-36].

Атмосферные осадки. Распределение осадков в бассейне р. Сырдария отличается неравномерностью и зависит главным образом от высоты местности: от равнины к предгорьям количество осадков возрастает. Так, количество осадков в низинах и долинах составляет около 100 мм в год, в то же время в предгорьях выпадает 300-400 мм осадков, а на южной и юго-западной стороне горных цепей – 600-1000 мм. В гляциальной зоне выпадает до 1500 мм осадков и более. Максимум осадков приходится на март-май. В этот период выпадает 30-45 % их годовой суммы. Очень мало осадков в период с июля по сентябрь. Так, например, в зоне высот 575-1950 м на эти месяцы приходится всего от 12 до 60 мм [9, с. 13; 23, с. 50-56].

На значительной части территории преобладают жидкие осадки. Их повторяемость составляет около 60-70 % общего числа суток с осадками. Количество дней со снегом изменяется от 27 до 87 в зависимости от высоты местности. Первые снегопады на равнинной части региона бывают в октябре, однако, первый снежный покров крайне неустойчив. Из-за частых оттепелей и незначительной мощности он почти сходит полностью. Устойчивый снежный покров в среднегорье и в высокогорье обычно устанавливается с середины ноября до середины декабря. Мощность снежного покрова зависит от высоты местности и экспозиции склонов гор [9, с. 13; 23, с. 50-56].

Обильные снегопады при меняющемся режиме температуры воздуха часто приводят к сходу лавин. Особенно большое количество лавин наблюдается в зимы с частой повторяемостью западных вторжений со стороны Средиземного моря. Наиболее мощные лавины, нередко перекрывающие русла речных долин, наблюдаются в марте-апреле. По данным [9, с. 14]. В бассейне р. Жабагылысу нижняя граница лавинной деятельности опускается до 800 м, а в бассейне р. Сайрам до 1100 м.

Разрушение снежного покрова на высоте 1100 м начинается обычно в середине февраля – начале марта. Окончательно снег сходит в середине – конце марта, иногда во второй половине апреля. На этой высоте зимой имеется неустойчивый снежный покров.

1.1.3 Гидрографическая сеть бассейна

Гидрографическая сеть бассейна р. Сырдария представляет собой сложное переплетение естественных и искусственных водотоков – рек, каналов и коллекторов, причем протяжённость каналов и коллекторов значительно превышает протяжённость речной сети. Карта-схема гидрографической сети бассейна р. Сырдария представлена на рисунке 1.2.

Естественная речная сеть бассейна р. Сырдария насчитывает 29794 рек, общая протяженность которых равняется 108634 км, из них постоянно действуют 497 рек длиной 10 км и более, суммарная протяженность этих рек составляет более 14750 км. Общая площадь водосборного бассейна р. Сырдария оценивается в 462 тыс. км² [25].

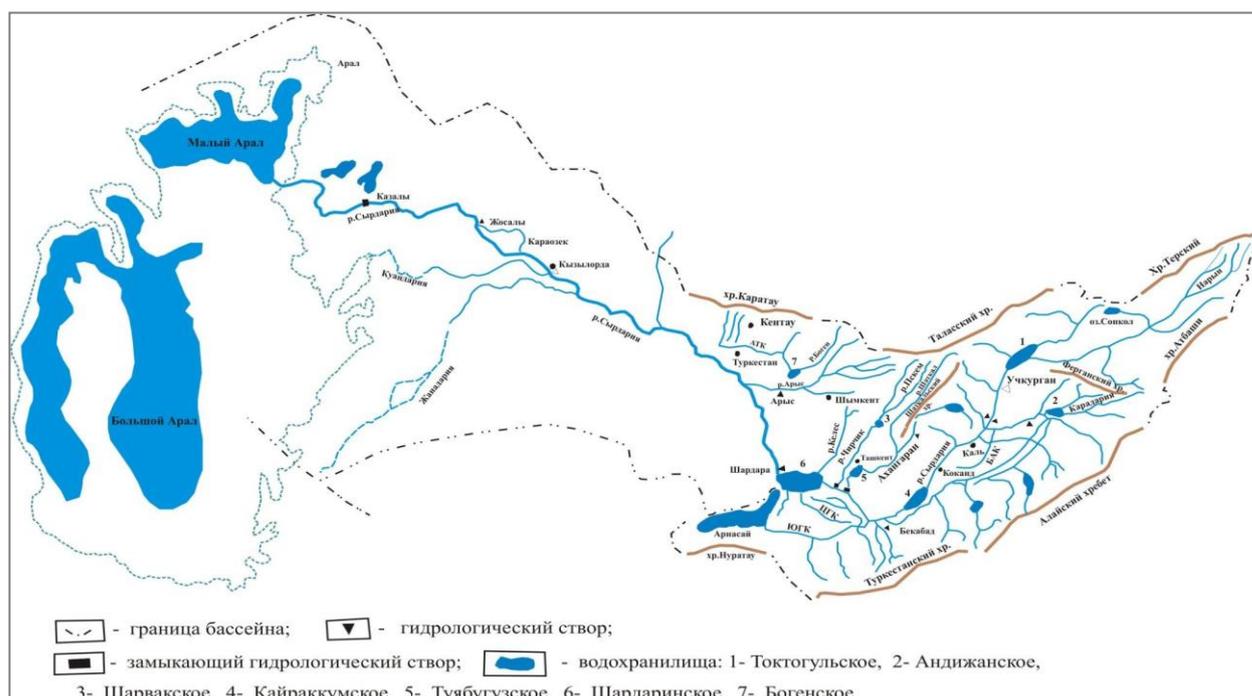


Рисунок 1.2 – Карта-схема гидрографической сети бассейна р. Сырдария [26]

Главными притоками р. Сырдария являются: река Нарын, дренирующая горную область Западного Таниртау (Тянь-Шаня); река Карадария, собирающая воды с Ферганского и Алайского хребтов; реки Ахангаран (Ангрен), Чирчик (Шыршык), Келес, стекающие с гор Западного Таниртау (Тянь-Шаня); река Арыс, образуемая на стыке хребтов Каратау и Таласский Алатау. Большинство из отмеченных рек имеет свою развитую речную систему со значительными водосборами, большим числом относительно крупных и мелких притоков [2, с.51; 9, с. 15; 26, с. 73].

Искусственная ирригационная сеть насчитывает более 1500 каналов, около 40 крупных и средних водохранилищ и более 300 коллекторов. На реках бассейна построено 25 относительно крупных и несколько десятков мелких ГЭС. Проведены многочисленные межбассейновые переброски стока, построена

разветвленная сеть коллекторно-дренажных и сбросных каналов. Наиболее крупными и значимыми водохранилищами в бассейне являются: Токтогульское на р. Нарын, Андижанское на р. Карадария, Чарвакское на р. Чирчик, Кайраккумское, Шардаринское на р. Сырдария [26, с. 73].

Главная артерия бассейна – река Сырдария, образуется при слиянии рек Нарын и Карадария, вытекающих из глубин горной системы Таниртау (Тянь-Шаня). Более многоводным является Нарын, его расходы в 3 раза превосходят Карадарию, поэтому р. Сырдария фактически является продолжением реки Нарын, а река Карадария – ее левым притоком. Длина р. Сырдария составляет 2212 км, от истоков Нарына – 3019 км [1, 495-496; 2, 52-53; 26, с.73]. Приняв воды Нарына и Карадарию, река Сырдария некоторую часть своего пути (более 300 км) течет по Ферганской долине, широко раскинувшейся между Чаткальским хребтом на севере и Туркестанским хребтом на юге.

Ферганская долина представляет собой богатый хлопковый оазис Средней Азии, который орошается многочисленными горными реками, каналами и водами самой Сырдарии. По южной окраине долины проведен Большой Ферганский канал, а по северной – Северный Ферганский. В горные реки и Сырдарию поступают так называемые возвратные воды более чем по 100 коллекторам и сбросам, в том числе по 43 в Карадарию и по 45 в Сырдарию; крупнейшие коллекторы – Сарысу, Карагугон, Северо-Вагдадский [1, с. 497-498; 9, с. 15].

При выходе из Ферганской долины р. Сырдария прорезает невысокие Фархадские горы (отроги хребта Моголтау), где образует Бекабадские пороги, на которых построена Фархадская ГЭС; выше по течению находится Кайраккумская ГЭС с водохранилищем. Из р. Сырдария выведены крупные магистральные каналы – Дальверзинский и Южно-Голодностепский [1, с. 496-498]. Пройдя еще 150 км пути по равнине Голодной степи, р. Сырдария вступает на территорию Казахстана, где ниже государственной границы расположена плотина Шардаринской ГЭС. Вслед за Шардаринским водохранилищем вниз по течению сооружено еще одно – Коксарайский контррегулятор. В среднем течении, от выхода из Ферганской долины до Шардаринского водохранилища, в р. Сырдария впадают Ахангаран (Ангрен), Чирчик и Келес [1, с. 493-620; 2, 51-60; 9, с. 15].

В нижнем течении р. Сырдария проходит вдоль подошвы хребта Каратау посреди пустынных песков и степных равнин Казахстана (Кызылкумы, Приаральские Каракумы и Арыскуп). Здесь р. Сырдария принимает свой последний приток – р. Арыс. Многочисленные малые реки, стекающие с юго-западного склона хр. Каратау по направлению к р. Сырдария, пересыхают или теряются в песках, не донося свои воды до основной реки, однако некоторые из них попадают в Арыс-Туркестанский канал, проложенный в предгорной равнине вдоль подножия хр. Каратау параллельно Сырдарии [1, с. 493-620; 2, 51-60; 9, с. 15].

В пределах Туранской низменности, примерно ниже поста Томенарык, русло р. Сырдария приподнято над окружающей местностью, извилисто и неустойчиво, часты наводнения. Продвигаясь дальше на север, р. Сырдария

образует дельту с многочисленными рукавами и протоками, озёрами и болотами, в конечном итоге впадает в Малое Аральское море.

Таким образом, в бассейне р. Сырдария в силу его географического расположения, разнообразия рельефа и особенностей климата, с уменьшением высоты местности и удалением на северо-запад, сокращается густота речной сети. Так, горная область характеризуется густой сетью достаточно полноводных рек, предгорная зона имеет распространённую сеть мелких пересыхающих и временно действующих водотоков, равнинная, обжитая часть бассейна имеет густую сеть оросительных каналов, а в пустынной местности, прилегающей к руслу реки, имеются в основном лишь транзитные водотоки, стекающие с горной части бассейна.

Как было указано выше, на территории Республики Казахстан р. Сырдария принимает крупные притоки Келес и Арыс.

Бассейны рек Келес, Арыс (с притоками Аксу, Бадам, Боралдай, Сайрам и Жабагылысу), Боген (с притоком Шаян) расположены на юго-западном склоне хребта Каратау и западных отрогах Таласского Алатау [1, с. 612-620; 2, 59; 9, с. 16].

1.2 Гидрологическая изученность территории и анализ исходных материалов

В пределах всего бассейна р. Сырдария, как и в других аридных районах, развитие наблюдательной и измерительной гидрометрической сети определялось, прежде всего, нуждами орошения сельскохозяйственных полей и угодий, затем гидроэнергетики, рыбного хозяйства, водного транспорта, дорожного строительства и промышленных предприятий.

Бассейн реки Сырдарии относится к районам древнего орошения. Согласно [27, 28], уже тогда существовали свои наблюдательные посты, которые давали первые сведения по использованию речного стока, также существовали простейшие гидротехнические сооружения (каменные плотины, водоводы, водосборные колодцы для накопления атмосферной и грунтовой воды и применения ее в хозяйственных целях).

Огромное значение для развития водохозяйственной и сельскохозяйственной отраслей имело создание в 1892 году гидрометрической части Туркестанского управления земледелия и государственных интересов. В результате его деятельности был заложен фундамент для всех гидрологических и метеорологических наблюдений и положено начало созданию базы данных Центральной Азии [27, с. 114].

Уже в 1912 году в Туркестанском крае действовало шесть гидрометрических станций, 50 водомерных постов (из них восемь с лимниграфами), три метеорологические станции (1-ого класса 2-ого разряда), 34 дождемерных станции (3-его разряда), семь испарителей, лаборатория для проведения химических анализов, станция для тарировки с мастерской по ремонту приборов и инструментов [27, с. 156].

С 1900-х гг. сток рек стал изучаться на более научной основе отделом земельных улучшений при Министерстве земледелия Российской империи и Среднеазиатским Переселенческим Управлением. Первые посты на исследуемой территории Республики Казахстан были организованы гидрометрической частью этого отдела ещё в дореволюционное время. Этим отделом открыты следующие измерительные и наблюдательные пункты (Республика Казахстан): на реке Сырдария – гидрологический пост г. Казалинск в 1912 г., ж.-д. ст. Томенарык в 1914 г., ж.-д. ст. Караозек в 1914 г., с. Чиназ в 1915 г.; на реке Арыс – с. Шаульдер (водокачка ж.-д.ст. Темир) в 1905 г.; на реке Досан – клх. Досан (Карабас) в 1916 г. [2, с.101]. Эти посты и открытые позже с частыми перерывами в наблюдениях и переносами действуют и в настоящее время, представляя особую ценность для изучения режима рек и многолетней изменчивости стока водотоков.

Значительным достижением советского периода стала разработка генеральной схемы развития гидроэнергетики Средней Азии, которая предусматривала составление проектов крупных гидроэлектростанций: Чарвакская ГЭС на реке Чирчик, Фархадская ГЭС на реке Сырдария, Токтогульская ГЭС на реке Нарын, Нурекская ГЭС на реке Вахш, Тюямуюнская ГЭС на реке Амудария и другие. Строительство этих гидроэлектростанций позволяло развивать машинное орошение земель в Узбекской ССР и Таджикской ССР. В тоже время водохранилища при ГЭС способствовали увеличению площади орошаемых земель и повышению надежности водообеспечения оросительных систем Узбекистана, Таджикистана и Туркмении [27, с. 152-153].

Все последующие годы велось коренное переустройство водного хозяйства бассейна реки Сырдарии, интенсивное водохозяйственное строительство, освоены колоссальные массивы орошения новых земель. Были построены крупные магистральные каналы – Большой Ферганский, Северный Ферганский, Южный Ферганский, Большой Андижанский, Большой Наманганский и ряд других. В Республике Казахстан: Правобережный и Левобережный Кызылординский, Айтек, Правобережный и Левобережный Казалинский, Кызылкумский, Арыс-Туркистанский и другие магистральные каналы. Созданы в 1956-1983 годах крупные водохранилища: Кайраккумское (1956 г.), Чарвакское (1966 г.), Токтогульское (1974 г.), Андижанское (1978 г.), Богенское (1965 г., Казахстан), Шардаринское (1966 г., Казахстан) и ещё 13 водохранилищ объемом более 10 млн. м³ (всего таких 19 водохранилищ), не считая большого числа мелких водоемов. Проведены многочисленные межбассейновые переброски стока, построена разветвленная сеть коллекторно-дренажных и сбросных каналов [26, с. 73; 27, 159-185].

В целом в исследуемом регионе (казахстанская часть бассейна реки Сырдария) существовало более 250 пунктов наблюдений за стоком воды, различных ведомств Казгидромет, посты эксплуатационной гидрометрии Министерства мелиорации и водного хозяйства КазССР, САНИГМИ; Каратауской экспедицией Министерства геологии и охраны недр СССР. Из них только 149 имели и имеют более или менее надежные материалы за период не

менее года, остальные относятся к постам с эпизодическим периодом наблюдений [26, с. 97].

Так, к 2020 году существуют 38 действующих гидрологических постов (рисунок 1.3).

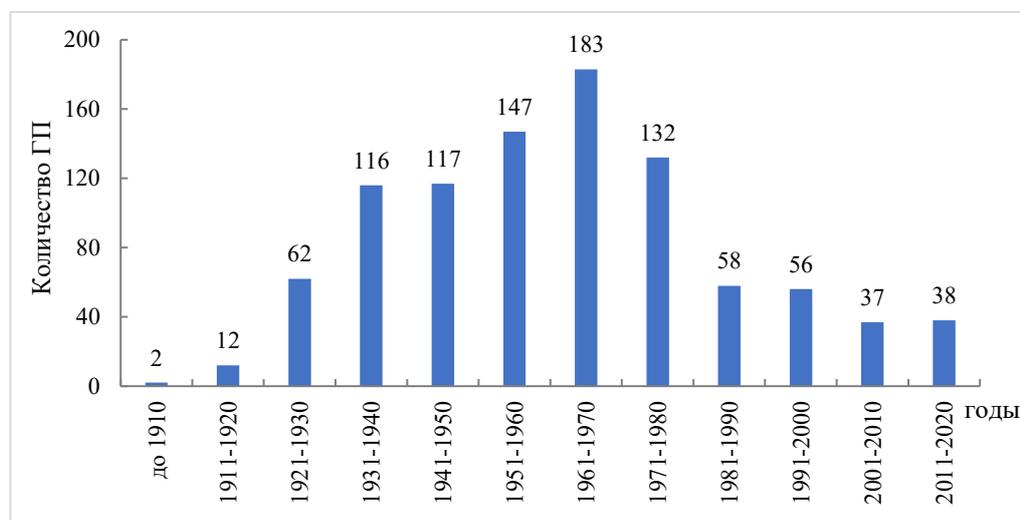


Рисунок 1.3 – Количество действующих гидрологических постов в Арало-Сырдаринском ВХБ

Наиболее длительные наблюдения – 105, 98, 95 лет были проведены на гидропостах Сырдария – г. Казалы, Сырдария – ж.-д. ст. Томенарык и Сайрам – аул Тасарык соответственно. Схема расположения гидрологических постов в казахстанской части бассейна р. Сырдария представлена на рисунке 1.4 и в Приложении А.

Гидрохимическая изученность. Первые сведения о химическом составе воды р. Сырдария и ее притоков имеются с мая 1910 г. публиковались они в Ежегодниках отдела земельных улучшений и отчетах Гидрометрической части Туркестанского края. В 1925 г. А.С. Уклонский дал характеристику воды рек Туркестана (по Стеблеру, Пальмеру, Роджерсу) и попытался классифицировать эти воды по геохимической системе Пальмера для выявления закономерностей в изменении химического состава воды во времени и пространстве [2, с. 334].

Летом 1926 г. Э.А. Фалькова производила гидрогеологические исследования в бассейнах рек Боралдай и Балабугунь. Во время этих работ брались пробы воды на химический анализ из рек, родников, скважин [2, с. 334].

С 1938 г. началось регулярное изучение гидрохимического режима воды рек бассейна Сырдария на сети гидрологических постов Управлений гидрометслужбы среднеазиатских республик. Исследования проводились и по ряду других организаций [2, с.334].

В 1948 г. О.А. Алекиным была составлена гидрохимическая карта рек СССР. В 1965 г. Р.П.К. Манихиной была дана краткая гидрохимическая характеристика бассейна р. Сырдария (по материалам Гидрометслужбы с 1936 по 1960 гг.) [2, с.334].

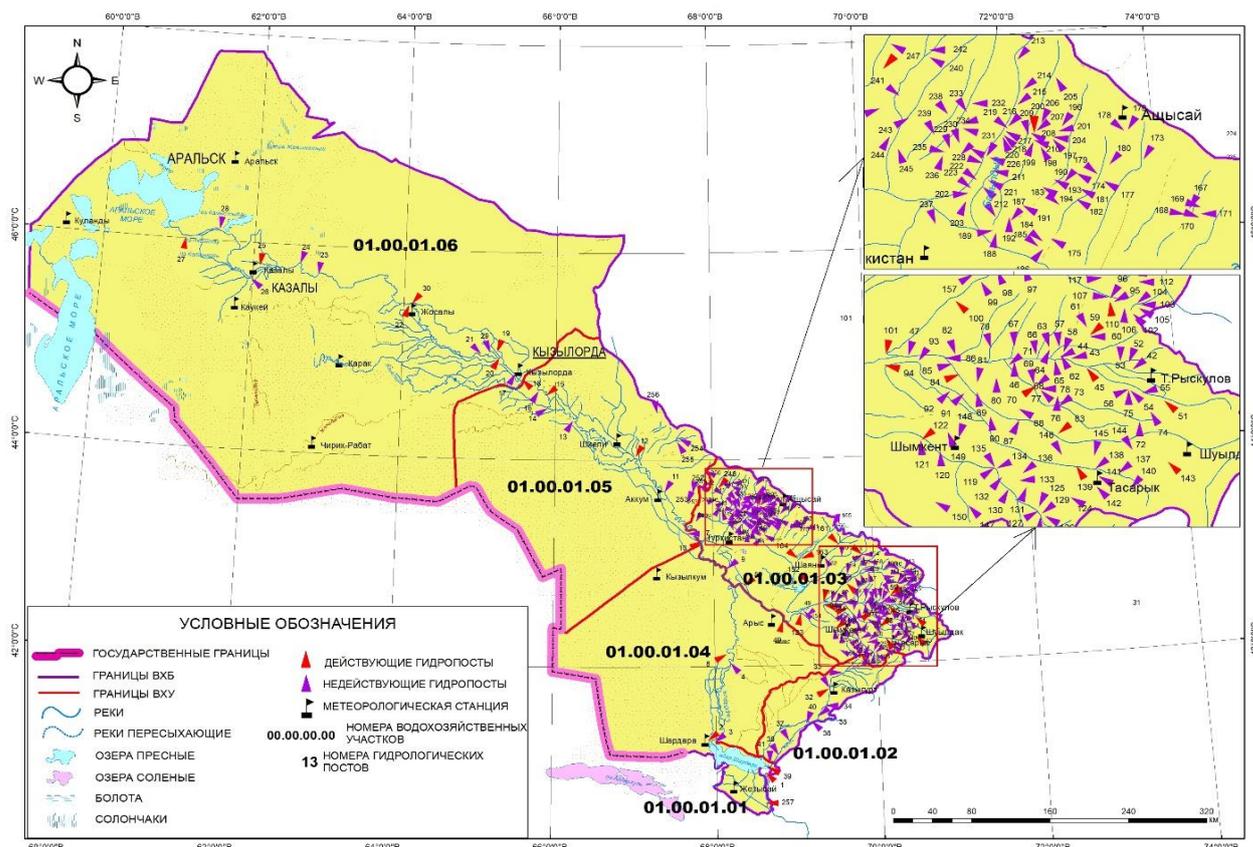


Рисунок 1.4 – Схема расположения гидрологических постов в бассейне р. Сырдария (казахстанская часть)

Наблюдения над химическим составом воды производится на гидрологических постах.

При неизбежности задач мониторинга качества поверхностных вод, заключающихся в определении приоритета контроля антропогенного воздействия, строгой систематичности и комплексных наблюдений, оперативности получения и передачи информации, как необходимое отступление следует отметить, что вся система современного мониторинга зачастую не соответствует оптимальному решению вышеназванных задач. Например, в отличие от наблюдений за гидрологическими параметрами, мониторинг за гидрохимическим режимом не имеет четких нормативов ни по календарному графику отбора проб как в внутрисуточном, так и в месячном режимах, что в свою очередь показывает отсутствие системности при производстве таких работ. Такое положение не нуждается в трудоемких доказательствах, для чего достаточно убедиться простым анализом данных «Ежегодных данных качества поверхностных вод» (ранее «Гидрохимические бюллетени»). В свою очередь, отсутствие системности в отборе проб для гидрохимического анализа приводит к тому, что на основе имеющихся данных по гидрохимическим показателям можно лишь строить приближенную картину динамики изменения химического состава поверхностных вод как для р. Сырдарии, так же для других водотоков.

Выводы по разделу:

1. Водосборный бассейн реки Сырдария – крупнейшая средообразующая водная система Центральной Азии и Казахстана, которая является пространственным базисом народонаселения и производственной деятельности, обеспечивающим водную безопасность Кыргызстана, Узбекистана, Таджикистана и Казахстана.

2. Сток р. Сырдария образуются на отрогах хр. Тянь-Шань и входит в Малое Аральское море протекая в 2137 км по территории Кыргызстана, Узбекистана, Таджикистана и Казахстана, где гидрографическая сеть бассейна представляет собой сложное переплетение естественных и искусственных водотоков – рек, каналов и коллекторов, причем протяжённость каналов и коллекторов значительно превышает протяжённость речной сети.

3. В нижнем течении бассейна р. Сырдария проходит вдоль подошвы хребта Каратау посреди пустынных песков и степных равнин Казахстана (Кызылкумы, Приаральские Каракумы и Арыскум), речная сеть представлена склонами хребтов Каратау и Каржантау, где формируется сток бассейнов рек Арыс и Келес, являющихся притоком р. Сырдария.

4. Для изучения речного стока и гидрохимического режима в водосборных территориях бассейна р. Сырдария имеется достаточное количество наблюдательных пунктов, обеспечивающих информационно-аналитическими данными, для создания базы исследования.

2 МЕТОДЫ ОЦЕНКИ РЕСУРСОВ И КАЧЕСТВА РЕЧНЫХ ВОД

2.1 Методы оценки ресурсов речного стока

Водные ресурсы – это запасы поверхностных и подземных вод какой-либо территории, то есть это все природные воды Земли, представленные водами рек, озер, водохранилищ, болот, ледников, водоносных горизонтов, океанов и морей [29, 30].

В данной работе нами будут рассмотрены ресурсы речного стока.

На современном этапе развития гидрологической науки существуют проблемы методологической и теоретической оценки возобновляемых водных ресурсов, которые не перестают совершенствоваться и быть актуальными, с учетом изменений в климатической системе Земли и факторов антропогенного влияния на речной сток [31, 32].

В начале XX-века, при крайней недостаточности гидрологических данных, оценки ресурсов речного стока основывались на использовании выявления зависимостей стока рек от метеорологических факторов, прежде всего от атмосферных осадков или путем расчета по норме осадков и испарения непосредственно по уравнению водного баланса [31, с.114-116; 32, с.16, 33-35].

Несмотря на прогресс, достигнутый в расчетах суммарного испарения, методы оценки водных ресурсов по метеорологическим данным, как показал многолетний опыт их применения, не могут дать надежных результатов, и почти непригодны для практических расчетов, особенно для аридных территорий. Во-первых, в аридных территориях речной сток очень мал и по абсолютной величине близок к погрешности определения испарения и осадков. Во-вторых, с помощью этих методов практически невозможно оценить ежегодные водные ресурсы.

Надежность оценок оказалась напрямую связана с развитием сети гидрологических наблюдений. Позже появившийся метод картирования [36] также полностью был зависим от материалов натурных измерений.

Кроме перечисленных методов иногда используют методы регрессионного и факторного анализа [36, с. 10], метод линейных уравнений. Первый заключается в построении уравнений регрессии стока рек от метеорологических факторов, второй рассматривает факторы не впрямую, а через отыскание их признаков. Признаками водных ресурсов являются гидрографические, орографические, географические и климатические характеристики. Оба эти метода не получили широкого распространения.

Метод линейных уравнений стока позволяет оценить водные ресурсы бассейна (Y , км³) через показатели стока отдельных его рек. При определении коэффициентов линейных уравнений рекомендуется пользоваться одним из следующих приемов: интерполяцией нормы стока реки по ее длине, оценкой нормы стока с неучтенной территории по карте изолиний, оценкой нормы стока этой территории по методу гидрологической аналогии [37-48].

Из выше сказанного следует что, существующие методы оценки поверхностных водных ресурсов можно разделить на воднобалансовые методы, методы регрессионного и факторного анализа методы, метод картирования и метод линейного уравнения.

Таким образом, наиболее рациональный путь определения водных ресурсов территорий, в том числе речных бассейнов, использование данных стационарных наблюдений по гидрометрическим створам и косвенная оценка стока с неучтенных наблюдениями территорий. При этом результаты расчетов по разным створам должны быть сравнимы между собой, то есть представлять единый расчетный период. Для этого требуется: обоснование расчетного периода, реконструкция рядов или приведение коротких рядов к расчетному периоду.

Вопросами техники статистических вычислений и численных методов в гидрологии в разное время изучались такими учеными как: Крицкий С.Н., Менкель М.Ф., Шелутко В.А., Горошков И.Ф., Владимиров А.М., а также оценке точности гидрологических расчётов посвящены работы Рождественского А.В., Чеботарева А.И., Ежова А.В., Сахарюк А.В., Митропольский А.К. и др. [49-56].

Многолетние циклические колебания стока в зависимости от климатических характеристик рассматривался рядом исследователей: Давыдов Л.К., Андреев В.Г., Калинин Г.П., Дроздов О.Я., Григорьева А.С., Еременко К.В., Малькова И.В., Раткович Д.Я. и др. [57-69].

С началом хозяйственной деятельности на реках и водоемах, необходимость в уточнении определения гидрологических характеристик становятся более актуальными и ряд исследователей выдвигают теорию о нестационарности процесса стока и возможных путях его изучения в процессе антропогенного влияния: Шикломанов И.А., Дроздов О.А. и др. [34, с. 3; 61, с.3; 62, с.90].

В результате, был выполнен ряд монументальных работ по всем регионам СССР, так называемые «Ресурсы поверхностных вод СССР», включающие все обобщения по расчетам и колебаниям регионального стока рек, озер [2, 37-48].

Рубеж 20 и 21 вв. ознаменован развитием направления моделирования гидрологических процессов к решению вопроса о водных ресурсах и их характеристик. В гидрологической литературе можно выделить два основных типа описываемых математических моделей: детерминированные (физико-математические или динамические) и стохастические. Известны современные работы Игнатова А. В., Долгоносова Б.М. и др. [70, 71]. Однако расчетные методы все же остаются наиболее приемлемыми при недостаточно развитой сети наблюдений, которая, к сожалению, имеет место [72, 73].

На территории Казахстана водные ресурсы также изучались в полном объеме, в том числе известны работы Лаврентьева П.Ф., Шульца В.Л., Теплякова И.Н. [1, с. 5; 74, 75]. Региональные вопросы состояния водных ресурсов Казахстана рассмотрены в работах Соседова И.С. и др. [76, 77]. Различные закономерности и методы расчетов рассмотрены в работах:

Щегловой О.П., Беркалиева З.Т; Литовченко А.Ф., Соседова И.С., Емельяновой Л.А., Гальперина Р.И., Достаева Ж.Д., Мазур Л.П. и мн. др. [78-85].

Что касается статистических методов оценки гидрологической информации, то наиболее известными являются разработки Давлетгалиева С.К. В статье [86] произведена оценка эффективности приведения рядов к многолетнему периоду, с учетом восстановленных величин. Вопросы оценки водных ресурсов, с учетом современных изменений климата и антропогенных нагрузок, сценарные прогнозы на долгосрочную перспективу по территории Казахстана отражены в исследованиях, проведенных Институтом географии и водной безопасности РК ведущими отечественными гидрологами (Гальперин Р.И., Давлетгалиев С.К., Достай Ж.Д., Молдахметов М.М., Алимкулов С.К. и др.) [26, 306-38; 87-89].

Оценка водных ресурсов поверхностных вод на реках, имеющих данные наблюдений, основываются на гидрологических материалах [90-97].

2.2 Методы оценки антропогенного изменения ресурсов речного стока

В пределах крупных водохозяйственных бассейнов одним из главным факторов, с точки зрения воздействия на количественные характеристики речного стока, является изъятие воды из водных источников или водопотребление. Масштабы воздействия водопотребления на водные ресурсы определяются соотношениями параметров водопотребления и характеристик водного объекта, откуда забирается вода и куда она сбрасывается после использования. В зависимости от указанных соотношений, водопотребление может оказывать большое влияние на малые, средние, а иногда на большие речные системы, при этом условия формирования стока на водосборе практически не изменяются [37, с. 40; 97, с. 40-42].

Согласно разработанной методике в работе [37, с. 40; 97, с. 40-42] будем рассматривать безвозвратное водопотребление в руслах основных рек по водохозяйственным участкам, степень его воздействия на водные ресурсы. Оценка проведена за период с 1992 по 2019 годы, где имелись полные данные наблюдений за забором и использованию водных ресурсов.

Будут определены антропогенные изменения стока рек по опорным пунктам в руслах главных рек, дренирующих воды определенного водосбора, составлены русловые водные балансы, изучены преобразования элементов водного баланса на каждом участке с сопоставлением их с реальными водозаборами, установлены доли безвозвратного водопотребления по отдельным отраслям экономики [37, с. 64; 97, с. 52].

Величины безвозвратного водопотребления в процентах от полного водопотребления являются достаточно показательными характеристиками

водопользования. Они будут рассчитаны для русел основных рек в пределах казахстанской части бассейна [37, с. 40; 97, с. 40-42].

2.2.1 Методика определения изменений стока под воздействием хозяйственной деятельности

Для количественной оценки нарушений гидрологических характеристик применяются самые разнообразные методы, которые в целом можно объединить в две группы [37, с. 40; 97, с. 40]:

1) Статистические методы – в основе которого лежит совместный анализ многолетних колебаний стока и естественных факторов, а также динамики хозяйственной деятельности в бассейне;

2) Воднобалансовый метод – расчеты выполняются на основе данных по учету использования воды и изменений элементов водного и теплового балансов в бассейне реки в результате воздействия каждого вида хозяйственной деятельности в отдельности.

К статистическим методам отнесены приемы и способы восстановления естественного стока за период с нарушенным водным режимом с помощью уравнений регрессии, связывающих величину стока в рассматриваемом створе:

- со стоком одной или группы рек-аналогов, режим которых находится в естественном состоянии;

- со стоком неизмененного хозяйственной деятельностью участка бассейна или частных площадей бассейна;

- с метеорологическими факторами.

Восстановленные ряды сравниваются с фактическими и на основе этого выявляется и оценивается изменение речного стока, вызванное хозяйственной деятельностью [37, с. 40].

Для всех статистических методов оценки антропогенных изменений речного стока характерно использование линейной регрессии; различия состоят лишь в наборе аргументов для восстановления естественного стока.

1) *Метод гидрологической аналогии.* Данный метод предполагает возможность подобрать один или несколько бассейнов-аналогов. Предъявляются обычные требования к тесноте связи и устойчивости параметров уравнения регрессии при приведении оценок ряда к многолетнему периоду и восстановлению рядов [37, с. 40; 97, с. 41]. Восстановленный по уравнению регрессии сток $Q_{\text{восст}}$ сравнивается с фактически наблюдаемым $Q_{\text{н}}$ за интересующий нас период: $\Delta Q_{\text{хоз}} = Q_{\text{н}} - Q_{\text{восст}}$

2) *Оценка изменений стока по естественному притоку из зоны формирования.* Наиболее простой случай оценки, когда удастся получить тесную корреляционную зависимость за период с неизменным водным режимом между стоком в рассматриваемом створе и в створе, замыкающем часть бассейна, не подверженного влиянию интенсивной хозяйственной деятельности $Q_{\text{пр}}$ (приток из зоны формирования). Принципиальной разницы

нет, если используется сумма притоков по нескольким створам, контролирующим сток неизменной части бассейна $\Sigma Q_{пр}$ [37, с. 4; 97, с. 42].

Возможно применение более сложного варианта построения зависимости, когда кроме притока из зоны формирования учитываются метеорологические характеристики в зоне использования стока, в которой происходит интенсивное расходование водных ресурсов (особенно в южных регионах). В зависимости от конкретных условий это могут быть площади орошаемых земель, объемы водозаборов, площади осушенных земель и т.п. [37, с. 41; 97, с. 42].

3) *Оценка изменений стока по метеорологическим факторам.* Оценивается в основном для годового и весеннего стока равнинных рек, водные ресурсы которых формируются и используются на всей территории бассейна. Для восстановления стока весеннего половодья на реках применяются зависимости, разработанные в практике долгосрочных прогнозов весеннего половодья, где рассматриваются слой или объем весеннего половодья, максимальный запас воды в снежном покрове, осадки за период весеннего половодья, увлажнение почв водосбора и глубина промерзания почв.

Для водосборов лесостепной и степной зон Северного Казахстана также может использоваться зависимости весеннего половодья от осадков за октябрь-ноябрь предшествующего года и дефицита влажности воздуха за июнь-сентябрь предшествующего года.

Для восстановления годового стока рек зоны избыточного увлажнения используются его зависимости от годовых осадков и средней годовой температуры воздуха за период наблюдений с неизменным водным режимом. Для зоны недостаточного увлажнения восстановление годового стока производится по его зависимости от весеннего стока; последний же восстанавливается по метеорологическим факторам [97, с. 42-43].

4) *Метод линейного тренда.* Данный метод применяется для оценки изменения годового, сезонного и месячного стока рек, в бассейнах которых наблюдается более или менее устойчивый рост влияния хозяйственной деятельности, например, из-за постепенного увеличения площади орошаемых земель [97, с. 43].

К водно-балансовым методам отнесены те методы и приемы исследования, которые предусматривают отдельный учет каждого вида хозяйственной деятельности. В основе этого лежит анализ изменения элементов водного баланса под влиянием хозяйственной деятельности с применением принципа сохранения водных масс, выражаемого уравнением водного баланса [37, с. 41; 97, с. 43].

В основе этих методов лежит изучение изменений элементов водного баланса под влиянием хозяйственной деятельности в пределах речного бассейна, его участка или русла реки за различные промежутки времени (многолетний период, год, сезон, месяц и т.д.). Наиболее полные результаты исследований могут быть получены, когда одновременно с изменением

элементов водного баланса изучаются изменения всего комплекса процессов, определяющих формирование водного режима реки [37, с. 41; 97, с. 43].

Водно-балансовый подход к выявлению и учету хозяйственной деятельности на речной сток реализуется с помощью уравнений водного баланса речного бассейна или русла в нескольких разновидностях в зависимости от характера антропогенного воздействия [37, с. 42; 97, с. 43].

1) *Метод руслового водного баланса.* Изменения стока в результате антропогенных факторов, которые практически не влияют на условия формирования стока на водосборе (переброски стока, промышленно-коммунальное водопотребление), могут быть установлены с помощью метода руслового водного баланса. Для этого нужны, кроме данных гидрометрических наблюдений, сведения о заборах и сбросах воды [37, с. 42; 97, с. 44].

Метод руслового водного баланса (РВБ) может обеспечить количественную оценку неизученного элемента хозяйственной деятельности, трудно поддающегося гидрометрическому учету (например, разбор воды на орошение индивидуальных участков, фильтрация воды в соседний бассейн вследствие образования депрессионной воронки).

2) *Метод водного баланса речного водосбора.* В бассейнах, где значительное развитие получили факторы хозяйственной деятельности, влияющие на условия формирования стока, используются методы, основанные на учете изменения элементов водного баланса водосборов под влиянием различных видов хозяйственной деятельности. Оценка изменения стока заключается в определении изменений запасов воды в бассейне и суммарного испарения с его поверхности.

Изменение испарения в бассейне – постоянно действующий фактор, влияющий на водный режим реки и ее водные ресурсы. Изменение запасов воды в бассейне в результате заполнения водохранилищ, расходования воды на насыщение грунтов ложа и береговой зоны водохранилищ, на насыщение почвогрунтов орошаемых участков и другие происходит в течение определенного периода времени [37, с. 44; 97, с. 46].

Основной методический подход при оценке изменений запасов воды в бассейне и суммарного испарения с его поверхности и заключается в составлении и сравнительном анализе уравнения водного баланса водосбора или его участка для естественных и нарушенных условий.

В данной работе будет рассматриваться оценка влияния наиболее значимых видов хозяйственной деятельности на речной сток преимущественно в рамках водно-балансового подхода, к которому относят не только методы, основанные на непосредственном применении уравнения водного баланса, но также те способы и приемы, в основе которых лежат географические принципы обобщения водно-балансовых данных [97, с. 46].

В заключение отметим, что дальнейшее усовершенствование методов оценки и прогноза влияния хозяйственной деятельности на речной сток связано с детальным изучением элементов водного баланса речных бассейнов, особенно испарения с различных угодий, организацией и техническим

оснащением системы учета использования вод на различные хозяйственные нужды, а также внедрением в практику расчетов и прогнозов стока методов математического моделирования.

2.2.2 Методы оценки качества речных вод

Известно, что химический состав поверхностных вод формируется под влиянием совокупности природных и антропогенных факторов [106-111]. Сложность расчленения загрязняющих веществ на природную и антропогенную составляющие в настоящее время заключается в том, что в естественном режиме, т.е. до начала интенсивного антропогенного воздействия, гидрохимические анализы с целью выявления природных составляющих не проводились. Поэтому в современных условиях об уровне загрязнения приходится говорить только относительно установленных предельно допустимых концентраций (ПДК) для каждого вещества. Например, во всех водотоках Казахстана начало гидрохимических исследований ведется с 1934 г., но до 1968 г. гидрохимические исследования ограничивались определением минерализации (Ca, Mg, Na + K, HCO₃, SO₄, Cl), железа и кремния. В 1968 г. положено начало исследованиям по 89 параметрам, хотя и это не соблюдалось и не делается в настоящее время. Для того, чтобы ограничить число или перечень загрязняющих веществ для конкретного речного бассейна, было необходимо изначально вести исследование по выявлению приоритетных групп загрязнителей для данного водотока или водоема. Тогда отпала бы надобность проводить исследования для конкретного речного бассейна по полному перечню и ограничиться загрязняющими веществами, характерными для данного региона [112-119].

В этом отношении р. Сырдария не является исключением. Поэтому наши исследования качества поверхностных вод р. Сырдария будут вестись по групповым признакам, т.е.:

- главным ионам;
- органическим веществам;
- биогенным веществам;
- тяжелым металлам;
- хлорорганическим веществам.

Исследования по выявлению изменений главных ионов будут производиться по следующим показателям: общей минерализации, ионам кальция, магния, сумме натрия и калия, гидрокарбонатам, сульфатам и хлоридам.

Современные исследования показывают, что органические вещества в поверхностных водах присутствуют, главным образом, в виде различных гуминовых соединений [116, с. 119-121; 118, с. 94-97; 119, с. 207].

Поверхностные воды всегда содержат в себе органические вещества и эти соединения, несмотря на разнообразие их форм, состоят, в основном, из углерода, кислорода и водорода. Разумеется, что помимо перечисленных ингредиентов, органические вещества (соединения) в малых количествах также содержат азот, фосфор, серу, калий, кальций и многие другие элементы.

В данной работе нами будет анализироваться наличие в поверхностных водах веществ антропогенного происхождения, т.е. фенолов, смол, нефтепродуктов и синтетических поверхностных активных веществ (СПАВ). Согласно поставленным целям и задачам загрязнения реки будут определяться для отдельных (конкретных) гидрохимических створов и по длине водотока. Исследования загрязнения водотоков органическими веществами будут способствовать поиску оптимальных путей управления и охраны водных ресурсов республики.

Общеизвестно, что соединения азота и фосфора как биогенные элементы постоянно присутствуют в природных водах. Эти соединения могут быть как естественного, так и антропогенного происхождения.

В силу сказанного, данная работа посвящается исследованию загрязнения водотоков биогенными веществами во внутригодовом и многолетнем разрезах на примере отдельных гидрохимических створов и по длине рек, выполнению комплексной оценки загрязненности отдельных речных бассейнов Республики Казахстан.

Необходимо подчеркнуть, что в данной работе из всего списка биогенных веществ, такие как NH_4 , NO_2 , NO_3 , $P_{\text{общ}}$, $Fe_{\text{общ}}$, Si , мы не будем анализировать $Fe_{\text{общ}}$ и Si , т.к. согласно результатам наших исследований не были обнаружены изменения по этим ингредиентам при нарушенном гидрологическом и гидрохимическом режимах по сравнению с естественным режимом природных вод.

В настоящее время имеется много работ, посвященных исследованию загрязнения поверхностных вод республики ионами тяжелых металлов, но они в основном носят дискретный характер, т. е. в них отсутствует анализ загрязнения в многолетнем разрезе и взаимосвязь концентрации ионов тяжелых металлов и гидрологического режима водотоков и водоемов. Между тем известно, что гидрологический режим водотоков играет исключительную роль в снижении концентрации ионов тяжелых металлов, особенно при неэффективном или полном отсутствии локальных очистных сооружений на предприятиях тяжелого машиностроения и других отраслей экономики, так или иначе связанных со сбросом сточных вод, содержащих ионы тяжелых металлов. Немалую роль в загрязнении поверхностных и подземных вод играют многочисленные хвостохранилища горнорудной промышленности, приводящие к неконтролируемым загрязнениям и даже катастрофам во время аварийных прорывов.

В данной работе будет проведено исследование загрязнения водотоков ионами тяжелых металлов во внутригодовом и многолетнем разрезах на примере отдельных гидрохимических створов и по длине рек.

Комплексная оценка загрязненности поверхностных вод – это представление о степени загрязненности воды, либо о ее качестве, однозначно отражающее через ту или иную систему показателей в той или иной форме всю, либо определенным образом ограниченную, совокупность характеристик состава и свойств воды относительно характеристик, чаще нормативов, для определенного вида водопользования или водопотребления [120].

В данное время в водоохраных мероприятиях нормируемыми показателями качества вод являются предельно допустимые концентрации (ПДК) и предельно допустимые сбросы (ПДС). Эти показатели, характеризующие допустимую степень ухудшения качества воды в бассейне, служат критериями сравнения, а не стандарта. Применение несоответствующих нормативов усложняет объективное распределение и рациональное использование водных ресурсов с учетом их качества, чем определяется необходимость разработки научно обоснованного стандарта качества воды хозяйственно-питьевого назначения и стандарта качества оросительной воды, содержащего критерии, оценки, нормы основных показателей состава и свойств воды. Поэтому в настоящее время известны единичные, косвенные и комплексные оценки загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям. Единичные и косвенные оценки являются традиционными. Появление в гидрохимии нового вида оценок загрязненности поверхностных вод – комплексных – определено необходимостью четкого представления о характере и степени загрязненности поверхностных вод возрастающим количеством химических веществ, связанным с усилением нагрузки на водные объекты.

Таким образом, весь перечень гидрохимических показателей, по которым выпускаются ежегодники качества поверхностных вод по требованиям рыбохозяйственного лимитирования, а также по генетическому происхождению, применению, химическому строению и по токсичности влияния на гидробионтное и бентосное сообщества, оказывается, можно и нужно разделить на условные группы с целью дальнейшего формулирования требований к целым группам элементов, объединенных по схожести признаков.

Согласно исследованиям АО «Институт географии и водной безопасности» Программы «Разработка научно-прикладных основ обеспечения водной безопасности Республики Казахстан в трансграничном Арало-Сырдаринском бассейне до 2050 г.», по подпрограмме «Ресурсы речного стока трансграничного бассейна реки Сырдария», по заданию «Качество водных ресурсов в трансграничном Арало-Сырдаринском бассейне» (2021-2022 гг.) [121] сток р. Сырдарии по содержанию хлорорганических пестицидов признается рыбохозяйственными требованиями тоже непригодным для использования в этих целях, как водный объект высокой степени загрязнения.

В частности, в настоящее время стандарт устанавливает методы испытаний поверхностных вод на содержание 75 основных контролируемых показателей качества воды. Как ранее говорилось, не всегда поверхностные воды анализируются по этим 75 показателям из-за необязательности исполнения и по другим причинам, тем не менее, исходя из реалий объективных факторов, считаем целесообразным проводить комплексную оценку качества поверхностных вод на основе имеющихся данных. При этом приоритетом является вовлечение в расчетные ряды максимума возможных показателей, а за критерий оценки степени загрязненности поверхностных вод

будут приниматься предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ, принятые на основании санитарных правил и норм (САНПИН), часть «Охрана поверхностных вод от загрязнений» за № 4630-88, утвержденных от 04.07.1988 г. Минздравом СССР [122] и действующих на территории Республики Казахстан согласно приказу начальника Департамента санитарно-эпидемиологической службы Минздрава РК № 408 от 18.08.1997 г., а также дополнительного перечня № 3 ПДК для вод рыбохозяйственных водоемов (№ 12-04-11 от 27.12.1991 г.) [122]. Как некоторое отступление от общего контекста необходимо подчеркнуть, что мы осознаем, что даже строгое соблюдение ПДК не дает полной гарантии сохранения качества поверхностных вод на безвредном и безопасном уровне водопотребления и водопользования. Например, некоторые тяжелые металлы (не говоря о ядовитых и хлорорганических веществах) при концентрациях менее ПДК подавляют самоочищающие и другие внутриводоемные процессы. Фосфаты, а также другие представители биогенных элементов могут вызвать эвтрофирование при концентрациях в несколько раз меньших, чем свои ПДК и требования ГОСТ на питьевую воду, что, в свою очередь, приводит ко вторичному загрязнению водных объектов и ухудшению качества воды по мутности, цветности, БПК и др.

Изучение общего загрязнения водного потенциала необходимо рассматривать перечень показателей загрязненности по отдельным группам элементов, предварительно объединенных по идентичности по таким показателям, как генетическое происхождение, химическое строение, применение, одинаковость влияния, токсичность и др. Исходя из этого положения, весь перечень ингредиентов, по которым ведутся гидрохимические анализы, разделен на следующие условные группы:

- главные ионы (Ca, Mg, $\Sigma(\text{Na}+\text{K})$, SO_4 , Cl и др.);
- биогенные элементы (NH_4 , NO_2 , NO_3 , $\text{P}_{\text{общ}}$, фосфаты, Si и др.);
- тяжелые металлы (Cu, Zn, Pb, Cd, Cr^3 , Cr^6 , Mn, Hg, Hg^2 , Ni, Co, Sn, Bi, Mo, Fe^2 , Fe^3 и др.);
- ядовитые вещества (CN, SCN, F, H_2S , AS, нитробензол и др.);
- органические вещества (нефтепродукты, смолы, углеводы, жиры, фенолы, СПАВ и др.);
- хлорорганические пестициды (ДДТ, ДДД, ДДЭ, ГХЦГ, севин, ялан, дикофол, гексахлорбензол и др.).

Таким образом согласно поставленным целям и задачам загрязнения реки будут определяться для отдельных (конкретных) гидрохимических створов и по длине р. Сырдария. Эти исследования будут базироваться в взаимосвязи с водностью реального года, т.е. многоводья (P=25 %), среднемноголетнего (P=50 %), среднемаловодья (P=75 %) и маловодья (P=95 %). Согласно полученным результатам исследований по отдельным гидрохимическим створам и по длине водотока, анализ будет завершаться комплексной оценкой загрязнения и классификацией водотоков по степени загрязнения.

Исследования загрязнения водотоков во внутригодовой и многолетней динамике будут способствовать поиску оптимальных путей управления и охраны водных ресурсов республики.

Выводы по разделу:

1. В основу оценки влияния антропогенной деятельности на речной сток и гидрохимический режим в низовьях р. Сырдария положены: накопленная обширная база наблюдаемых гидрологических и гидрохимических данных, принципиальные подходы к изучению речного стока, ретроспективный и перспективный анализ использования водных ресурсов и антропогенных воздействий на них, прогноз водпользования экологического стока.

2. Методы оценки влияния антропогенной деятельности на речной сток и гидрохимический режим в низовьях бассейна р. Сырдария основывались на бассейновом подходе с детальным изучением элементов водного баланса, на основе вероятностно-статистических методов, методов гидрологических, гидрохимических и водохозяйственных расчетов.

3 ВЛИЯНИЕ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА РЕСУРСЫ РЕЧНОГО СТОКА

3.1 Изучение влияния хозяйственной деятельности на гидрологический и гидрохимический режим

3.1.1 Ресурсы речного стока бассейна

Бассейн р. Сырдария расположен на территории четырех независимых государств Центральной Азии (Кыргызстан, Таджикистан, Узбекистан и Казахстан). Согласно данным официального сайта и Портала знаний о водных ресурсах и экологии ЦА CAWater-Info международной координационной водохозяйственной комиссии (МКВК), которая осуществляет комплекс мер и процедур для обеспечения равноправного и справедливого распределения вод по всей длине межгосударственных источников с учетом потребностей природных комплексов и развития их на перспективу, водные ресурсы сырдариянской речной системы включают сток рек Нарын, Карадарья, рек Ферганской долины, Чирчик, Ангрэн, Келес, Арыс и малых рек левобережья в среднем течении реки. Около 75,2 % стока Сырдарии формируется на территории Кыргызстана, 15,2% на территории Узбекистана, 2,7 % в Таджикистане и 6,9 % в Казахстане (таблица 3.1) [123].

Таблица 3.1 – Основные характеристики бассейна р. Сырдария

Характеристика	Казахстан	Кыргызстан	Таджикистан	Узбекистан	Всего
Площадь бассейна, тыс. км ² [123]	296	110,57	15,68	60,04	483
Общая площадь территории страны, тыс. км ²	2 725	199,9	143,1	448,9	3 517
Площадь части бассейна, расположенной на территории страны (от общей территории страны), %	10,9	55,3	11,0	13,4	13,7
Средняя взвешенная высота бассейна, м	194	2375	1111	739	650
Ресурсы поверхностных вод в бассейне, км ³ /год [124-131]	3,48	27,0	0,8	5,081	36,4
Ресурсы поверхностных вод в стране, км ³ /год [125, с. 222; 127, с. 355; 128, с. 28; 130, с. 348]	61	48,6	65,1	9,701	184
Ресурсы поверхностных вод в бассейне (от общего объема ресурсов в стране), %	5,70	55,56	1,23	52,4	19,7

Общий объем водных ресурсов бассейна р. Сырдария по различным источникам составляет от 31,5 до 40,8 км³/год (рисунок 3.1) [24, с. 33; 26, с. 188; 97, с. 24; <http://www.cawater-info.net>, 125, с. 222; 132-134].

Согласно данным МКВК, общий объем водных ресурсов бассейна р. Сырдария равен 37,2 км³/год, включая 27,6 км³/год – трансграничные воды, из которых 21,1 км³/год используется и размещается МКВК. Особенностью водных ресурсов р. Сырдария является возвратный сток, достигающий в

среднем в год 70 % от забора в верхних водохранилищах (сюда также включается боковой приток некоторых небольших рек). Наличие возвратного стока позволяет удовлетворить многолетние и среднегодовые требования ВХСР без многолетнего регулирования и только в маловодные годы необходимо использовать водные резервы [<http://www.cawater-info.net>].

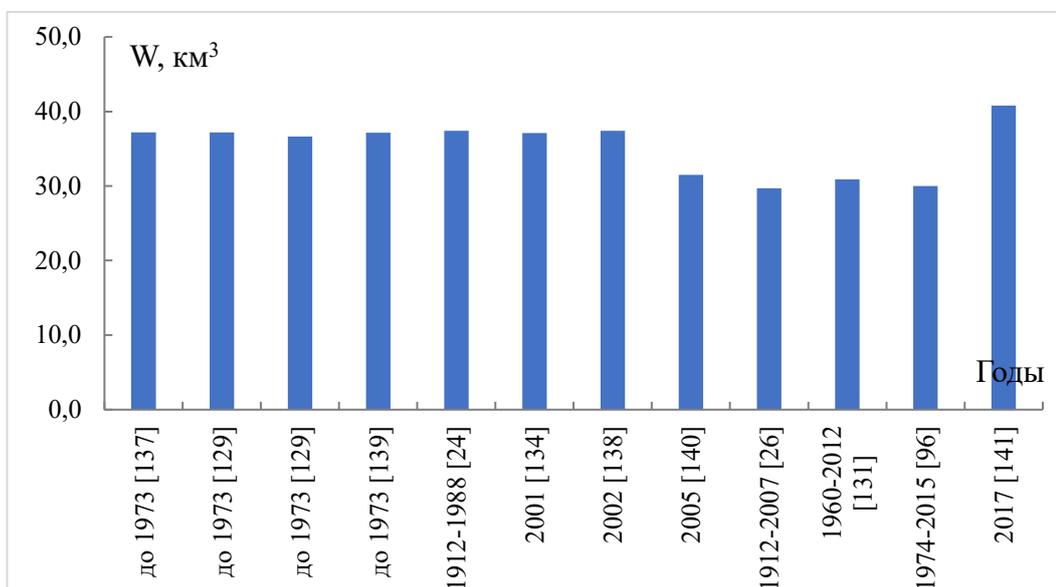


Рисунок 3.1 – Водные ресурсы бассейна р. Сырдария по различным источникам

Как видно из рисунка 3.2, среднемноголетний сток р. Сырдария за 1911-1973 гг. составляет 37,5 км³, что совпадает с данными представленные в таблице 3.3 [24, с. 33; <http://www.cawater-info.net>, 129, с. 41; 131, с. 54; 132, с. 148; 134, с. 14]. Согласно данным [135], ресурсы также практически совпадают. Незначительные различия в данных, скорее всего вызваны различием расчетного периода при расчете водных ресурсов бассейна р. Сырдария.

Сток зоны формирования бассейна Сырдарии не в полном объеме поступает на территорию Казахстана. Согласно [132, с. 148] в естественный период сток р. Сырдария, после впадения р. Чирчик составлял 37,4 км³/год, из них 27,1 км³/год поступало в пределы Казахстана.

В данном разделе мы будем рассматривать водные ресурсы, формирующиеся на территории Казахстана за 1974-2019 гг., приток из сопредельных стран будем учитывать по створу р. Сырдария – выше устья р. Келес.

Первые работы по обобщению среднего годового стока рек Средней Азии, в том числе по бассейну р. Сырдария, были выполнены В.Л. Шульцем в 1941 и 1942 гг. на основе обработки данных наблюдений за 1933-1939 гг., т.е. за 7 лет [1, с. 59; 2, с. 101].

В 1946 г. Б.Д. Зайков в своей работе по среднему стоку рек СССР привел также некоторые обобщенные сведения по среднему стоку бассейна р.

Сырдария. Однако норма годового стока была вычислена им только для 64 пунктов, что позволило дать лишь весьма схематическую картину распределения водоносности в пределах бассейна [2, с.101; 136].

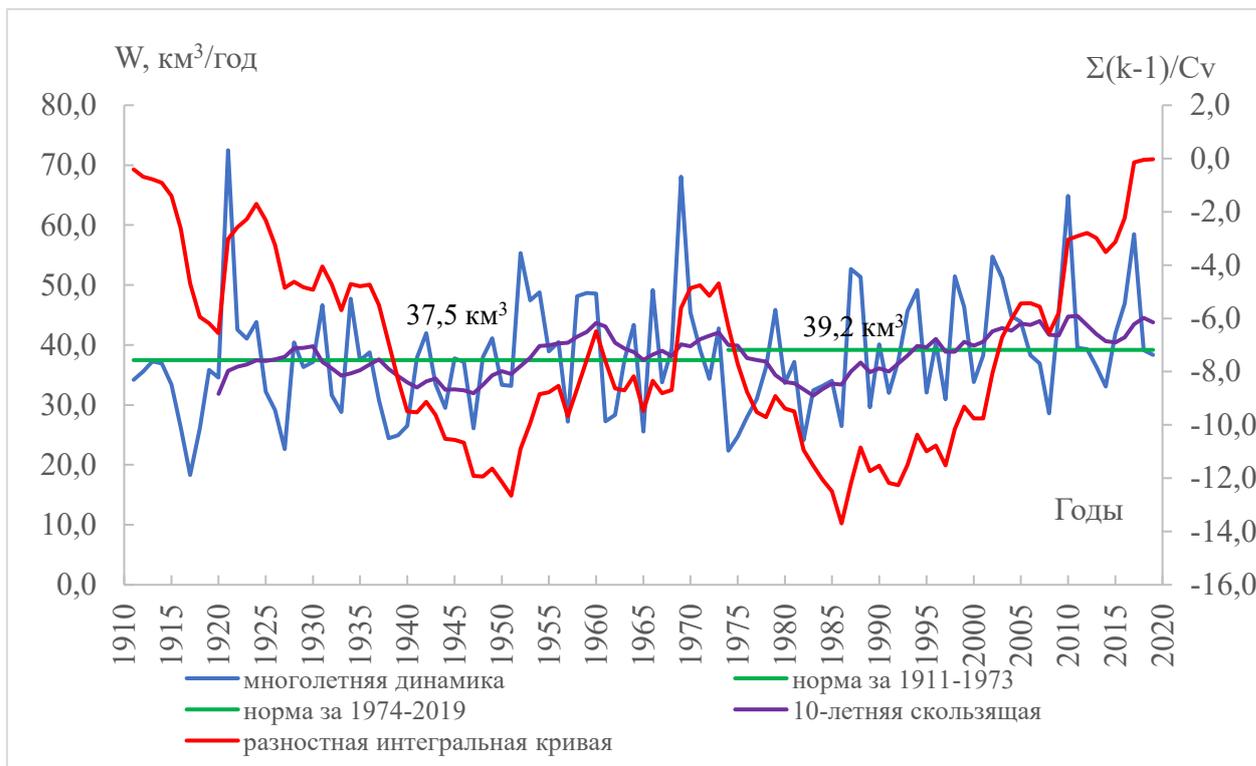


Рисунок 3.2 – Многолетняя динамика водных ресурсов бассейна р. Сырдария по данным МКВК [123]

В 1955 г. Шульцем на основе обобщения данных по стоку за 1933-1952 гг. по 147 постам были опубликованы уточненные зависимости модуля стока от средней взвешенной высоты и карта изолиний среднего стока для бассейна р. Сырдария [2, с.101].

Исследования, выполненные в 1955 г. И.А. Ильиным [137], М.Н. Большаковым [138], а также Н.С. Калачаевым и Л.Д. Лаврентьевой [139], частично посвящены оценке и обобщению среднего стока отдельных регионов бассейна р. Сырдария [2, с.101].

В работах К.П. Воскресенского [140], и Е.П. Закатова [141] приводятся обобщения по среднему стоку бассейна р. Сырдария. Карты изолиний среднего стока и интерполяционные кривые зависимости среднего стока от высоты водосборов для бассейна р. Сырдарии, построенные Воскресенским на основе значений нормы годового стока, вычисленных по данным 60 постов за период по 1958 г. включительно, являются схематическими.

В работе В.Л. Шульца 1965 г. [1, с. 5-9] рассмотрены основные закономерности процессов стока и распределения его характеристик по территории горной области Средней Азии, даны характеристики наиболее крупных и хозяйственно важных рек региона. Представлен водный режим и

характеристики стока рек Келес, Арыс и их притоков, малых рек хр. Каратау до 1960 г.

Следующая большая работа по обобщению по стоку бассейна р. Сырдария была представлена в монографии «Ресурсы поверхностных вод» [2, с. 101-143]. Монография представляет собой научное обобщение данных о режиме рек бассейна р. Сырдария, отдельные части которого по административному делению входили в состав Таджикистана, Узбекистана, Киргизстана и Казахстана. В работе использованы данные наблюдений за 1936-1962 гг. По казахстанской части данные о стоке представлены по 76 постам.

К последним работам по стоку казахстанской части бассейна р. Сырдария относятся работы, которые были выполнены в Институте географии и водной безопасности. В результате которого были выпущены серия монографий. Данная монография [26, с. 13-14] посвящена проблемам изучения и оценки возобновляемых ресурсов поверхностных вод (речного стока) юга и юга-востока Казахстана. Приведены характеристики годового стока (норма, сток различной обеспеченности, внутригодовое распределение) Арало-Сырдарийского ВХБ за период 1912-2007 и 1973-2007 гг.

Последующие работы по обобщению водных ресурсов Арало-Сырдарийского ВХБ представлены в работах [32, с. 4; 37, с. 6-7; 90, с. 4-5].

Оценка водных ресурсов поверхностных вод на реках, имеющих данные наблюдений, в основном будет основываться на гидрологических материалах.

Восстановление рядов годового стока. В Арало-Сырдарийском ВХБ в различные периоды действовало 256 гидрологических пунктов наблюдений за режимом стока. Однако, непрерывно функционирующих постов в бассейне не имеется.

подавляющее число гидрологических постов имеют пропуски и перерывы в наблюдениях. Реконструкция рядов годового стока была произведена методом гидрологической аналогии согласно методике, с соблюдением условий, представленных в работах [73, с. 13-19; 93, с. 1-8; 94, с. 4-5; 96, с. 3; 142-145]. Для реконструкции рядов годового стока по ГП, расположенным на р. Сырдария применен метод, основанный на русловом водном балансе. Метод был использован с условием, что расчетный пункт и пункт-аналог расположены на одной и той же реке и антропогенное воздействие на сток реки между этими пунктами минимальны (ниже точности гидрометрических измерений).

В целом, по методу гидрологической аналогии были восстановлены ряды годового стока 97 пунктов наблюдений (Приложение Б).

При восстановлении рядов годового стока была учтена вся информация о состоянии ГП, о водохозяйственных мероприятиях выше створа измерения, повлиявших на режим стока воды в реке. Такая информация получена из гидрологических справочников. В случае отсутствия информации о сроках хозяйственных мероприятий, для определения начала нарушения естественного режима воды рек применялись различные способы по их определению. Это способ сравнительного анализа хода стока воды расчетного

ГП и ГП, где естественный режим точно был сохранен; сравнительный анализ хода стока с ходом основных стокоформирующих факторов; анализ хода суммарных кривых стока. Последний способ наиболее наглядно показывает нарушение естественного режима и позволяет наиболее достоверно определить начало нарушений.

Сведения о стоке получены из архивных и фондовых материалов УГКС КазССР, РГП «Казгидромет», из опубликованных кадастровых материалов, приведенных в справочных и других изданиях.

Основные гидрологические характеристики. По полученным рядам годового стока были определены их основные гидрологические характеристики: норма стока (Q_0), коэффициенты вариации (C_v) и асимметрии (C_s) и расходы различной обеспеченности [73, с. 13-19; 93, с. 1-8; 94, с. 4-5; 96, с. 3].

Основные гидрологические характеристики были рассчитаны для всех реконструированных рядов изученных и малоизученных рек. Сведения об основных гидрологических характеристиках представлены в приложениях В и Г и в работах [125, с. 219; 126, с. 312].

Построение карты среднемноголетнего стока. На основе данных о среднемноголетнем стоке по 97 пунктам наблюдений получена серия региональных зависимостей $h = (H_{\text{ср.вз}})$, характеризующих состояние водности отдельных гидрологических районов исследуемого бассейна [26, с. 254; 125, с. 219].

В Арало-Сырдаринском ВХБ в общих чертах можно выделить два основных гидрологически однородных района: водосборы рек юго-западных склонов хр. Каратау и водосборы рек юго-западных склонов хр. Боралдайтау и северо-западных склонов хр. Каржантау. Как известно, в горных водосборах выделение однородных районов достаточно условно и зависит от гидрологической изученности. Детализация региональных зависимостей $h = (H_{\text{ср.вз}})$, в этой работе является исчерпывающей при современном состоянии изученности проблемы и вполне достаточно точно характеризует состояние водности отдельных регионов бассейна: I – бассейны рек западной части юго-западных склонов хребтов Каратау; II – бассейны рек южной части юго-западных склонов хр. Каратау; III – бассейны рек юго-западных– склонов хр. Боралдайтау; IV – бассейны рек северо-западных склонов хр. Каржантау. Схема гидрологически однородных районов представлена на рисунке 3.3, кривые региональных зависимостей в работах [26, с. 254; 125, с. 219].

На рисунке 3.2 изображена карта среднемноголетнего слоя стока (в мм) Арало-Сырдаринского водохозяйственного бассейна.

Для всех гидрологических районов Арало-Сырдаринского ВХБ характерно постепенное увеличение речного стока по высоте местности, на максимальных высотах имеют место наиболее благоприятные условия для формирования стока. Сток рек региона закономерно уменьшается с востока на запад у хребта Каратау. В бассейнах рек западной части юго-западных склонов хребта Каратау: Икансу, Шерт, Карашык, Актобе, Тастаксай и др. средняя

высота водосборов изменяется от 600 до 1200 м, слой стока превышает 400 мм. В бассейнах рек южной части юго-западных склонов хр. Каратау: реки Боген, Балабоген, Актас и др., где абсолютная высота равна 520-900 м. над уровнем моря слой стока достигает максимальных величин в 564 мм. Бассейны рек юго-западных склонов хр. Боралдайтау, к которым принадлежат реки Боралдай, Кокбулак, Карагашты, Кошкарата и др., характеризуются высотами водосборов от 700 до 1100 м, максимум слоя стока достигает 435 мм. В бассейнах рек северо-западных склонов хр. Каржантау, с интервалом высот от 1100 до 2500 м, слой стока достигают максимальных величин (717 мм) по всему водосборному бассейну Арало-Сырдаринского ВХБ. В этом районе протекают Жабагылысу, Машат, Аксу, Бадам, Сайрам и другие небольшие реки.

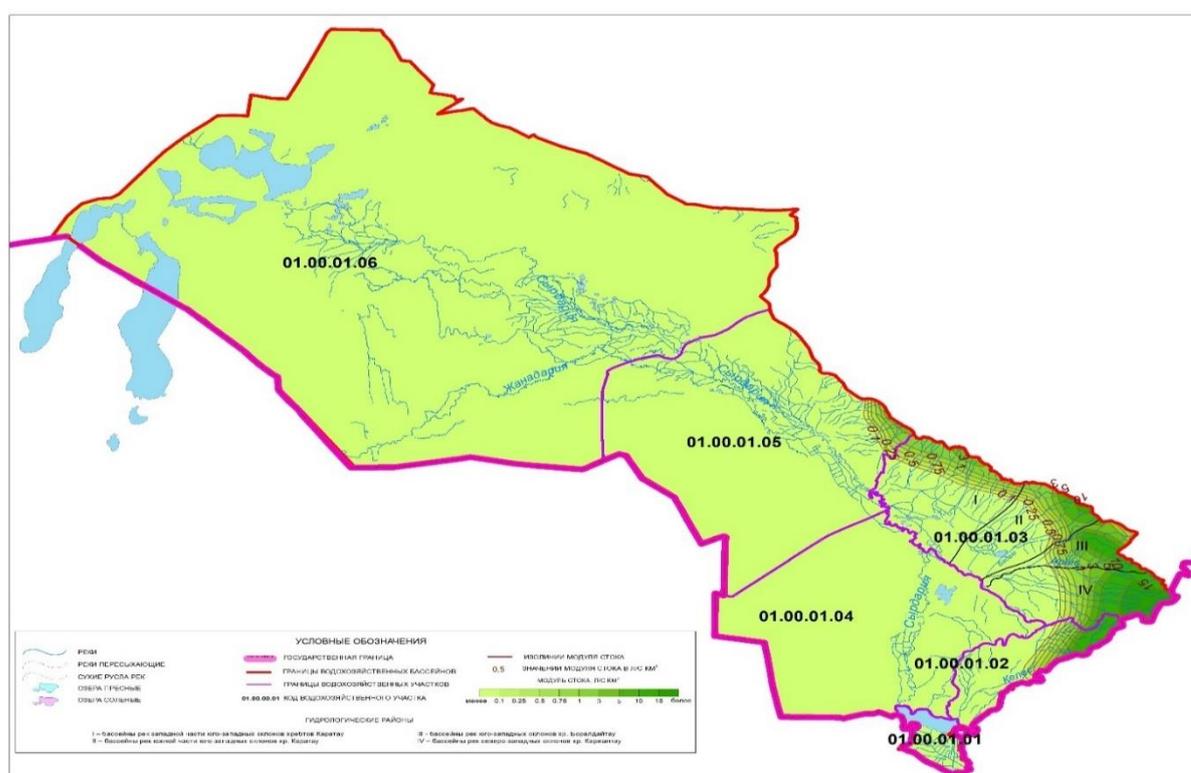


Рисунок 3.3 – Карта стока (среднегодуевой слой) Арало-Сырдаринского ВХБ

Состояние ресурсов речного стока казахстанской части бассейна р. Сырдария. Основная часть водных ресурсов казахстанской части бассейна р. Сырдарии сосредоточены в верховьях водосборов рек Арыс, Келес, Шаян, Боген. Ресурсы наинизшей северо-западной части хр. Каратау незначительные и в основном теряются при выходе из гор, не достигая русла р. Сырдария. Оценка ресурсов поверхностных вод Арало-Сырдаринского ВХБ будут производиться в пределах водохозяйственных участков (ВХУ), которых в бассейне шесть [146].

Для каждого из ВХУ выделены изученная и неизученная территории, для них определены среднемноголетние значения стока, сумма которых дает местный сток водохозяйственного бассейна.

Для каждого ВХУ и в целом для бассейна были определены ресурсы, поступающие в данный участок из других участков – приток. Сумма притока и местных (формирующиеся на территории данного ВХУ в пределах РК) ресурсов дает суммарные ресурсы ВХУ и ВХБ. Результаты расчетов представлены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Средние многолетние значения стока по водохозяйственным участкам и по водохозяйственному бассейну Арало-Сырдаринского ВХБ

Ресурсы ВХУ	W, км ³ /с	Cv	Ресурсы различной обеспеченности, км ³				
			5%	25%	50%	75%	95%
01.00.01.01 (от гос. Границы РК и РУ до НБ Шардаринского вдхр)							
Приток в ВХУ	28,0	0,23	39,1	31,8	27,3	23,6	19,1
Местные	0,0	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Суммарные	28,0	0,23	39,1	31,8	27,3	23,6	19,1
Отток из ВХУ	26,0	0,23	36,8	29,6	25,3	21,7	17,5
01.00.01.02 (бассейн р.Келес)							
Приток в ВХУ	0,0	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Местные	0,50	0,31	0,78	0,59	0,47	0,39	0,29
Суммарные	0,50	0,31	0,78	0,59	0,47	0,39	0,29
Отток из ВХУ	0,44	0,30	0,68	0,51	0,42	0,34	0,25
01.00.01.03 (бассейн р. Арыс)							
Приток в ВХУ	0,0	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Местные	2,64	0,24	3,78	3,03	2,58	2,19	1,72
Суммарные	2,64	0,24	3,78	3,03	2,58	2,19	1,72
Отток из ВХУ	1,59	0,24	2,26	1,82	1,56	1,32	1,04
01.00.01.04 (от ГП НБ Шардаринского вдхр. до ГП Коктобе)							
Приток в ВХУ	27,3	0,23	38,6	31,1	26,6	22,8	18,3
Местные	0,011	0,21	0,015	0,013	0,011	0,010	0,008
Суммарные	27,3	0,23	38,7	31,1	26,6	22,8	18,3
Отток из ВХУ	24,7	0,22	34,5	28,0	24,1	20,8	16,9
01.00.01.05 (от ГП НБ Шардаринского вдхр. до ГП Коктобе)							
Приток в ВХУ	24,7	0,22	34,5	28,0	24,1	20,8	16,9
Местные	0,15	0,42	0,26	0,18	0,14	0,10	0,058
Суммарные	24,8	0,22	34,8	28,2	24,2	20,9	16,9
Отток из ВХУ	22,0	0,25	32,0	25,3	21,3	18,1	14,2
01.00.01.06 (от ГП Казалы до впадения в Северное Аральское море)							
Приток в ВХУ	22,0	0,25	32,0	25,3	21,3	18,1	14,2
Местные	0,0	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Суммарные	22,0	0,25	32,0	25,3	21,3	18,1	14,2
Арало-Сырдаринский ВХБ							
Приток в ВХБ	27,6	0,22	38,6	31,3	27,0	23,3	18,9
Местные ресурсы в пределах ВХБ	3,29	0,26	4,83	3,81	3,20	2,69	2,07
Суммарные ресурсы по ВХБ	30,5	0,23	42,8	34,7	29,8	25,7	20,7
Отток в Узбекистан	0,39	0,27	0,58	0,44	0,37	0,31	0,25

Суммарные ресурсы всего Арало-Сырдаринского водохозяйственного бассейна оцениваются поступающим стоком по р. Сырдария из Узбекистана и местным стоком, формирующимся в пределах Республики Казахстан: $W = 27,6 + 3,29 - 0,39 = 30,5 \text{ км}^3$, при этом во избежание двойного учета часть местного стока, сток, оттекающий из бассейна по рекам Огем, Майдантал не была учтен, т.к. эти воды притекают вновь по Сырдария.

3.1.2 Анализ водохозяйственного состояния в бассейне

Бассейн р. Сырдария представляет собой сложный объект хозяйствования с хорошо развитой инфраструктурой и является одним из самых обжитых регионов, где основная часть населения занята в сельском хозяйстве (рисунок 3.4).

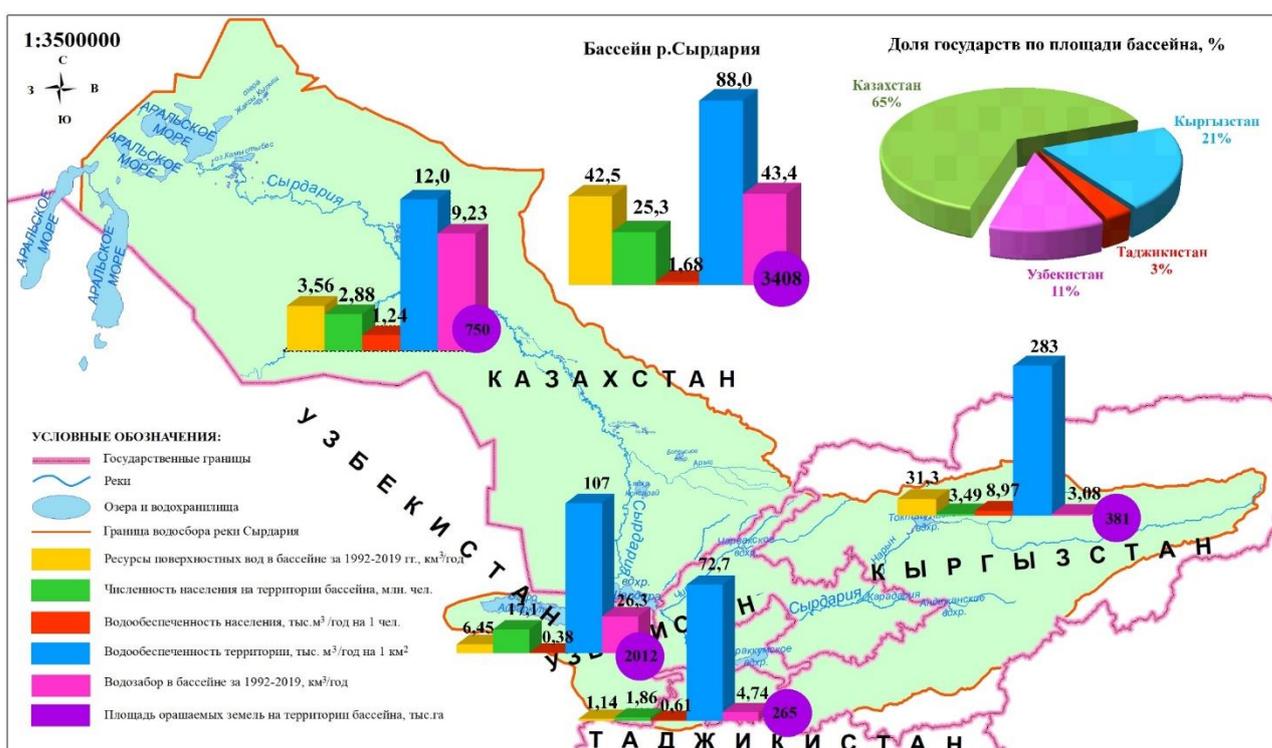


Рисунок 3.4 – Водохозяйственные показатели бассейна р. Сырдария

Бассейн реки Сырдарии относится к районам древнего орошения и тогда уже существовали свои наблюдательные посты, которые давали первые сведения по использованию стока рек [27 с.18, 28, с. 3-13]. Бассейн р. Сырдария относится к районам, где уже в середине I тыс. до н.э. существовали простейшие искусственные гидротехнические сооружения [28, с. 3-13].

Согласно работам [24, с. 48] в 1913 г. до границы Республики Казахстан орошалось 1073 тыс. га земель.

Активная водохозяйственная деятельность в бассейне началась в 30-40-х годах XX века. Именно в этот период большинство оросительных каналов введено в эксплуатацию, что позволило увеличить массивы орошаемых земель. Строительство крупных водохранилищ и введение в эксплуатацию

Все главные гидросооружения на реке Сырдария имеют комплексное предназначение – орошение, выработка электроэнергии, водоснабжение, контроль за наводнениями, рекреация и рыболовство. В бассейне функционируют следующие крупные гидротехнические узлы, плотины и головные водозаборные сооружения [24, с. 38; <http://www.cawater-info.net>]:

1) Казахстан – Большой Келесский магистральный канал (БКМК), Зах, Ханым, Арыс-Туркестанский канал, Кызылкумский канал, Кызылординский, Казалинский гидроузлы на реке Сырдария;

2) Кыргызская Республика – головные сооружения Большой Нарынский канал (БНК), Левый Нарынский канал (ЛНК) на реке Нарын;

3) Таджикистан – Фархадский гидроузел на реке Сырдария, головное сооружение Верхнее – Дальверзинского канала;

4) Узбекистан – Кампыраватский, Тешикташский, Куйганьяпский, Ассакинский гидроузлы на реке Карадария, Учкурганский гидроузел на реке Нарын, головные сооружения Северный Ферганский канал (СФК), Большой Андижанский канал (БАК), Большой Ферганский канал (БФК) на реке Нарын, головные сооружения Кировский магистральный канал (КМК), Южный Голодностепский канал (ЮГК), канала им. Ахунбабаева на реке Сырдария, Сарыкурганский гидроузел на реке Сох, Газалкентский гидроузел, каналы Зах и Ханым на реке Чирчик.

Крупные водохранилища: Шардаринское на реке Сырдария (Казахстан), Богенское на реках Арыс и Боген (Казахстан), Токтогулское на реке Нарын, Тортгульское на реке Исфара (Кыргызстан), Кайраккумское и Фархадское на реке Сырдария (Таджикистан), Андижанское на реке Карадария, Ташкентское на реке Ахангаран, Чарвакское на реке Чирчик (Узбекистан).

Почти весь речной сток бассейна р. Сырдария используется на ирригацию. Вода для орошения берется из местных и трансграничных источников [<http://www.cawater-info.net>]:

– на местных источниках (речушки, подземные воды, небольшие притоки – не связанные с трансграничными водами) – небольшие ирригационные системы (0,5-10 тыс.га);

– на трансграничных источниках – крупные ирригационные системы с орошаемой площадью 500 тыс. га (Голодная степь на территории Казахстана, Таджикистана и Узбекистана, Кызылкумская и Арыс-Туркестанская система в Казахстане и т.д.), часть которых базируется на машинном водоподъеме с глубины до 400 м [<http://www.cawater-info.net>].

Существует очень жесткая взаимосвязь и иногда даже перекрытие между этими двумя частями зоны и их источниками. В результате межгорного размещения ирригационной системы местные источники участвуют в сбросе воды в трансграничные зоны, создают дополнительный сток подземных и возвратных вод в расположенные ниже трансграничные системы [<http://www.cawater-info.net>].

Как уже было выше сказано в бассейне р. Сырдария за многие десятилетия сформировались взаимозависимые водная и энергетическая инфраструктуры. На региональном уровне решались вопросы содержания

водохозяйственного комплекса, проявились в необходимости максимального получения хлопка, риса, фруктов, овощей и другой продукции в условиях одной страны, компенсаций, социальной защиты населения и другие важные вопросы.

К сожалению, после развала СССР и регионального водохозяйственного комплекса, резко обозначились противоречия между странами: страны верховья рек заинтересованы использовать воду для гидроэнергетики, а страны низовья – для сельского хозяйства. Основные источники водообеспечения и гидроресурсов расположены в Таджикистане и Кыргызстане, а ирригация и основные сельскохозяйственные районы – в Узбекистане, Туркменистане и Казахстане [150, с. 15].

Согласно работам [24, с. 49], когда норма ресурсов составляла $37,2 \text{ км}^3$, суммарный водозабор в бассейне реки Сырдария составлял около 50 км^3 , что свидетельствует о высокой степени использования коллекторно-дренажных вод.

Как следует из рисунка 3.6, за последние 30 лет суммарный водозабор в бассейне р. Сырдария практически во все годы превышал формирующийся речной сток, в некоторые годы превышение составляло более 40 % (1997 г., суммарный водозабор $43,4 \text{ км}^3/\text{год}$, водные ресурсы $31,0 \text{ км}^3/\text{год}$). Среднегодовое значение формирующихся речного стока за период 1992-2019 гг. составило $42,4 \text{ км}^3/\text{год}$, общий водозабор $43,5 \text{ км}^3/\text{год}$. Основная доля использования водных ресурсов бассейна приходится Узбекистану (60 % от всего водозабора в бассейне), Казахстан использует 21 %, Таджикистан около 11 %, Кыргызстан 7 % от всего водозабора в бассейне.

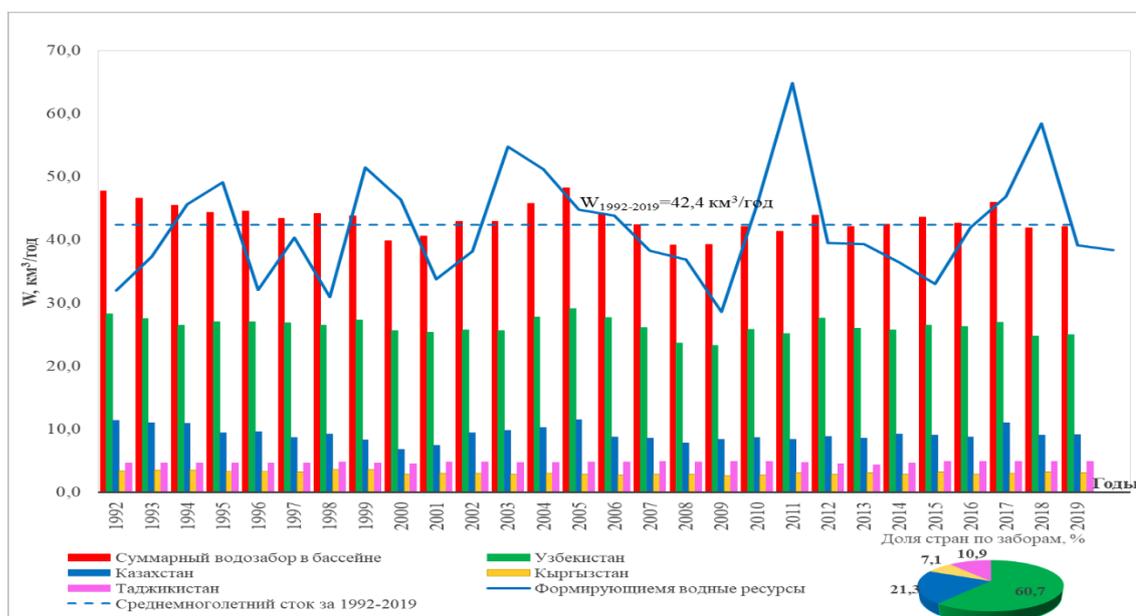


Рисунок 3.6 – Водозабор в бассейне р. Сырдария [<http://www.cawater-info.net>]

Генеральным направлением использования водных ресурсов Таджикистана до 90-х годов была гидроэнергетика, и прежде всего,

использование колоссальных гидроресурсов. Общие потенциальные гидроресурсы республики оцениваются в 527 млрд. кВт. ч., а в удельном отношении это 2100 тыс. кВт. ч. на 1 кв. км. Территории. На территории Таджикистана находится один из самых крупных водохранилищ р. Сырдария – Кайраккумское. В период интенсивного ирригационного полива, действующие водохранилища работают по ирригационному режиму, регулируя естественный гидрологический режим рек [128, с. 29].

Узбекистан является аграрно-индустриальной страной с преобладающей долей сельского хозяйства в экономике, которое основано на орошаемом земледелии. Основной особенностью страны является использование более 90 % всех доступных водных ресурсов на нужды ирригации. Используемые в Узбекистане водные ресурсы состоят из внешних водных ресурсов, поступающих по рекам из Таджикистана и Кыргызстана, и внутренних водных ресурсов, формирующих на территории самого Узбекистана. [129, с. 41].

Между водопотребителями бассейна водные ресурсы распределяются следующим образом: около 92 % используется на нужды орошения, общая орошаемая площадь составляет более 3 млн. га, а непосредственно из реки орошаются 1,730 млн. га. (таблица 3.4), от 3,5 до 4% – хозпитьевое и коммунальное водоснабжение, 2 % – промышленное техническое водоснабжение, 1,5 % – сельхозводоснабжение; остальной объем делится между прочими водопотребителями.

Водоучет водозаборов из рек и подведомственных каналов осуществляется по 430 пунктам, из них: 21 головной водозабор, 36 стационарных насосных станций, 172 временные насосные установки и 201 пункт на водовыпусках в распределительные каналы. Учет поверхностных речных вод выполняется преимущественно гидрометслужбами республик, а на водозаборных сооружениях – органами водного хозяйства центрально-азиатских государств.

Степень зарегулированности сырдаринского стока достигла величины 0,93 [155].

Таблица 3.4 – Орошаемая площадь в бассейне р. Сырдария [http://www.cawater-info.net]

Страна	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2013
Орошаемая площадь, тыс. га								
Узбекистан	1680	1782	1853	1921	1915	1873	1855	1860
Казахстан	684	694	737	746	751	695	635	700
Киргизстан	396	393	390	394	394	365	372	334
Таджикистан	232	238	265	268	272	249	285	286
Всего по бассейну	2992	3106	3244	3328	3332	3182	3148	3179
Водозабор на орошения, км ³ /год								
Узбекистан	25,4	19,4	17,6	16,8	15,6	18,3	19,1	19,5
Казахстан	12,2	11,1	10,6	9,29	6,78	7,29	6,66	6,99
Киргизстан	3,06	2,78	3,00	2,93	2,60	2,45	2,37	2,67
Таджикистан	3,38	3,36	3,35	3,33	3,38	3,44	3,12	2,73
Всего по бассейну	44,0	36,7	34,6	32,3	28,3	31,5	31,3	31,9

3.1.3 Использование водных ресурсов на территории Казахстана

Самыми крупными водопотребителями и водопользователями в казахстанской части бассейна р. Сырдария являются административные районы Туркестанской и Кызылординской областей, расположенные в пределах бассейна. Согласно отчету Арало-Сырдаринской бассейновой инспекции [25, с. 3] в 2019 г. в Арало-Сырдаринской БВИ количество водопользователей, отчитывающихся по форме 2-ТП (Водхоз) составило 655, в том числе по Кызылординской области – 242 по Туркестанской области – 413.

Количественная оценка использования водных ресурсов отраслями экономики в исследуемом регионе осуществлялась на основе анализа данных статистической формы ведомственного статистического наблюдения 2-ТП (водхоз), ЕИСУВР и годовых отчетов Арало-Сырдаринской бассейновой инспекции. В настоящем исследовании были собраны данные о заборах и использовании водных ресурсов по отраслям экономики за период 1992-2019 гг. Данный период характеризуется изменением режима верхних водохранилищ, в частности Токтогульского, с ирригационного на энергетический, а также совпадает с периодом независимости Республики Казахстан.

Многолетняя динамика основных показателей водозаборов и использования водных ресурсов отраслями экономики в казахстанской части бассейна р. Сырдария за 1992-2019 гг. представлена на рисунке 3.7. Среднегодовое значение забора из водных источников составило 9,23 км³/год, в т.ч. из поверхностных источников 8,94 км³/год и из подземных источников 0,27 км³/год. Использование ресурсов составило 7,39 км³/год, что составляет 80 % от всей забранной воды.

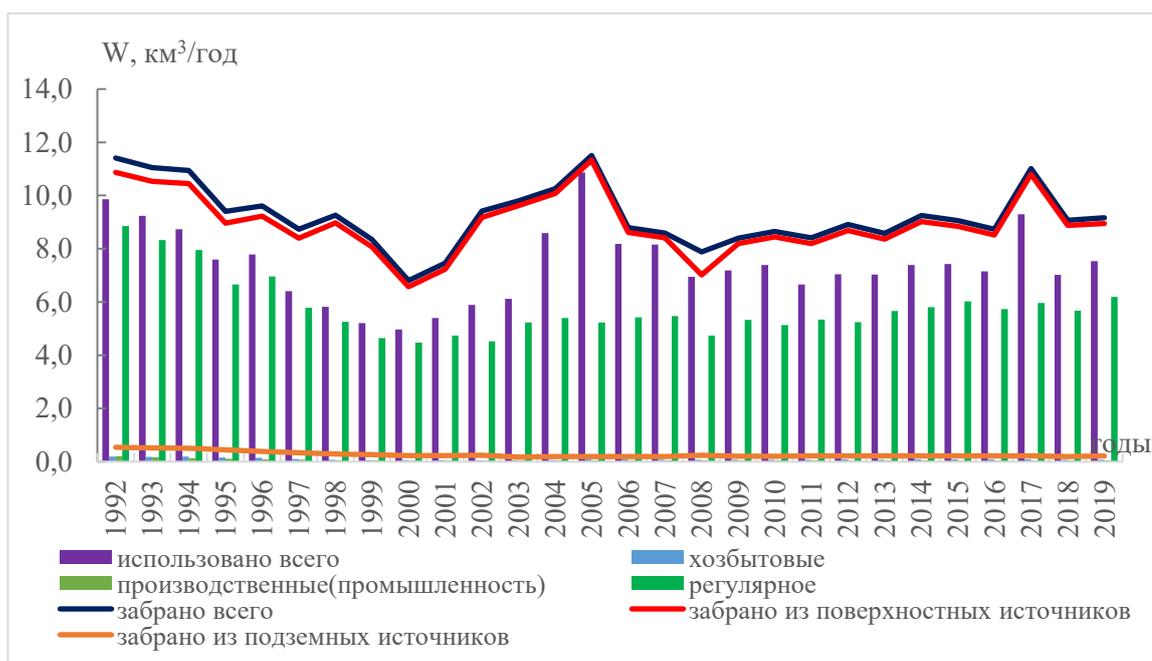


Рисунок 3.7 – Динамика водопользования отраслями экономики

Основными водными источниками в бассейне являются поверхностный сток р. Сырдарии и ее притоков. Подземные воды идут, в основном, на покрытие хозяйственно-питьевых нужд населения и частично промышленности.

Анализ динамики водопотребления отраслей экономики по бассейну показывает, что основным потребителем воды является сельское хозяйство (в среднем за рассматриваемый период составило 6,06 км³/год или 82 % от общего использования), в том числе регулярное орошение – 5,77 км³/год или 78 %. На долю коммунально-бытовых нужд, сельхозводоснабжение приходится более 1 %, на промышленность, обводнение пастбищ, прудов рыбного хозяйства менее 1 %, остальная доля от забора водных ресурсов приходится на другие отрасли, такие как залив сенокосов, поддержание заданных горизонтов и т.п.

По состоянию на 1 января 2020 года в бассейне орошаемые земли составили 824,979 тыс. га: по Туркестанской области – 573,945 тыс. га, из которых использовались под посевом 509,131 тыс. га, не использовались по разным причинам 64,814 тыс. га; по Кызылординской области 251,034 тыс. га, из которых использовались 183,075 тыс. га и по разным причинам не использовались 56,506 тыс. га [25, с. 16]. Основными причинами неиспользования орошаемых земель под посевами являются засоление и заболачивание орошаемых земель; неисправности оросительной и коллекторно-дренажной сети на них; недостаток воды в водоисточниках, а также организационно-хозяйственные причины [157, с. 19].

Общая протяженность магистральных каналов, обеспечивающих посевам оросительной водой и коллекторных сетей, составляет более 30 тыс. км [25, с. 16].

Среднемноголетнее водопотребление площадей регулярного орошения за 1992-2019 гг. составило 5,77 км³/год.

Как правило, водохранилища оборудованы водовыпусками, от которых берут начало оросительные каналы. Заполнение большинства из них происходит в период весеннего половодья и при прохождении дождевых паводков. Забор воды на орошение из рек и родников этого района производится 70 каналами; их суммарный среднегодовой расход равен 21,0 м³/с. Наиболее крупный из них Арыс-Туркистанский, забирающий воду из Богенского водохранилища (емкость 440 млн. м³) со среднегодовым расходом 11,5 м³/с.

3.1.4 Оценка антропогенных нагрузок на водные ресурсы

При оценке и прогнозе возобновляемых ресурсов речного стока, в зависимости от его географического расположения, ресурсы речного стока состоят из набора нескольких характеристик (местного стока, притока вод, общих ресурсов, оттока вод, транзитный сток и пр.). В каждом случае число характеристик может существенно различаться. Спрос к воде, несмотря на изначальное формирование на уровне административных районов, распределяется обычно исходя из общего водохозяйственного баланса, на

уровне ВХБ, далее ВХУ. Также абсурдность проблемы заключается в том, что без учета спроса всех водопользователей на конкретном ВХУ, т. е. суббассейне, иногда, в случае дефицита воды в ВХУ, во всем ВХБ, распределение воды не осуществляется.

Такая проблема существует во всех странах, где управление водными ресурсами проводятся в разрезе административно-водохозяйственных территорий. И в таких условиях большее внимание обращается на нормирование антропогенной нагрузки, как инструмент управления спросом. В настоящее время в Казахстане недостаточно разработан вопрос нормирования предельной антропогенной нагрузки на водные ресурсы. Определенные видение проблемы, с позиции определение экологического стока высказаны в трудах. Нормирование зависит от многих факторов, от стратегии освоения водных ресурсов и принципов принятых в каждой стране. Например, на территории КНР нормы нагрузок на речной сток колеблется от 40 % до 80 % в зависимости от водности региона, социально-экономических и прочих условий [158].

Многие ученые водной отрасли достаточно положительно отзываются о классификации по коэффициенту использования $K_{исп}$ или нагрузки на водные ресурсы. Так, согласно исследованиям [31, с. 398-399; 159, 160], для анализа состояния антропогенного изменения водных ресурсов в любом регионе мира может быть применена следующая классификация:

1-я категория: $K_{исп} < 10\%$ – низкая нагрузка на водные ресурсы; как правило, регионы не испытывают серьезных проблем с водообеспечением;

2-я категория: $K_{исп} = 10-20\%$ – умеренная нагрузка на водные ресурсы. Уровень водообеспечения становится фактором, ограничивающим развитие региона;

3-я категория: $K_{исп} = 20-40\%$ – высокая нагрузка на водные ресурсы. Для устойчивого развития необходимо регулировать предложение и спрос на воду;

4-я категория: $K_{исп} = 40-60\%$ – очень высокая нагрузка на водные ресурсы. Имеет место серьезный дефицит воды и настоятельная необходимость регулирования и ограничения водопотребления, привлечения дополнительных источников водообеспечения. Дефицит водных ресурсов становится фактором, сдерживающим экономический рост и повышение уровня благосостояния населения;

5-я категория: $K_{исп} > 60\%$ – критически высокая нагрузка. Дефицит водных ресурсов становится критическим фактором развития экономики и жизнедеятельности.

При коэффициенте использования водных ресурсов до 20 % (I и II категории антропогенной нагрузки) возможно планирование увеличения использования водных ресурсов. Выше III категории, территории уже имеют высокую нагрузку на водные ресурсы и требуют особенного внимания при дальнейшем освоении, здесь рекомендуется повсеместное внедрение эффективных водосберегающих технологии, но лучше всего ограничить непосредственные заборы воды из природных объектов. Для устойчивого развития необходимо регулировать предложение и спрос на воду.

Особенное внимание необходимо уделять при освоении водных ресурсов на регионы, где коэффициент использования превышает 40 % (IV, V). При антропогенной нагрузке от 40 до 60 % (IV) имеет место серьезный дефицит воды и настоятельно рекомендуется регулирования спроса и ограничения водопотребления, привлечения дополнительных источников водообеспечения. Дефицит водных ресурсов становится фактором, сдерживающим экономический рост и повышение уровня благосостояния населения. При превышении использования 60 % имеющихся ресурсов (V), дефицит водных ресурсов становится критическим фактором развития экономики и жизнедеятельности.

Согласно данным современного состояния водообеспеченности стран за 1992-2019 гг. (рисунок 3.3) Казахстан занимает одно из последних мест в бассейне р. Сырдария. Водообеспеченность Казахстана составляет 11,9 тыс. м³/год на 1 км² и 1,23 тыс. м³ на одного человека в год, в то время как самым водообеспеченным является Кыргызстан, где эти значения составляют соответственно 283 тыс. м³/год на 1 км² и 8,97 тыс. м³ на одного человека в год.

Развитие отраслей экономики казахстанской части бассейна р. Сырдария (Кызылординской и Туркестанской областей) зависит от обеспеченности территории водными ресурсами. Водообеспечение отраслей экономики осуществляется на 90-95 % за счет поверхностных вод, остальная часть за счет подземных. Среднегодовое значение естественных поверхностных водных ресурсов казахстанской части бассейна р. Сырдария составляют 30,5 км³/год, из которых только 3,29 км³/год формируются на территории Казахстана, остальной объем в количестве 27,6 км³/год поступает из Узбекистана. Таким образом, казахстанская часть бассейна в целом зависит от поступающих ресурсов с выше расположенных стран. Также надо учесть, что бассейн р. Сырдария расположен на территории четырех независимых государств и поэтому, несмотря на ежегодные возобновления формирующихся ресурсов в этих странах, рассчитывать на естественный приток с выше расположенных стран не стоит. И в таких условиях приходится оперировать на фактический приток речного стока из-за пределов страны, т. е. трансформированные под влиянием антропогенного воздействия выше расположенных стран по течению. Таким образом, при оценке нагрузки на водные ресурсы и планировании каких-либо водохозяйственных мероприятий надо рассчитывать на имеющиеся ресурсы, т.е. ежегодно возобновляемые местные естественные ресурсы и фактический приток речного стока из-за пределов страны. Имеющиеся ресурсы характеризуют ежегодный водный потенциал страны.

В нашем исследовании оценка нагрузки на водные ресурсы Арало-Сырдарийского ВХБ определялись для ежегодно возобновляемых местных естественных ресурсов и суммарных водных ресурсов, с учетом фактического притока и межбассейновых перебросок речного стока относительно среднегодовых и значений в маловодный год при 75 % обеспеченности для каждого водохозяйственного участка из шести участков и бассейна в целом (рисунок 3.8).

В соответствии с приведенными данными на рисунке 3.8, относительно среднегодовых значений местных водных ресурсов, наибольшая нагрузка (V категория – критический высокая нагрузка) на водные ресурсы отмечена на всех ВХУ кроме участка 01.00.01.03, где отмечается IV категория – очень высокая нагрузка на водные ресурсы. Высокая нагрузка на местные водные ресурсы обусловлена высоким объемом использования воды при незначительном количестве формирующихся местных ресурсов.

Относительно среднегодовых значений суммарных водных ресурсов рассматриваемой территории, в ВХУ 01.00.01.01, 01.00.01.05 и 01.00.01.06 отмечается низкая нагрузка (I категория), в ВХУ 01.00.01.06 высокая нагрузка (III категория) на водные ресурсы, за счет фактического притока по р. Сырдария. На участках 01.00.01.02 и 01.00.01.03 нагрузка на водные ресурсы составила более 40 %, отмечается высокая категория нагрузки (IV категория) на водные ресурсы.

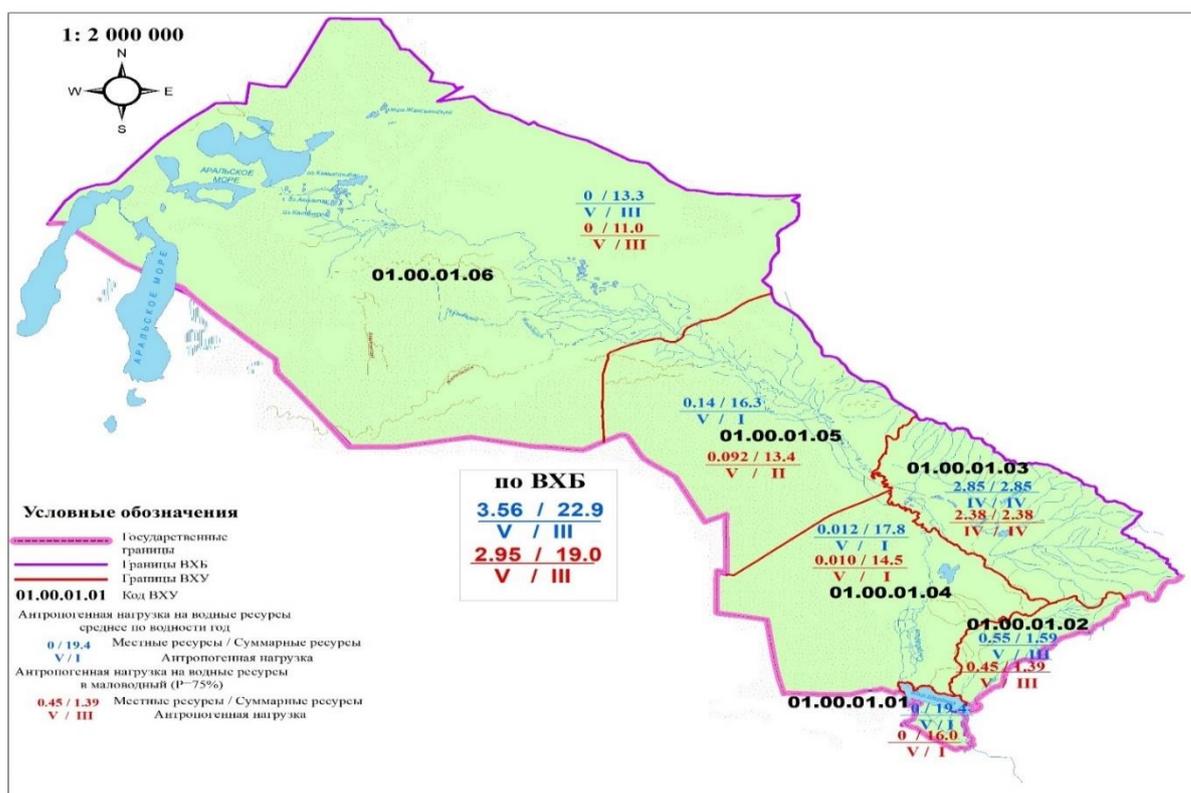


Рисунок 3.8 – Нагрузка на водные ресурсы по ВХУ Арало-Сырдаринского ВХБ (сделаем по цветам)

В целом в Арало-Сырдаринском ВХБ в средневодные и маловодные годы нагрузка на местные ресурсы составила соответственно 209 и 251 % (V – критический высокая нагрузка), т.е. спрос превышает формирующиеся ресурсы и удовлетворяется только за счет притока из-за пределов страны. Нагрузка на суммарные ресурсы как маловодные, так и в средние по водности годы выше 30 %, что, согласно вышеприведенной классификации, считается высокой нагрузкой (III категория), и требует обратить внимание на меры

регулирования предложения и спроса на воду.

В маловодный год при 75 % обеспеченности нагрузки на водные ресурсы практически соответствуют их среднегодовым значениям лишь с незначительным увеличением на 1-7 %.

ВХУ 01.01.01.01. Участок находится в Туркестанской области и охватывает территорию верхнего течения р. Сырдария от государственной границы до нижнего бьефа Шардаринского вдхр. В участок поступает вода по р. Сырдария и по магистральному каналу (МК) Достык из Узбекистана. На участке имеется одно водохранилище с полной емкостью 5200 млн. м³, которое является самым крупным в Арало-Сырдаринском ВХБ – Шардаринское вдхр. [146, с. 11].

Основным потребителем района является регулярное орошение, что составляет 98 % от общих использованных водных ресурсов. Площадь регулярного орошения на 2019 г. составляет 145,817 тыс. га.

ВХУ 01.01.01.02. Основными реками являются Келес и Куруккелес, которые впадают в р. Сырдария. В участке находятся три канала переброски – Большой Келесский магистральный канал, МК Зах и Ханым, по которым вода поступает из бассейна р. Чирчик на территории из Узбекистана в количестве 1,0-1,25 км³/год. Всего на участке имеется одно водохранилище – Акылбексай [146, с.11]. Основной потребителем воды является сельское хозяйство (99 %). Площадь регулярного орошения на 2019 г. составляет 64,928 тыс. га.

ВХУ 01.01.01.03. Основными реками участка являются Арыс, Бадам, Сайрам, Шаян, Шылбыр, также на участке расположен канал Арыс-Туркестанский. Из всех рек участка только р. Арыс впадает в р. Сырдария, остальные реки не доносят свои воды до реки. Всего на участке имеется более 10 водохранилищ. Самое большое – Богенское с полным объемом – 370 млн. м³ [146, с.11]. Основным водопотребителем района является регулярное сельское хозяйство, что составляет 74 % от общих использованных водных ресурсов. Площадь регулярного орошения на 2019 г. составляет 181,43 тыс. га. Использование в коммунальном хозяйстве составил 5 %, в промышленности 4-5 %.

ВХУ 01.01.01.04. Участок охватывает территорию среднего течения р. Сырдария от нижнего бьефа Шардаринского вдхр. до границы Туркестанской и Кызылординской областей. На участке в р. Сырдария впадает р. Арыс. На участке расположено Коксарайское водохранилище, которое является контррегулятором для Шардаринского вдхр. На участке расположена Кызылкумская оросительная система и каналы Кызылкумский, Сумагар [146, с. 11]. Основным водопотребителем района является регулярное сельское хозяйство, что составляет 88 % от общих использованных водных ресурсов. Площадь регулярного орошения на 2019 г. составляет 71,487 тыс. га.

ВХУ 01.01.01.05. Участок охватывает территорию по течению р. Сырдария от границы Туркестанской и Кызылординской областей до нижнего бьефа Кызылординского гидроузла. На участке есть малые реки, которые не доносят свои воды до Сырдария. На участке имеется три мелких

водохранилища. Основными каналами являются каналы Новошиелийский и Тилекольский [146, с.11]. Основным водопотребителем района является регулярное сельское хозяйство, что составляет 77 % от общих использованных водных ресурсов. Площадь регулярного орошения на 2019 г. составляет 62,99 тыс. га.

ВХУ 01.01.01.06. Участок охватывает территорию нижнего течения р. Сырдария от нижнего бьефа Кызылординского гидроузла до устья. Расположен в Кызылординской области. Основными каналами являются Правобережные и Левобережные Кызылординские и Казалинские [146, с.11]. Основным водопотребителем района является регулярное сельское хозяйство, что составляет 77 % от общих использованных водных ресурсов. Площадь регулярного орошения на 2019 г. составляет 120,08 тыс. га.

3.1.5 Антропогенное изменение годового стока

Большое количество каналов и коллекторов, водохранилищ сезонного и многолетнего регулирования и других сооружений значительно изменили внутригодовой и многолетний гидрологический режим водотоков в бассейне, а также влияет на количественную характеристику притока на границу Республики Казахстан.

Антропогенное влияние на водные ресурсы исследуемого района рассматривались в работах В.Л. Шульца [1, с. 493], В.И. Кузнецова [161], Т.Н. Актарской [162], И.Б. Вольфуна [163], Н. Кипшакбаева [164], Л.К. Давыдова [165], В.П. Поповой [9, с. №], Бурлибаева М.Ж., Ж.Д. Достая, С.К Алимкулова и др. [24, с. 47-50; 26, с. 208-214; 105, с. 62-63; 160, с. 24; 166-170].

В данном разделе рассматривается основной фактор, влияющий на водные ресурсы – безвозвратное водопотребление в руслах основных рек, степень его воздействия на водные ресурсы. Оценка проведена за период с 1992 по 2019 годы, где имелись полные данные наблюдений за забором и использованию водных ресурсов.

Будут определены антропогенные изменения стока рек по опорным пунктам в руслах главных рек, дренирующих воды определенного водосбора, составлены русловые водные балансы, изучены преобразования элементов водного баланса на каждом участке с сопоставлением их с реальными водозаборами, установлены доли безвозвратного водопотребления по отдельным отраслям экономики.

Величины безвозвратного водопотребления в процентах от полного водопотребления являются достаточно показательными характеристиками водопользования.

Надежная количественная оценка антропогенного изменения речного стока представляет из себя одну из сложнейших задач современной гидрологии. Проблема особо актуально для нашей страны со слабой сетью наблюдений за стоком рек, и ненадежностью данных о водозаборах и сбросах вод в природные водные объекты. Нередки случаи даже полного отсутствия таковых данных, не говоря уже сведений, характеризующих время, масштабы

и интенсивность проведения в пределах водосборов хозяйственных мероприятий.

В нашей работе мы были нацелены получить хотя бы на ориентировочную оценку безвозвратного водопотребления, дифференцировать их по отдельным районам и отраслям экономики, что позволила бы дать относительно надежные сценарии перспективного влияния антропогенных нагрузок на водные ресурсы.

Согласно разработанной методике, на первом этапе проведена оценка антропогенного изменения речного стока по основным опорным пунктам наблюдений на основе метода гидрологической аналогии. Метод дает вполне надежные результаты, хотя они представляют из себя интегральные значения изменений и ограничены для оценки роли отдельных отраслей или видов хозяйственной деятельности. Эти результаты как наиболее надежные будут использованы в качестве контролирующих материалов при дальнейшей детализации антропогенных изменений. Согласно результатам, приведенным в таблице 3.5, изменения в Арало-Сырдаринском ВХБ вполне соответствует уровню освоения водных ресурсов на территории.

Согласно таблице 3.5, в конечном посту фиксируется суммированное антропогенное влияние по главной реке бассейна.

Таблица 3.5 – Антропогенные изменения стока по главной реке Арало-Сырдаринского ВХБ

№	Река – пункт	1974-2019 гг.				1992-2019 гг.			
		W, км ³		изменение		W, км ³		изменение	
		Ф	ЕВ	км ³	%	Ф	ЕВ	км ³	%
1	Сырдария – выше устья р. Келес	15,0	27,6	-12,6	-46	17,7	29,5	-11,8	-40
2	Сырдария – НБ Шардаринского вдхр.	14,2	26,0	-11,8	-45	16,9	27,8	-10,9	-39
39	Келес – устье	13,7	24,7	-11,0	-44	16,1	26,4	-10,2	-39
49	Арыс – ж.-д. ст. Арыс	0,57	0,36	0,21	57	0,71	0,40	0,31	77
50	Арыс – с. Шауильдир	0,80	1,47	-0,67	-46	0,99	1,59	-0,60	-38
10	Сырдария – с. Коктобе	0,63	1,28	-0,65	-51	0,83	1,38	-0,55	-40
12	Сырдария – ж.-д. ст. Томенарык	12,1	23,6	-11,5	-49	14,9	25,4	-10,6	-42
15	Сырдария – рзд. Кергельмес	10,7	22,0	-11,3	-51	13,3	23,7	-10,5	-44
17	Сырдария – г. Кызылорда	8,44	21,8	-13,4	-61	10,9	23,4	-12,6	-54
18	Сырдария – п. Тасбогет	7,72	17,1	-9,43	-55	10,1	18,6	-8,57	-46
19	Сырдария – ж.-д. ст. Караозек	5,89	10,3	-4,38	-43	7,27	11,0	-3,72	-34
22	Сырдария – с. Жосалы	5,23	10,2	-5,00	-49	6,64	10,8	-4,13	-38
23	Сырдария – свх. Казалы	5,76	11,2	-5,45	-49	7,45	12,2	-4,74	-39
25	Сырдария – г. Казалы	5,17	16,4	-11,2	-69	7,15	17,4	-10,2	-59
27	Сырдария – с. Каратерен	4,82	10,7	-5,88	-55	6,41	11,5	-5,06	-44

Изменения в створе выше устья р. Келес, расположенном на приграничном участке, характеризуют антропогенное влияние сопредельных государств, расположенных выше по течению на территории Кыргызстана, Таджикистана и Узбекистана. На территории РК антропогенное влияние по

главной реке Сырдария по длине реки увеличивается и в замыкающем створе г. Казалы достигает максимального значения.

Как видно из таблицы 3.5, из-за антропогенного влияния сопредельных государств, расположенных выше по течению на территории Кыргызстана, Таджикистана и Узбекистана, сток бассейна р. Сырдария на гидрологическом посту выше устья р. Келес сократился на $12,6 \text{ км}^3$, то есть на 46 % за 1974-2019 гг., на $11,8 \text{ км}^3$ (40 %) 1992-2019 гг.

Ориентировочная оценка влияния отраслей экономики на речной сток будет производиться использованием коэффициентов безвозвратного водопотребления, которые зависят от различного рода характеристик водопотребления и климатических условий [103, с. 398].

В нашей работе безвозвратное водопотребление были оценены для регулярного орошения и сельскохозяйственном водоснабжении. На орошаемых землях Арало-Сырдаринского ВХБ коэффициент безвозвратного водопотребления регулярного орошения кроме ВХУ 01.00.01.06 составляет 0,7, а в сельскохозяйственном водоснабжении 0,9 [160, с. 29].

Водопотребление в промышленности, так и в коммунально-бытовом водоснабжении как правило, составляет незначительную долю от водозабора. По своей структуре безвозвратное водопотребление на промышленно-коммунальные нужды может состоять из трех частей: потери на дополнительное испарение за счет солнечной энергии от водоисточника до предприятия; потери воды на испарение за счет энергии, выделяемой в ходе технологического процесса; потери воды за счет ее включения в состав готовой продукции [31, с. 398-399; 77, с. 73; 171]. Коэффициенты безвозвратного водопотребления на промышленно-коммунальные нужды по всем ВХУ составляет 0,8 [160, с. 29].

Выполненные оценки величин нагрузки на водные ресурсы, а также совместный анализ их с данными о водопользовании позволяют дать анализ состояния использования водных ресурсов в каждом водохозяйственном участке. На основе статистических данных о водозаборах 2-ТП Водхоз и отчетов Арало-Сырдаринской бассейновой инспекции были получены значения водопользования по отраслям экономики и рассчитаны безвозвратные водопотребления по ним для каждого водохозяйственного участка (таблица 3.6)

Речной сток Арало-Сырдаринского ВХБ только за счет безвозвратного водопотребления сократился на 4,38 за период 1992-2019 гг. В пределах ВХУ на речной сток кроме забора по отраслям экономики, также влияют водохранилища расположенные в бассейне. В таблице 3.6 представлены данные влияния самых крупных водохранилищ в рассматриваемой территории и суммарное сокращение стока по водохозяйственным участкам. Более подробно влияние водохранилищ будут изучены в при составлении руслового водохозяйственного баланса казахстанской части р. Сырдария.

Таким образом речной сток Арало-Сырдаринского ВХБ сократился на $5,33 \text{ км}^3$ за период 1992-2019 гг., в т.ч. на $4,39 \text{ км}^3$ за счет безвозвратного

водопотребления и на 0,94 км³ за счет дополнительных потерь из водохранилищ.

Для оценки распределения стока по территории, для уточнения и контроля водных ресурсов участков используется как метод расчет руслового водного баланса, который дает приблизительные оценки. Оценка современного состояния ресурсов речного стока казахстанской части р. Сырдария производилась по методу руслового водного баланса за 1992-2019 гг.

Таблица 3.6 – Изменение стока по водохозяйственным участкам за 1992-2019 гг., км³

Код ВХУ	Местные ресурсы	Суммарные ресурсы*	Водозабор	Безвозвратные водопотребление	Влияние водохранилищ	Сокращение стока
01.00.01.01	0	19,4	0,99	0,54	0,88	1,42
01.00.01.02	0,55	1,59	0,37	0,30		0,30
01.00.01.03	2,85	2,85	2,02	0,69		0,69
01.00.01.04	0,012	17,8	0,54	0,51	0,059	0,57
01.00.01.05	0,14	16,3	2,58	0,72		0,72
01.00.01.06	0,0	13,2	2,73	1,63		1,63
ВХБ	3,56	22,9	9,23	4,39	0,94	5,33
Примечание: * - суммарные ресурсы с учетом фактического притока из сопредельных стран и фактической межбассейновой переброски речного стока						

Русловой водный баланс р. Сырдария был составлен для четырех основных участков по длине основной реки в естественных и фактических условиях:

1 участок – от государственной границы до нижнего бьефа Шардаринского водохранилища (от ГП выше устья р. Келес до ГП НБ Шардаринского вдхр.);

2 участок – от нижнего бьефа Шардаринского вдхр. до границы Туркестанской и Кызылординской областей (от ГП НБ Шардаринского вдхр. до ГП Коктобе);

3 участок – от границы Туркестанской и Кызылординской областей до нижнего бьефа Кызылординского гидроузла (от ГП Коктобе до ГП рзд. Кергельмес);

4 участок – нижнего бьефа Кызылординского гидроузла до приустьевого участка (от ГП рзд. Кергельмес до ГП г. Казалы).

Рассматриваемые участки относятся к нижнему течению реки Сырдария. Изучаемая территория находится в зоне рассеивания стока, река здесь становится транзитной. На всех участках огромное влияние на режим стока оказывает хозяйственная деятельность человека. Производится интенсивный забор воды на орошение, бытовые и промышленные нужды. Кроме того, на участке при выходе из поймы имеются большие потери стока. Особенно велики потери во время прохождения высоких паводковых вод, в результате которых происходит затопление больших площадей приречной низменности, в частности, затапливаются многочисленные пойменные озера и

старицы. В связи с этим, при продвижении вниз по реке сток постепенно уменьшается. На этих участках до р. Сырдария доносят свои воды только рр. Арыс и Келес, остальные реки теряются. Кроме того, существует ряд озерных систем: при высоких уровнях воды в р. Сырдария они заполняются, а при спаде водности и понижении уровней воды в реке идет обратный процесс – из озерных систем вода поступает в русло Сырдарии [172, 173].

При составлении руслового водного баланса по выбранным участкам были рассчитаны наиболее значимые его элементы, такие как ресурсы зоны формирования, боковой приток в русло р. Сырдария между створами. Остальные составляющие водного баланса, такие как осадки на водную поверхность, испарение с водной поверхности и взаимосвязь поверхностных и подземных вод были рассчитаны только для главной реки (таблица 3.11). Значения осадков и испарения с водной поверхности были получены из ранее составленных карт в работах [174-176] с учетом расчетного периода и метеорологических данных близлежащих метеостанций. Значения взаимосвязи поверхностных и подземных вод между створами были рассчитаны в [37, с. 69-82].

Общее уравнение для расчета руслового водного баланса для участков имеет следующий вид:

$$W = W_B + W_{БП} + I - W_{забор} - W_H, \quad (3.1)$$

где W_B – сток в верхнем створе, км³/год;

$W_{БП}$ – боковой приток, км³/год;

$W_{забор}$ – водозабор из основной реки, км³/год;

I – изменение в русле основной реки, которое состоит из осадков на водную поверхность, испарения с водной поверхности и взаимосвязи поверхностных и подземных вод, км³/год;

W_H – сток в нижнем створе, км³/год;

ΔW – невязка баланса, км³/год.

Невязка баланса включает в себя погрешности измерений отдельных его элементов, неучтенный сброс воды с орошаемых полей в р. Сырдария, потери речной воды на заполнение русла и поймы (в частности, многочисленных озер и стариц) и возврат аккумулярованных на пойме и в русле запасов воды [173, с. 130].

Для каждого участка учитывались свои особенности, такие как действующие водохранилища и межучастковые переброски стока.

Результаты руслового баланса представлены на рисунке 3.9.

На территорию первого участка входят ВХУ 01.00.01.01 и 01.00.01.02. В участок по р. Сырдария в фактических условиях поступает 17,7 км³/год воды. Сокращение стока составило 11,8 км³/год, что обусловлено водозаборами и эксплуатацией гидротехнических сооружений на территории выше расположенных стран. Между нижним и верхним створами рассматриваемого участка в русло реки поступает сток по р. Келес, который определяется

ресурсами замыкающего поста реки. Если в естественных условиях ресурсы замыкающего поста р. Келес составляли $0,40 \text{ км}^3/\text{год}$, то в фактических условиях составили $0,71 \text{ км}^3/\text{год}$. Увеличение ресурсов р. Келес обусловлено переброской водных ресурсов с бассейна р. Чирчик на территории Узбекистана. Вследствие эксплуатации Шардаринского вдхр. увеличилась площадь водной поверхности и, соответственно, появились дополнительные потери, которые для данного участка составили $0,62 \text{ км}^3$.

Также на данном участке с 1993 г. из Шардаринского вдхр. производятся обязательные сбросы воды от 0 до $4,76 \text{ км}^3/\text{год}$ в Арнасайское озеро на территории Узбекистана. Арнасайское озеро образовалось после возведения Шардаринской плотины и служило аварийным сбросом: в многоводном 1969 г. на Шардаринском вдхр. создались очень тяжелые условия пропуска стока половодья р. Сырдария и в феврале начались значительные сбросы воды в Арнасайскую впадину, которые продолжались до февраля 1970 г. По данным разных авторов в Арнасай было сброшено от 21 до $24,62 \text{ км}^3$ воды [177].

Согласно полученным расчетам, невязка баланса в фактических условиях составила $1,80 \text{ км}^3$. Как было указано выше, невязку баланса можно считать, как потери участка. Невязка баланса составляет 10 % от объема верхнего створа, то есть притока.

Территория второго участка охватывает ВХУ 01.00.01.03 и 01.00.01.04. В русло реки на участке поступает вода по р. Арыс, которая определяется ресурсами замыкающего поста реки в количестве $0,83 \text{ км}^3$. Согласно полученным расчетам, невязка баланса в фактических условиях составила $0,18 \text{ км}^3$, что составляет всего лишь 1 % от объема верхнего створа (притока).

В третьем и четвертом участках боковой приток отсутствует. Невязка баланса в фактических условиях составила $0,47$ и $0,66 \text{ км}^3$, или 3 % и 5 % от объема верхнего створа (притока).

Как показывают проведенные исследования, за современный период по длине р. Сырдария происходит уменьшение стока. За этот период наибольшие потери стока наблюдались на первом участке от ГП выше устья р. Келес до ГП НБ Шардаринского вдхр. в количестве $1,80 \text{ км}^3$. Наименьшие потери стока наблюдались на втором участке от ГП НБ Шардаринского вдхр. до ГП с. Коктобе в количестве $0,18 \text{ км}^3$.

Полученные результаты водного баланса наглядно показывают преобразования всех главных элементов водного баланса под воздействием хозяйственной деятельности, что позволяет определить роль русловых изменений и изменений притока воды (боковой приток) с участка. Результаты оценки по опорным гидростворам с одной стороны, и оценки полученные на основе руслового водного баланса с другой, дают цельное представление об антропогенных преобразованиях стока по водохозяйственным участкам и в целом по водохозяйственному бассейну (рисунок 3.9).

Располагаемые ресурсы речного стока Арало-Сырдаринского ВХБ за современный период (1992-2019 гг.) составили $22,9 \text{ км}^3$, в т.ч. естественные местные ресурсы $3,56 \text{ км}^3$, фактический приток по р. Сырдария $17,7 \text{ км}^3$, приток по каналам переброски $1,99 \text{ км}^3$, естественный отток по рекам Огем и Майдантал

на территорию Узбекистана $0,42 \text{ км}^3$. На территории казахстанской части бассейна сток р. Сырдария сократился на $5,33 \text{ км}^3$, в том числе на $4,39 \text{ км}^3$ за счет безвозвратного водопотребления и на $0,94 \text{ км}^3$ за счет дополнительных потерь из водохранилищ, что наглядно показано на рисунке 3.10.

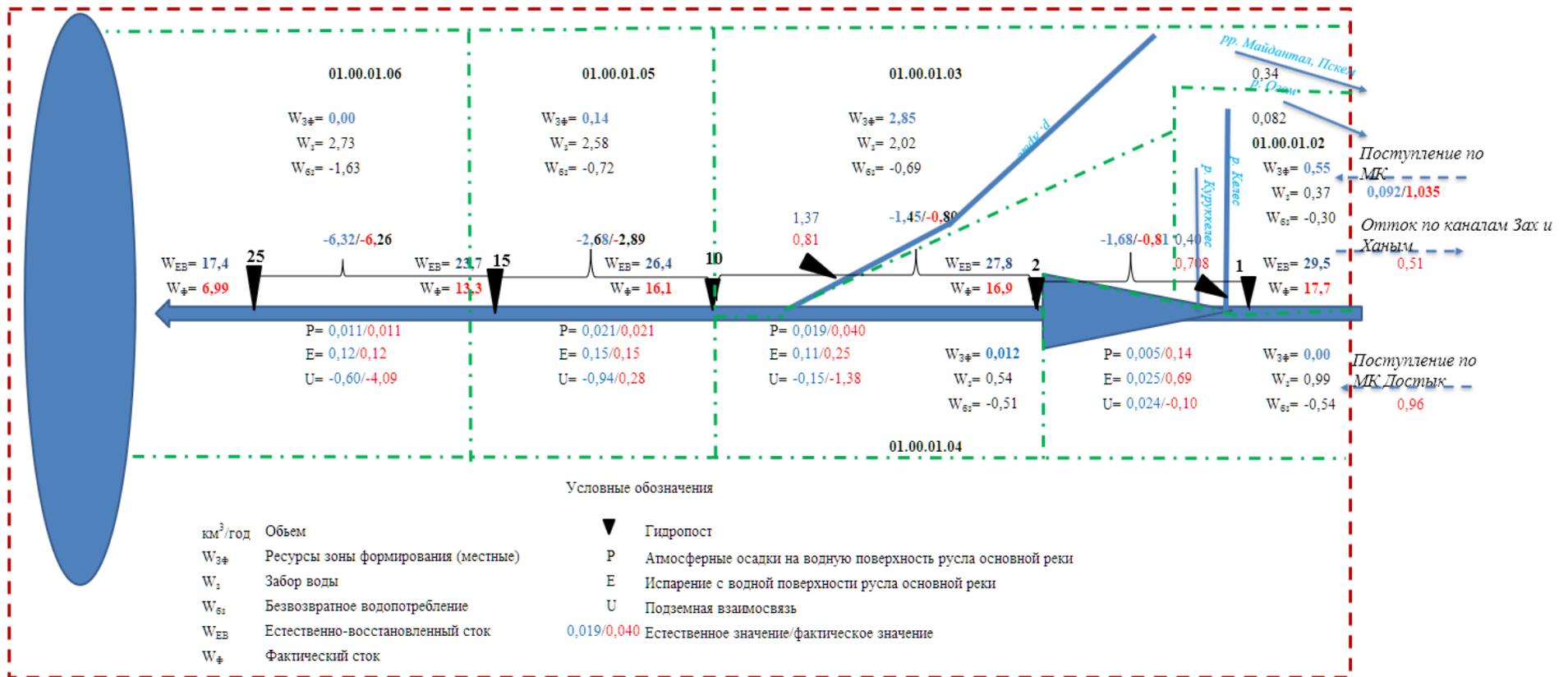


Рисунок 3.9 – Схема руслового водного баланса казахстанской части р. Сырдария

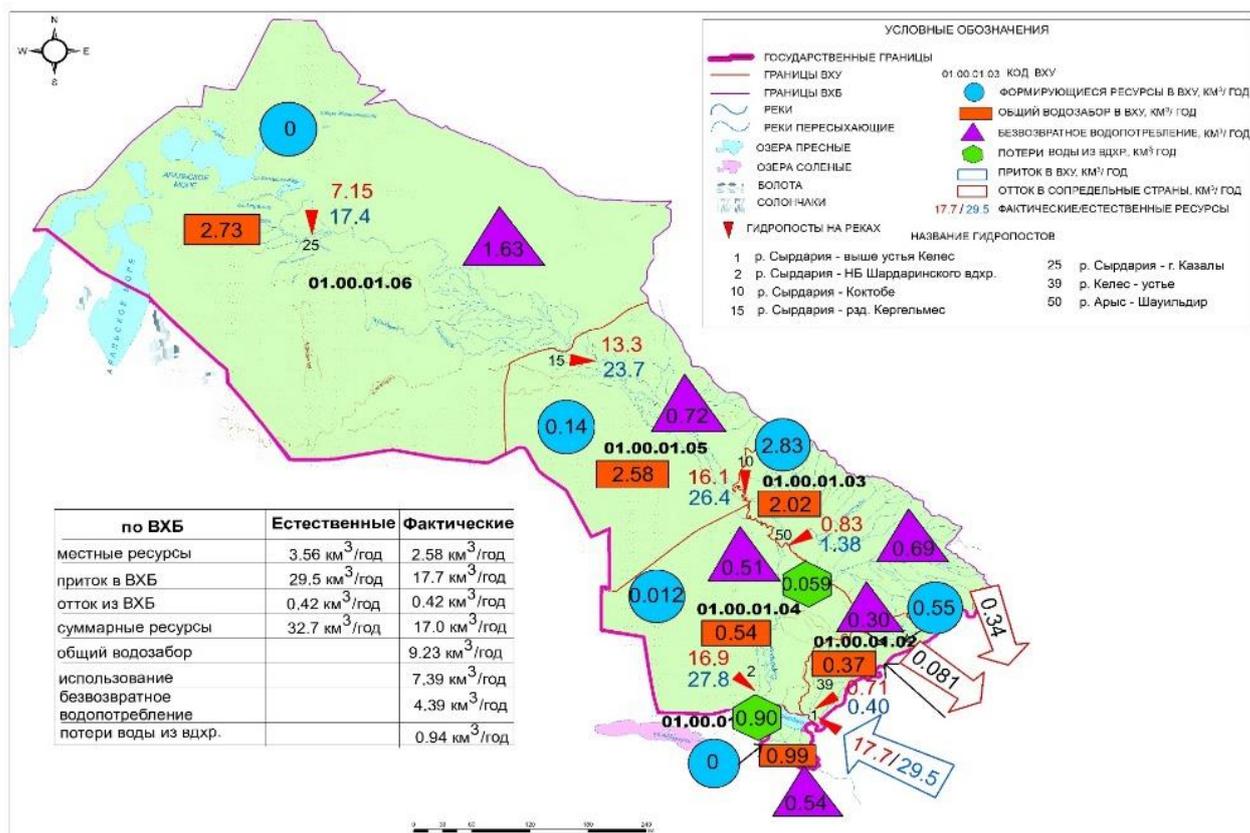


Рисунок 3.10 – Современное состояние ресурсов речного стока

В соответствии с принятыми межправительственными соглашениями и СКИОВР установленный гарантированный лимит среднегодового притока к Шардаринскому водохранилищу в размере 12 км³ в год (из нормативного поверхностного стока 37,4 км³), с допускаемым снижением в маловодные годы при гарантированной обеспеченности 90 % – до 10 км³ (без учета возвратных вод). Также определен лимит стока по каналам переброски (БКМК, Ханым, Зах) из бассейна р. Чирчик в объеме 1,25 км³/год и лимит подачи по магистральному каналу Достык из Узбекистана в объеме 1,38 км³/год [146, с. 70].

За период с 1992 по 2019 гг. фактический приток на территорию Казахстана всегда был выше согласованного лимита (рисунок 3.11), т. е. соглашения соблюдаются. Однако по каналам фактическая переброска воды стабильно ниже согласованного лимита (рисунок 3.12), соглашения не соблюдаются.

Также стоит отметить, что воды каналов переброски кроме всего прочего используются и для питьевого водоснабжения густозаселенных Келесского и Сарыагашского районов Туркестанской области.

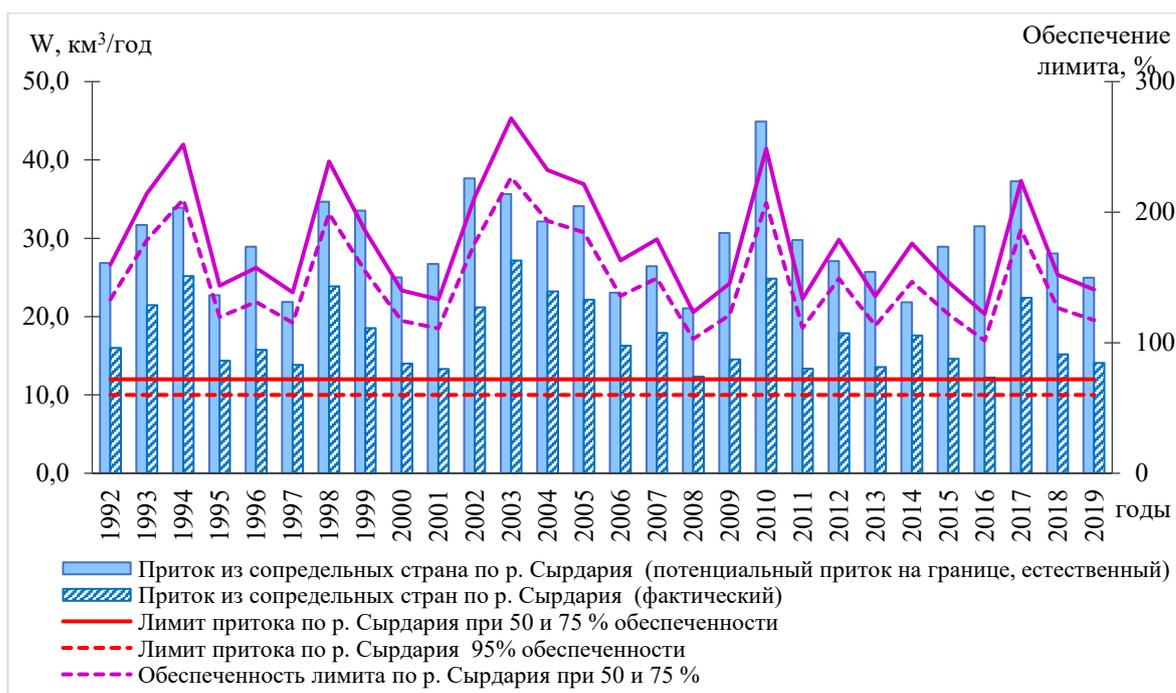


Рисунок 3.11 – Динамика притока по реке Сырдария на территорию Казахстана

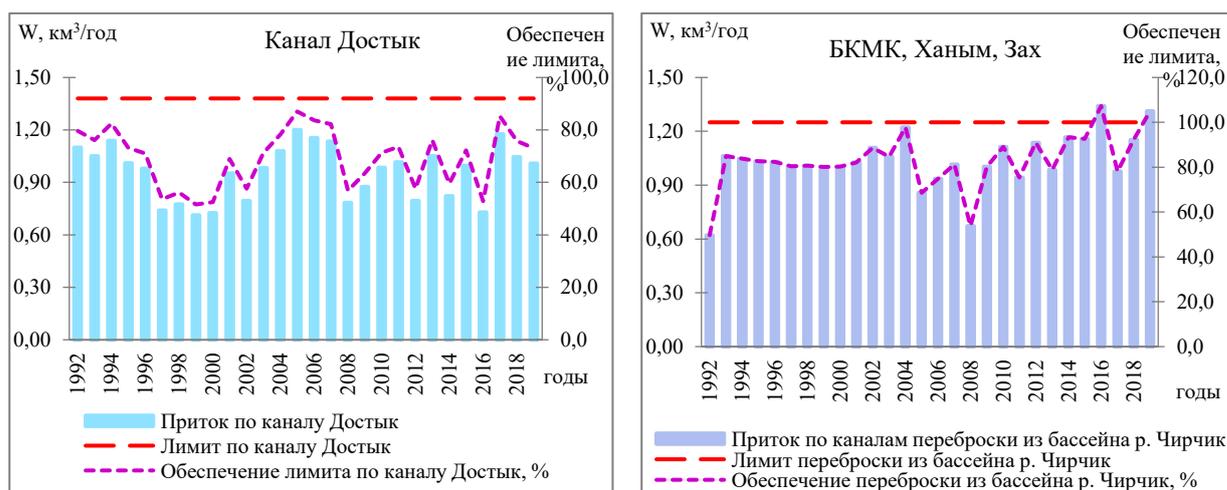


Рисунок 3.12 – Приток по каналам переборки Достык и из бассейна р. Чирчик на территорию Казахстана

Хотя фактический приток по р. Сырдария за период 1992-2019 гг. на территорию Казахстана всегда был выше согласованного лимита, но основную долю притока составляет возвратные коллекторно-дренажные воды с орошаемых массивов. Согласно исследованию [178] уже 70-80-ые годы доля возвратных вод в сырдаринской воде составляла 50-70%, а в молотовные годы – до 100%. По данным МКВК в период 1990-1999 гг. Объем возвратных вод в бассейне р. Сырдария составил 13,5-15,5 км³ [179, 180.]. Увеличение доли возвратных вод привело к загрязнению р. Сырдария. Антропогенное изменение гидрохимического режима р. Сырдария будет рассматриваться в следующем подразделе.

3.2 Антропогенное изменение гидрохимического режима рек

Как известно, качество поверхностных вод формируется под воздействием множества факторов природного и антропогенного происхождения, различного характера, направленности, продолжительности и динамики во времени. Результатом совокупного воздействия таких факторов на конкретном участке водного объекта в определенный момент времени проявляется по результатам замеров качества воды в виде соответствующих гидрологических, гидрохимических, гидробиологических и иных показателей.

Главные ионы (минерализация). Актуальность изучения гидрологического и гидрохимического режимов р. Сырдария определялась со времени начала инструментального наблюдения за этими параметрами. При этом, если в начальный период мониторинга ставилась и считалась первоочередной задачей определение питьевого и ирригационного качеств вод водотока, то в настоящее время к этому прибавилась объективная оценка антропогенного изменения естественного гидрологического и гидрохимического режима р. Сырдария с целью получения однозначного ответа на вопрос о пригодности или непригодности использования речной воды для различных отраслей экономики. Между тем известно, что с ухудшением гидрологического и гидрохимического режимов р. Сырдария, начиная с 1960 г. и по настоящее время в многочисленных трудах отечественных исследователей нет однозначного ответа на вышеперечисленные вопросы. Как необходимое отступление следует подчеркнуть, что до сих пор для р. Сырдария не производились полноценные сопоставительные оценки естественного и нарушенного гидрологического (гидрохимического) режимов для выявления картины их изменения под влиянием комплекса антропогенных факторов, а также не решена одна из главных задач речной гидрохимии, т. е. определение зависимости химического состава воды от водности реки [114, с. 101-102; 116, с. 121; 181].

В этой работе, посвященной исследованию изменения минерализации р. Сырдария, расчеты будут базироваться на многолетнем статистическом ряде гидрохимических створов Кокбулак, Томенарык, Кызылорда и Казалы, расположенных на р. Сырдария. Основными створами были выбраны с. Кокбулак и Казалы. Кокбулак был выбран так как река Сырдария является трансграничной необходима оценка приноса минерализации со стороны Узбекистана. Казалы был выбран не из-за наличия более длительного ряда наблюдения за водным режимом (наблюдения ведутся с 1912 г.), а с учетом эффекта контроля замыкающего створа. Так как известно, что изменения, произошедшие в гидрологическом режиме замыкающего створа, характеризуют изменения всего речного комплекса. Для определения изменения минерализации весь период наблюдения за гидрологическим режимом р. Сырдария разделен на два периода, т. е. условно-естественный и нарушенный периоды. Период с естественным гидрологическим режимом будет носить признаки условности, т. к. р. Сырдария, находясь в зоне традиционного орошения, своим началом хозяйственного освоения водных

ресурсов уходит корнями в глубь предыдущих веков [27, с. 18; 28, с. 3; 166, с. 55; 179, с. 62; 182]. Поэтому, несмотря на наличие исторических фактов раннего земледелия с элементами современного понятия мелиорации и орошения, в прикладные статические расчеты их невозможно приложить. С учетом этого фактора встает задача определения объективных критериев разделения имеющихся статических рядов на условно-естественные и нарушенные периоды. На наш взгляд, наряду с множеством факторов основное внимание заслуживает ухудшение состояния Аральского моря, т.е. те изменения, которые зафиксированы инструментальными замерами, будь то падение уровня, повышение минерализации и т. д. Если принять такое априори, то несомненно, за начало интенсивной деградации можно принять 1960 г. – год, совпадающей с началом ввода и эксплуатации Шардаринского водохранилища, положивший начало коренному переустройству исторически сложившихся экосистем низовья р. Сырдария и Аральского моря. При этом период с 1912 г. до 1960 г. нами будет принят за условно-естественный период гидрологического режима [114, с. 101; 116, с. 120; 181, с. 115-116].

Известно, что ведение сопоставительного анализа между произвольно взятыми отдельными годами из двух периодов неминуемо приведет к абстрактным результатам из-за отсутствия объективного объединительного критерия между этими годами. Поэтому нам представляется целесообразным прибегать к помощи вероятностных характеристик по обеспеченностям (25, 50, 75 и 95 %), ибо, рассматривая эти статические ряды, мы соприкоснемся, так или иначе, с математическим аппаратом, используемым в статистике. При этом мы должны четко отдавать себе отчет в том, что применение понятия вероятности в экологических изысканиях сталкивается с двумя различными типами вероятности. В нашем же случае применяемая вероятность – это эмпирическая вероятность, основанная на реальных статических данных, полученных с помощью непосредственных замеров на инструментальной основе, а не постулированная теоретическая вероятность [114, с. 101; 116, с. 120; 181, с. 115-116].

Такое положение объясняется тем, что основное предназначение каскада водохранилищ, расположенных на территории Кыргызстана, Таджикистана, Узбекистана и Казахстана, заключается в перераспределении стока не только во времени, но и в пространстве для целей орошения. Этот случай красноречиво говорит о том, что речная экосистема и Аральское море, не являясь полноправными участниками водохозяйственного баланса бассейна, удовлетворяются по принципу остаточного явления. И, как нам представляется, современные деградации экосистем низовья р. Сырдария обязаны в первую очередь тем санитарным попускам и минимально необходимым расходам воды, разработанными и внедренными в «Схеме комплексного использования и охраны водных ресурсов р. Сырдарьи» [151, с. 179] под эгидой Союзводпроекта СССР. Речная экосистема Сырдарьи прежде всего трансформировалась благодаря срезке пиков весеннего половодья, ибо известно, что благополучие и жизнедеятельность этой самой системы определяется весенним затоплением, тогда как в остальное время года к

внутригодовому распределению стока предъявляются требования по поддержанию того самого благополучия.

В настоящее время несмотря на то, что имеются некоторые сведения о классификации стока реки Сырдария по рыбохозяйственный предельно-допустимым концентрациям ($\text{ПДК}_{\text{рыбхоз}}$), водохозяйственники используют речной сток всецело на орошение, то есть идет о вторичном отравлений население продуктами питания. Потому как все загрязнители речного стока через поливы переходят на выращиваемые продукты, в частности рис. Поэтому в данной работе все концентрации загрязняющих веществ будут сравниваться как $\text{ПДК}_{\text{рыбхоз}}$, так и предельно-допустимыми концентрациями определения ирригационного качества вод [114, с. 101; 116, с. 120; 181, с. 115-116].

В этом подразделе нами будут проанализированы изменения общей минерализации и главных ионов (Ca^{2+} , Mg^{2+} , $\text{Na}^{+}+\text{K}^{+}$, HCO_3^{-} , SO_4^{2-} , Cl^{-}) в жесткой взаимосвязи с гидрологическим режимом для получения конкретных результатов зависимости гидрохимического режима от гидрологического. Следует подчеркнуть, что для этих целей нами будут подвергаться анализу зависимости гидрохимического режима от гидрологического как за периоды с условно-естественным, так и с нарушенным режимом. При этом наравне с установлением зависимости гидрохимического режима от условно-естественного гидрологического режима будет достигнута и другая цель – установление антропогенного изменения гидрохимического режима в нарушенный период в независимости от водности, хотя следует отметить, что это в некотором роде и противоречит основному постулату гидрохимического изучения водотоков по определению зависимости химического состава воды от водности. Применение этого определения в основном справедливо в отношении к водотокам с естественным гидрологическим режимом, в нашем же случае, на примере р. Сырдарии, химический состав воды последнего 20-летия во многом не зависит от водности, т. е. от нарушенного гидрологического режима водотока, который, по существу, превратился в «сточную канаву» возвратных вод с орошаемых территорий. Иначе говоря, тех попусков, осуществляемых в нижний бьеф Шардаринского водохранилища, недостаточно для внесения существенных изменений в антропогенный гидрохимический режим водотока.

Исследования по определению изменения условно-естественного и нарушенного периодов гидрохимического режима будут базироваться на вероятностных характеристиках водности. Существенным отличием от предыдущих исследований будет дополнительный ввод в расчетные ряды отдельных лет, которые по водности соответствуют тем или иным годам условно-естественного периода гидрологического режима по вероятностным характеристикам (по обеспеченностям) [114, с. 101; 116, с. 120; 181, с. 115-116].

Как известно, минерализация природных вод – это суммарное содержание всех найденных при химическом анализе воды минеральных веществ [106, с. 66].

Из-за трансграничности реки Сырдария необходимо обратить внимание на створ с. Кокбулак из-за необходимости оценки приноса минерализации со стороны Узбекистана. К сожалению, в рассматриваемом створе данные о сумме минерализации за период наблюдения в естественном гидрологическом режиме отсутствуют, в связи с чем анализ минерализации р. Сырдарии в рассматриваемом створе ограничится только периодом нарушенного гидрологического режима.

Анализ данных при $P=50$ % обеспеченности по стоку показывает, постепенное уменьшение минерализации р. Сырдарии в рассматриваемом створе с. Кокбулак за период с января по декабрь от 1300 мг/дм^3 до 640 мг/дм^3 . При этом особой стохастичности минерализации в рассматриваемой обеспеченности нет, максимум отмечен в январе, а минимум – в декабре (рисунок 3.13).

По сравнению с $P=50$ % обеспеченностью, минерализация в створе Кокбулак при $P=75$ % обеспеченности отличается большей стохастичностью, т. е. нет четко выраженной тенденции увеличения или уменьшения минерализации во внутригодовом распределении. Внутригодовое распределение минерализации р. Сырдарии рассматриваемой обеспеченности показывает, что максимальные значения приходятся на июнь, август, сентябрь, октябрь и ноябрь месяцы с амплитудой от 1677 мг/дм^3 до 1210 мг/дм^3 . В остальные месяцы колебания минерализации составляет от 948 мг/дм^3 до 828 мг/дм^3 .

Практически при всех обеспеченностях условно-естественного периода на р. Сырдария отмечались максимумы содержания минерализации на уровне до 1000 мг/дм^3 , тогда как в современных условиях они повсеместно превышают этот уровень и доходят до 2000 мг/дм^3 независимо от водности года и периода во внутригодовом распределении. Такой же вывод справедлив и в отношении 1969, 1964 гг., которые приблизительно соответствуют по водности года 50 и 75 % обеспеченностям. Результаты исследования также показывают, что ранее отмеченные увеличения или уменьшения значений минерализации от створа к створу в настоящее время полностью утрачены и характеризуются неоднозначностью внутригодового распределения [114, с. 101; 116, с. 120; 181, с. 115-119].

В водохозяйственной практике многие производства, сельское хозяйство, предприятия питьевого водоснабжения предъявляют определенные требования к качеству вод, в частности, к минерализации, так как воды, содержащие большое количество солей, отрицательно влияют на растительные и животные организмы, технологию производства и качество продукции, вызывают образование накипи на стенках котлов, коррозию, засоление почв [179, с. 62; 183-185].



а) естественный гидрологический режим

б) нарушенный гидрологический режим

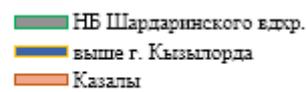
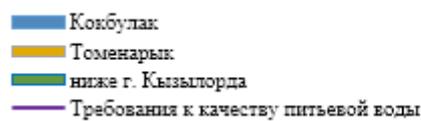


Рисунок 3.13 – Внутригодовые распределения минерализации по длине р. Сырдария при различных обеспеченностях

Как видно из рисунка 3.13 при всех обеспеченностях минерализации превышают установленные лимиты. При этом в некоторые время минерализация достигает до 1400-1600 мг/дм³, тогда как минимумы минерализации отмечены 400-800 мг/дм³. Отсюда следует, что так называемый период «условно естественный период гидрологического режима», тоже имеет относительное название. Потому как за период 1928-1961 годах речной сток уже подвергался влиянию хозяйственной деятельности человека [186].

В соответствии с гигиеническими требованиями к качеству питьевой воды суммарная минерализация не должна превышать величины 1000 мг/дм³ [181, с. 118].

Соотношение концентрации в воде главных ионов (в мг-экв/дм³) определяет *типы химического состава воды*. В зависимости от преобладающего вида анионов (>25 % эквивалента при условии, что суммы мг-экв анионов и катионов принимаются равными 50 % соответственно каждая) различают воды гидрокарбонатного класса (концентрация HCO_3^- HCO_3^- >25 % экв. Анионов), сульфатного (SO_4^{2-} >25 % экв.), хлоридного (Cl^- >25 %, экв.). Иногда выделяют также воды смешанных, или промежуточных, типов. Соответственно, среди катионов выделяются группы кальциевых, магниевых, натриевых или калиевых вод [183, с. 29].

Минерализация воды имеет важнейшее значение при характеристике химического состава вод. При этом проводят анализы воды на содержание минеральных компонентов в различные периоды гидрологической фазы для поверхностных вод: в зимнюю межень, весеннее половодье, летне-осеннюю межень, летне-осенний межень [181, с. 117; 183, с. 29].

Ежемесячные показатели содержания кальция (Ca) при $P=50$ % обеспеченности на гидрохимическом створе с. Кокбулак показывают тенденцию уменьшения с марта месяца (156 мг/дм³) по август (112 мг/дм³), а в дальнейшем – с сентября (152 мг/дм³) по декабрь – наблюдается рост содержания кальция, тогда как в январе и феврале присутствует элемент стохастичности (рисунок Д 1 приложения Д).

Совершенно иная картина, т.е. полностью подчиненная стохастичности содержания и внутригодового распределения кальция наблюдается при $P=75$ % обеспеченности. При этом максимальным содержанием кальция отличается август месяц (149 мг/дм³), а минимальной в марте месяце (97,2 мг/дм³). В остальные месяцы рассматриваемой обеспеченности наблюдается стохастичность распределения кальция в пределах, указанных максимума и минимума содержания данного ингредиента, проявляя при этом независимость от расходов воды р. Сырдарии.

Маловодный год, т. е. $P=95$ % обеспеченности стока, по содержанию кальция, как и при изучении минерализации, имеет данные только за четыре месяца.

На замыкающем створе интегрирующие все показатели реки Сырдария (у г. Казалы) анализ изменения внутригодового распределения Ca показывает, что во всех трех створах идет также неоднозначный процесс, т.е. по сравнению

с условно-естественным периодом гидрологического режима в зимние месяцы идет уменьшение, а в летние месяцы возрастание их содержания. Например, если до 1960 г. зимние содержания отмечались на уровне 400 мг/дм^3 , то после ввода Шардаринского водохранилища эти же показатели отмечены в пределах $800...1000 \text{ мг/дм}^3$, причем независимо от обеспеченности. Летние минимумы кальция от 60 до 100 мг/дм^3 возросли до 150 мг/дм^3 , одновременно со сглаживанием зимних максимумов и летних минимумов (рисунок Д.1 приложения Д).

Следующим элементом анализа гидрохимического створа с. Кокбулак из всего перечня главных ионов является магний (*Mg*) (рисунок 3), для которого имеется полный ряд наблюдений при $P=50 \%$ и $P=75 \%$ обеспеченностях по стоку р. Сырдарии, тогда как при $P=25 \%$ обеспеченности абсолютно нет данных и имеются обрывочные данные контроля при $P=95 \%$ обеспеченности и за 2001 г.

Внутригодовое распределение *Mg* при $P=50 \%$ обеспеченности полностью повторяет картину распределения *Ca* в среднемноголетний год ($P=50 \%$), за исключением января и февраля месяцев. В отличие от внутригодового распределения *Ca*, в данном случае наблюдается рост содержания *Mg* с января по февраль от $60,8 \text{ мг/дм}^3$ до $63,2 \text{ мг/дм}^3$, тогда как по кальцию наблюдалось уменьшение – от 159 мг/дм^3 до 143 мг/дм^3 . С февраля по сентябрь месяцы идет стабильный процесс уменьшения содержания *Mg* – от $63,2 \text{ мг/дм}^3$ до $19,9 \text{ мг/дм}^3$, и наблюдается рост данного элемента с сентября по ноябрь месяцы – от $19,90 \text{ мг/дм}^3$ до $24,2 \text{ мг/дм}^3$, и с уменьшением содержания *Mg* до $23,2 \text{ мг/дм}^3$ в декабре месяце (рисунок Д.2 приложения Д).

Анализ внутригодового распределения *Mg* при $P=75 \%$ обеспеченности свидетельствует о наличии стохастического принципа распределения. Максимумом содержания *Mg* выделяется октябрь месяц ($69,8 \text{ мг/дм}^3$), а минимумом – ноябрь ($25,3 \text{ мг/дм}^3$), в остальные месяцы характеризуются неоднозначностью уменьшения или увеличения внутри рассматриваемого года.

Как нами ранее отмечено, маловодный год с $P=95 \%$ обеспеченностью имеет данные по содержанию *Mg* только за три месяца – февраль, март, декабрь.

По сравнению с *Ca*, анализ изменения внутригодового распределения *Mg* показывает, что независимо от периода года идет постоянный рост содержания этого ингредиента, причем самый максимальный рост отмечается в створе Кызылорда. Ранее отмеченные максимумы содержания *Mg* в пределах от $7,0$ до 60 мг/дм^3 в настоящее время стабильно находятся на уровне 100 мг/дм^3 и более. Минимумы содержания от 10 до 20 мг/дм^3 , отмеченные во время половодья, в современных условиях фиксируются в пределах от 60 до 120 мг/дм^3 , различаясь в зависимости от створов наблюдения. Для *Mg* тоже характерна потеря зимних максимумов и летних минимумов с одновременным ростом содержания на протяжении всего года при всех обеспеченностях [181, с. 120].

По полноте охвата контроля над суммой натрия и калия ($Na + K$) створ с. Кокбулак не выдерживает никакой критики в силу наличия самого минимального периода наблюдения за этими ингредиентами. Поэтому, не имея возможности полноценного анализа $Na + K$, мы вынуждены ограничиться констатацией содержания этих веществ за отдельные месяцы при различной обеспеченности по стоку р. Сырдария.

Исходя из приведенных данных, можно отметить, что максимум содержания $Na + K$ приходится на октябрь месяц (370 мг/дм^3) и минимум – на август (93 мг/дм^3). Несмотря на отсутствие данных по отдельным месяцам рассматриваемого года, можно в первом приближении отметить тенденцию снижения содержания $Na + K$ с января по август включительно, с дальнейшим резким ростом данных ингредиентов в сентябре.

По своему содержанию $Na + K$ и внутригодовому распределению год с $P=75 \%$ обеспеченностью в корне отличается от года с $P=50 \%$ обеспеченностью. Например, в год с $P=50 \%$ обеспеченностью содержание $Na + K$ с показателем ниже 100 мг/дм^3 было отмечено только на примере одного месяца – августа ($93,7 \text{ мг/дм}^3$), тогда как в год с $P=75 \%$ обеспеченностью сумма натрия и калия превысила отметку в 100 мг/дм^3 только однажды – в октябре месяце (172 мг/дм^3), находясь в остальное время ниже этого предела (рисунок Д.3 приложения Д).

В год с $P=95 \%$ обеспеченностью створ с. Кокбулак по содержанию $Na + K$ имеет данные только по трем месяцам: февраль, март и декабрь, тогда как за 2001 г. эти данные отсутствуют вообще.

Изменения внутригодового распределения суммы $Na + K$ не похожи на изменения магния, т.е. идет стохастический процесс этого показателя в течение всего года независимо от обеспеченностей. Например, в створе Томенарык в зимние месяцы фактические содержания суммы натрия и калия составляют 100 мг/дм^3 при 25% обеспеченности условно-естественного периода, в нарушенный период они отмечены уже на уровне 175 мг/дм^3 , а для створа г. Кызылорда соответственно равен 75 и 175 мг/дм^3 .

В створе Томенарык летние минимумы составили от 25 мг/дм^3 до 150 мг/дм^3 , тогда как в створе Казалы они возросли до $98-250 \text{ мг/дм}^3$. Такая же четкая картина роста содержания суммы натрия и калия на протяжении всего года отмечена и при 25% и 75% обеспеченностях параллельной потерей летних минимумов. В некоторые периоды во внутригодовом распределении суммы натрия и калия в створах Кызылорда и Казалы соответственно достигают 408 и 440 мг/дм^3 .

Следующим анализируемым элементом из группы главных ионов являются гидрокарбонаты (HCO_3), которые в створе с. Кокбулак отличаются полнотой только для $P = 50 \%$ и $P=75 \%$ обеспеченностей. В год с $P=50 \%$ обеспеченностью тенденция уменьшения гидрокарбонатов наблюдается с марта по август включительно в диапазоне от 207 мг/дм^3 до 137 мг/дм^3 , а период роста – с сентября по декабрь месяцы (от 198 мг/дм^3 до 208 мг/дм^3). Период с января по март характеризуется неоднозначностью распределения, т. е. наличием снижения содержания HCO_3 с января по февраль и подъемом с

февраля по март. Этот рассматриваемый год имеет максимум содержания HCO_3 на уровне 208 мг/дм^3 и минимум содержания 137 мг/дм^3 (рисунок Д.4 приложения Д).

Стохастичность внутригодового распределения HCO_3 характерна и для года с $P=75\%$ обеспеченностью. Год с 75% обеспеченностью имеет периоды с уменьшением содержания HCO_3 с января (1970 мг/дм^3) по апрель включительно (190 мг/дм^3), и с некоторым дальнейшим подъемом в мае (202 мг/дм^3) и июне (205 мг/дм^3). С июля (199 мг/дм^3) по сентябрь (233 мг/дм^3) наблюдается период со стабильным ростом содержания HCO_3 и некоторой стабилизацией с октября по декабрь на уровне $225\text{...}27 \text{ мг/дм}^3$.

В год $P=95\%$ обеспеченности имеющиеся данные по контролю над концентрацией HCO_3 также имеются не за все месяцы. Имея обрывочные данные мониторинга за гидрокарбонатами, трудно выявить тенденцию их уменьшения или увеличения от месяца к месяцу во внутригодовом распределении.

Содержание HCO_3 отмечаемые на уровне 250 мг/дм^3 в створе Томенарык, при условно-естественном режиме достигли отметки 175 мг/дм^3 в зимние месяцы. Обратная картина, т. е. некоторое повышенное содержание гидрокарбонатов отмечается в этом же створе при 25% обеспеченности в летний период: порядка 150 мг/дм^3 против 120 мг/дм^3 естественных. Сопоставительный анализ также показывает, что при условно-естественном периоде гидрологического режима максимальные показатели гидрокарбонатов были зафиксированы в Казалы, причем эти максимумы были отмечены как в летние месяцы, так и в зимние, соответственно 240 и 275 мг/дм^3 . Аналогично ранее отмеченной стохастичности, характерной для всех ингредиентов, эта же стохастичность характерна и для гидрокарбонатов, разумеется, в нарушенном периоде гидрологического режима при всех обеспеченностях. Самые минимальные значения содержания гидрокарбонатов нарушенного периода на уровне 38 мг/дм^3 в летние месяцы отмечаются в створе Томенарык при 75 и 95% обеспеченностях. Анализом установлено, что минимальный размах колебаний разности зимних и летних колебаний содержания из всей группы главных ионов присущи только для гидрокарбонатов как при условно-естественном периоде, так и нарушенном периоде для всех рассматриваемых обеспеченностей [181, с. 121].

Исследования изменения внутригодового распределения сульфатов (SO_4) дает однозначную тенденцию на повсеместный рост этого ингредиента, разумеется, при нарушенном периоде гидрологического режима против наблюдаемых значений SO_4 условно-естественного режима.

Во внутригодовом распределении SO_4 в створе с. Кокбулак в год с $P = 50\%$ максимальное содержание SO_4 характерно для осенних месяцев ($634\text{...}653 \text{ мг/дм}^3$) и декабря месяцев (642 мг/дм^3). В остальные месяцы концентрация SO_4 колеблется от 240 мг/дм^3 (август) до 480 мг/дм^3 (апрель) при наличии стохастичности внутригодового распределения рассматриваемого ингредиента.

Распределение SO_4 в год с $P=75\%$ обеспеченностью характеризуется стохастическими. Анализ данных распределения SO_4 за рассматриваемый год

показывает, что и в этом году, как и при $P=50\%$ обеспеченности, максимальные содержания SO_4 приходятся на осенние месяцы (464, 481, 485 mg/dm^3) и декабрь (490 mg/dm^3). В остальные месяцы рассматриваемого года содержание SO_4 , подчиняясь стохастическому принципу внутригодового распределения, имеет максимум содержания SO_4 в апреле (397 mg/dm^3) и минимум – в феврале (241 mg/dm^3) месяце (рисунок Д.5 приложения Д).

Год с $P=95\%$ обеспеченностью результаты мониторинга за содержанием SO_4 в створе с. Кокбулак имеются только за месяцы: февраль; март и декабрь. По сравнению с этим годом, 2001 г. отличается относительно более подробными данными внутригодового распределения SO_4 .

При 25 % обеспеченности естественного режима максимальные содержания SO_4 для створа Томенарык были отмечены в пределах от 200 до 300 mg/dm^3 в зимние месяцы и минимальные – порядка 180 mg/dm^3 – в летние. На современном уровне они наблюдаются на уровне 500-600 mg/dm^3 в зимние месяцы и 200 mg/dm^3 в летние. Для створа Кызылорда при условно-естественном периоде в зимний период максимумы были равны 200-320 mg/dm^3 и минимумы – в пределах 150-180 mg/dm^3 . Современные максимумы фактической содержания SO_4 находятся в пределах 620-670 mg/dm^3 с минимумами летних месяцев от 400 до 480 mg/dm^3 . Эти же показатели для створа Казалы при условно-естественном периоде отмечались на уровне 300 mg/dm^3 и с летними минимумами 140-145 mg/dm^3 . Современный зимний максимум содержания находится на отметке 650-670 mg/dm^3 , тогда как летний минимум составляет порядка 500 mg/dm^3 . Такая же картина характерна и для 50 % обеспеченности. При 75 % и 95 % обеспеченностях нарушенного режима зимние максимумы содержания сульфатов зачастую переваливают отметку в 1000 mg/dm^3 , тогда как летние минимумы находятся на уровне 400-600 mg/dm^3 .

Как видно из этих статистических данных, абсолютные максимумы содержания SO_4 для створа с. Казалы, за многолетний период наблюдения достигнуты именно – 855,00 mg/dm^3 (май); 845 mg/dm^3 (июль) и 744 mg/dm^3 (сентябрь) (рисунок Д.5 приложения Д).

По объему данных мониторинга сведения о *хлоридах* (Cl) в створе Кокбулак ничем не отличаются от остальных представителей группы главных ионов, т. е. имеется относительная полнота сведений за годы с $P=50\%$ и $P=75\%$ обеспеченностями и отрывочные данные за год с $P=95\%$ обеспеченностью (рисунок Д.6 приложения Д).

В современных условиях р. Сырдария подвергается загрязнению на всем протяжении самой реки, т. е. в пределах Узбекистана И Казахстана. При этом немалую лепту в загрязнение водотока вносит Республика Узбекистан. Например, по результатам анализа данных Казгидромета (Информационный бюллетень, январь-декабрь, 2006) видно, что в 1996 г. были достигнуты самые максимальные содержания хлоридов.

В год с $P=50\%$ обеспеченностью загрязнение реки Сырдария хлоридами в створе с. Кокбулак характеризуется максимумом их содержания на июль (93,9 mg/dm^3), август (92,2 mg/dm^3) и сентябрь (92,2 mg/dm^3), тогда как относительный минимум был отмечен в апреле (79,8 mg/dm^3). Ля

рассматриваемого года характерным является стохастический тип внутригодового распределения хлоридов (рисунок Д.6 приложения Д).

Следующий рассматриваемый год, т.е. год с $P=95\%$ обеспеченностью имеет возрастающий тип внутригодового распределения хлоридов. На примере данного внутригодового распределения хлоридов можно четко проследить возрастание содержания хлоридов с января ($62,4 \text{ мг/дм}^3$) по октябрь (210 мг/дм^3) включительно и некоторый спад содержания в ноябре (200 мг/дм^3) и декабре (196 мг/дм^3).

Маловодный год с $P=95\%$ обеспеченностью имеет за три месяца: февраль; март и декабрь. В 2001 г. в створе с. Кокбулак был осуществлен мониторинг за содержанием хлоридов в течение четырех месяцев: январь, март, июль и ноябрь

Тенденция роста Cl также очевидна для всех рассматриваемых створов. Например, в настоящее время во внутригодовом их распределении отсутствуют ярко выраженные зимние максимумы и летние минимумы, характерные для условно-естественного периода гидрологического режима. Естественные максимумы в $50...60 \text{ мг/дм}^3$ на современном уровне находятся в пределах $100...140 \text{ мг/дм}^3$, а летние же минимумы возросли от $20...30 \text{ мг/дм}^3$ до 250 мг/дм^3 . При 75 и 95% обеспеченностях современные максимумы достигли отметки 400 мг/дм^3 , тогда как эти максимумы при условно-естественном периоде гидрологического режима никогда не превышали 100 мг/дм^3 . Современные же минимумы содержания Cl , находящихся в пределах 200 мг/дм^3 , превышают естественные минимумы порядка 4 раза [181, с. 123].

Полученные результаты внутригодового распределения общей минерализации показывают, что в условно-естественном периоде (до 1960 г.) отмеченные возрастания или уменьшения фактических минерализаций от створа к створу на р. Сырдария в нарушенный период (после 1960 г.) полностью утрачены и характеризуются неоднозначностью внутригодового распределения. Анализ изменения внутригодового распределения по главным ионам показали следующее:

- по кальцию показывает, что во всех рассматриваемых створах идет также неоднозначный процесс, т. е. по сравнению с условно-естественным периодом в нарушенный период в зимние месяцы идет уменьшение, а в летние месяцы возрастание их содержания;

- по магнию и сумме натрия и калия показывает, что независимо от периода года идет постоянный рост его содержания. Для магния тоже характерна потеря зимних максимумов и летних минимумов с одновременным ростом концентрации на протяжении всего года при всех обеспеченностях;

- установлено, что минимальный размах колебаний разности зимних и летних колебаний содержания из всей группы главных ионов присущи только для гидрокарбонатов как при условно-естественном периоде, так и нарушенном периоде для всех рассматриваемых обеспеченностей;

- по сульфатам дает однозначную тенденцию на повсеместный рост этого ингредиента, разумеется, при нарушенном периоде гидрологического режима против наблюдаемых значений сульфатов условно-естественного

режима. В маловодные годы 75 % и 95 % обеспеченностях нарушенного периоды зимние максимумы содержания сульфатов зачастую переваливают отметку в 1000 мг/дм³, т. е. превышают предельно допустимые концентрации.

- по хлоридам в нарушенный период отсутствуют ярко выраженные зимние максимумы и летние минимумы, характерные для условно-естественного периода для всех рассматриваемых створов

Резюмируя общий анализ изменения внутригодового распределения общей минерализации и группы главных ионов, необходимо подчеркнуть, что, за исключением кальция и гидрокарбонатов, произошли коренные изменения, как во внутригодовом распределении, так и в фактических их содержаниях, ассоциирующихся только ростом. Напротив, такому положению, наблюдается обратный процесс в отношении кальция и гидрокарбонатов, т. е. повсеместное уменьшение. Общим для всех является то, что во внутригодовом распределении всех рассматриваемых ингредиентов на современном уровне, т.е. в нарушенный период отсутствуют зимние максимумы и летние минимумы, больше стало места для стохастичности чуждых для условно-естественного периода гидрологического режима.

Органические вещества. *Фенол*. В последнее время наблюдается загрязнение р. Сырдарии органическими веществами, в т. ч. и фенолом. Поэтому нам далее придется сделать акцент на загрязнения на трансграничном посту Кокбулак и замыкающем створе г. Казалы, чтобы выяснить, что вносит Узбекистан, а что вносит Казахстан в деле загрязнения реки показателями (рисунок 3.14).

В створе *с. Кокбулак* при $P = 25$ % обеспеченности по всем показателям года фенол содержится в минимальном уровне, т. е. в речной воде данный ингредиент практически не встречается (0,000 мг/дм³).

Согласно рисунку 3.14 створе Кокбулак загрязнения фенолами были отмечены: при $P = 25$ % обеспеченности на протяжении года; при $P = 75$ % обеспеченности – только в августе; при $P = 95$ % обеспеченности – в январе и феврале.

Анализ данных показывает, что в створе *нижний бьеф Шардаринского водохранилища* были отмечены превышения ПДК: при $P = 25$ % обеспеченности – только в апреле; при $P = 50$ % обеспеченности – с января по май и в октябре месяцы; при $P = 75$ % обеспеченности – в апреле; при $P = 95$ % обеспеченности – в июле и сентябре.

Загрязнения речной воды фенолами в створе *ст. Томенарык* зафиксированы только по двум наблюдаемым годам: при $P = 50$ % обеспеченности – только в феврале. При $P = 75$ % и $P = 95$ % обеспеченностях фенол содержится в речной воде на минимальном уровне (0,000 мг/дм³).

Загрязнения фенолами в створе *г. Кызылорда* отмечены в следующих месяцах: при $P = 25$ % обеспеченности – в марте, августе, сентябре; при $P = 50$ % обеспеченности – в феврале, марте, мае; при $P = 75$ % обеспеченности – с февраля по апрель, в июне, октябре; при $P = 95$ % обеспеченности – также с февраля по апрель, в июне, июле, ноябре; Высокие уровни загрязненности фенола в многолетнем периоде зафиксированы при $P = 75$ % и $P = 95$ %

обеспеченностях: в среднемаловодный год – в марте, апреле, июне, октябре, а в маловодный год – в апреле.

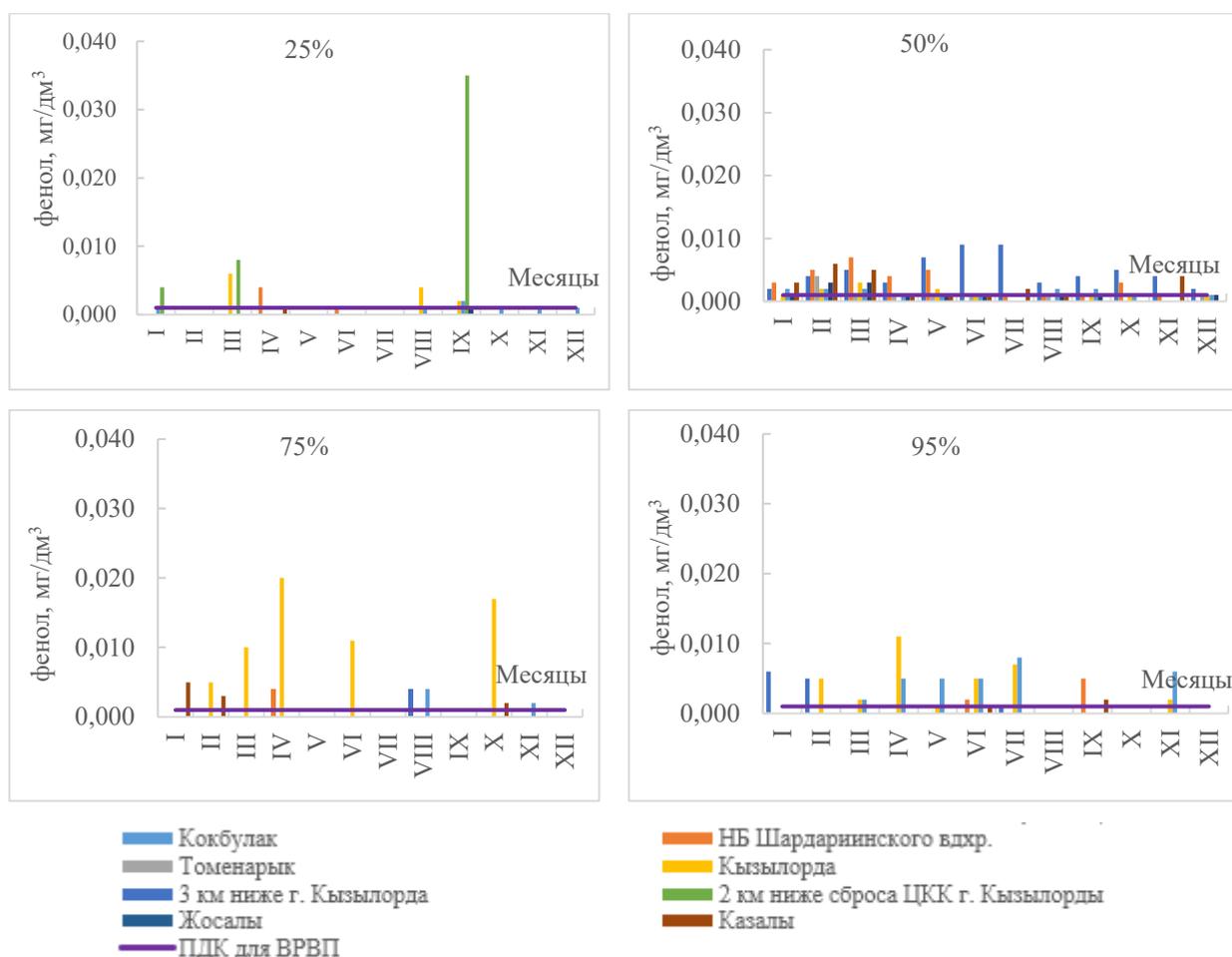


Рисунок 3.14 – Внутригодовое распределение фенолов по длине р. Сырдария при различных обеспеченностях

Анализ данных показывает, что в створе *3 км ниже г. Кызылорда* были отмечены превышения ПДК: при $P = 25\%$ обеспеченности – только в сентябре; при $P = 50\%$ обеспеченности – с января по март, в августе и сентябре; при $P = 75\%$ обеспеченности – в августе и ноябре; при $P = 95\%$ обеспеченности – с марта по август и в ноябре.

В створе *2 км ниже сброса ЦКК г. Кызылорда* загрязнения фенолами были отмечены: при $P = 25\%$ обеспеченности – в январе, марте и сентябре; при $P = 50\%$ обеспеченности – с апреля по июнь. Из приведенных месяцев высокий уровень загрязнения фенолами установлен в многоводный год в сентябре, а также в среднемноговодный год в апреле и мае. При $P = 75\%$ и $P = 95\%$ обеспеченностях фенол в речной воде по всем месяцам практически отсутствует.

Для створа *пгт. Жусалы* фактические данные по фенолу имеются только по трем анализируемым годам. Превышения ПДК в многолетнем периоде наблюдаются в месяцах: при $P = 50\%$ обеспеченности – в феврале и марте; в

2001г. – с мая по сентябрь. Здесь следует особо отметить, что за 2001 г. зарегистрированы повышенные уровни загрязнения фенолами, а точнее – в мае и июне.

В замыкающем створе р. Сырдарии – *г. Казалы* приведенные данные контроля над фенолами свидетельствуют о том, что загрязнение данным ингредиентом фиксируется: при $P = 50\%$ обеспеченности – с января по март, в июле и ноябре; при $P = 75\%$ обеспеченности – в январе, феврале, октябре; при $P = 95\%$ обеспеченности – только в сентябре.

Смолы и асфальт. Предварительный анализ внутригодового распределения смол и асфальта показывает, что фактические концентрации данных ингредиентов по сравнению с другими водотоками Казахстана фиксируются в повышенных концентрациях. На рисунке Е.1 приложения Е приведены данные внутригодового распределения смол и асфальта по длине р. Сырдария.

В приграничьем створе *с. Кокбулак* были отмечены превышения ПДК смол и асфальта по следующим месяцам в многолетнем периоде: при $P = 25\%$ – по всем показателям года, кроме февраля, ноября и декабря; при $P = 75\%$ обеспеченности – с марта по июнь и в октябре; при $P = 95\%$ обеспеченности – только в июне. Здесь следует особо отметить, что в речной воде наблюдаются высокие уровни загрязненности данным ингредиентом в разрезе анализируемых годов. Например, за многоводный год повышенное загрязнение фиксируется в марте ($0,44 \text{ мг/дм}^3$); за среднемаловодный год – по четырем месяцам – в апреле ($0,24 \text{ мг/дм}^3$), мае ($0,22 \text{ мг/дм}^3$), июне ($0,19 \text{ мг/дм}^3$), октябре ($0,41 \text{ мг/дм}^3$); в маловодном году – только в июне ($0,29 \text{ мг/дм}^3$).

В створе *НБ Шардаринского вдхр.* в среднемаловодный год фактические концентрации во все четыре месяца находятся на минимальном уровне ($0,000 \text{ мг/дм}^3$).

Превышения над ПДК наблюдались: при $P = 25\%$ обеспеченности – в апреле, июле и декабре; при $P = 75\%$ обеспеченности – по имеющимся трем месяцам; при $P = 95\%$ обеспеченности – также по всем приведенным показателям. За анализируемые периоды высокие уровни загрязненности смолами и асфальтом зарегистрированы: в многоводном году – в декабре ($0,12 \text{ мг/дм}^3$); в среднемаловодный год – в августе; а в маловодном году – в январе, апреле, июле и октябре. В том числе в январе при $P = 75\%$ обеспеченности произошло экстремальное загрязнение, где фактическая концентрация достигла $1,50 \text{ мг/дм}^3$.

Следующий створ *ст. Томенарык* по внутригодовому распределению смол и асфальта отличается разрозненностью данных. За анализируемый период при $P = 25\%$ обеспеченности и за 2001 г. данные по контролю над смолами и асфальтом полностью отсутствуют. При $P = 50\%$ обеспеченности по всем приведенным месяцам данный ингредиент в речной воде отсутствует, т. к. фактическая концентрация всегда находится на нулевом уровне. Как показывают результаты анализа, за оба исследуемого периода происходит превышение фактической концентрации над ПДК.

В створе гидропост *г. Кызылорда* загрязнения смолами и асфальтом фиксированы: при $P = 25\%$ обеспеченности – в апреле, мае, с июля по сентябрь; при $P = 50\%$ обеспеченности – в марте и августе; при $P = 75\%$ обеспеченности – в феврале, марте, с мая по август, ноябре; при $P = 95\%$ обеспеченности – по всем показателям. Следует отметить, что за анализируемый период высокие уровни загрязненности данными ингредиентами отмечены в многоводном году в сентябре; в среднемаловодном – в мае, июне, июле, августе и декабре; в маловодном – в январе, марте, октябре и декабре. Экстремальные загрязнения смолами и асфальтом зарегистрированы в феврале при $P = 75\%$ и $P = 95\%$ обеспеченностях.

В створе *3 км ниже г. Кызылорда* были отмечены превышения ПДК: при $P = 25\%$ обеспеченности – в январе, апреле и с июля по сентябрь; при $P = 75\%$ обеспеченности – по всем вышеприведенным показателям; при $P = 95\%$ обеспеченности – также по всем имеющимся месяцам, кроме месяца марта. Как показывают результаты наблюдаемых периодов, экстремальное загрязнение данным ингредиентом фиксируется в среднемаловодном году в марте ($1,42 \text{ мг/дм}^3$). А высокие уровни загрязненности данным ингредиентом наблюдаются почти по всем годам, например, при $P = 25\%$ обеспеченности отмечены в сентябре; при $P = 75\%$ обеспеченности – с апреля по июнь, в августе и сентябре; при $P = 95\%$ обеспеченности – в феврале, мае и с августа по декабрь

Створ *2 км ниже сброса ЦКК г. Кызылорда* имеет показатели по внутригодовому распределению смол и асфальта только при $P = 75\%$ обеспеченности, мг/дм^3 . Здесь следует отметить, что в феврале и июне произошло экстремальное загрязнение речной воды смолами и асфальтом. Июль и август также отличаются повышенной загрязненностью, когда был установлен высокий уровень загрязненности.

В створе *пгт Жосалы* фактические данные по контролю над смолами и асфальтом при $P = 25\%$ обеспеченности имеют разрозненный характер, загрязнение данными ингредиентами наблюдается в апреле, июле и сентябре. При $P = 50\%$ обеспеченности в речной воде смолы и асфальт практически отсутствуют, т. к. фактическая концентрация всегда находится на нулевом уровне.

Результаты анализа внутригодового распределения смол и асфальтов в створе *г. Казалы* показывают, что превышения ПДК отмечены по наблюдаемым годам: при $P = 25\%$ обеспеченности – с февраля по апрель, с июня по сентябрь; при $P = 50\%$ обеспеченности – в марте и мае; при $P = 75\%$ обеспеченности – по всем показателям, кроме апреля; при $P = 95\%$ обеспеченности – также во всех месяцах, исключая март. Высокие уровни загрязненности зафиксированы: при $P = 25\%$ обеспеченности – в сентябре; при $P = 50\%$ обеспеченности – в марте; при $P = 75\%$ обеспеченности – в январе, с апреля по июль, в сентябре и октябре; при $P = 95\%$ обеспеченности – в январе и феврале, с июля по октябрь и ноябрь. Экстремальное загрязнение данным ингредиентом зарегистрировано в среднемаловодном году в августе ($1,20 \text{ мг/дм}^3$), а также в апреле маловодного года ($1,36 \text{ мг/дм}^3$).

Нефтепродукты. Предварительный анализ внутригодового распределения нефтепродуктов показывают загрязнение нефтепродуктами по р. Сырдария за многолетний период. На рисунке Е.2 приложения Е приведены данные внутригодового распределения нефтепродуктов по длине р. Сырдария.

Как показывают результаты анализа, загрязнения нефтепродуктами в створе *с. Кокбулак* зафиксированы за многолетний период: при $P = 25\%$ обеспеченности – в январе, с марта по май, с июля по ноябрь; при $P = 50\%$ обеспеченности – только в октябре и ноябре; при $P = 75\%$ обеспеченности – в январе, апреле, и июле; при $P = 95\%$ обеспеченности – только в июне.

Для створа *ниже плотины г. Шардары* характерными являются превышения ПДК над фактическими концентрациями нефтепродуктов: при $P = 25\%$ обеспеченности – в апреле, июле, сентябре месяцах; при $P = 50\%$ обеспеченности – в октябре и ноябре; при $P = 75\%$ обеспеченности – в январе и апреле; при $P = 95\%$ обеспеченности – в июле и августе; в 2001 г. – только в апреле.

В следующем створе *ст. Томенарык* загрязнения нефтепродуктами установлены: при $P = 50\%$ обеспеченности – в октябре; при $P = 75\%$ обеспеченности – в феврале и апреле. По остальным наблюдаемым годам фактические данные не превышают ПДК, а при $P = 25\%$ обеспеченности данные по контролю над нефтепродуктами отсутствуют.

В гидрохимическом створе гидропост *г. Кызылорда* превышения ПДК нефтепродуктов фиксировались: при $P = 25\%$ обеспеченности – в феврале, марте, апреле, августе, сентябре и ноябре; при $P = 50\%$ обеспеченности – в сентябре; при $P = 75\%$ обеспеченности – в марте, апреле, июне, июле. Здесь следует отметить, что высокий уровень загрязнения нефтепродуктами зарегистрирован в многоводном году за месяц март ($0,90 \text{ мг/дм}^3$).

В створе *3 км ниже г. Кызылорда* загрязнение данным ингредиентом наблюдается по следующим месяцам в многолетнем периоде: при $P = 25\%$ обеспеченности – с февраля по апрель, с июля по сентябрь, а также в ноябре; при $P = 50\%$ обеспеченности – с января по март, в октябре, ноябре; при $P = 75\%$ обеспеченности – в марте, июле; при $P = 95\%$ обеспеченности – в феврале, апреле и с сентября по декабрь.

В створе *2 км ниже сброса ЦКК г. Кызылорда* фактические данные по нефтепродуктам имеются только при $P = 75\%$ и $P = 95\%$ обеспеченностях. Превышения ПДК фиксировались: при $P = 75\%$ обеспеченности – в январе, феврале, марте, мае, июле, сентябре и декабре; при $P = 95\%$ обеспеченности – в апреле, октябре.

В створе *пгт. Жусалы* загрязнение нефтепродуктами фиксируется: при $P = 25\%$ обеспеченности в апреле, июле, сентябре; при $P = 50\%$ обеспеченности – в январе и ноябре.

Как показывают результаты анализа в створе *г. Казалы*, превышения ПДК наблюдаются: при $P = 25\%$ обеспеченности – с января по март и с июля по ноябрь; при $P = 50\%$ обеспеченности – в январе, июле, октябре и ноябре; при $P = 75\%$ обеспеченности – в феврале, мае, июне и с августа по октябрь; при $P = 95\%$ обеспеченности – в феврале и с мая по декабрь. Здесь следует

отметить, что в маловодном году в мае, июле, августе, сентябре и октябре были зарегистрированы высокие уровни загрязненности нефтепродуктами.

Биогенные вещества. В настоящее время, как аксиому можно подчеркнуть, что химический состав природных вод формируется под совокупным воздействием природных и антропогенных факторов. При этом для каждого речного бассейна те или иные химические ингредиенты являются основополагающими в зависимости от подстилающей поверхности водосбора, геологического строения, наличия и концентрации полезных ископаемых, а в современных условиях и от антропогенных факторов промышленной ориентации отдельных регионов. При этом сложность расчленения загрязняющих веществ на природную и антропогенную составляющие заключается в том, что при естественном гидрологическом и гидрохимическом режимах водотоков не было всеобъемлющего экологического мониторинга за химическим составом поверхностных вод. Весь мониторинг был ограничен наблюдением за группой главных ионов (минерализацией, Ca, Mg, Na + K, HCO₃, SO₄, Cl). Поэтому в настоящее время при определении загрязненности водотоков и водоемов основными критериями служат установленные для каждого химического элемента предельно-допустимые концентрации (ПДК) водотоков и водоемов рыбохозяйственного и хозяйственного использования. Исходя из вышесказанного, и наши исследования не являются исключением от общепринятых норм, где загрязненность водотоков биогенными веществами определяется относительно предельно- допустимых концентраций NH₄, NO₂, NO₃, P_{общ}, Si и Fe. При этом, для облегчения восприятия результатов анализа и приводимой информации, текстовая часть данной работы не сопровождается иллюстративными материалами, а все они выведены в отдельные приложения.

Азот аммонийный (NH₄). В последнее время наблюдается загрязнение р. Сырдарии биогенными веществами, в т. ч. и азотом аммонийным, контроль над которым ведется с 1968 г. (рисунок 3.15)

Внутригодовое распределение азота аммонийного в створе *с. Кокбулак* за период нарушенный период характеризуется превышением ПДК NH₄ (0,39 мг/дм³) только при P = 50 % обеспеченности в апреле, мае и июле.

По гидрохимическому створу *ниже устья р. Келес* имеются данные внутригодового распределения азота аммонийного только при P = 50 %, как видно из данных, превышение ПДК было зафиксировано в мае.

Анализ данных показывает, что в створе *ниже плотины Шардаринской ГЭС* были отмечены превышения ПДК трижды: при P = 25 % обеспеченности – в мае и декабре; при P = 95 % обеспеченности – в сентябре.

В гидрохимическом *створе Томенарык* не наблюдалось превышение ПДК по азоту аммонийному при различных обеспеченностях за период многолетнего наблюдения.

В гидрохимическом створе *выше г. Кызылорда* характеризуется превышением ПДК NH₄ только при P = 25 % обеспеченности в январе и февраля более 2 раза.

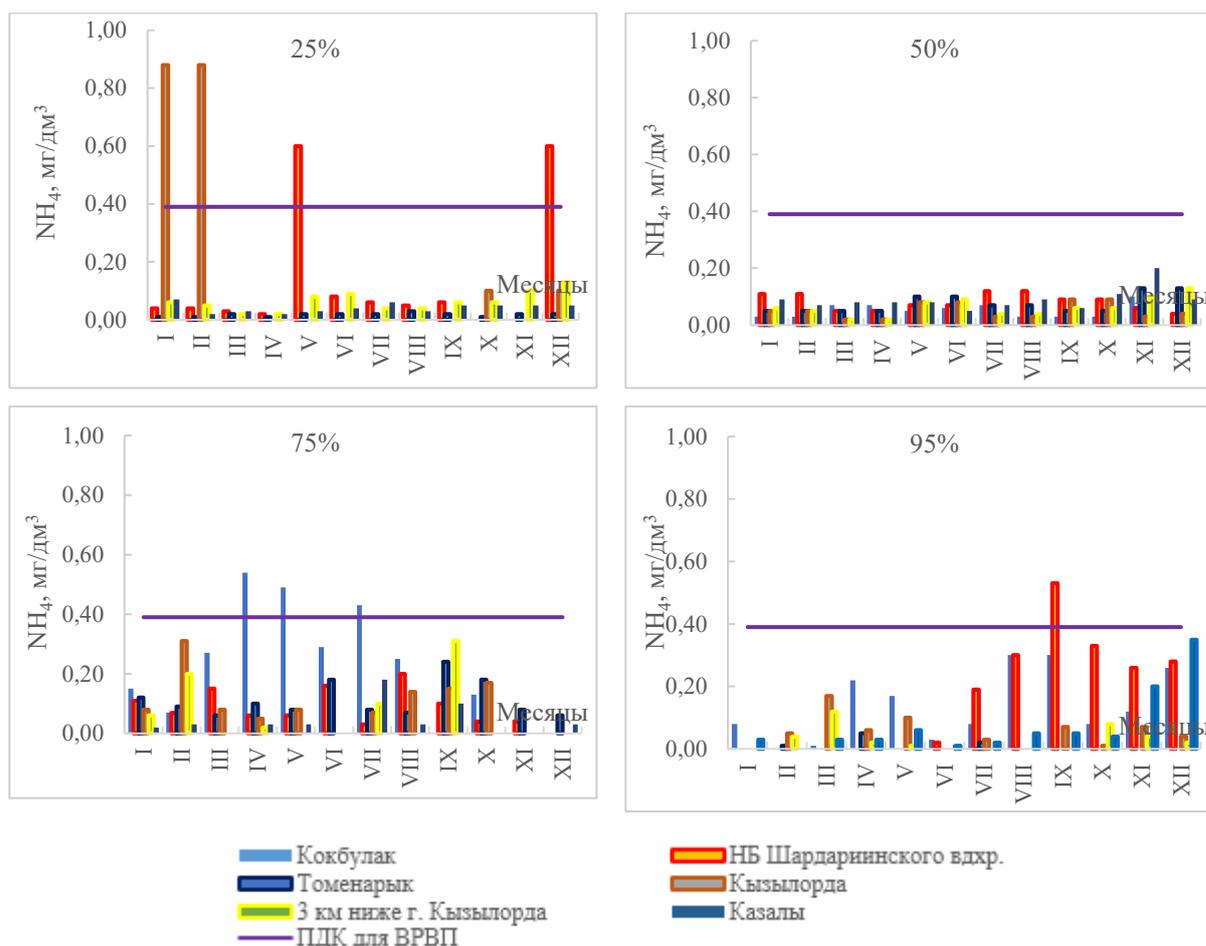


Рисунок 3.15 – Внутригодовое распределение азота аммонийного по длине р. Сырдария при различных обеспеченностях

В гидрохимическом створе *3 км ниже г. Кызылорда* не наблюдалось превышение ПДК по азоту аммонийному при различных обеспеченностях за период многолетнего наблюдения.

В гидрохимическом створе *г. Казалы* не наблюдалось превышение ПДК по азоту аммонийному при различных обеспеченностях за период многолетнего наблюдения.

Нитрит-ионы (NO_2). В последнее время наблюдается загрязнение р. Сырдарии биогенными веществами, в т. ч. и нитрит-ионами (рисунок Ж.1 приложения Ж).

В гидрохимическом створе *с. Кокбулак* как свидетельствуют приведенные данные за август месяц при $P = 75\%$ обеспеченности, в мае и июне месяцах при $P = 95\%$ обеспеченности повсеместно наблюдаются превышения предельно-допустимой концентрации нитрит-ионов $0,020 \text{ мг/дм}^3$.

Данные контроля над нитрит-ионами, характеризующие внутригодовое распределение этого ингредиента при $P = 50\%$ обеспеченности в створе *ниже устья р. Келес* свидетельствуют о повсеместном превышении фактических концентраций нитрит-ионов над установленной предельно-допустимой концентрацией.

Приведенные данные контроля над нитрит-ионами в створе *ниже плотины Шардаринской ГЭС* свидетельствуют о том, что за исключением августа и сентября при $P = 95\%$ обеспеченности, фактические концентрации анализируемого ингредиента повсеместно превышают предельно-допустимую концентрацию нитрит-ионов.

В створе *Томенарык* фактические концентрации нитрит-ионов превышали ПДК: при $P = 25\%$ обеспеченности – в феврале, марте и апреле; при $P = 50\%$ обеспеченности – в январе, феврале, марте, апреле, мае, июне, июле, августе, ноябре и декабре; при $P = 75\%$ обеспеченности – в январе и апреле.

В анализируемом створе *г. Кызылорда* также наблюдается повсеместное превышение ПДК: при $P = 25\%$ обеспеченности – в январе, феврале, марте, апреле, июне, июле, августе, сентябре, октябре и ноябре; при $P = 50\%$ обеспеченности – в марте, апреле, августе и декабре; при $P = 75\%$ обеспеченности – в январе, феврале, апреле, мае, июне; при $P = 95\%$ обеспеченности – в марте, мае, июне, ноябре и декабре.

Приведенные данные контроля над нитрит-ионами в гидрохимическом створе *3 км ниже г. Кызылорды* показывают, что превышение ПДК фиксировалось: при $P = 25\%$ обеспеченности – в январе, феврале, марте, апреле, мае, июне, июле и декабре; при $P = 50\%$ обеспеченности – в марте, апреле, ноябре и декабре; при $P = 75\%$ обеспеченности – в январе, феврале, апреле, мае, июне; при $P = 95\%$ обеспеченности – в марте, мае, июне.

Нитрат-ионы (NO_3). Предварительный анализ внутригодового распределения нитрат-ионов показывает, что несмотря на редкость превышения нитрат-ионами ПДК, фактические концентрации данного ингредиента по сравнению с другими водотоками Казахстана фиксируются в повышенных концентрациях (рисунок Ж.2 приложения Ж).

Тяжелые металлы. Контроль над загрязнением р. Сырдария ионами тяжелых металлов в многолетнем разрезе велся крайне нерегулярно. В этой связи хотелось бы подчеркнуть, что, несмотря на загрязнение р. Сырдария ионами тяжелых металлов, подтверждающееся хотя бы на основе эпизодических наблюдений, эта группа канцерогенных веществ не стала приоритетной наравне с другими загрязнителями. Поэтому наш анализ загрязнения будет базироваться на имеющихся данных, однако и в основном велись только эпизодические наблюдения и среднегодовые значения наблюдений в течение всего года получить не удалось.

В 2000 г. из реки Сырдария в створе *с. Кокбулак* (который является трансграничным постом с Республикой Узбекистан) производился отбор проб воды и впоследствии химический анализ для определения концентрации железа (двух-, трехвалентного и общего), ртути, меди, цинка, кадмия и хрома (трех-, шестивалентного) (рисунки И.1-И.4 приложения И).

При анализе загрязнения р. Сырдария хотелось бы особо обратить внимание на тот факт, что до настоящего времени с этого водотока никто не снимал статуса рыбохозяйственного, в силу чего при сравнении фактических концентраций ионов тяжелых металлов с предельно-допустимой

концентрацией нами за ПДК будут приниматься ее значения, соответствующие рыбохозяйственным водоемам и водотокам.

Анализ начнем с традиционных загрязнителей, т. е. *ионов меди и цинка*. В течение 2000 г. в рассматриваемом створе содержание *ионов меди* определялось шесть раз и его значения по месяцам распределились следующим образом, мг/дм³: январь – 0,0054 (5,4 ПДК), февраль – 0,0034 (3,4 ПДК), март – 0,0053 (5,3 ПДК), июль – 0,0049 (4,9 ПДК), сентябрь – 0,0034 (3,4 ПДК), ноябрь – 0,0012 (1,2 ПДК). Очевидно, что результаты мониторинга в течение шести месяцев однозначно показывают загрязнение реки Сырдария ионами меди, причем превышение концентраций этих загрязняющих веществ собственной ПДК составляют от 1,2 до 5,4 раз, с максимумом в зимнюю межень.

Ионы цинка были также проанализированы за шесть месяцев и их содержание имеет следующее распределение, мг/дм³: январь – 0,000, февраль – 0,000, март – 0,0058, июль – 0,0021, сентябрь – 0,0096, ноябрь – 0,0098. Очевидно, что ионами цинка р. Сырдария загрязняется с концентрацией ниже предельно-допустимой.

Следующим элементом анализа выбран *хром трехвалентный*, предельно-допустимая концентрация которого равна 0,0050. Внутригодное распределение трехвалентного хрома имеет следующие показатели, мг/дм³: январь – 0,0010, март – 0,0020, май – 0,0060 (1,2 ПДК), июль – 0,0020, сентябрь – 0,0020, ноябрь – 0,0020. Из анализа видно, что только в мае месяце уровень загрязнения ионами трехвалентного хрома превысил ПДК в 1,2 раза, тогда как в остальные месяцы загрязнение осуществлялось концентрациями ниже ПДК.

В сравнении с трехвалентным, *шестивалентный хром* на протяжении шести месяцев постоянно превышал предельно-допустимую концентрацию 0,0010 мг/дм³, например: январь – 0,0050 (5 ПДК), март – 0,0030 (3 ПДК), май – 0,0040 (4 ПДК), июль – 0,0050 (5 ПДК), сентябрь – 0,0050 (5 ПДК), ноябрь – 0,0030 (3 ПДК).

Внутригодное распределение *общего хрома* по месяцам имеет следующие показатели, мг/дм³: январь – 0,0060, март – 0,0050, май – 0,0100, июль – 0,0070, сентябрь – 0,0070, ноябрь – 0,0050.

Железо общее анализировалось четырежды, мг/дм³: январь – 0,1100 (1,1 ПДК), март – 0,0800, июль – 0,0300, ноябрь – 0,0400.

Содержание ртути было определено в июле месяце – 0,00004 мг/дм³.

Загрязнение р. Сырдария в створе *г. Шардары (2 км ниже плотины)* определялось содержанием ионов меди, цинка и, эпизодически, никеля, кадмия.

Содержание *ионов меди* в речной воде имеет следующие показатели, мг/дм³: январь – 0,0058 (5,8 ПДК), март – 0,0065 (6,5 ПДК), апрель – 0,0077 (7,7 ПДК), май – 0,0048 (4,8 ПДК), июль – 0,0029 (2,9 ПДК), ноябрь – 0,0037 (3,7 ПДК). Таким образом, в рассматриваемом створе все пробы воды показали высокий уровень загрязнения р. Сырдария ионами меди, превышение концентрации которых над ПДК составляет от 2,9 до 7,7 ПДК, т. е. выше, чем в створе *с. Кокбулак*.

Загрязнение р. Сырдария *ионами цинка* характеризуется следующими показателями, мг/дм³: январь – 0,0057, март – 0,0040, апрель – 0,0041, май – 0,0037, июль – 0,0084, ноябрь – 0,0110 (1,1 ПДК).

Приведенные три анализа на предмет определения содержания *никеля* показали следующий результат, мг/дм³: январь – 0,0014, март – 0,0084, июль – 0,0130.

В створе *железнодорожной станции Томенарык* в 2000 г. было проведено всего четыре анализа для определения загрязненности р. Сырдария ионами тяжелых металлов. Например, в мае и ноябре по ионам меди и цинка. Ионы меди имели концентрации, мг/дм³: в мае – 0,0000 и ноябре – 0,0037 (3,7 ПДК), тогда как ионы цинка – 0,0022 и 0,0091 в соответствующие месяцы.

Из р. Сырдария в створе *г. Кызылорда* отбирались пробы для анализа в течение трех месяцев в 2000 г., и приоритеты были отданы ионам меди, цинка и никеля.

Ионы меди и в этом створе являются основным загрязнителем среди представителей группы ионов тяжелых металлов, и их распределение по отдельным месяцам составило, мг/дм³: апрель – 0,0032 (3,2 ПДК), сентябрь – 0,0031 (3,1 ПДК), январь – 0,0096 (9,6 ПДК). По сравнению с медью, ионы цинка загрязняли р. Сырдария концентрациями, не превышающими ПДК, мг/дм³: январь – 0,0076, апрель – 0,0044, сентябрь – 0,0067. Показатели никеля по тем же месяцам следующие, мг/дм³: январь – 0,0007, апрель – 0,0029, сентябрь – 0,0003.

Проведенный анализ на предмет определения загрязнения р. Сырдария в створе *3 км ниже г. Кызылорда* очень приближен, т. к. количество их равно двум. Ионы меди в мае и ноябре были определены в концентрациях 0,0020 мг/дм³ (2,0 ПДК) и 0,0059 мг/дм³ (5,9 ПДК). За эти же месяцы концентрации ионов цинка составили 0,0077 мг/дм³ и 0,0073 мг/дм³.

Река Сырдария в створе *г. Казалы* проанализирована на загрязненность по сравнению с предыдущим створом на один месяц больше. Итак, концентрации ионов меди в мае, июле и ноябре соответственно составляют, мг/дм³: 0,0032 (3,2 ПДК), 0,0030 (3,0 ПДК), 0,0030 (3,0 ПДК). Концентрации ионов цинка за те же месяцы зафиксированы: май – 0,0030, июль – 0,0020, ноябрь – 0,0061 мг/дм³.

Показатели *общего хрома* за три месяца составили: май – 0,0060, июль – 0,0030, ноябрь – 0,0040 мг/дм³. Трехвалентный хром содержится в пределах показателей общего хрома, а именно: май – 0,0030, июль – 0,0010, ноябрь – 0,0020 мг/дм³. Такие же показатели и у шестивалентного хрома: май – 0,0030, июль – 0,0020, ноябрь – 0,0020 мг/дм³.

В гидрохимическом створе *п. Каратерен* загрязнение р. Сырдария также анализировалось только в течение трех месяцев, а именно: в мае, сентябре и ноябре.

Загрязнение р. Сырдария *ионами меди* в отдельные месяцы составляет, мг/дм³: май – 0,0056 (5,6 ПДК), сентябрь – 0,0020 (2,0 ПДК), ноябрь – 0,0066 (6,6 ПДК).

Ионы цинка за отдельные месяцы имеют следующие концентрации, мг/дм³: май – 0,0038, сентябрь – 0,0180 (1,8 ПДК), ноябрь – 0,0076.

Хлорорганические пестициды. Внутригодовое распределение дихлордифенилтрихлорметилметан (далее – ДДТ) при нарушенном гидрологическом режиме по длине р. Сырдария при различных обеспеченностях представлено на рисунке 3.16.

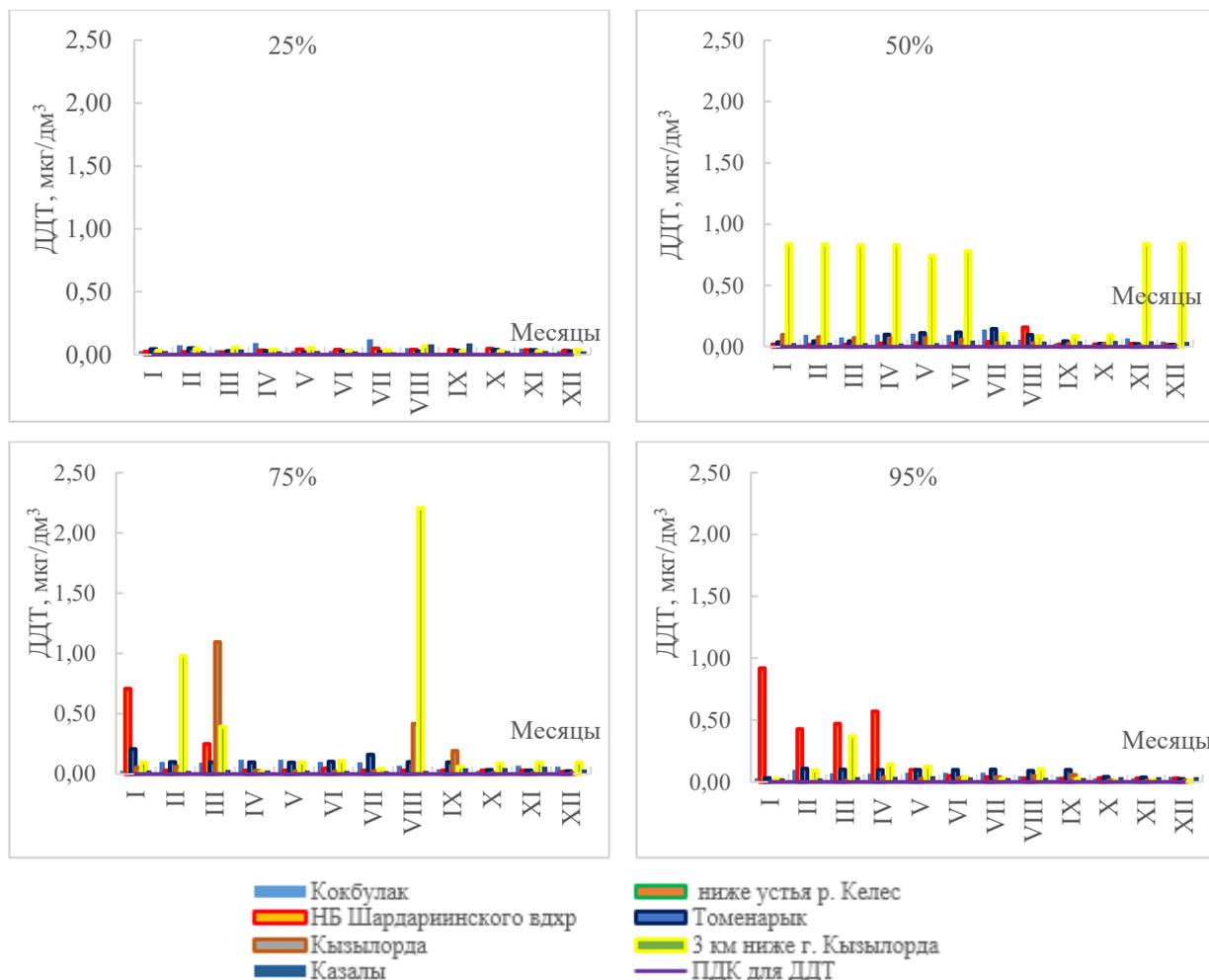


Рисунок 3.16 – Внутригодовое распределение ДДТ по длине р. Сырдария при различных обеспеченностях

В анализируемом створе с. Кокбулак при нарушенном гидрологическом режиме характеризуется повсеместное превышение ПДК по ДДТ по всем месяцам при всех обеспеченностях: при $P = 25\%$ обеспеченности наблюдалось превышение от 1 ПДК в сентябре и октябре и доходит до 122 в июле; при $P = 50\%$ обеспеченности превышение составляло от 10 ПДК в январе и ноябре и доходило до 140 в июле; при $P = 75\%$ обеспеченности превышение составляло от 26 ПДК в январе и ноябре и доходило до 120 в апреле и мае; при $P = 95\%$ обеспеченности превышение составляло от 28 ПДК в ноябре, декабря и доходило до 98 в феврале.

В створе 2 км ниже плотины Шардаринской ГЭС при нарушенном гидрологическом режиме, как и при створе с. Кокбулак характеризуется

превышением ПДК по всем месяцам при всех обеспеченностях: при $P = 25\%$ обеспеченности наблюдалось превышение от 20 ПДК в марте и доходило до 50 в июле; при $P = 50\%$ обеспеченности превышение составляло от 15 ПДК в феврале и доходило до 160 в августе; при $P = 75\%$ обеспеченности превышение составляло от 19 ПДК в декабре и доходило до 708 в январе; при $P = 95\%$ обеспеченности превышение составляло от 26 ПДК в сентябре и доходило до 918 в январе.

В створе *с. Томенарык* при нарушенном гидрологическом режиме, как и выше расположенных створах по р. Сырдария ДДТ характеризуется превышением ПДК по всем месяцам при всех обеспеченностях: при $P = 25\%$ обеспеченности наблюдалось превышение от 20 ПДК в мае и доходило до 52 в феврале; при $P = 50\%$ обеспеченности превышение ПДК доходило до 145 в июле; при $P = 75\%$ обеспеченности превышение ПДК доходило до 207 в июле; при $P = 95\%$ обеспеченности превышение ПДК доходило до 108 в феврале.

В створе *г. Кызылорда* при нарушенном гидрологическом режиме при 25 % обеспеченности, к сожалению, нет данных по ДДТ. При $P = 50\%$ обеспеченности наблюдалось постепенное уменьшение превышения ПДК от максимального значения (98), которое наблюдалось в январе до 8 в ноябре и в декабре; при $P = 75\%$ обеспеченности максимальное превышение ПДК наблюдалось в марте (1096 ПДК), минимальное превышение ПДК наблюдалось в декабре – 9 ПДК; при $P = 95\%$ обеспеченности превышение ПДК доходило до 56 ПДК в сентябре, в январе и в феврале содержание ДДТ было на нулевом уровне.

В створе *ниже г. Кызылорда* при нарушенном гидрологическом режиме характеризуется повсеместное превышение ПДК по ДДТ по всем месяцам при всех обеспеченностях): при $P = 25\%$ обеспеченности наблюдалось превышение от 30 ПДК в сентябре-ноябре и доходило до 68 в августе; при $P = 50\%$ обеспеченности наблюдалось превышение от 90 ПДК в августе и сентябре и доходило до 840 в ноябре-декабре; при $P = 75\%$ обеспеченности превышение составляло от 20 ПДК в апреле и доходило до 2208 в августе; при $P = 95\%$ обеспеченности наблюдалось превышение от 10 ПДК в ноябре и доходило до 372 в марте.

В створе *г. Казалы* при нарушенном гидрологическом режиме характеризуется повсеместное превышение ПДК по ДДТ по всем месяцам при всех обеспеченностях: при $P = 25\%$ обеспеченности наблюдалось превышение от 20 ПДК в июле и доходило до 90 в сентябре; при $P = 50\%$ обеспеченности превышение составляло от 28 ПДК в апреле до 50 в июне; при $P = 75\%$ обеспеченности превышение составляло от 24 ПДК в июле до 60 в ноябре; при $P = 95\%$ обеспеченности наблюдалось превышение от 28 ПДК в январе-феврале и доходило до 41 в апреле.

Внутригодовое распределение *дихлордифенилдихлорэтилен* (далее – ДДЭ) при нарушенном гидрологическом режиме по длине р. Сырдария при различных обеспеченностях представлено на рисунке К. 1 приложения К.

В анализируемом створе *с. Кокбулак* при нарушенном гидрологическом режиме характеризуется повсеместное превышение ПДК по ДДЭ по всем

месяцам при всех обеспеченностях: при $P = 25\%$ обеспеченности наблюдалось превышение от 1 ПДК в феврале, августе-октябре, декабре и доходит до 18 ПДК в мае и июле; при $P = 50\%$ обеспеченности только в сентябре не наблюдалось превышение от ПДК, во все остальные месяцы от 1 ПДК в январе до 35 в октябре, ноябре; при $P = 75\%$ обеспеченности превышение составляло от 1 ПДК в январе и доходило до 40 в октябре, ноябре; при $P = 95\%$ обеспеченности превышение составляло от 8 ПДК в январе и доходило до 56 в октябре, ноябре. В целом во внутригодовом распределении ДДЭ в створе наблюдается постепенно увеличение превышения ПДК до августа и с уменьшением в сентябре, далее характеризуется резким увеличением более десятка раз в октябре и в ноябре по сравнению с предыдущим осенним месяцем, в декабре снова наблюдается постепенное уменьшение.

В створе *2 км ниже плотины Шардаринской ГЭС* при нарушенном гидрологическом режиме при $P = 25\%$: в течение года загрязнители не обнаружены, при остальных обеспеченностях характеризуется повсеместное превышение ПДК по ДДЭ по всем месяцам: при $P = 50\%$ обеспеченности наблюдалось превышение от 6 ПДК в сентябре, максимальное же превышение ПДК в 78 раз наблюдалось в январе; при $P = 75\%$ обеспеченности превышение составляло от 6 ПДК в сентябре, максимальное же превышение ПДК в 139 раз наблюдалось в январе; при $P = 95\%$ обеспеченности превышение составляло от 10 ПДК в августе, сентябре, максимальное же превышение ПДК в 215 раз наблюдалось в январе.

В створе *с. Томенарык* при нарушенном гидрологическом режиме характеризуется повсеместное превышение ПДК по ДДЭ по всем месяцам при всех обеспеченностях: при $P = 25\%$ обеспеченности наблюдалось превышение от 10 ПДК в марте и мае, максимальное же превышение ПДК в 20 раз наблюдалось в сентябре; при $P = 50\%$ обеспеченности наблюдалось превышение от 10 ПДК в декабре, максимальное же превышение ПДК в 120 раз наблюдалось в июле; при $P = 75\%$ обеспеченности превышение составляло от 20 ПДК в ноябре, максимальное же превышение ПДК в 150 раз наблюдалось в мае; при $P = 95\%$ обеспеченности превышение составляло от 28 ПДК в ноябре-декабре, максимальное же превышение ПДК в 140 раз наблюдалось в мае. В целом во внутригодовом распределении ДДЭ в створе наблюдается постепенно увеличение превышения ПДК до мая, далее характеризуется постепенное уменьшение.

В створе *г. Кызылорда* при нарушенном гидрологическом режиме при 25% обеспеченности, к сожалению, нет данных по ДДЭ. При $P = 50\%$ обеспеченности наблюдалось постепенное уменьшение превышения ПДК от максимального значения 40, которое наблюдалось в феврале до 6 в ноябре и в декабре; при $P = 75\%$ обеспеченности максимальное превышение ПДК наблюдалось в августе 38 раз, минимальное превышение ПДК наблюдалось в апреле – 9 ПДК; при $P = 95\%$ обеспеченности в январе и феврале не наблюдалось загрязнители не обнаружены, максимальное превышение ПДК доходило до 108 ПДК в марте, далее наблюдалось постепенное уменьшение ПДК до 10 в октябре-декабре.

В створе *ниже г. Кызылорда* при нарушенном гидрологическом режиме характеризуется повсеместное превышение ПДК по ДДЭ по всем месяцам при всех обеспеченностях: при $P = 25\%$ обеспеченности наблюдалось превышение от 10 ПДК в марте и доходило до 32 в сентябре; при $P = 50\%$ обеспеченности наблюдалось превышение от 74 ПДК в январе с последующим постепенным превышением, максимальное превышение составило более 90 раз в октябре; при $P = 75\%$ обеспеченности превышение составляло от 10 ПДК в марте и июле, максимальное превышение составило 34 в феврале; при $P = 95\%$ обеспеченности наблюдалось превышение от 10 ПДК с максимальным превышением 112 раз в апреле.

В створе *г. Казалы* при нарушенном гидрологическом режиме характеризуется повсеместное превышение ПДК по ДДЭ по всем месяцам при всех обеспеченностях: при $P = 25\%$ обеспеченности наблюдалось превышение от 10 ПДК в зимние месяцы с последующим увеличением с максимумом 16 ПДК в мае, июль-августе; при $P = 50\%$ обеспеченности превышение составляло от 10 ПДК в июле до 20 в апреле; при $P = 75\%$ обеспеченности превышение составляло от 10 ПДК в январе до 71 в июле; при $P = 95\%$ обеспеченности наблюдалось превышение от 10 ПДК в январе и доходило до 160 ПДК в сентябре.

Внутригодовое распределение *дихлордифенилдихлорэтан (далее – ДДД)* при нарушенном гидрологическом режиме по длине р. Сырдария при различных обеспеченностях представлено на рисунке К.2 приложения К.

В анализируемом створе *с. Кокбулак* при нарушенном гидрологическом режиме характеризуется повсеместное превышение ПДК по ДДД по всем месяцам при всех обеспеченностях: при $P = 25\%$ обеспеченности превышение в 1 ПДК наблюдалось в январе, феврале, июне, сентябрь-октябре, максимальное превышение в 61 ПДК в июле; при $P = 50\%$ обеспеченности превышение в 1 январь-марте, май, сентябре, максимальное превышение в 149 ПДК наблюдалось в августе; при $P = 75\%$ обеспеченности превышение 1 ПДК наблюдалось в январе, мае, октябре, максимальное превышение в 310 ПДК наблюдалось в декабре; при $P = 95\%$ обеспеченности превышение составляло от 30 ПДК в январе и доходило до 95 в августе.

В створе *2 км ниже плотины Шардаринской ГЭС* при нарушенном гидрологическом режиме характеризуется повсеместное превышение ПДК по ДДД по всем месяцам при всех обеспеченностях: при $P = 25\%$ обеспеченности наблюдалось превышение от 1 ПДК в январе, ноябре и доходило до 32 ПДК в июле; при $P = 50\%$ обеспеченности наблюдалось постепенное уменьшение превышения ПДК по месяцам от максимального показателя в январе 201 до 6-7 ПДК в ноябре-декабре; при $P = 75\%$ обеспеченности в феврале не наблюдалось превышение, максимальное превышение наблюдалось в 378 ПДК в январе; при $P = 95\%$ обеспеченности наблюдалось постепенное уменьшение превышения ПДК по месяцам от максимального показателя в январе 410 до 10-20 ПДК в ноябре-декабре.

В створе *с. Томенарык* при нарушенном гидрологическом режиме характеризуется повсеместное превышение ПДК по ДДД по всем месяцам при

всех обеспеченностях: при $P = 25\%$ обеспеченности в январе и феврале загрязнители не обнаружены, в остальные месяцы наблюдалось превышение от 10 ПДК в августе и октябре, максимальное же превышение ПДК в 81 раз наблюдалось в сентябре; при $P = 50\%$ обеспеченности наблюдалось превышение от 10 ПДК в июле, максимальное же превышение ПДК в 96 раз наблюдалось в мае-июне; при $P = 75\%$ обеспеченности максимальное превышение ПДК в 100 раз наблюдалось в мае-июне, минимальное в 20 ПДК в декабре; при $P = 95\%$ обеспеченности превышение составляло от 18 ПДК в июне, максимальное же превышение ПДК в 120 раз наблюдалось в мае.

К сожалению, для *створа г. Кызылорда* по ДДД имеются данные только за год с $P = 50\%$ обеспеченностью, когда наблюдалось постепенное уменьшение превышения ПДК по месяцам от максимального показателя в январе-феврале 40-42 ПДК до 8 ПДК в ноябре-декабре.

В *створе ниже г. Кызылорда* при нарушенном гидрологическом режиме характеризуется повсеместное превышение ПДК по ДДД по всем месяцам при всех обеспеченностях: при $P = 25\%$ обеспеченности наблюдалось постепенное уменьшение превышения ПДК превышение от 18 ПДК в мае-июне, ноябрь-декабре и доходило до 31 в июле; при $P = 50\%$ обеспеченности наблюдалось постепенное уменьшение превышения ПДК по месяцам от максимального показателя в январе от 710 ПДК до 480 ПДК в августе, с последующим постепенным превышением; при $P = 75\%$ обеспеченности наблюдалось постепенное увеличение превышения ПДК 20 в январе до 400 ПДК в августе, с последующим резким сокращением в сентябре до 44 ПДК, далее наблюдалось постепенное увеличение превышения по ПДК; при $P = 95\%$ обеспеченности наблюдалось превышение от 20 ПДК в январе, апреле, мае с максимальным превышением в 38 раз в августе.

В *створе г. Казалы* при нарушенном гидрологическом режиме характеризуется повсеместное превышение ПДК по ДДД по всем месяцам при всех обеспеченностях: при $P = 25\%$ обеспеченности наблюдалось превышение от 24 ПДК в январе с последующим увеличением с максимумом 79 ПДК в апреле; при $P = 50\%$ обеспеченности превышение составляло от 26 ПДК в январе-феврале до 48 в августе и октябре; при $P = 75\%$ обеспеченности превышение составляло от 21 ПДК в апреле до 928 ПДК в июле; при $P = 95\%$ обеспеченности максимальное превышение от ПДК в 79 раз наблюдалось в июне, минимальное превышение в 26 ПДК в декабре.

Внутригодовое распределение *гексахлоран (далее ГХЦГ)* при нарушенном гидрологическом режиме по длине р. Сырдария при различных обеспеченностях представлено на рисунке К.3 приложения К.

В анализируемом *створе с. Кокбулак* при нарушенном гидрологическом режиме характеризуется повсеместное превышение ПДК по ГХЦГ по всем месяцам при всех обеспеченностях: при $P = 25\%$ обеспеченности максимальное превышение от ПДК в 360 раз наблюдалось в январе, минимальное превышение в 1 ПДК наблюдалось в сентябре; при $P = 50\%$ обеспеченности превышение составляло от 2 ПДК в июле-августе до 50 в мае; при $P = 75\%$ обеспеченности превышение составляло от 9 ПДК в январе и

доходило до 112 в августе; при $P = 95$ % обеспеченности превышение составляло от 23 ПДК в январе и доходило до 139 в апреле.

В створе *2 км ниже плотины Шардаринской ГЭС* при нарушенном гидрологическом режиме характеризуется повсеместное превышение ПДК по ГХЦГ по всем месяцам при всех обеспеченностях: при $P = 25$ % обеспеченности наблюдалось превышение от 10 ПДК в марте и доходило до 90 ПДК в апреле; при $P = 50$ % обеспеченности наблюдалось превышение от 2 ПДК в март-апреле, декабре и доходило до 16 ПДК в ноябре; при $P = 75$ % обеспеченности максимальное превышение по ПДК наблюдалось в январе и в феврале 371 и 408 раз соответственно, минимальное превышение 6 ПДК наблюдалось в сентябре; при $P = 95$ % обеспеченности наблюдалось постепенное уменьшение превышения ПДК по месяцам от максимального показателя в январе 517 ПДК до 12 ПДК в июне.

В створе *с. Томенарык* при нарушенном гидрологическом режиме характеризуется повсеместное превышение ПДК по ГХЦГ по всем месяцам при всех обеспеченностях: при $P = 25$ % обеспеченности наблюдалось превышение от 6 ПДК в мае, максимальное же превышение ПДК в 115, 116 раз наблюдалось в июне и в августе; при $P = 50$ % обеспеченности наблюдалось превышение от 1 ПДК в июле-августе, максимальное же превышение ПДК в 25 раз наблюдалось в феврале; при $P = 75$ % обеспеченности максимальное превышение ПДК в 120 раз наблюдалось в июне, минимальное в 6 ПДК в июле; при $P = 95$ % обеспеченности превышение составляло от 8 ПДК в июле, максимальное же превышение ПДК в 80 раз наблюдалось в сентябре.

В створе *г. Кызылорда* при нарушенном гидрологическом режиме при 25 % обеспеченности, к сожалению, нет данных по ГХЦГ. При $P = 50$ % обеспеченности максимальное превышение в 21 ПДК наблюдалось в январе, с марта по октябрь превышение составляло 2-4 ПДК; при $P = 75$ % обеспеченности максимальное превышение ПДК наблюдалось в сентябре 77 раз, минимальное превышение ПДК наблюдалось в апреле – 14 ПДК; при $P = 95$ % обеспеченности превышение от 2 ПДК в январе, максимальное превышение ПДК доходило до 32 ПДК в марте.

В створе *ниже г. Кызылорда* при нарушенном гидрологическом режиме характеризуется повсеместное превышение ПДК по ГХЦГ по всем месяцам при всех обеспеченностях: при $P = 25$ % обеспеченности наблюдалось превышения ПДК от 2 ПДК в январе и доходило до 179 в феврале; при $P = 50$ % обеспеченности максимальные значения по превышению ПДК наблюдалось в зимние месяцы, в январе-феврале 39, 32 ПДК, в ноябре-декабре 12, 15 ПДК, в остальные месяцы превышение составляет в пределах 1-7 ПДК; при $P = 75$ % обеспеченности наблюдалось постепенное уменьшение превышения ПДК с января до июня с максимальным показателем в 33 ПДК в июле, далее наблюдалось постепенное уменьшение превышения по ПДК; при $P = 95$ % обеспеченности наблюдалось превышение от 4 ПДК в июне с максимальным превышением в 65 раз в марте.

В створе *г. Казалы* при нарушенном гидрологическом режиме характеризуется повсеместное превышение ПДК по ГХЦГ по всем месяцам при всех обеспеченностях: при $P = 25\%$ обеспеченности наблюдалось превышение от 11 ПДК в апреле с максимумом 96 ПДК в августе; при $P = 50\%$ обеспеченности максимальное превышение ПДК наблюдалось в январе и составляло 746 ПДК, в среднем преимущественно превышение составляло 2-6 раз; при $P = 75\%$ обеспеченности превышение составляло от 8 ПДК в сентябре до 642 ПДК в октябре; при $P = 95\%$ обеспеченности максимальное превышение от ПДК в 100 раз наблюдалось в мае, минимальное превышение в 20 ПДК в марте и в апреле.

Внутригодовое распределение *линдана* при нарушенном гидрологическом режиме по длине р. Сырдария при различных обеспеченностях представлено на рисунке К.4 приложения К.

В створе *с. Кокбулак* при нарушенном гидрологическом режиме характеризуется повсеместное превышение ПДК по *линдана* по всем месяцам при всех обеспеченностях: при $P = 25\%$ обеспеченности максимальное превышение от ПДК в 53 раза наблюдалось в мае, минимальное превышение в 1 ПДК наблюдалось в августе, сентябре; при $P = 50\%$ обеспеченности превышение составляло от 1 ПДК в июле до 60 в мае; при $P = 75\%$ обеспеченности превышение составляло от 14 ПДК в сентябре и доходило до 100 в августе; при $P = 95\%$ обеспеченности превышение составляло от 6 ПДК в январе и доходило до 85 в августе.

В створе *2 км ниже плотины Шардаринской ГЭС* при нарушенном гидрологическом режиме характеризуется повсеместное превышение ПДК по *линдана* по всем месяцам при всех обеспеченностях: при $P = 25\%$ обеспеченности наблюдалось превышение от 7 ПДК в январе-марте и доходило до 57 ПДК в апреле; при $P = 50\%$ обеспеченности наблюдалось превышение от 1 ПДК в март-апреле, июле, октябре и доходило до 13 ПДК в ноябре; при $P = 75\%$ обеспеченности максимальное превышение по ПДК наблюдалось в марте 225 раз, минимальное превышение 5 ПДК наблюдалось в сентябре; при $P = 95\%$ обеспеченности наблюдалось постепенное уменьшение превышения ПДК по месяцам от максимального показателя в январе 281 ПДК до 8 ПДК в июне и ноябре.

В створе *с. Томенарык* при нарушенном гидрологическом режиме характеризуется повсеместное превышение ПДК по *линдана* по всем месяцам при всех обеспеченностях: при $P = 25\%$ обеспеченности наблюдалось превышение от 4 ПДК в мае, максимальное же превышение ПДК в 108 раз наблюдалось в июне и в июле; при $P = 50\%$ обеспеченности наблюдалось превышение от 1 ПДК в сентябре, максимальное же превышение ПДК в 14 раз наблюдалось в марте; при $P = 75\%$ обеспеченности максимальное превышение ПДК в 98 раз наблюдалось в августе, минимальное в 8 ПДК в феврале; при $P = 95\%$ обеспеченности превышение составляло от 10 ПДК в феврале, максимальное же превышение ПДК в 100 раз наблюдалось в августе.

В створе *г. Кызылорда* при нарушенном гидрологическом режиме при 25% обеспеченности, к сожалению, нет данных по *линдана*. При $P = 50\%$

обеспеченности максимальное превышение в 18 ПДК наблюдалось в январе, с марта по октябрь превышение составляло 1-2 ПДК; при $P = 75\%$ обеспеченности максимальное превышение ПДК наблюдалось в октябре 41 раз, минимальное превышение ПДК наблюдалось в июне – 11 ПДК; при $P = 95\%$ обеспеченности превышение от 1 ПДК в январе, максимальное превышение ПДК доходило до 26 ПДК в июле.

В створе *ниже г. Кызылорда* при нарушенном гидрологическом режиме характеризуется повсеместное превышение ПДК по линдана по всем месяцам при всех обеспеченностях: при $P = 25\%$ обеспеченности наблюдалось превышения ПДК от 1 ПДК в январе и доходило до 101 в феврале; при $P = 50\%$ обеспеченности максимальные значения по превышению ПДК наблюдалось в зимние месяцы, в январе-феврале 31, 28 ПДК, в ноябре-декабре 10, 13 ПДК, в остальные месяцы превышение составляет в пределах 1-6 ПДК; при $P = 75\%$ обеспеченности наблюдалось постепенное уменьшение превышения ПДК с января до июня с максимальным показателем в 43 ПДК в июле, далее наблюдалось постепенное уменьшение превышения по ПДК; при $P = 95\%$ обеспеченности наблюдалось превышение от 1 ПДК в июне с максимальным превышением в 51 раз в марте.

В створе *г. Казалы* при нарушенном гидрологическом режиме характеризуется повсеместное превышение ПДК по линдана по всем месяцам при всех обеспеченностях: при $P = 25\%$ обеспеченности наблюдалось превышение от 9 ПДК в апреле с максимумом 65 ПДК в августе; при $P = 50\%$ обеспеченности максимальное превышение ПДК наблюдалось в январе и составляло 473 ПДК, в остальных месяцах в среднем преимущественно превышение составляло 2-5 раз; при $P = 75\%$ обеспеченности превышение составляло от 3 ПДК в сентябре до 310 ПДК в октябре; при $P = 95\%$ обеспеченности максимальное превышение от ПДК в 56 раз наблюдалось в мае, минимальное превышение в 12 ПДК в апреле.

В нижнем течении реки, т. е. в *ГП Томенарык, Кызылорда, Казалы* обнаруживаются загрязнения не в меньшей степени. Анализ «Ежегодных данных качества поверхностных вод» показывает, что в этих створах содержание нефтепродуктов в среднегодовом исчислении достигало уровня 9 ПДК, сульфатов – 7 ПДК, нитритов – 4 ПДК, при максимальных концентрациях сульфатов 8 ПДК, нитритов – 5 ПДК и нефтепродуктов – 10 ПДК. Из группы тяжелых металлов постоянно присутствует медь и с мая по июль ее содержания отмечены на уровне 1,5 ПДК при максимальных показателях 3 ПДК. Уровень загрязненности р. Сырдария в створе ГП Казалы гексахлораном достиг 5,7 ПДК, линданом – 2,6 ПДК. При этом необходимо отметить, что хлорорганические пестициды не имеют лимитирования в виде ПДК. Поэтому в отношении ПДК пестицидов нами принимается нижний порог чувствительности атомно-абсорбционного метода.

3.3 Сценарные прогнозы будущего состояния ресурсов речного стока с учетом антропогенных нагрузок – инновационный подход к управлению водными ресурсами

Вопросы оценки и сверхдолгосрочных (на десятилетия) прогнозов гидрологических характеристик всегда относились к числу наиболее актуальных проблем гидрологии и непосредственно связаны с решением важнейших практических социально-экономических и экологических задач. Разработанные в мире за прошлое столетие и практически используемые к настоящему времени методы оценки были основаны на применении теории вероятности. Стационарная концепция гидроклиматических условий позволяла без особой сложности экстраполировать произошедшие в прошлом события на обозримое, исчисляемое несколькими десятилетиями, будущее. Современные достижения науки в области теории климата и влагооборота в речных водосборах требуют учета ряда дополнительных важнейших вопросов при разработке прогнозных сценариев гидрологических характеристик. В 2000-е годы, по мнению большинства исследователей, наиболее перспективным представлялся подход к оценке, заключающийся в совместном использовании как многолетних данных наблюдений за стоком, так и современных, и ожидаемых, полученных по МОЦАО (моделей общей циркуляции атмосферы и океана), климатических условий. Поскольку, во-первых, продолжительность выборки за период современных ощутимых изменений климата была крайне недостаточна для оценок, во-вторых – вероятно, что повышенная водность, наблюдаемая за этот период, обусловлена естественными циклическими колебаниями стока. Учитывая эти особенности, необходимо уделять серьезное внимание региональным закономерностям формирования стока.

Антропогенная деятельность, связанная с сооружением и эксплуатацией водохранилищ и ГЭС, орошением засушливых земель, все возрастающем водопотреблением на нужды населения и промышленности достигла таких масштабов, что стала оказывать заметное влияние не только на качество вод и гидрологический режим, но и на суммарные ресурсы больших речных бассейнов и регионов и даже на глобальный влагооборот и климат, и с каждым годом это воздействие становится все более значительным.

Прогнозная оценка изменений речного стока под влиянием хозяйственной деятельности – один из аспектов проблемы контроля состояния водных ресурсов, значение которой в связи с увеличением антропогенной нагрузки на природную среду постоянно возрастает. Для долгосрочного прогноза антропогенного изменения речного стока важно иметь оценку современного изменения речного стока в связи с хозяйственной деятельностью по рассматриваемому бассейну в целом, с учетом ее влияния на территориях других государств.

Существуют определенные сложности в учете роли антропогенных факторов при долгосрочном прогнозировании состояния речного стока. Для количественной оценки и прогноза антропогенных изменений речного стока

применяются различные расчетные методы. В первую очередь рассчитываются произошедшие изменения стока, а затем прогнозируются будущие изменения, ориентируясь на тенденции развития отдельных секторов экономики при различных климатических ситуациях.

Анализ водопотребления в Арало-Сырдаринском ВХБ, оценка антропогенной нагрузки на водные ресурсы бассейна, а также оценка антропогенно обусловленных изменений водных ресурсов бассейна были проведены в рамках программы «Разработка научно-прикладных основ обеспечения водной безопасности Республики Казахстан в трансграничном Арало-Сырдаринском бассейне до 2050 г.», по подпрограмме «Ресурсы речного стока трансграничного бассейна реки Сырдария», по заданию «Оценка современного состояния ресурсов речного стока» [182, с. 78]. Был использован комплексный подход к оценке антропогенных изменений речного стока, основанный на определении величины безвозвратного водопотребления (как основной характеристики водопользования) и степени ее воздействия на водные ресурсы, удалось дифференцировать коэффициент безвозвратного водопотребления по отдельным отраслям экономики и районам (ВХУ) Арало-Сырдаринского ВХБ. Данный метод соответствует принципу сохранения водных масс, выражаемому уравнением руслового водного баланса. Преобразования элементов водного баланса на каждом участке сопоставлялись с реальными водозаборами и контролировались результатами антропогенных изменений стока рек по опорным пунктам. Подобные работы выполнялись в [97, с. 61; 187, 188].

Для прогнозных оценок изменения ресурсов речного стока Арало-Сырдаринского ВХБ под воздействием антропогенной деятельности также использовались уравнения руслового водного баланса, в том числе с учетом прогнозов спроса на водные ресурсы и предполагаемых заборов воды отраслями экономики, и были определены прогнозные объемы безвозвратных водозаборов по коэффициентам безвозвратного водопотребления в зависимости от отрасли экономики.

Так как антропогенная нагрузка ложится на суммарные водные ресурсы, при составлении русловых водных балансов были учтены прогнозы местного естественного стока и прогнозы трансграничного притока по р. Сырдария и каналам переброски. В итоге получено несколько вариантов, т.е. сценариев прогнозных антропогенно обусловленных изменений ресурсов речного стока Арало-Сырдаринского ВХБ.

Главным фактором, влияющим на водные ресурсы бассейна р. Сырдария, выступает антропогенное вмешательство в водный режим рек путем регулирования стока и изъятия вод из водных источников.

При сравнении кривых распределения естественного и фактического притока в РК по р. Сырдария в створе выше устья р. Келес за современный период с 1992 по 2019 гг. (рисунок 3.17), наглядно видна существенная разница между естественным и фактическим стоком в годы различной обеспеченности. Так в многоводные годы (при обеспеченности $P = 5\%$) разница между естественным и фактическим стоком составляет $13,7 \text{ км}^3$, в

средние по водности годы (при обеспеченности $P = 50\%$) – $11,7 \text{ км}^3$, в маловодные (при обеспеченности $P = 95\%$) – $9,90 \text{ км}^3$. Очевидно, в странах, расположенных выше по течению р. Сырдария, в многоводные периоды забирается больше воды, чем в маловодные с разницей в $3,8 \text{ км}^3$, это значение близко к величине местных ресурсов казахстанской части бассейна. Утвержденные лимиты притока воды на границу Казахстана соблюдаются: 12 км^3 в многоводные и средние по водности годы и 10 км^3 в маловодные годы. Всё же существует риск дефицита воды при 99 %-ной обеспеченности стока (вероятность наступления 1 раз в 100 лет), когда приток в Казахстан может составить около 8 км^3 , что в условиях нарастающей антропогенной нагрузки на водные ресурсы Сырдаринского бассейна вполне ожидаемо даже в ближайшие годы.

Составить прогноз антропогенно обусловленного притока в Казахстан по р. Сырдария не представляется возможным без рассмотрения водохозяйственной ситуации на территории стран верховья: Кыргызстана, Таджикистана и Узбекистана.

В бассейне р. Сырдария люди издревле занимались орошаемым земледелием, расцвет которого приходился на период Советской власти в ЦА. В это время произошли крупномасштабные изменения в водном хозяйстве бассейна, в том числе строительство 5-ти крупных водохранилищ с ГЭС: Токтогульского на р. Нарын (Кыргызстан), Андижанского на р. Карадария (Узбекистан), Кайраккумского на р. Сырдария (Таджикистан), Чарвакского на р. Чирчик (Узбекистан) и Шардаринского на р. Сырдария (Казахстан).

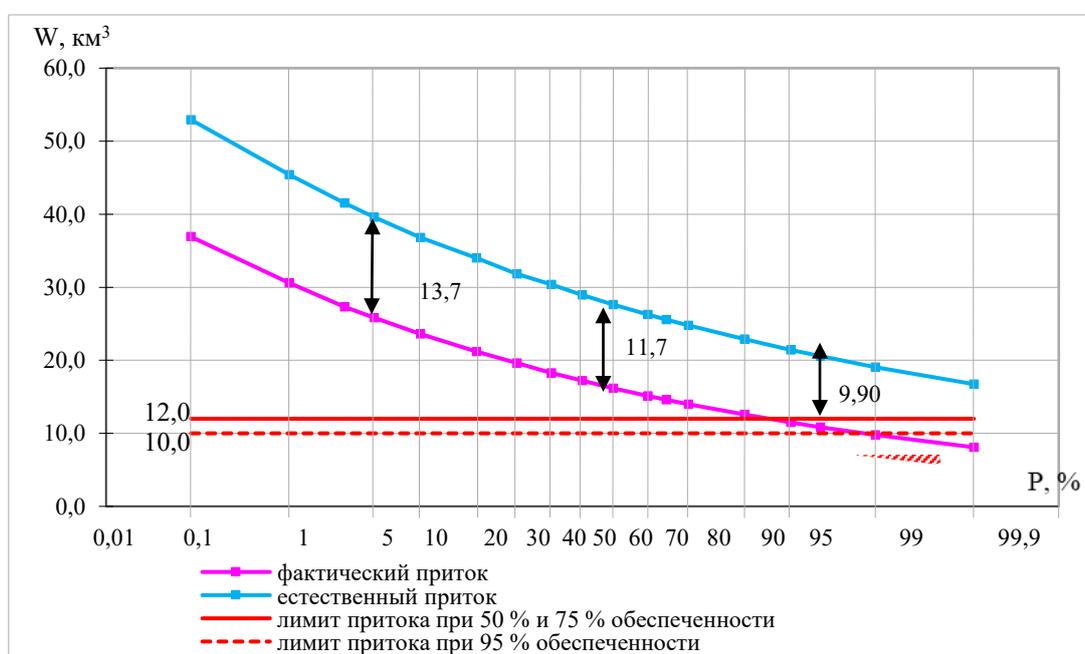


Рисунок 3.17 – Естественный и фактический сток р. Сырдария в створе выше устья р. Келес за 1992-2019 гг.

Проанализирована динамика общих водозаборов и формирующихся ресурсов верхней части бассейна р. Сырдария (рисунок 3.18). Интегральные

кривые не коррелирует друг с другом и асинхронны, что означает, что в странах верховья водозаборы и использование воды отраслями экономики не ориентируются на фазы водности речного стока. В некоторые годы водозаборы превышают формирующиеся ресурсы, что обусловлено многолетним регулированием речного стока (сработка водохранилищ), также в регионе велика доля возвратных вод.

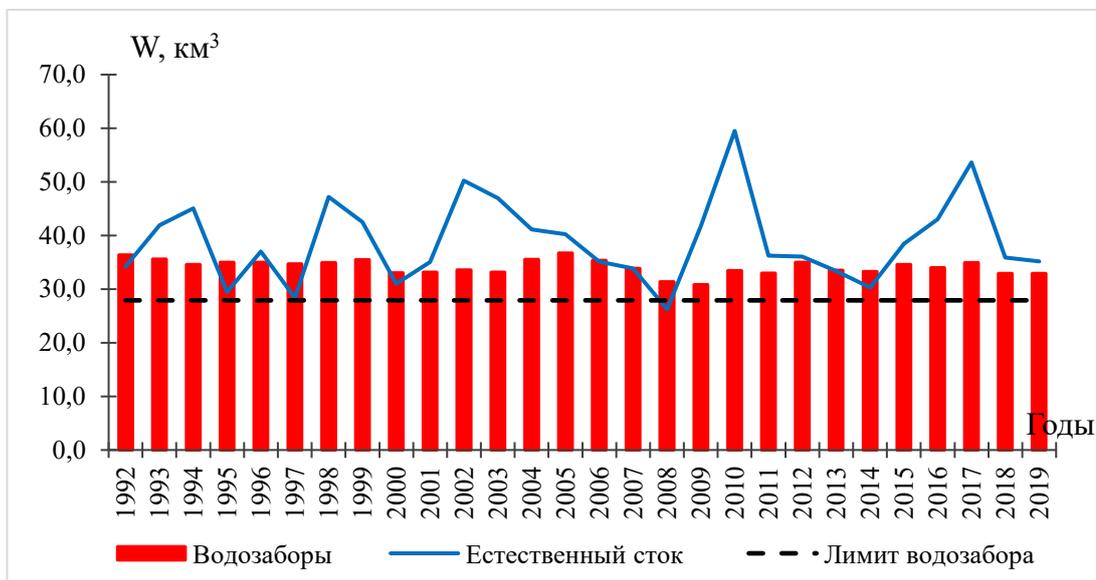


Рисунок 3.18 – Динамика общих водозаборов и формирующихся ресурсов в верховье р. Сырдария

Так как в казахстанской части бассейна р. Сырдария развито орошаемое земледелие, особую обеспокоенность вызывает трансграничный приток за вегетационный период. Проведен анализ динамики фактического притока в РК по р. Сырдария и водозаборов в Арало-Сырдаринском ВХБ за период вегетации (рисунок 3.19).

Поступающий сток не покрывает потребности водохозяйственной отрасли (орошаемого земледелия) в период вегетации, объемы фактического водозабора превышают поступающий сток, что осуществляется за счет регулирования Шардаринским водохранилищем. Особенно остра данная проблема в приграничных районах, в зонах переброски части стока из Узбекистана (Келесский и Сарыагашский районы Туркестанской области), где вода каналов используется в том числе для питьевого водоснабжения. Казахстан полностью зависит от трансграничного притока из-за рубежа.

Рассмотрим ретроспективу и перспективу водозаборов каждой из стран, делящих трансграничные воды р. Сырдария.

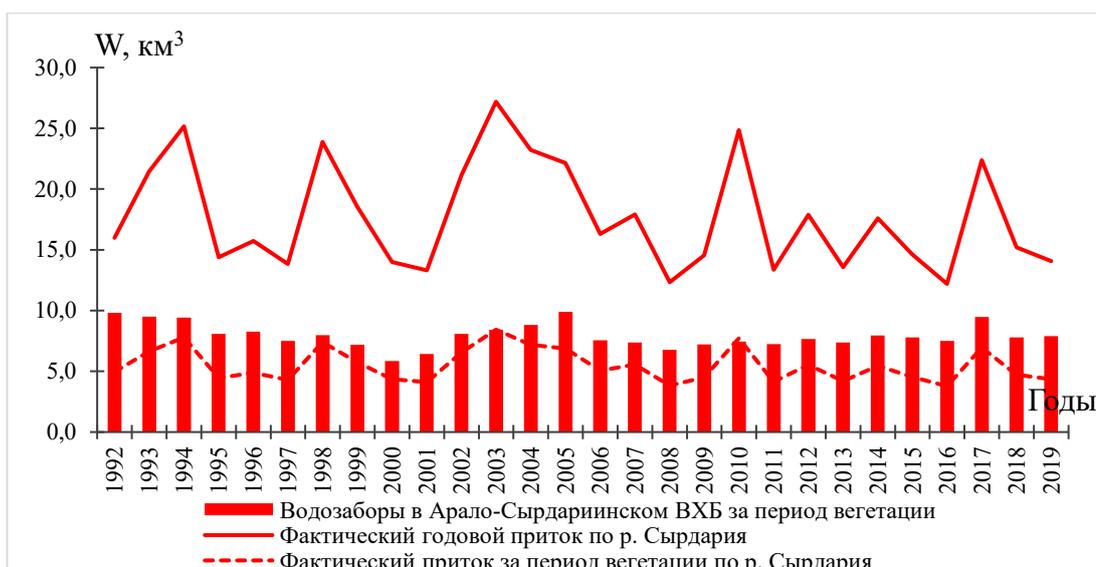


Рисунок 3.19 – Динамика фактического притока и водозаборов казахстанской части р. Сырдария за вегетационный период

Ретроспективные объемы водозаборов за период 1992-2019 гг. были взяты с сайта CAWater-Info, лимиты водозаборов – из корректирующей записки Уточненной схемы комплексного использования и охраны водных ресурсов р. Сырдария (протокол НТС МВХ СССР №413 от 29.02.1984 г.), которая до сих пор является основой водodelения трансграничных ресурсов бассейна. Также были проанализированы и учтены объемы возвратных вод, т.к. они указывают на эффективность орошаемого земледелия: чем выше объем возвратных вод, тем меньше КПД оросительной сети.

Фактические водозаборы 1992-2019 гг. на территории Узбекистана и Таджикистана были стабильно выше установленных лимитов, на территории Кыргызстана – в пределах лимита $\pm 0,5-0,6$ км³, за исключением отдельных лет. Исходя из текущей ситуации и учитывая перспективы водохозяйственной отрасли, в том числе объемы возвратных вод, рассмотрены следующие сценарии прогнозных водозаборов на территории верхних стран бассейна р. Сырдария (рисунки 3.20 и приложение Ж):

- позитивный сценарий, согласно которому объемы водозаборов с каждым годом будут уменьшаться за счет политики водосбережения и эффективного использования водных ресурсов и к 2050 г. достигнут установленных лимитов: 2,95 км³/год – лимит Кыргызстана, 2,92 км³/год – лимит Таджикистана, 25,1 км³/год – лимит Узбекистана;

- негативный сценарий, согласно которому водозабор стран будет увеличиваться от десятилетия к десятилетию примерно от 15 до 87 %, т.е. почти в 2 раза, за счет расширения водопользования (площадей орошаемых земель), с учетом износа водохозяйственной (оросительной) сети;

- базовый сценарий предполагает частичное введение водосберегающих технологий в орошении, за счет которого даже при расширении водопользования объемы водозаборов сохранятся примерно на современном уровне.

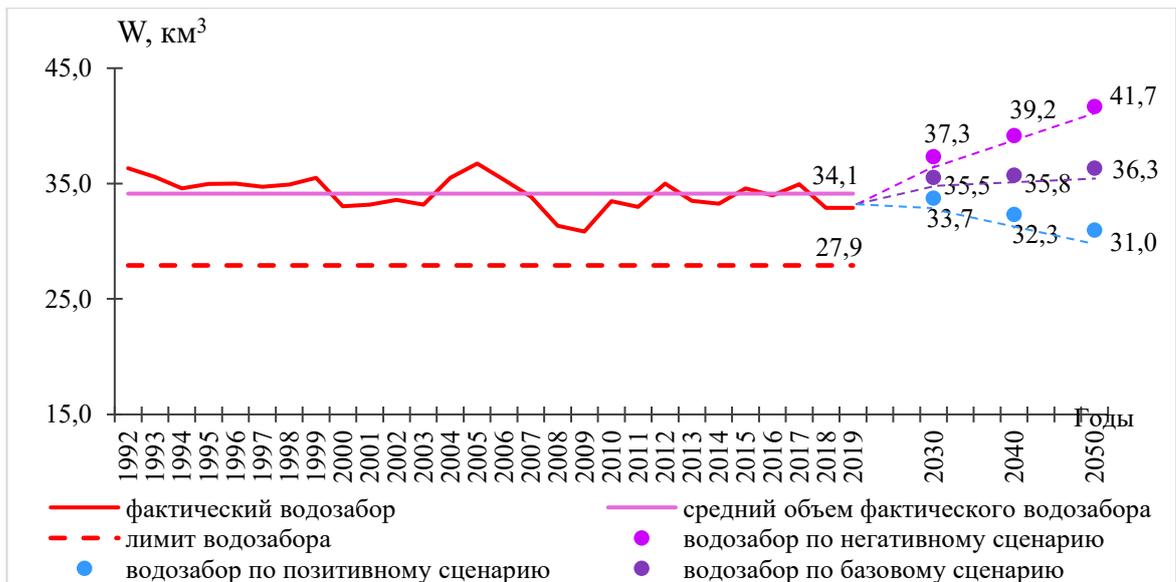


Рисунок 3.20 – Суммарные водозаборы верховья р. Сырдария

Суммарные водозаборы верховья р. Сырдария представлены на рисунке 3.20. Среднеголетний объем их за период 1992-2019 гг. составляет 34,1 км³, тогда как лимит водозаборов – 27,9 км³. По базовому сценарию объем водозаборов на перспективу 2030-2050 гг. составит 35,5-36,3 км³ соответственно, по позитивному сценарию – 33,7-31,0 км³, по негативному сценарию – 37,3-41,7 км³. То есть, при осуществлении любого из предложенных сценариев, лимит соглашений по водозаборах достигнут не будет, что говорит об усложнении ситуации для дальнейшего водопользования на территории Казахстана и ожидаемом дефиците воды в исследуемом регионе.

Сотрудниками лаборатории водных ресурсов проведен большой факторный анализ, учитывающий процесс формирования стока, развитие водохозяйственной инфраструктуры, динамику водозаборов, площадей орошаемого земледелия, утвержденные лимиты, возвратные воды, естественные потери речной сети, влияние водохранилищ, каналов переброски и прочие прямые и косвенные показатели трансформации стока. Согласно методу водного баланса, для определения ожидаемого трансграничного притока по р. Сырдария на границу РК составлено следующее уравнение:

$$W_{\text{факт}} = W_{\text{ест}} - W_{\text{забор}} + W_{\text{возвр}} - E_{\text{вдхр}} - W_{\text{потери}}, \quad (3.2)$$

где, $W_{\text{факт}}$ – прогнозный трансграничный приток по р. Сырдария на границу РК;

$W_{\text{ест}}$ – прогнозные естественные ресурсы речного стока верховья р. Сырдария;

$W_{\text{забор}}$ – прогнозные заборы воды из верховья р. Сырдария;

$W_{\text{возвр}}$ – прогнозные возвратные воды, сформированные в верховье р.

Сырдария;

$E_{\text{вдхр}}$ – прогнозируемое испарение с водной поверхности водохранилищ, расположенных в верховье р. Сырдария;

$W_{\text{потери}}$ – прогнозируемые естественные потери из речной сети верховья р. Сырдария.

Возвратные воды связаны с забором воды на орошение и являются косвенным показателем эффективности орошаемого земледелия. В регионе высокий процент возвратных вод в силу орографических особенностей: на территории Узбекистана (Ферганская долина, Ташкентский оазис) формируется до 63 % возвратных вод, на территории Кыргызстана – 16 %, Казахстана – 14 %, Таджикистана – 7 % [179, с. 66; 180, с. 45-46]. В силу этих обстоятельств, использование водных ресурсов порой превышает объемы формирующегося стока, при этом возвратные воды являются источником загрязнения водных объектов, т.к. содержат большой объем растворенных солей.

Испарение воды с поверхности водохранилищ составляет менее 3 % [175, с. 35; 176, с. 57].

Естественные потери из речной сети по ориентировочным оценкам, полученным на основе водного баланса, изменялись от 5 до 12 км³ в зависимости от водности лет. В условиях современного глубокого регулирования речного стока р. Сырдария амплитуда естественных потерь уменьшилась почти в 2 раза, т.е. от 3 до 6 км³ и принята авторами как среднее значение 4,5 км³.

Итак, рассмотрены: 1) процесс стокоформирования в верхней части бассейна р. Сырдария, 2) развитие водохозяйственной отрасли в регионе и ее дальнейшие перспективы, 3) межгосударственное распределение трансграничного стока р. Сырдария.

На основе этих факторов, влияющих на антропогенную трансформацию стока, можно составить следующие сценарии трансграничного притока на границу РК по р. Сырдария:

1 сценарий – при благоприятном развитии межгосударственного водного сотрудничества в трансграничном бассейне р. Сырдария, которое подразумевает совершенствование механизмов лимитирования стока и соблюдение установленных договоренностей между соседними странами. Также сценарий предполагает повышение эффективности водопользования путем внедрения водосберегающих технологий на территории стран верховья р.Сырдария, что приведет к сокращению забора свежей воды, уменьшению поступления загрязненных возвратных вод. Выше перечисленные факторы приведут к постепенному увеличению трансграничного притока на территорию РК: 16,2 км³ в 2030 году, 17,5 км³ в 2040 г., 18,6 км³ в 2050 г. Данный сценарий условно можно назвать позитивным, для его обозначения в схемах и таблицах будет использовано название сценарий Р (positive).

2 сценарий – при неблагоприятном развитии межгосударственного водного сотрудничества в трансграничном бассейне р. Сырдария, которое

подразумевает отсутствие эффективных механизмов вододеления, несоблюдение лимитов водозаборов, а также сохранение современного уровня развития водного хозяйства в странах верховья р. Сырдария. Условно можно назвать данный сценарий негативным, т.к. ожидается сокращение объемов трансграничного притока по р. Сырдария на территорию Казахстана. При среднем значении объема притока $17,7 \text{ км}^3/\text{год}$ за современный период (1992-2019 гг.) к 2030 году прогнозируется $13,5 \text{ км}^3$, к 2040 г. – $12,4 \text{ км}^3$ (приближение к утвержденному лимиту притока 12 км^3 при 50 % и 75 % обеспеченности года), к 2050 г. – $10,5 \text{ км}^3$ (приближение к утвержденному лимиту притока 10 км^3 при 95 % обеспеченности года). Для обозначения данного сценария в схемах и таблицах будет использовано название сценарий N (negative).

3 сценарий – базовый, при сохранении существующих механизмов лимитирования стока с учетом современных тенденций и перспектив развития водного хозяйства в странах верховья р. Сырдария (постепенное внедрение водосберегающих технологий). При современной норме трансграничного притока $17,7 \text{ км}^3$ по базовому сценарию в 2030 и 2040 гг. ожидается $14,9 \text{ км}^3$ притока, в 2050 г. – $14,5 \text{ км}^3$. Для обозначения базового сценария в схемах и таблицах будет использовано название сценарий B (basic).

На рисунке 3.21 наглядно изображена динамика естественного и фактического трансграничного притока в РК по р. Сырдария, в том числе на перспективу 2030-2050 гг.

Ввиду особого значения для приграничных районов Казахстана, отдельно был оценен трансграничный приток по каналам переброски Достык, Зах, Ханым, Большому Келесскому магистральному каналу. Средние за современный период (1992-2019 гг.) притоки по каналам составляют $0,96 \text{ км}^3$ (Достык), $1,04 \text{ км}^3$ (Зах, Ханым, БКМК). По позитивному сценарию предполагается увеличение объемов переброски воды по трансграничным каналам к 2050 году до утвержденных лимитов ($1,38 \text{ км}^3$ по каналу Достык, $1,25 \text{ км}^3$ по каналам Зах, Ханым, БКМК), которые в настоящее время не соблюдаются. По негативному сценарию предполагается сокращение трансграничного притока по каналам переброски, которые к 2050 г. окажутся меньше среднего значения за современный период примерно в 2 раза. Базовый сценарий – средний, предполагает сохранение современных тенденций притока воды по каналам переброски (рисунки 3.21 и рисунки Л.1, Л.2 приложения Л).

Сложившаяся водохозяйственная и политическая ситуация в регионе показывает, что в обозримом будущем вполне вероятны сценарии как увеличения, так и снижения объемов водозаборов странами верховья р. Сырдария. От этого зависит трансграничный приток в Казахстан как по основному руслу, так и по каналам переброски. Необходимо рассматривать как благоприятные, так и неблагоприятные варианты для нашей страны и искать альтернативные пути решения возможного водного дефицита.

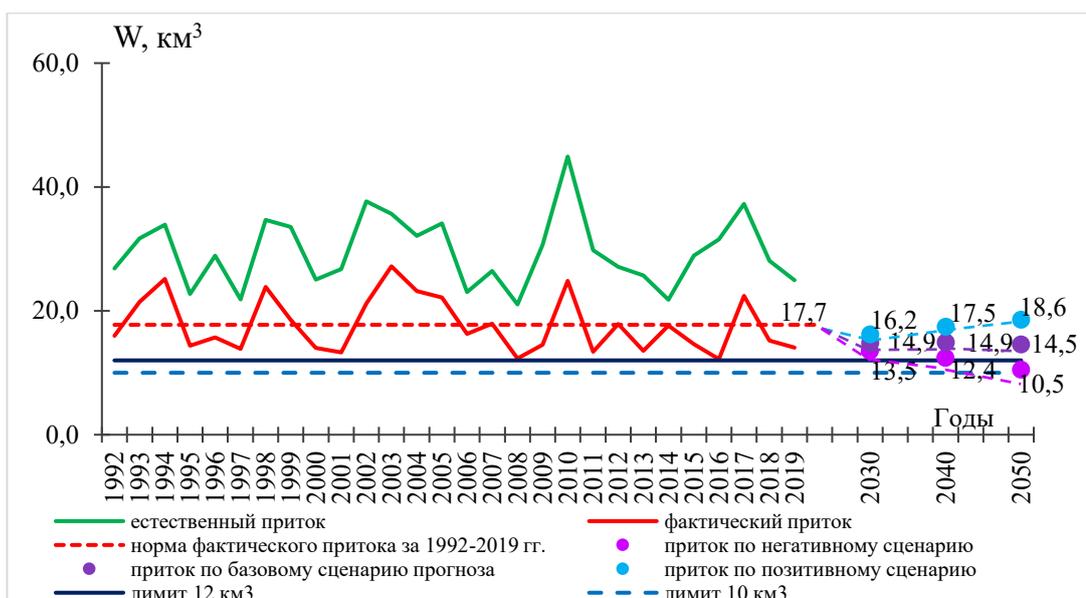


Рисунок 3.21 – Трансграничный приток в РК по р. Сырдария

Для прогнозных оценок водных ресурсов Арало-Сырдаринского ВХБ на 2030, 2040, 2050 гг. использован метод водного баланса, где учтены:

1) прогнозы местных естественных (климатических) ресурсов (сценарии RCP 4.5 и RCP 8.5);

2) прогнозы развития водохозяйственной деятельности на территории Казахстана (оптимистический *o*, пессимистический *p*, реалистический *r* сценарии спроса на воду);

3) прогнозы трансграничного притока по руслу главной реки и каналам переброски (позитивный *P*, негативный *N*, базовый *B* сценарии притока).

Главным фактором, определяющим объем суммарных водных ресурсов Арало-Сырдаринского ВХБ, является трансграничный приток, поэтому главными прогнозными сценариями выбраны сценарий *P* (positive, позитивный) – при благоприятном развитии межгосударственного водного сотрудничества в трансграничном бассейне р. Сырдария с учетом повышения эффективности водопользования на территории стран верховья р. Сырдария, сценарий *N* (negative, негативный) – при неблагоприятном развитии межгосударственного водного сотрудничества в трансграничном бассейне р. Сырдария с учетом сохранения современного уровня развития водного хозяйства в странах верховья р. Сырдария, сценарий *B* (basic, базовый) – при сохранении существующих механизмов лимитирования стока с учетом современных тенденций и перспектив развития водного хозяйства в странах верховья р. Сырдария. Исходя из сценариев трансграничного притока, рассмотрены подсценарии развития водохозяйственной отрасли на территории Республики Казахстан: подсценарий *o* (optimistic, оптимистический) – при увеличении площадей орошения и, соответственно, объемов водозаборов с учетом внедрения водосберегающих технологий; подсценарий *p* (pessimistic, пессимистический) – при значительном увеличении площадей орошения, которое неизбежно повлечет за собой

увеличение водозаборов, несмотря на внедрение водосберегающих технологий; подсценарий *r* (realistic, реалистический) – при сохранении существующей тенденции незначительного увеличении площадей орошения и водозаборов. Местные естественные ресурсы взяты как осредненные между сценариями RCP4.5 и RCP8.5.

Для обозначения в схемах и таблицах использованы заглавные и строчные латинские буквы, где заглавная означает сценарий трансграничного притока, строчная – подсценарий развития водохозяйственной деятельности на территории Казахстана. Например, N_p означает прогноз стока при негативном сценарии трансграничного притока и пессимистическом подсценарии казахстанского водозабора. N_{p2030} – означает, что прогноз дан на 2030 год.

На рисунке 3.22 в графическом виде представлены прогнозные ресурсы Арало-Сырдаринского ВХБ с учетом изменения климата и антропогенного влияния. Как видно из рисунка, по прогнозам на 2030, 2040, 2050 гг. местные ресурсы будут колебаться в пределах климатической нормы $3,5 \text{ км}^3$, тогда как трансграничный приток и, соответственно, суммарные ресурсы будут меняться в зависимости от разработанных сценариев.

Составлены прогнозные водохозяйственные балансы изменения ресурсов Арало-Сырдаринского ВХБ с учетом изменения климата и антропогенного влияния как на территории Казахстана, так и на территории сопредельных стран. Результаты представлены на рисунках 3.23 и в М.1, М.2 приложения М.



Рисунок 3.22 – Прогнозные ресурсы Арало-Сырдаринского ВХБ с учетом изменения климата и антропогенного влияния

По результатам составленных водохозяйственных балансов при условиях базового сценария трансграничного притока (сохранение существующих механизмов лимитирования стока с учетом современных

тенденций и перспектив развития водохозяйственной отрасли в странах верховья р. Сырдария) на территорию Казахстана будет поступать 14,9-14,5 км³ воды по руслу р. Сырдария и 1,7-1,8 км³ воды по каналам переброски; в общем 16,3-16,7 км³, что на 3,0-3,4 км³ меньше, чем за современный период. В зависимости от развития водохозяйственной отрасли на территории Казахстана, согласно разработанным (в подпрограмме 5) подсценариям заборов воды, из суммарных располагаемых ресурсов в объеме 19,4-19,0 км³ (при норме за современный период 22,3 км³) безвозвратно будет забираться от 7,5 до 10,9 км³ воды, тогда как средний фактический безвозвратный забор за современный период составлял 4,39 км³ в год. С учетом естественных потерь стока до Северного Аральского моря будет доходить от 0,7 до 3,7 км³, что в 2-10 раз меньше, чем в настоящее время. В этом случае ставится под вопрос равновесное состояние дельты р. Сырдария и Северного Аральского моря.

При осуществлении позитивного сценария (в условиях благоприятного развития межгосударственного водного сотрудничества в трансграничном бассейне и повышения эффективности водопользования на территории стран верховья р. Сырдария), прогнозируется приток воды из-за рубежа в объеме от 18,4 до 21,2 км³, который включает приток по р. Сырдария в объеме 16,2-18,6 км³, а также постепенное достижение к 2050 году утвержденного лимита по каналам переброски в объеме 2,6 км³. В этом случае суммарные располагаемые ресурсы составят 21,0-23,8 км³ (при норме за современный период 22,3 км³) и смогут удовлетворить потребности отраслей экономики по всем подсценариям водопотребления без ущерба экологических потребностей дельты р. Сырдария и Северного Аральского моря.

В соответствии с негативным сценарием трансграничного притока (при неблагоприятном развитии межгосударственного водного сотрудничества в трансграничном бассейне р. Сырдария с учетом сохранения современного уровня развития водного хозяйства в странах верховья р. Сырдария), трансграничный приток сократится относительно современной нормы 17,7 км³ на 4,2-7,2 км³, т.е. будет в пределах утвержденного лимита вододеления 12 км³ (при 50 % и 75 % обеспеченности года) к 2040 г. и 10 км³ (при 95 % обеспеченности года) к 2050 г. Суммарные располагаемые ресурсы составят 17,6-14,3 км³. В этом случае, учитывая прогнозный спрос на воду отраслями экономики (при безвозвратном водозаборе 7,5-10,9 км³ согласно подсценариям), ожидается дефицит водных ресурсов уже в 2030 г. При пессимистическом подсценарии водозаборов (при значительном увеличении площадей орошения и водозаборов), в 2040 г. При реалистическом и пессимистическом подсценариях водозаборов, в 2050 г. – по всем подсценариям водозаборов. По водохозяйственному балансу данного сценария прогнозируется прекращение поступление воды в Северное Аральское море, что сулит его высыхание и экологическую катастрофу. Не следует увеличивать заборы воды без учета трансграничного притока и альтернативных способов сокращения безвозвратного водопотребления.

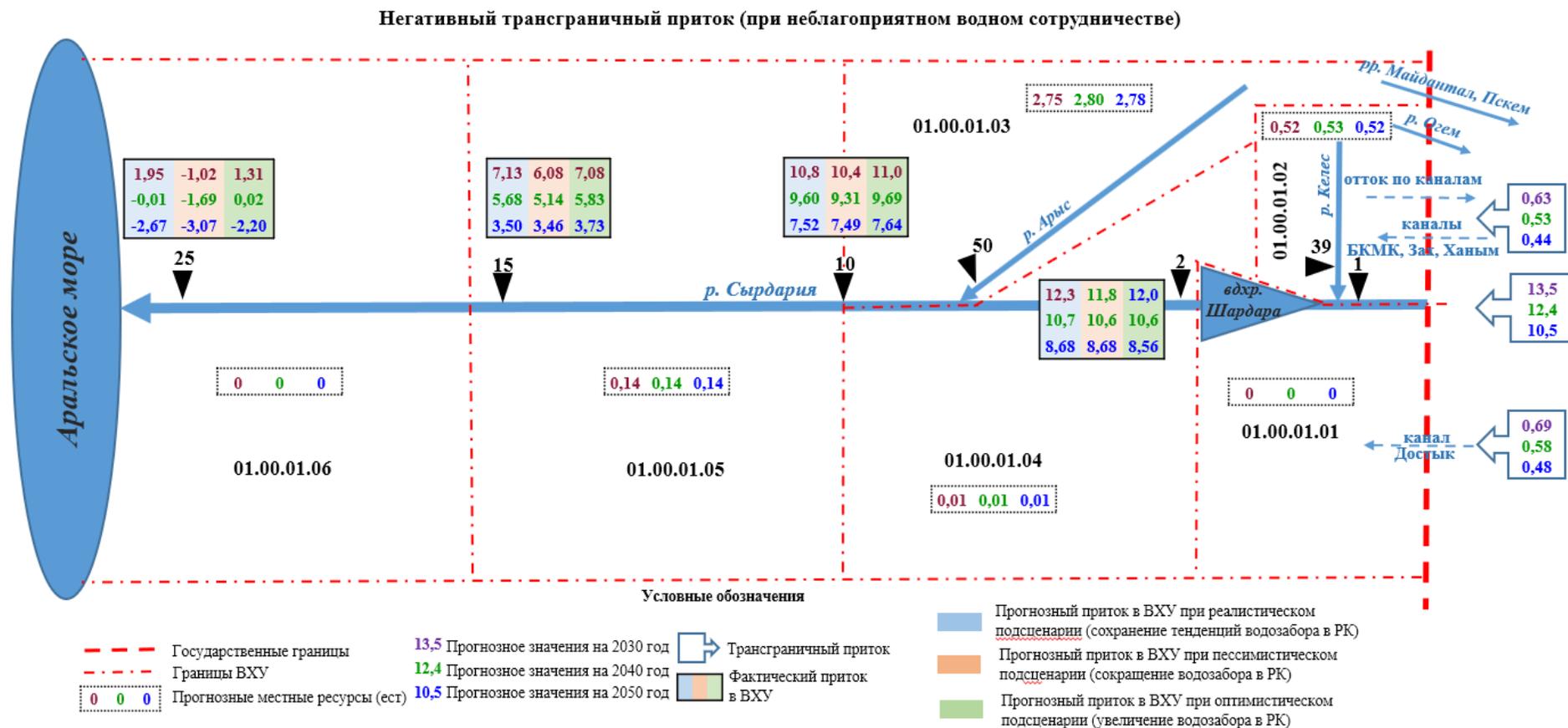


Рисунок 3.23 – Схема прогнозного водохозяйственного баланса Арало-Сырдарийского ВХБ при N-сценарии трансграничного притока

Выводы по разделу

1. Общий объем водных ресурсов бассейна р. Сырдария по различным источникам изменяется от 31,5 до 40,8 км³/год. Среднемноголетнее значение условно-естественных суммарных ресурсов речного стока казахстанской части бассейна, с учетом постопающего стока из Узбекистана местного стока, формирующихся в пределах Республики Казахстан составляет 30,5 км³. При этом основная часть их формируется в виде возвратных стоков, достигающий в среднем в год 70 % от забора в верхних водохранилищах (сюда также включается боковой приток некоторых небольших рек).

2. На основе созданной базы исследований по речному стоку в казахстанской части бассейна были восстановлены ряды годового стока по 97 пунктов наблюдений и по ним были определены их основные гидрологические характеристики: норма стока (Q_0), коэффициенты вариации (C_v) и асимметрии (C_s) и расходы различной обеспеченности (5 %, 25 %, 50 %, 75 %, 95 %).

3. В ходе проведенного анализа имеющихся рядов наблюдений было выявлено, что показатели среднегодового расхода воды в казахстанской части бассейна значительно сократились на 12,6 км³, то есть на 46 % за 1974-2019 гг., на 11,8 км³ (40 %) 1992-2019 гг., что связаны с 93 % зарегулированности речного стока со строительством водохранилищ и каналов, где суммарный полезный объем их составляет 26,6 км³ и сопоставимы среднемноголетними расходами реки.

4. В соответствии с имеющейся исходной информацией и степенью изученности речного стока казахстанской части бассейна р. Сырдария, отражающие основные черты изменчивости водного баланса и его отдельных составляющих за современный период 1992-2019 гг., располагаемые ресурсы речного стока составили 22,9 км³, в т.ч. естественные местные ресурсы 3,56 км³, фактический трансграничный приток по реке Сырдария 17,7 км³, из которых до 70% являются возвратными коллекторно-дренажными водами с орошаемых массивов, промышленных и коммунально-бытовых объектов. Приток по каналам переброски составляет 1,99 км³, естественный отток по рекам Огем и Майдантал на территорию Узбекистана оценивается в 0,42 км³. На территории казахстанской части бассейна сток сократился на 5,33 км³, в том числе на 4,39 км³ за счет безвозвратного водопотребления и на 0,94 км³ за счет дополнительных потерь из водохранилищ.

5. Анализ имеющихся данных по водопотреблению и водоотведению орошаемых земель, промышленных и коммунально-бытовых предприятий в бассейне реки на период 1992-2019 годы показывает, что объем возвратных вод достигает 22,4 км³/год, из которых 14,1 км³/год сбрасывается обратно в реки, и, как следствие, возрастает минерализация речной воды, ухудшается ее показатели качества воды. Зафиксировано кардинальное изменение гидрохимического режима реки Сырдария по классификации О. Алекина. Рассматриваемый водоток перешел из гидрокарбонатного класса кальциевой группы в сульфатный класс натриевой группы, что углубляет проблему национальной безопасности населения данного региона, использующего водоток как источник питьевого водоснабжения и основной источник

орошения сельско-хозяйственных угодий.

6. Выполнена прогнозная оценка трансграничного притока воды по р. Сырдария в условиях изменения климата при нарастающем воздействии антропогенного влияния. Прогнозы условно-естественного притока по р. Сырдария под влиянием глобальных изменений климата рассчитаны по методике с использованием климатических данных МОЦАО, использованы данные метеостанций, расположенных на территории Узбекистана. С ростом температуры воздуха и таянием многолетних запасов льда и снега ожидается увеличение условно-естественного притока до 30,9 км³ (до 12 %) к 2050 г. относительно климатической нормы 27,6 км³. Увеличение стока в ближайшей перспективе носит кратковременный характер, в более отдаленной перспективе ожидается сокращение стока горных рек, впадающих в основное русло р. Сырдария.

7. Для составления прогнозов антропогенно обусловленного стока был проведен большой факторный анализ водохозяйственной ситуации как на территории Казахстана, так и на территории стран верховья (Кыргызстана, Таджикистана и Узбекистана). На основе этих факторов, влияющих на антропогенную трансформацию стока, были составлены 3 сценария трансграничного притока на границу РК по р. Сырдария: позитивный, негативный, базовый.

8. Исходя из сценариев трансграничного притока, рассмотрены подсценарии развития водохозяйственной отрасли на территории Республики Казахстан: *реалистический, оптимистический, пессимистический*. По каждому варианту получены прогнозные значения безвозвратного водопотребления от 7,5 до 10,9 км³, тогда как средний фактический безвозвратный забор за современный период составлял 4,39 км³ в год.

Согласно полученным прогнозам, ожидается сокращение суммарных располагаемых ресурсов Арало-Сырдарийского ВХБ (при норме за современный период 22,9 км³) по базовому сценарию трансграничного притока до 17 % (ресурсы будут составлять 19,0-19,4 км³), при осуществлении позитивного сценария трансграничного притока ресурсы останутся практически на уровне современного периода в пределах 10 % (что будут составлять 21,0-23,8 км³), в соответствии с негативным сценарием трансграничного притока ожидается сокращение до 37 % (что будут составлять 14,3-17,6 км³). Учитывая прогнозный спрос на воду отраслями экономики (при ожидании увеличения безвозвратного водозабора от 170 до 250 %, согласно подсценариям), ожидается дефицит воды, нарушение равновесного состояния дельты р. Сырдария, вплоть до прекращения поступления воды в Северное Аральское море, что приведет к его высыханию и грозит ухудшением экологической ситуации в регионе.

4 ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ СТОК – КАК ФАКТОР ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РАВНОВЕСНОГО СОСТОЯНИЯ РЕЧНЫХ СИСТЕМ

4.1 Концепция определения экологического стока, понятие, цели

Первые работы по экологическому стоку были проведены в 1940-х годах Службой охраны рыбных ресурсов и диких животных США, где была проанализирована связь между ростом и размножением рыб и речным стоком, тем самым выведено понятие минимального экологического стока реки [190, 191]. В Казахстане впервые нормирование и осуществление природоохранных попусков начали осуществлять с 1963 года на р. Ертыс в связи с вводом в эксплуатацию Бухтарминской ГЭС. Эти мероприятия были применены не как экологические попуски, а как компенсационные мероприятия по предотвращению ущерба в связи с зарегулированием стока р. Ертыс Буктырминским водохранилищем [192]. Научное направление и практика экологического стока начала развиваться уже в 80-е годы прошлого столетия. Нормативы экологического стока признаются международным сообществом как один из главных инструментов управления водными ресурсами, особенно трансграничными водами, хотя и нет четкой регламентации по количественным характеристикам этого стока. Во многих странах мира, в особенности в регионах, где дефицит водных ресурсов вынуждает водопользователей изымать недопустимо большее количество воды для удовлетворения нужд и потребностей, нормативы экологического стока стали важным инструментом в управлении трансграничными водами.

В международной практике водопользования под концепцией *экологического стока* принимается – определение количества воды, которое остается в водной экосистеме или выпускается в нее для конкретной цели управления состоянием этой экосистемы [191, с. 260].

Международная практика установления и применения экологического стока / попусков согласно требованиям Водной Рамочной Директивы является составной частью комплексного управления бассейнами рек [http://www.cawater-info.net/bk/water_law/9_5.htm, 191, с. 260; 193, 194]. Она требует обеспечить необходимую величину стока в реках для поддержания статуса «хорошее состояние».

Концепция *экологических попусков* подразумевает необходимость оставлять в реках достаточное количество воды на обеспечение экологических, социальных и экономических благ в нижнем течении.

Экологические попуски – это жизненно необходимая часть современного управления водой. Данный подход заслуживает повсеместного осуществления. Речным системам необходима вода для поддержания их самих и их функций, а также обеспечения различных видов использования и благ для людей. Отсутствие экологического стока (попусков) ставит под риск само существование экосистем, людей и экономики. Удовлетворение потребностей

водопользователей в водных ресурсах за счет экологического попуска не допускается [191, 195].

Цель экологического стока – обеспечить режим стока, который достаточен по качеству, количеству и распределен по времени для поддержания устойчивости здорового состояния реки и водных экосистем. Это означает, что экологические интересы не обязательно должны быть единственными или даже первостепенным результатом программ по экологическим попускам. Таким программам необходимо устанавливать баланс между водораспределением для удовлетворения экологических потребностей на воду и потребностей других водопользователей, таких, как гидроэнергетика, орошение, водоснабжение или рекреация и др. [191, 195].

Экологический сток – количественные, качественные и временные характеристики речного стока, необходимые для поддержания функционирования пресноводных экосистем, обеспечения условий для благополучного проживания населения, которое зависит от состояния этих экосистем [191, с. 260; 196].

4.2 Методики (модели) и классификация определения экологического стока

Обобщение международных методов определения экологического стока позволяет их разделить на следующие группы:

- *гидрологическая модель* (или метод гидрологического обоснования);
- *гидравлическая модель* с оценкой мест обитания;
- *целостная модель* (комплексная методология).

Определение экологического стока в различных странах разнятся между собой, хотя все они подчинены сохранению речной экосистемы [191, с. 260].

Гидрологическая модель. Эти методы подразумевают использование гидрологических показателей, основанных на статистических свойствах режима естественного стока, и наиболее распространены при определении экологического стока на малоизученных реках. Экологический сток рассчитывается как доля от среднегодового стока реки или среднемесячных расходов. Подход основан на допущении, что поддержание определенной доли естественного стока сможет удовлетворить экологические потребности [191, с. 260].

Метод основан на применении фактических материалов, таких, как данные о речном стоке, полученные на гидрометрических постах и/или данные о состоянии рыбных сообществ и другие экологические данные, полученные в регулярно проводимых полевых исследованиях [191, с. 260].

Основной принцип гидрологических методов – это поддержание сезонной изменчивости стока. Метод определяет компоненты режима естественного стока, индексированного объема стока (как при паводковом, так и при меженном периоде), расчетом времени (индексированного ежемесячной статистикой продолжительность маловодного периода, скорости роста и спада

половодья и др.), частотой и длительностью определенного периода водности. Для определения экологического стока методом гидравлических данных используют значения различных гидравлических характеристик, таких как смоченный периметр, площадь русла и поймы [191, с. 261].

Гидравлическая модель с оценкой мест обитания. Методика основана на учете факторов изменчивости стока на биоту через гидроморфологические модели, определяя, когда и как долго места обитания доступны для водных и прибрежных сообществ. Моделирование мест обитания включает проведение гидравлического мониторинга русла реки и мониторинга биологических сообществ с физической средой, учитывающих такие параметры, как глубину воды, скорость потока, состав субстрата, геометрию русел, температуру воды и т.д. Далее физические и биологические модели объединяются, чтобы объединить показатели качества и количества среды обитания. В итоге эти модели ориентированы на устойчивость сообществ и экосистем в пределах всего речного бассейна [191, с. 261].

По мнению многих исследователей методы гидравлической модели, являются более точными, мобильными и позволяют использовать их для выбора наилучших доступных вариантов. Эти модели рекомендуются для проектов с высоким риском, хотя они требуют проведения трудоемких и дорогостоящих мониторинговых исследований [191, с. 261].

Целостная модель (комплексная методология). Целостная модель предназначена для объединения потребностей человека и экосистемы в стоке в единую систему оценки. Эти методики способны интегрировать социальные, культурные, экономические ценности и цели защиты экосистемы и связывать другие заинтересованные стороны в качестве основы для согласованных рекомендаций [191, с. 261].

Такой подход особенно полезен для оценки водного режима, который должен быть достигнут в водных объектах, подвергшихся значительным изменениям [191, с. 261].

В зависимости от степени оценки, сбора данных и степени экспертных консультаций, целостная модель может быть затратной по времени и стоимости.

Все вышеперечисленные модели направлены на определение количественных характеристик водного потока, необходимых для стабильного функционирования пресноводной экосистемы [191, с. 261].

4.2.1 Оценка экологического стока на основе нормирования воздействия водных ресурсов речных бассейнов

В настоящее время в России широко используются методика расчета нормативов допустимого воздействия по изъятию водных ресурсов и расчета экологического стока разработанный В. Г. Дубининой [191, с. 268; 197-200].

Согласно этому методическому подходу, водный объект рассматривается как единая геобиологическая система, устойчивость функционирования которой определяется сложившихся балансов всех компонентов ее экосистемы. Расчетная величина допустимого безвозвратного

изъятия речного стока должна обеспечить сохранение внутригодовых колебаний стока, максимально приближенных к естественным условиям и не выходящих за пределы естественных многолетних колебаний. Определение допустимого безвозвратного изъятия речного стока основывается на установлении гидрологических условий, критических для функционирования экосистемы и воспроизводства ее живых организмов, при которых катастрофически ухудшается воспроизводство гидробионтов и водной флоры. Критические гидрологические условия наблюдаются, как правило, в маловодные годы и периоды [191, с. 260].

Методический подход установления объема допустимого безвозвратного изъятия поверхностных вод базируется на определении критериев и показателей, которые обеспечивают сохранение такого экологически устойчивого состояния водной экосистемы, при котором не нарушается ее восстановительный потенциал [191, с. 260].

Для оценки допустимого изъятия, экологического стока и оценки степени нарушенности экосистем используются следующие экологические критерии и параметры.

Экологические критерии [191, с. 261; 201-206]:

- условия естественного воспроизводства водных биологических ресурсов и пойменной растительности;
- уровень биологической продуктивности экосистем;
- структура сообщества рыб;
- видовое разнообразие организмов, смена сообществ животных и растений;
- состояние русла реки и поймы.

Основные параметры для численного определения экологических критериев [191, с. 261; 205, с. 20-21; 206, с. 18-19]:

- расход, сток, скорость течения и уровни воды, а также их внутригодовое распределение (гидрограф) в годы различной водности;
- сроки половодья и паводков;
- площадь затопления поймы;
- видовой состав, численность и биомасса гидробионтов.

На основе связей естественных (восстановленных) гидрологических характеристик реки с показателями продуктивности водных экосистем определяются значения так называемого «критического» объема (или расхода) воды, который определяет устойчивое функционирование речной экосистемы. Далее определяется исторически минимальный объем стока. Среднемноголетний объем допустимого безвозвратного изъятия рассчитывается как разница критического объема и исторически минимального. Экологический сток рассчитывается по разнице значений годового стока и объема стока допустимого безвозвратного изъятия [191, с. 261; 205, с. 10-16].

Метод повышения обеспеченности (по Б.В. Фащескому) [202, с. 26; 207, с. 86-88]. В год заданной обеспеченности величина годового экологического

стока принимается равной естественному объему стока воды в реке, не подверженной антропогенной деятельности, для года более высокой обеспеченности, т.е. для года меньшей водности.

Согласно международной классификации, методы В.В. Шабанова [210, с. 103-107] и Б.В. Фащевского [207, с. 86-88; 211] относятся к методам гидрологических обоснований. Они основаны исключительно на гидрологических данных и не учитывают экологическую составляющую. В этой связи эти методы можно использовать лишь в качестве экспертной оценки для малых рек и участков рек с низкой биологической продуктивностью, при отсутствии материалов фактических наблюдений за экосистемой и надежных гидро-экологических и гидробиологических зависимостей. В случае, если бассейн реки характеризуется высокой биологической продуктивностью и ценен в экологическом отношении, нужно проводить дополнительные полевые исследования с целью определения критического объема для устойчивого функционирования пресноводной экосистемы.

В практике водного хозяйства Республики Казахстан используются разные способы определения величины экологического стока. Все они могут быть условно объединены в четыре группы [191, с. 262].

Способ минимальных расходов. Величина экологического стока принимается на уровне минимального месячного расхода для года 95 %-ой обеспеченности [212, 213]. В работе [212, 213] объем экологического стока принимается в диапазоне от $Q_{\text{мин}}$, который зависит от коэффициента вариации годового стока реки, до $Q_{\text{доп}} = 0,3Q_{\text{ср.год}}$:

- $Cv \quad Q_{\text{мин}}$
- $< 0,25 \quad Q_{\text{мин.мес.}}$
- $0,25-0,40 \quad Q_{\text{мин.межень}}$
- $> 0,40 \quad Q_{\text{мин.год}}$

Б.П. Ткачев и В.И. Буланов предлагают учитывать класс реки [214]:

- ручьи $0,03 \quad Q_{\text{мин.сут.}}$;
- малые реки $0,02 \quad Q_{\text{мин.сут.}}$;
- средние реки $0,75 \quad Q_{\text{мин.мес.}}^{95\%}$.

В работе [215] величину экологического стока устанавливают по соотношению: 1 л/с на 1 км² водосборной площади. Однако, данный метод не отвечает всем требованиям, предъявляемым к экологическому стоку. Так, например, если взять минимальный меженный расход воды в остро засушливый год, то для малых рек Центральной Азии он составляет примерно $Q_{\text{мин}} = 0,3-1,0 \text{ м}^3/\text{с}$ и проходит при скоростях 0,3-0,4 м/с [1, 260-262; 2, 207-226; 4, с. 6]. Учитывая, что время возобновления воды в реках в среднем изменяется в пределах 10-16 сут [191, 263; 216], получим, что годовой сток реки при $Q_{\text{мин}}$ соответствует стоку 97-90 %-ой обеспеченности при коэффициентах вариации, соответственно $Cv = 0,1-1$ ($Cs = 2Cv$). Это уже на уровне предлагаемой величины «экологического стока» или больше него. Кроме того, не учитываются пойменные условия и руслообразовательные процессы, что

обеспечивается заданием переменной по годам величины экологического стока [191, с. 263; 217].

Способ натурных исследований. В этом случае необходимо проводить исследования на реальном объекте или его модели: физической или математической. Данный способ рекомендуется для наиболее ответственных и важных участков крупных и средних рек. В этом случае получаются хорошие результаты, но, очевидно, в инженерной практике данный способ широкого распространения не получит из-за трудоемкости и деятельности расчетов [191, с. 263; 213, с. 49; 214, с. 47; 215, 218-219].

Способ повышения обеспеченности, предлагаемый исследователями [191, с. 263; 213, с. 44-59; 218, с. 5; 219, с. 10], подразумевает выделение нижнего и верхнего пределов изменения стока, практически встречающегося на реальной реке. Суть метода заключается в следующем.

Устанавливается нижний предел экологически допустимого стока на уровне месячных расходов для года 99 %-ой обеспеченности. Например, уже для года 95 %-ой обеспеченности на большинстве рек нашей страны не отмечается затопление пойм во время половодий и паводков. В зимний период времени концентрация растворенного в воде кислорода снижается до 3 мг/л (ПДК) и меньше. Верхний предел устанавливается на уровне расходов для года 50 %-ой обеспеченности как стока, достаточного для создания нормальных условий существования биоты в системе река – пойма [191, с. 263; 213, с. 47].

Последовательность построения кривой обеспеченности экологического стока следующая. Определяется нижнее значение диапазона величины экологического стока для года 95 %-ой обеспеченности, которое принимается равным стоку для года 99 %-ой обеспеченности: $Q_{\text{эк}}^{95} = Q^{99}$. Определяется верхнее значение диапазона экологического стока для года 25 %-ой обеспеченности, которое принимается равным стоку в год 50 %-ой обеспеченности: $Q_{\text{эк}}^{25} = Q^{50}$. Далее по данным координатам строят кривую обеспеченности величины экологического стока, используя логнормальный закон распределения [191, с. 263; 214, с. 48].

Более простой способ определения экологического стока в соответствии с вышеизложенной схемой предложен автором [191, с. 263]:

$$\begin{aligned} Q_{\text{эк}}^{75} &\geq Q_{\text{мин.мес}}^{95}; \\ Q_{\text{эк}}^{50} &\geq Q_{\text{мин.мес}}^{75}; \\ Q_{\text{эк}}^{95} &\geq Q_{\text{мин.мес}}^{97-99}. \end{aligned}$$

Внутригодовое распределение объемов экологического стока предлагается брать пропорционально естественному гидрографу соответствующего года [191, с. 263].

Достоинствами данного метода являются [191, с. 263]:

– благоприятные условия для водопользования, т.к. даже острозасушливый год оставляет возможность изъятия части объема речной воды;

- учитывается значимость заливным пойм для речной системы;
- учитывается требование изменчивости величины экологического стока по годам и внутри года.

Однако, данный метод направлен, в первую очередь, на определение пределов изменения значений экологического стока больших рек. Предлагаемое внутригодовое распределение экологического стока подходит для незарегулированных рек.

Способ пропорциональных расходов. По данному способу [191, с. 264; 213, с. 48] величины экологически допустимого стока определяется как доля от всего речного стока (Q_i):

$$Q_{\text{эк } i} = k_i Q_i, \quad (4.1)$$

где i – период года; k – эмпирический коэффициент, определяемый с помощью специальных натуральных и лабораторных исследований.

Необходимость дополнительных исследований и является главным недостатком данного метода. Однако этот недостаток устраняется, если проведено районирование территории по типизации водных объектов [191, с. 264].

Данные методы позволяют определить величину экологического стока примерно в одних и тех же пределах. Например, минимально допустимое значение для острозасушливого года попадает в диапазон от $Q_{\text{мин.мес}}^{99}$ до $Q_{\text{мин.мес}}^{95}$. В зависимости от коэффициента вариации значения данного диапазона отличаются друг от друга на 34-80 % (при $C_s = 2C_v$) [191, с. 264].

В постсоветском пространстве использовался и используется единственный документ по регламентации данного вопроса – СНИП 2.06.15-85 [220]. В этом документе определено, что обеспеченность среднемесячных расходов воды в поверхностном водоисточнике должна зависеть от категории водоснабжения. Данная формулировка никого, тем более водохозяйственников, ни к чему не обязывает по ограничению изъятия речного стока. В нем также нет четкого определения по допустимости того или иного снижения расхода воды в маловодный период [191, с. 264].

Методологические основы расчета «экологического стока», резервируемого ниже створов регулирования и изъятия водных ресурсов в соответствии с требованиями охраны природы впервые приводились в работах Б.В. Фашевского [219, с. 10]. Он утверждает, что необходимо охватить взаимосвязь компонентов живой и неживой природы для научного обоснования допустимой степени регулирования и изъятия водных ресурсов, т.е. динамику гидрологического режима, урожайности пойменных лугов, рыбных запасов и т.д. На контрольных створах и участках основных водоисточников во всех фазах водного режима (половодье, паводок, межень) необходимо вести наблюдения за млекопитающими, бактериями, высшей водной и околоводной растительностью и т.д., а также за сроками вегетации различных видов растительности, нереста рыб, размножения млекопитающих и других видов.

По мнению Б.В. Фащевского [219, с. 11], минимальный остаточный сток рек не может быть меньше стока 99 %-ой обеспеченности. Соглашаясь с мнением этого автора, хотелось бы подчеркнуть, что это предложение может относиться только к маловодному году, тогда как ежегодный экологический сток необходимо определять исходя из водности реального гидрологического года, т.е. из года в год данный сток не может быть постоянной величиной. Предлагаемый им вариант разработки экологического стока в виде гидрографа внутригодового распределения стока нами приветствуется [191, с. 264].

Следует отметить, что для водохозяйственных целей предлагаемый метод получения гидрографа должен иметь инженерный характер, иметь расчетные формулы и номограммы экологического стока. К сожалению, автор проигнорировал это обстоятельство [191, с. 264].

Суждения о потребных экологических попусках для улучшения условий функционирования сложившихся экосистем носят субъективный, качественный характер, что обусловлено сложностью зависимостей объема и режима попуска от экологического эффекта. При этом важность назначения объема, режима, сроков осуществления экологического попуска трудно переоценить: занижение объема может привести к деградации водной экосистемы, а завышение грозит существенным материальным ущербом [191, с. 264].

Изучение оценки экологического стока и предъявляемых допустимых изъятий речных вод стало объектом исследований Д.Я. Ратковича [60, с. 30], Б.В. Фащевского [219, с. 10], И.П. Айдарова [221-223], В.С. Ковалевского [224], Ж.С. Мустафаева [225], М.Ж. Бурлибаева и других [207, с. 86-88; 211, с. 66; 218, с. 3].

В этом направлении большую работу выполнили [191, с. 264-265]:

– И.П. Айдаров и др. [221, с. 1-32; 222, с. 240-252; 223, с. 22-27], которые приняли принципиальное определение: «обеспеченность экологического попуска определяется на основе приспособляемости экосистемы с учетом экстремальных условий существования, характерных для естественного режима водотока».

– По мнению авторов – В.С. Ковалевского и Д.Я. Ратковича [224, с. 117-125] – «экологический попуск воды должен обеспечить биологическую потребность среды обитания биоценозов».

– По данным А.В. Яцыка [226] «сохранение речных систем как объекта живой природы или элемента ландшафта должен учитывать следующие факторы: сохранение в речном потоке «гидродинамического равновесия», обеспечивающего способность потока и процесс руслообразования; сохранение благоприятного водного режима, обеспечивающего биологическую продуктивность водных экосистем и способность самоочищения реки».

4.2.2 Методика оценки экологического стока на основе сохранения и поддержания видового и ландшафтного разнообразия экосистемы

Методика концепции оценки экологического стока разработана М.Ж. Бурлибаевым, которая учитывает экологический сток и экономические требования при комплексном использовании ресурсов речного бассейна [114, с. 101-119; 116, с. 134-138; 211, с. 66; 227-230].

Главной причиной установившихся нарушений равновесий во всех речных системах является то, что *регулируемый гидрологический режим водотока был подчинен, в первую очередь, интересам отраслей экономики, то есть экономическим критериям.*

Экономические требования общества к гидрологическому режиму выражались в перераспределении естественного гидрографа внутригодового распределения стока с помощью строительства водохранилищ для дальнейшей транспортировки стока на орошаемые массивы, попуски для целей гидроэнергетики и т.д. При этом естественное внутригодовое распределение стока подвергалась коренному преобразованию.

В этих условиях нормирование речного стока осуществлялось санитарными попусками, минимально-необходимыми расходами для зарегулированных рек, не обеспечивая при этом воспроизводство и функционирование водных и околоводных экосистем в нижнем бьефе гидроузлов [191].

Экологический критерий к речной системе, гидрологическому режиму включает требования по определению видового разнообразия и воспроизводства флоры и фауны, речного стока по гидрохимическим, гидробиологическим показателям, обеспечению температурного режима, по ежегодному затоплению лугов в дельтовых участках в определенный период времени, по обеспечению промывок затапливаемых пойменных лугов и дельтовых участков [191, с. 260-261].

При разработке методики нормирования экологического стока авторы включили оба требования [191, с. 261]:

– *по экологическому критерию* – охрана речных экосистем, включая сохранение видового разнообразия и воспроизводства флоры, фауны, затопление пойменных лугов, влагозарядка почвы, обеспечение гидрохимического, гидробиологического, кислородного, температурного режимов, которые *являются приоритетными.*

– *по экономическому критерию* – обеспечение водой различных отраслей экономики, в первую очередь сельское хозяйство, гидроэнергетику, водный транспорт и т.д.

Основными параметрами для установления величин экологического стока являются следующие [191, с. 265; 205, с. 21; 206, с. 16-26]:

- расход воды, сток, скорость течения и уровни воды, а также их внутригодовое распределение (гидрограф) в годы различной водности;
- сроки весеннего половодья и паводков;
- площадь затопления пойм и дельты;

- характеристики водного режима русловых и пойменных нерестилищ (температура, скорость течения и т.д.);
- уровненный режим, соленость вод, площади нагула молоди и взрослых особей рыб и т.д.;
- видовой состав, численность и биомасса планктонных и донных организмов, запасы и уловы промысловых рыб, характеристика численности молоди разных особей.

Следует отметить, что в связи со специфическими условиями различных регионов параметры для установления, экологического стока могут изменяться и дополняться [191, с. 265].

4.3 Общие научно-методические подходы к определению экологического стока

Замечания и предложения к Руководству Конвенции по вопросам оценки экологического стока, разработанные на основе анализа отчетов и «научных трудов» национальных экспертов и результатов обсуждения пришли к выводу [211, 72-75; 229, с. 11-36]:

1) Признать комплексное (интегрированное) управление водными ресурсами трансграничных бассейнов основополагающим, базовым подходом при решении проблем трансграничных бассейнов.

2) Река, от истока до устья, должна рассматриваться как целостная природно-географическая система. В основе этого принципа лежит представление о речном бассейне как о единой экосистеме, с четкой границей (водоразделом) в пределах которого замыкаются многие виды влагооборота и различные виды водопользования, включающей живые (растения, животные и другие организмы) и неживые ее элементы, взаимодействующие как единое функциональное целое и связанные между собой обменом веществ и энергией.

Признавая, первый и второй принципы и основываясь на них, и в соответствии с рекомендациями Международного Руководства по составлению водохозяйственных балансов при делении водных ресурсов следует рассматривать и учитывать две группы потребителей [211, 72-75; 229, с. 11-36]:

1) здравоохранение и охрана природных ресурсов, обеспечивающие биологическое равновесие в водной и окружающей среде;

2) водопотребление и водопользование отраслями экономики.

Сохранение и восстановление водных экосистем должно быть ключевой составляющей при управлении трансграничными водными ресурсами, а биологическая продуктивность – индикатором состояния водных экосистем.

Поэтому приоритетом при использовании водных ресурсов трансграничных бассейнов должна пользоваться первая группа. Потребности второй группы в водных ресурсах должны удовлетворяться на основе возможностей водотоков. Как для первой, так и для второй группы деление производится с учетом допустимого объема безвозвратного изъятия стока и экологических стоков (попусков).

3) При расчете экологического стока (попусков) необходимо рассматривать бассейн реки как единое целое, поэтому расчет величин экологического стока (попусков) необходимо выполнять последовательно снизу вверх (от устья к истоку) реки, в соответствии с гидрографическим и/или водохозяйственным районированием, обеспечивая таким образом экологические нужды речной системы в каждом створе бассейна. Если нужды бассейна не будут обеспечены в зоне формирования стока, то в устье реки его может вообще не быть. То есть экологический сток в верхнем течении рек обеспечивает формирование подземных вод, которые далее формируют сток рек в среднем и нижнем течении.

4) При расчетах экологического стока (попусков) обязательным является учет внутригодового распределения стока для лет разной водности (обеспеченности стока) согласно водному режиму реки в естественных условиях, т.е. внутригодовое распределение экологического стока (попусков) должно по возможности максимально отражать внутригодовое распределение стока при естественном режиме.

5) Шаг расчета внутригодового распределения стока (попусков) должен определяться из продолжительности отдельных фаз внутри года. Так, например, на реках с коротким половодьем, величины расходов экологического стока (попусков) должны отражать реальный ход естественных расходов в суточном (недельном) разрезе.

6) Для бассейнов рек, имеющих ледниковое питание, при определении экологического стока (попусков) необходимо учитывать возможные изменения режима источников питания за счет антропогенного изменения на водосборе (сокращение площади ледников за счет их загрязнения в результате атмосферных переносов с других территорий), а также за счет изменения климата.

7) Положения по экологическому стоку (попускам) должны быть четко определены, приняты всеми странами в регионе Центральной Азии (далее ЦА), учтены в межгосударственных соглашениях и нормативно правовых актах стран Центрально-Азиатского Региона (далее ЦАР), а также учтены и закреплены в законодательстве всех стран ЦАР.

8) При разработке методик расчета и при определении параметров экологического стока (попусков) конкретного трансграничного бассейна в процессе должны участвовать все страны, на территории которых расположен данный трансграничный бассейн, чтобы были отражены интересы всех сторон с точки зрения обеспечения потребностей водных и околосводных экосистем.

9) Одним из инструментов координации в планировании комплексного использования водных ресурсов (объектов) должны быть схемы комплексного использования и охраны водных ресурсов (объектов) – СКИОВР(О) (по Европейским стандартам планы ИУВР). Их разработка должна быть одним из приоритетных направлений совершенствования государственного и межгосударственного управления. Поэтому, деление водных ресурсов, определение экологического стока (попуска) в трансграничном контексте должно осуществляться на основе совместно

разработанных Схем комплексного использования и охраны водных ресурсов (объектов) – СКИОВР(О), утвержденных ответственными органами граничащих стран, разрабатывающих Схему.

10) Для унификации работ выполняемых при разработке Схем и оценке стока (в т.ч. экологического стока и экологических попусков), а также оценке потребностей отраслей экономики граничащих стран, предварительно следует разработать и утвердить на межправительственном уровне (или даже на уровне региона ЦА) Методические указания по разработке Схем комплексного использования и охраны трансграничных водных ресурсов (объектов).

11) Принятие оперативных решений по делению воды должно осуществляться с учетом текущей водохозяйственной обстановки, складывающейся в данном трансграничном бассейне, прогнозных данных прохождения половодья или паводка, а также с учетом гидрометеорологического режима трансграничных рек бассейна.

12) Для наиболее правильной и полноценной оценки водохозяйственной ситуации в конкретном трансграничном бассейне крайне важным является развитие и применение современных систем компьютерного моделирования и на основе этой оценки разработки необходимых параметров экологического стока (попусков), включая гидрологический и гидравлический режим водных объектов данного трансграничного бассейна. На основе детальных компьютерных моделей можно более четко и правильно спланировать различные водохозяйственные мероприятия для обеспечения экологического стока (попусков).

13) Необходимо развитие альтернативных видов энергетики в трансграничных бассейнах взамен использования гидроэлектростанций. Как известно одним из самых жестких противоречий по режиму стока до и после его зарегулирования являются требования гидроэнергетики. В естественных условиях половодье проходит в весенне-летний период, паводки в летний период и в начале осени. При зарегулировании стока для целей электроэнергетики основная выработка электроэнергии осуществляется в холодный период года. Таким образом естественный режим кардинально, диаметрально изменяется.

14) В Центральноазиатском регионе сельское хозяйство является основным потребителем воды, а также основным источником ее загрязнения через орошение. Поэтому необходимо внедрение экономичных методов полива и улучшение технического состояния, и надлежащее обслуживание ирригационных систем, что может значительно способствовать экономии воды трансграничных водотоков.

15) Для улучшения и/или предотвращения ухудшения экологической обстановки в бассейнах трансграничных рек следует осуществлять комплексное планирование и развитие энергетических проектов, с учетом интересов водных и околосредовых экосистем.

16) При расчетах экологического стока (попусков) необходимо разделение величин экологического стока (попусков) для русла и поймы реки,

и для дельты и конечных замкнутых водоемов, т.е. выделение речной экосистемы и ее дельтовой части с конечными водоемами.

17) В основе определения экологического стока (попусков) должны лежать обоснованные инженерные методы расчета, базирующиеся на современных научных подходах. При этом, на начальном этапе, для разных рек необходимо разработать два-три метода (подхода) для определения объема и режима экологического стока (попуска) с внутригодовым распределением в разные по водности годы. На следующем этапе работ целесообразно апробировать предложенные методы на примере конкретных трансграничных рек.

18) При определении параметров экологического стока (попусков) важно поддержать экологическую устойчивость всей речной системы, включающей не только сами реки и озера (поверхностные воды), но и подземные воды.

19) Необходимо организовать совместный мониторинг использования трансграничных водных ресурсов странами бассейна (по использованию водных ресурсов отраслями экономики и по выполнению экологических стоков (попусков)).

20) Экологический сток (попуски) каждого года должен(ы) определяться по участкам экосистемы трансграничного бассейна (по речным створам, гидропостам) совместно сторонами (граничащими странами) на основе прогноза водности и внутри годового распределения стока в зоне формирования. При этом экологический сток (попуск) может корректироваться в ходе получения более достоверной и точной информации в течение текущего года.

21) Для идентификации и для подтверждения потребностей экосистемы трансграничного бассейна и ее отдельных составляющих (дельты, эстуарии, конечные водоемы, равнинные и горные части экосистемы), необходимо проводить на регулярной основе совместные научные и научно прикладные исследования по оптимизации режима и эффективному распределению речного стока, а также по совершенствованию методов установления экологических стоков (попусков) для трансграничных рек с разным типом водного режима.

22) В процессе установления требований к экологическому стоку (попускам) должны быть задействованы все ответственные государственные учреждения, заинтересованные стороны, научные и исследовательские организации, а также организации гражданского общества.

23) При установлении экологических требований необходимо обеспечить последовательную взаимосвязь: водные ресурсы \Rightarrow окружающая среда (экосистемы) \Rightarrow питьевые нужды, здоровье населения \Rightarrow продовольствие (сельское хозяйство) \Rightarrow промышленность \Rightarrow энергия.

Нормативы предельно допустимого объема изъятия речного стока ($W_{\text{ПДВВ}}$) и предельно допустимых вредных воздействий ($M_{\text{ПДВВ}}$) на водные объекты [191, с. 261; 230, с. 62].

Определение нормативов ПДВВ: ($W_{\text{ПДВВ}}$) и ($M_{\text{ПДВВ}}$)).

$W_{\text{ПДВВ}}$ – предельно допустимый уровень вредного воздействия хозяйственной деятельности на водный объект сформировавшегося экологического состояния, при котором сохраняется структура и нормальное функционирование экосистемы и не причиняется вред здоровью человека ($\text{км}^3/\text{год}$).

$M_{\text{ПДВВ}}$ – предельно допустимая масса химических веществ, возможная к отведению в водный объект или водохозяйственный участок на расчетный период по каждому химическому веществу ($\text{т}/\text{год}$).

Методология установления нормативов $W_{\text{ПДВВ}}$ и $M_{\text{ПДВВ}}$.

$W_{\text{ПДВВ } P\%}$ – норматив предельно допустимого изъятия речного стока для расчетной обеспеченности (%) из водного объекта, вычисляется по формулам (4.2, 4.3) [191, с. 261; 230, с. 62]:

$$W_{\text{ПДВВ } P\%} = W_{\text{ЕСТ } P\%} - W_{\text{ЭС } P\%}; \quad (4.2)$$

$$W_{\text{ЭС } P\%} = \alpha * W_{\text{ЕСТ } P\%}; \quad (4.3)$$

где $W_{\text{ПДВВ } P\%}$ – объем предельно допустимого изъятия речного стока для расчетной обеспеченности, $\text{км}^3/\text{год}$.

$W_{\text{ЕСТ } P\%}$ – объем естественного годового стока для расчетной обеспеченности, $\text{км}^3/\text{год}$.

$W_{\text{ЭС } P\%}$ – расчетно-установленная значение объема годового экологического стока для расчетной обеспеченности, $\text{км}^3/\text{год}$.

α – эмпирический коэффициент, зависящий от физико-географических условий речного бассейна, т.е. коэффициент перехода от норм естественного годового стока к норме экологического стока расчетной обеспеченности.

Данный коэффициент определяется по концепции методики Бурлибаева М.Ж., где в автоматизированном режиме рассчитываются параметры кривых обеспеченности годового стока, по разности ординат которых определяются величины свободного стока (изъятие водных ресурсов) различной обеспеченности. α снимается из графика зависимости экологического стока от естественного стока при различных обеспеченностях [229, с. 61].

Норматив $M_{\text{ПДВВ}}$ на водный объект рассчитывается по формулам (4.4):

$$M_{\text{ПДВВ}} = [\text{СКВ}_I^V (Q_{\text{рек}} - Q_{\text{заб}} + q_{\text{ст}}) - (Q_{\text{рек}} * C_{\text{факт}})] * 0,031, \quad (4.4)$$

$M_{\text{ПДВВ}}$ – предельно допустимая масса химических веществ к отведению в водный объект или водохозяйственный участок на расчетный период, $\text{т}/\text{год}$;

СКВ – числовые значения стандарта качества вод по i -ому загрязняющему веществу в соответствии с Единой системой классификации качества вод в водных объектах классификацией, $\text{г}/\text{м}^3$;

$Q_{\text{рек}}$ – среднесреднегодовой естественный сток реки в расчетном створе, м³/с;

$Q_{\text{заб}}$ – объемы забора воды из реки водопользователями по Разрешениям, м³/с;

$q_{\text{ст}}$ – суммарный расход сточных вод, поступающих в реку в пределах расчетного водохозяйственного участка, м³/с;

$C_{\text{факт}}$ – фактическая концентрация ЗВ в расчетном створе водного объекта на момент оценки, г/м³;

0,031 – переводной коэффициент из г/сек в т/год (безразмерная величина).

4.3.1 Научно-методические подходы к определению экологического стока в Республике Казахстан

Казахстанскими учеными и практиками под «экологическим стоком» понимается «сток рек, определяемый исключительной потребностью речной экосистемы, имеющий внутригодовое распределение, аналогичное внутригодовому распределению стока при естественном гидрологическом режиме» [211, с. 67; 229, с. 16; 230, с. 53, 227-230]. При этом экологический сток не может быть постоянной величиной как внутри года, так и из года в год. Количественная характеристика экологического стока рек зависит от водности реального гидрологического года. Экологический сток предъявляет требования и к качественному составу речного стока, в т.ч. к *химическому составу взвешенных веществ* [191, с. 261].

Речная экосистема характеризуется большим числом взаимосвязанных факторов, зависящих от хода естественного гидрологического и гидрохимического режимов водотоков. По этой причине выделение роли отдельных факторов является очень сложным процессом. Причем динамика речной экосистемы оказывается результатом совокупного воздействия всех факторов. И, как следствие, исследования, базирующиеся на поиске экологических закономерностей, сталкиваются с необходимостью одновременного учета большого количества процессов различной природы [191, с. 261].

В мировой практике все проблемы и решения по речной экосистеме осуществляются в рамках нового научного направления «экологическое нормирование», разработка которого в Казахстане и странах Центральной Азии заметно отстает от запросов практики [191, с. 261].

Анализ отечественного опыта по нормированию антропогенной нагрузки на бассейны рек показал, что экологических норм, регламентирующих антропогенную нагрузку на экосистемы речных бассейнов, нет. Имеющиеся предложения по нормам и критериям антропогенной нагрузки характеризуют лишь частное влияние отдельных видов хозяйственной деятельности; комплексные критерии несовершенны. Решение ряда проблемных вопросов затруднено из-за отсутствия системы экологического мониторинга, который основывался бы на детальном и

длительных стационарных исследованиях антропогенного изменения элементов природной среды [191, с. 261].

Проблема экологического нормирования водного режима речного стока актуальна, т.к. антропогенные воздействия на воды речного стока продолжают. Экологическое нормирование рассматривается как инструмент решения противоречий человека и окружающей среды, способ управления использованием водных ресурсов с целью недопущения утраты и рационального использования многочисленных ресурсов пойм (водных, рыбных, пастбищных, сенокосных, рекреационных и др.), сохранения и поддержания видового (генетического), экосистемного и ландшафтного разнообразия [191, с. 261].

Одним из приоритетных направлений рационального использования водных ресурсов является совершенствование действующих и развитие новых принципов и методов оценки состояния водных объектов и экологического нормирования всех видов антропогенных воздействий с целью сохранения продуктивной природной среды [231].

Естественный количественный состав и структура речных экосистем взаимосвязаны с естественной межгодовой и внутригодовой гидрологической изменчивостью, поскольку формируют основные экологические условия как для флоры, так и для фауны. Режим речного стока поддерживает экологическую целостность речных экосистем, а также косвенно определяет качество воды. Антропогенная деятельность на водосборной площади, в т.ч. регулирование речного стока, приводит к количественному истощению водных ресурсов, экологической деградации речной экосистемы и потере биологического разнообразия [231, с. 243].

В дефицитных по воде бассейнах рек дальнейшее развитие водного хозяйства и соответственно развитие отраслей экономики, требуют согласования возможностей наличных водных ресурсов с потребностями на них. Таким образом, в идеале требуется согласование возможности отбора воды из окружающей среды определенного количества природных, в т.ч. и водных, ресурсов с самовосстанавливающей способностью окружающей среды [232].

В статье 34 Водного Кодекса Республики Казахстан основными принципами в области использования водного фонда является устойчивое водопользование – сочетание бережного, рационального и комплексного использования и охраны вод. Для Казахстана водные ресурсы являются одним из главных факторов, определяющих устойчивое социально-экономическое развитие.

К большому сожалению, ныне действующие санитарные попуски или минимально необходимые расходы воды во всех речных экосистемах Республики Казахстан, привели к нарушению биоразнообразия, снижению биопродуктивности в затопляемых пойменных лугах и пойменных участках, продуктивности промысловых рыб и водных животных, деградации эндомичных и реликтовых видов флоры и фауны, потере самоочищающей способности, ухудшению качества воды и т.д. Современные санитарные

попуски ниже крупных водохранилищ и гидроузлов научно не обоснованы. При этом они ни по объемам, ни по времени не удовлетворяют потребностей экосистемы. Мало того, эти попуски не могут обеспечить даже разбавления поступающих в реку загрязняющих веществ [191, с. 265; 229, с. 28].

Результатами исследований [205, с. 18; 229, с. 29] установлено, что при разработке норм предельно допустимого изъятия (ПДИ), экологического стока (ЭС), экологического попуска (ЭП) в качестве основных параметров используются:

- расход, сток и уровни воды, а также их внутригодовое распределение (гидрограф) в годы различной обеспеченности;
- сроки весеннего половодья и паводков;
- площадь затопления пойм и дельты;
- характеристики водного режима русловых и пойменных нерестилищ (температура, скорости течения и т.д.);
- уровенный режим, соленость вод, площади нагула молоди и взрослых особей рыб и т.д.;
- видовой состав, численность и биомасса планктонных и донных организмов, запасы и уловы промысловых рыб, характеристика численности молоди разных особей.

При учете качества загрязнения водного объекта, с учетом действующего законодательства, качество воды должно отвечать нормативным требованиям. Этот фактор на современном уровне учитывается в виде санитарного попуска, обеспечивающего нормативные концентрации загрязняющих веществ в заданном створе. Если требования для поддержания нормативного качества воды оказываются жестче, чем требования к объему ЭС и ЭП, последние принимают в соответствии с требованиями, обеспечивающими нормативное качество [191, с. 265].

4.3.2 Обоснование экологического стока с использованием линейно-корреляционной модели водного баланса

Линейно-корреляционная модель водного баланса из логического предположения о возможности получения некоторых водно-балансовых параметров при рассмотрении корреляционной зависимости речного стока от атмосферных осадков стало объектом исследования [233].

Для оценки экологического стока речных бассейнов М.Ж. Бурлибаев использовал способ пропорциональных расходов, где их величина определяется как доля располагаемых водных ресурсов речных бассейнов с использованием линейных уравнений [229, с. 5-10].

Линейно-корреляционная модель водного баланса может применяться при значимой корреляционной связи среднегодового объема свободного стока от среднегодового объема располагаемого стока речных бассейнов.

Применительно к рассматриваемой графоаналитической задаче для определения экологического стока необходимо подчеркнуть, что корреляционная зависимость среднегодового объема свободного стока от

среднегодового объема располагаемого стока бассейна реки Сырдария, позволила обосновать появление в этом виде экологического стока по водно-балансовым параметрам (рисунок 4.1).

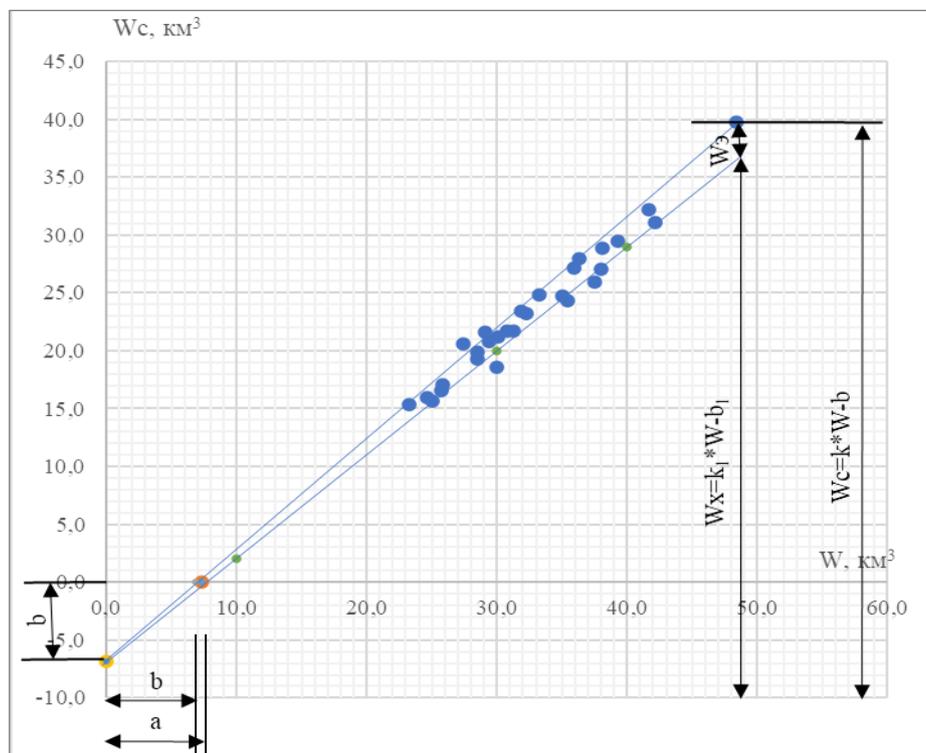


Рисунок 4.1 – Графические зависимости среднегодового объема свободного стока от среднегодового объема располагаемого стока бассейна реки Сырдария

Рассмотрим аналитические соображения возможных графических сочетаний прямолинейных зависимостей, приведенных на рисунке 4.1, которые имеет следующей вид:

$Y = k \cdot X - b$; $W_c = k \cdot W - b$; $W_c = 0,9259 \cdot W - 6,8109$, $R^2 = 0.9653$, где $Y = W_c$ - среднегодовой объем свободного стока, км³; где $X = W$ - среднегодовой объем располагаемого стока, км³; k – тангенсы угла наклона прямых; b – постоянная свободная показатель, различные для отдельных рек.

Уравнение $Y = k \cdot X - b$ характеризующих зависимости среднегодового объема свободного стока от среднегодового объема располагаемого стока бассейна реки Сырдария, на графике отсекаются отрезки на оси абсцисс. Уравнения $Y = k \cdot X - b$ выходят из точки, измеряемой расстоянием b .

Если учесть, что k – коэффициент среднегодового объема свободного стока, а $(1 - k)$ коэффициент использования среднегодового объема располагаемого стока, то $X \cdot (1 - k)$ – объем использования располагаемого стока располагаемого стока.

В этой связи необходимо отметить, что если следовать записям уравнений $Y = k \cdot X - b$, то можно сказать, что среднегодовой объем

свободного стока (W_c) состоит из объема экологического стока (W_3) и объем стока формирующихся холодного время года (W_x).

Уравнение $Y = k \cdot X - b$ может быть представлено в виде

$$Y = k \cdot (X - b/k) = k \cdot (X - \alpha),$$

так как значение углового коэффициента α из уравнения $Y = k \cdot (X - \alpha)$ равно:

$$\operatorname{tg} \alpha = k = b/\alpha; b = k \cdot \alpha,$$

тогда можно констатировать, что b является частью величины α , тогда с заменой $b = k \cdot \alpha$, частный уравнения водного баланса запишется:

$$Y = k \cdot (X - \alpha) = k \cdot X - b,$$

В приведенных уравнениях параметр α , изображенный на рисунке 1, представляет собой отрезок на оси абсцисс от начала координат до точки пересечения с осью абсцисс с уравнения $Y_1 = k_1 \cdot X - b_1$.

Если тангенс угла наклона $k=0,9259$, а свободный член уравнения $b = 6,8109 \text{ км}^3$, тогда при $\alpha = b/k = 7,356 \text{ км}^3$, получим линейный уравнения для определения объем стока формирующихся холодного время года (W_x):

$$Y_1 = k_1 \cdot X - b_1; W_x = k_1 \cdot W - b_1; W_x = 0,73 \cdot W - 6,42.$$

При этом, экологический сток (W_3) среднегодовой объем свободного стока (W_c) представляет разницы среднегодового объема свободного стока (W_c) и среднегодового объема стока формирующихся холодного время года (W_x)

$$W_3 = W_c - W_x = (k \cdot W - b) - (k_1 \cdot W - b_1);$$

$$W_3 = W \cdot (k - k_1) - (b - b_1) = 0,026 \cdot W - 0,19$$

На основе методического подхода оценки экологического стока и свободного стока зимнего периода используется линейное уравнение тренда между свободным и располагаемым стоком. Сток холодного периода не является экологическим стоком, экологический сток должен быть постоянным по внутрисезонно.

В таблице 4.1 представлен экологический сток бассейна р. Сырдария.

Таблица 4.1 – Экологический сток бассейна р. Сырдария

Год	Ресурсы речного стока, W , км ³	Забор речного стока, W_3 , км ³	Использование речного стока, $W_{исп}$, км ³	Свободный сток, W_c , км ³	Сток холодного периода, км ³	Экологический сток, км ³
1	2	3	4	5	6	7
1992	30,0	11,4	9,86	18,6	15,5	3,11
1993	35,4	11,0	9,24	24,4	19,4	4,93
1994	38,0	10,9	8,73	27,0	21,3	5,73
1995	25,1	9,41	7,60	15,6	11,9	3,78
1996	31,3	9,60	7,79	21,7	16,4	5,26
1997	24,7	8,73	6,41	15,9	11,6	4,35
1998	38,1	9,26	5,82	28,9	21,4	7,45
1999	36,3	8,34	5,20	28,0	20,1	7,88
2000	27,4	6,80	4,97	20,6	13,6	7,02

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4	5	6	7
2001	29,1	7,47	5,39	21,6	14,8	6,81
2002	41,6	9,41	5,89	32,2	24,0	8,25
2003	39,3	9,80	6,12	29,5	22,2	7,23
2004	35,0	10,3	8,59	24,7	19,1	5,61
2005	37,5	11,5	10,9	26,0	20,9	5,04
2006	25,8	8,79	8,18	17,0	12,4	4,60
2007	29,4	8,59	8,16	20,8	15,1	5,78
2008	23,2	7,88	6,94	15,4	10,6	4,81
2009	33,3	8,40	7,18	24,9	17,9	7,00
2010	48,4	8,65	7,39	39,7	28,9	10,8
2011	31,8	8,41	6,66	23,4	16,8	6,60
2012	30,1	8,91	7,04	21,2	15,6	5,64
2013	28,5	8,58	7,03	19,9	14,4	5,54
2014	25,8	9,24	7,39	16,5	12,4	4,14
2015	32,3	9,06	7,43	23,2	17,1	6,07
2016	35,9	8,73	7,15	27,2	19,8	7,38
2017	42,1	11,0	9,30	31,1	24,3	6,79
2018	30,8	9,07	7,02	21,7	16,1	5,67
2019	28,5	9,17	7,53	19,3	14,4	4,93
1992-2019	32,7	9,23	7,39	23,4	17,4	6,01

На основе этой методики были построены графические зависимости среднегодового объема свободного стока от среднегодового объема расплаваемого стока для главных притоков р. Сырдария на казахстанской части бассейна р. Сырдария – Арыс, Келес и замыкающего створа на самой р. Сырдария ГП Казалы (рисунки Н.1-Н.3 приложения Н).

Практически все ресурсы в бассейнах рек Арыс и Келес забираются на использование. Оставшиеся ресурсы только создают условия сохранения экологической системы. Если рассматривать в целом по Арало-Сырдаринскому ВХБ (казахстанская часть бассейна р. Сырдария), после использования водных ресурсов экологический сток составляет в среднемноголетний год 6,07 км³ (таблица 4.2).

Следует отметить, что данные величины экологического стока были посчитаны для современных реалий, учитывая, что в соседних республиках производится огромный водозабор из данной реки и в ближайшей перспективе объем водозабора не будет уменьшаться.

Таблица 4.2 – Объем экологического и свободного речного стока исследуемых рек Арало-Сырдаринского бассейна по условиям природоохраны

Бассейн	Естественный сток				Экологический сток				Допустимый объемы изъятия вод			
	25%	50%	75%	95%	25%	50%	75%	95%	25%	50%	75%	95%
Арало-сырдаринский ВХБ	36,5	32,0	28,1	23,5	7,88	6,07	4,93	4,81	28,6	25,9	23,2	18,7
Арыс	3,25	2,78	2,39	1,92	0,112	0,095	0,081	0,062	3,14	2,69	2,31	1,86

Выводы по разделу:

1. На основе системно-структурного анализа, оценки достоинств и недостатков существующих методик и методологий обоснования норм изъятия и экологического стока речных бассейнов, определены научно-методологические основы с учетом следующих факторов: сохранение в речных бассейнах экологической устойчивости как среды обитания человека; сохранение экономической устойчивости на основе сбалансированного использования водных ресурсов с учетом качества и объема сбрасываемых возвратных вод, как пространственный базис народонаселения и хозяйственной деятельности.

2. Системно-структурный анализ методологического подхода для определения экологических (санитарных) норм попусков воды в низовьях реки показали, что они носят субъективный и количественный характер, которые исходят из объема и режима водотока, что не обеспечивает экологическую безопасность населения и улучшения состояния природной среды.

3. Для определения экологического стока использован графо-аналитический метод, базирующийся на линейно-корреляционной модели с линейно-корреляционным уравнением водного баланса речных бассейнов и интегрирование в них метода наименьших прямоугольников позволила получить количественные характеристики экологического стока с высокой точностью.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При выполнении диссертационной работы были получены следующие основные выводы и результаты:

1. Водосборный бассейн реки Сырдария – крупнейшая средообразующая водная система Центральной Азии и Казахстана, которая является пространственным базисом народонаселения и производственной деятельности, обеспечивающим водную безопасность Кыргызстана, Узбекистана, Таджикистана и Казахстана.

2. Методы оценки влияния антропогенной деятельности на речной сток и гидрохимический режим в низовьях бассейна р. Сырдария основывались на бассейновом подходе с детальным изучением элементов водного баланса, на основе вероятностно-статистических методов, методов гидрологических, гидрохимических и водохозяйственных расчетов.

3. В соответствии с имеющейся исходной информацией и степенью изученности речного стока казахстанской части бассейна р. Сырдария, отражающие основные черты изменчивости водного баланса и его отдельных составляющих за современный период 1992-2019 гг., располагаемые ресурсы речного стока составили 22,9 км³, в т.ч. естественные местные ресурсы 3,56 км³, фактический трансграничный приток по реке Сырдария 17,7 км³, из которых до 70% являются возвратными коллекторно-дренажными водами с орошаемых массивов, промышленных и коммунально-бытовых объектов. Приток по каналам переброски составляет 1,99 км³, естественный отток по рекам Огем и Майдантал на территорию Узбекистана оценивается в 0,42 км³.

Под влиянием антропогенной деятельности речной сток казахстанской части бассейна сократился на 5,33 км³, в т.ч. на 4,39 км³ за счет безвозвратного водопотребления и на 0,94 км³ за счет дополнительных потерь из водохранилищ.

Таким образом, суммарный сток Арало-Сырдаринского ВХБ сократился в 2 раза (48%, 17,1 км³) по сравнению с условно-естественным периодом. Трансграничный приток по р. Сырдария сократился на 40% (11,8 км³).

4. Анализ имеющихся данных по водопотреблению и водоотведению орошаемых земель, промышленных и коммунально-бытовых предприятий в бассейне реки на период 1992-2019 годы показывает, что объем возвратных вод достигает 22,4 км³, из которых 14,1 км³ сбрасывается обратно в реки, и, как следствие, возрастает минерализация речной воды, ухудшается ее показатели качества воды. Зафиксировано кардинальное изменение гидрохимического режима реки Сырдария по классификации О. Алекина. Рассматриваемый водоток перешел из гидрокарбонатного класса кальциевой группы в сульфатный класс натриевой группы, что углубляет проблему национальной безопасности населения данного региона, использующего водоток как источник питьевого водоснабжения и основной источник орошения сельскохозяйственных угодий.

5. Составлены прогнозные сценарии изменения водных ресурсов

бассейна на 2030, 2040, 2050 годы в условиях изменения климата при нарастающем воздействии антропогенного влияния.

Для составления прогнозов антропогенно обусловленного стока был проведен большой факторный анализ водохозяйственной ситуации как на территории Казахстана, так и на территории стран верховья (Кыргызстана, Таджикистана и Узбекистана). На основе этих факторов, влияющих на антропогенную трансформацию стока, были составлены 3 сценария трансграничного притока на границу РК по р. Сырдария: позитивный, негативный, базовый. Исходя из сценариев трансграничного притока, рассмотрены подсценарии развития водохозяйственной отрасли на территории РК: реалистический, оптимистический, пессимистический. По каждому варианту получены прогнозные значения безвозвратного водопотребления от 7,5 до 10,9 км³, тогда как средний фактический безвозвратный забор за современный период составлял 4,39 км³ в год.

Согласно полученным прогнозам, ожидается сокращение суммарных располагаемых ресурсов Арало-Сырдаринского ВХБ (при норме за современный период 22,9 км³) по базовому сценарию трансграничного притока до 17 % (ресурсы будут составлять 19,0-19,4 км³), при осуществлении позитивного сценария трансграничного притока ресурсы останутся практически на уровне современного периода в пределах 10 % (что будут составлять 21,0-23,8 км³), в соответствии с негативным сценарием трансграничного притока ожидается сокращение до 37 % (что будут составлять 14,3-17,6 км³). Учитывая прогнозный спрос на воду отраслями экономики (при ожидании увеличения безвозвратного водозабора от 170 до 250 %, согласно подсценариям), ожидается дефицит воды, нарушение равновесного состояния дельты р. Сырдария, вплоть до прекращения поступления воды в Северное Аральское море, что приведет к его высыханию и грозит ухудшением экологической ситуации в регионе.

6. На основе системно-структурного анализа, оценки достоинств и недостатков существующих методик и методологий обоснования норм изъятия и экологического стока речных бассейнов, определены научно-методологические основы с учетом следующих факторов: сохранение в речных бассейнах экологической устойчивости как среды обитания человека; сохранение экономической устойчивости на основе сбалансированного использования водных ресурсов с учетом качества и объема сбрасываемых возвратных вод, как пространственный базис народонаселения и хозяйственной деятельности. Это позволило определить экологический сток с использованием графо-аналитического метода, базирующегося на линейно-корреляционной модели с линейно-корреляционным уравнением водного баланса речных бассейнов и интегрированием в них метода наименьших прямоугольников. Данный подход способствовал получению количественных характеристик экологического стока с высокой точностью.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Шульц В.Л. Реки Средней Азии. – Л.: Гидрометеоздат, 1965. – Ч. 1-2. – 691 с.
- 2 Ресурсы поверхностных вод СССР. Средняя Азия. Бассейн р. Сырдарьи. – Л.: Гидрометеоздат, 1969. – Т. 14. – Вып. 1. – 512 с.
- 3 Ресурсы поверхностных вод СССР. Гидрологическая изученность. Средняя Азия. Бассейн реки Сырдарьи. – Л.: Гидрометеоздат, 1966.- Т. 14, Вып.1.- 208 с.
- 4 Шульц В.Л. Гидрография Средней Азии. – Ташкент: Изд. САГУ, 1958. – 340 с.
- 5 Пальгов Н.Н. Реки Казахстана. – Алма-Ата, АН КазССР, 1959. – 100 с.
- 6 Агроклиматический справочник по Южно-Казахстанской области. – Л.: Гидрометеоздат, 1961. – 152 с.
- 7 Природные условия и естественные ресурсы СССР. Казахстан. – М.: Наука, 1969. – 158 с.
- 8 Семенова М.Н. Климатическое районирование Южно-Казахстанской области. – Алма-Ата: Изд. АН Каз. ССР, 1959. – 145 с.
- 9 Попова В.П. Прогнозирование водности притоков реки Сырдарья в пределах Республики Казахстан: дис. работа на соиск. учен. степ. канд. геогр. наук: 11.00.07. – Алматы, 1998. – 148 с.
- 10 Акулов В.В. Ледники и снежники заповедника Аксу-Джебоглы // Тр. САГУ. Новая серия. Геогр. Науки. – 1955. – Вып.99., Кн.10. – С. 28–35.
- 11 Балашова Е.Н., Житомеровская О.М., Семенова О.А. Климатическое описание республик Средней Азии. – Л.: Гидрометеоздат, 1960. – 243 с.
- 12 Вилесов Е.Н. Морфометрическая характеристика некоторых элементов современного оледенения Казахской части Западного Тянь-Шаня // Снежные лавины и ледники Казахстана. – Алма-Ата: Изд. АН Каз.ССР, 1977. – С. 110–122.
- 13 Духовный В.А. Мелиорация и водное хозяйство засушливой зоны. – Ташкент: Мехнат, 1993. – 299 с.
- 14 Научно-прикладной справочник по климату СССР. – Л.: Гидрометеоздат, 1989. – Вып.18, Кн. 1. – 514 с.
- 15 Научно-прикладной справочник по климату СССР. – Л.: Гидрометеоздат, 1989. – Вып.18, Кн. 2. – 440 с.
- 16 Поверхностные воды Южного Казахстана. – Л.: Гидрометеоздат, 1976. – 411 с.
- 17 Щеглова О.П. Питание рек Средней Азии. – Ташкент: Изд. САГУ, 1960. – 244 с.
- 18 Пузырева А.А. Климатическое районирование Южного Казахстана. – Алма-Ата: Наука, 1975. – 225 с.
- 19 Справочник по климату. – Л.: Гидрометеоздат, 1966. – Вып.18. – Ч. 2. – 656 с.

- 20 Справочник по климату. – Л.: Гидрометеиздат, 1967. – Вып.18 – Ч. 3. – 596 с.
- 21 Муминов Ф.А., Инагамова С.И. Изменчивость климата Средней Азии. – Ташкент: САНИГМИ. – 1995. – 216 с.
- 22 Леонов Е.А., Леонов В.Е. Исследование тенденции изменения стока крупных рек ЕТС за 100 лет // Тр. ГГИ. 1986. – № 315. – С. 90–101.
- 23 Ежегодный бюллетень мониторинга состояния и изменения климата Казахстана: 2019 год. – Астана, 2020. – 62 с.
- 24 Садыков Д.Ш., Крето Ж, Достай Ж.Д. и др. Анализ стоковых рядов рек Сырдарья, Амударья и модели управления уровнем режимом Аральского моря. – Алматы. – 2004. – 196 с.
- 25 Годовой отчет Арало-Сырдарьинской бассейновой инспекции по регулированию использования и охране водных ресурсов за 2019 год. – Кызылорда, 2020.
- 26 Достай Ж.Д., Алимкулов С.К., Сапарова А.А. Водные ресурсы Казахстана: оценка, прогноз, управление. Ресурсы речного стока. Возобновляемые ресурсы поверхностных вод юга и юго-востока Казахстана. – Алматы, 2012. – Т. VII, Кн. 2. – 360 с.
- 27 Духовный В.А., Юп Л.Г. де Шутер Вода в Центральной Азии: прошлое, настоящее, будущее. – Тейлер и Френсис, Лондон, Великобритания, 2011. – 466 с.
- 28 Грошев В.Л. Ирригация Южного Казахстана в средние века. – Алма-Ата: Наука, 1985. – 156 с.
- 29 Михайлов В. Н., Добровольский А. Д., Добролюбов С. А. Гидрология. – М.: Высшая школа, 2005. – 463 с.
- 30 Водный кодекс РК от 9 июля 2003 года №481-П
- 31 Шикломанов И.А. Водные ресурсы России и их использование. – СПб.: Государственный гидрологический институт, 2008 – 600 с.
- 32 Отчет о НИР по программе «Научно-технологическое обоснование по рациональному использованию водных ресурсов при увеличении площадей регулярного и лиманного орошения по всем водохозяйственным бассейнам Республики Казахстан до 2021 года», по мероприятию «Оценка и прогноз ежегодно возобновляемых водных ресурсов возможных к использованию для целей орошения по водохозяйственным бассейнам Республики Казахстан» (промежуточный) / рук. Медеу А.Р. – Алматы: ТОО Институт географии, 2018. – 42 с.
- 33 Алимкулов С.К., Турсунова А.А., Давлетгалиев С.К., Сапарова А.А. Ресурсы речного стока // Гидрометеорология и экология. – Алматы, 2018. №3 – С. 80-94.
- 34 Шикломанов И. А. Исследование водных ресурсов суши: итоги, проблемы, перспективы. – Л.: Гидрометеиздат, 1988. – 153 с.
- 35 Достай Ж.Д., Алимкулов С.К., Сапарова А.А. Оценка водных ресурсов на современном этапе развития Арало-Сырдарьинского природно-хозяйственного комплекса // Гидрометеорология и экология. – Алматы, 2016. №1 – С. 93-102.

36 Давыдов Л. К., Дмитриева А. А., Конкина Н. Г. Общая гидрология. – Л.: Гидрометеиздат, 1973. – 463 с.

37 Разработка научно-прикладных основ обеспечения водной безопасности Республики Казахстан в трансграничном Арало-Сырдаринском бассейне до 2050 г., по подпрограмме: «Ресурсы речного стока трансграничного бассейна реки Сырдария», по заданию: «Оценка современного состояния ресурсов речного стока»: отчет о НИР (промежуточный)/ АО «Институт географии и водной безопасности Книга 3»; рук. Медеу А.Р. – Алматы, 2021. – 146 с. – № ГР 012021РК013.

38 Ресурсы поверхностных вод СССР. Гидрологическая изученность. Бассейны озера Иссык-Куль, рек Чу, Талас и Тарим. – Л.: Гидрометеиздат, 1966. – Т. 14. – Вып. 2. – 208 с.

39 Ресурсы поверхностных вод СССР. Бассейны оз. Иссык-Куль, рек Чу, Талас и Тарим. – Л.: Гидрометеиздат, 1973. – Т. 14. – Вып. 2. – 308 с.

40 Ресурсы поверхностных вод СССР. Центральный и Южный Казахстан. Бассейн озера Балхаш. – Л.: Гидрометеиздат, 1970. – Т. 13. – Вып. 2. – 646 с.

41 Ресурсы поверхностных вод СССР. Урало-Эмбинский район. – Л.: Гидрометеиздат, 1970 – Т. 12. – Вып. 2. – 511 с.

42 Ресурсы поверхностных вод СССР. Нижние Поволжье и Западный Казахстан. Актюбинская область. – Л.: Гидрометеиздат, 1966. – Т. 12. – Вып. 3. – 514 с.

43 Ресурсы поверхностных вод СССР. Гидрологическая изученность. Алтай и Западная Сибирь. Горный Алтай и Верхний Иртыш. – М.: Гидрометеиздат, 1966. – Т. 15. – Вып. 1. – 216 с.

44 Ресурсы поверхностных вод СССР. Алтай и Западная Сибирь. Горный Алтай и Верхний Иртыш. – Л.: Гидрометеиздат, 1969. – Т.15. – Вып. 1. – Ч. 1. – 318 с.

45 Ресурсы поверхностных вод районов освоения целинных и залежных земель. Акмолинская область Казахской ССР. – Л.: Гидрометеиздат, 1959. – Вып. 1. – 789 с.

46 Ресурсы поверхностных вод СССР. Карагандинская область. – Л.: Гидрометеиздат, 1966. – Т. 13. – Вып. 1. – 482 с.

47 Alimkulov S. K., Saparova, A.A., Tursunova A. A., Vaspakova, G. R. Measuring spatial-temporal regularities of river flow based on IoT technology. *International Journal of Agricultural Resources, Governance and Ecology*. Vol. 17, No. 2-4, [https:// doi.org/10.1504/IJARGE.2021.121673/](https://doi.org/10.1504/IJARGE.2021.121673/)

48 Tursunova A.A., Saparova A.A. Temporal Fluctuations of Water Resources of South and South-East Kazakhstan // Известия НАН РК. Серия геологии и технических наук - Алматы, 2016. №6 (420) – С.82-89.

49 Крицкий С.Н., Менкель М.Ф. Гидрологические основы речной гидротехники. – М.-Л.: Изд. АН СССР, 1950. – 392 с.

50 Крицкий С.Н., Менкель М.Ф. Гидрологические основы управления речным стоком. Менкель. – М.: Наука, 1981. – 255 с.

51 Шелутко В.А. Численные методы в гидрологии. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 234 с.

- 52 Шелутко, В.А. Техника статистических вычислений в гидрологии: учебное пособие. – Л.: ЛПИ, 1977. – 175 с.
- 53 Горошков И.Ф. Гидрологические расчеты. – Л.: Гидрометеиздат, 1979. – 431 с.
- 54 Владимиров А.М. Гидрологические расчеты. – Л.: Гидрометеиздат, 1990. – 368 с.
- 55 Рождественский А.В., Ежов А.В., Сахарюк А.В. Оценка точности гидрологических расчётов. – Л.: Гидрометеиздат, 1990. – 277 с.
- 56 Митропольский А.К. Техника статистических вычислений. – 2-е издание – М.: Наука, 1971. – 87 с.
- 57 Давыдов Л. К. Водоносность рек СССР, ее колебания и влияние на нее физико–географических факторов. – Л.: Гидрометеиздат, 1947. – 267 с.
- 58 Андреянов В.Г. Циклические колебания годового стока и их учет при гидрологических расчетах // Труды ГГИ. Вопросы расчетов стока. – Л.: Гидрометеиздат, 1959. – Вып. 68. – С. 3–50.
- 59 Калинин Г.П., Давыдова А.И. Циклические колебания стока рек Северного полушария // Проблемы речного стока. – М.: Изд-во Московского ун-та, 1968. – С. 9–22
- 60 Раткович Д.Я. Гидрологические основы водообеспечения. – М., 1993. – 430 с.
- 61 Дроздов О.Я., Григорьева А.С., Еременко К.В., Малькова И.В. Результаты анализа многолетней цикличности осадков разными методами // Тр. ГГО. – 1977. – Вып. 386. – С. 3–25.
- 62 Шикломанов А.И. Мировые водные ресурсы // Природа и ресурсы. – 1991. – Т.27. – №1-2. – С.81-91.
- 63 Водные ресурсы и водный баланс территории Советского Союза. – Л.: Гидрометеиздат, 1967. – 199 с.
- 64 Мировой водный баланс и водные ресурсы Земли. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 638 с.
- 65 Кучмент Л.С. Математическое моделирование речного стока. – Л.: Гидрометеиздат, 1972. – 191 с.
- 66 Кучмент Л.С. Моделирование процессов формирования речного стока. – Л.: Гидрометеиздат. – 1980. – 143 с.
- 67 Бураков Д.А. Основы гидрологических прогнозов объема и максимума весеннего половодья в лесной зоне Западно–Сибирской равнины // Вопросы географии Сибири. – Томск: Изд-во Томского ун-та, 1978. – С. 3–49.
- 68 Раткович Д.Я. Многолетние колебания речного стока. – Л.: Гидрометеиздат, 1976. – 225 с.
- 69 Раткович Д.Я., Болгов М.В. Стохастические модели колебаний составляющих водного баланса речного бассейна. – М.: Институт водных проблем РАН, 1997. – 262 с.
- 70 Игнатова А. В. Информационное моделирование в гидрологии (на примере разработки моделей формирования и рационального использования водных ресурсов Ангаро–Байкальского бассейна): автореф. дис. ... докт. геогр. наук: 25.00.27. – Иркутск, 2006. – 42 с.

- 71 Долгоносова Б.М. Нелинейная динамика экологических и гидрологических процессов. – М.: Либроком, 2009. – 440 с.
- 72 Методические рекомендации по определению расчетных гидрологических характеристик при наличии данных гидрометрических наблюдений. – Нижний Новгород: Вектор – ТиС, 2007. – 134 с.
- 73 Методические рекомендации по определению расчетных гидрологических характеристик при отсутствии данных гидрометрических наблюдений. – С-П: Нестор–История, 2009. – 193 с.
- 74 Лаврентьева П.Ф., Лаврентьева Л.Д. Водные ресурсы Казахстана // Физическая география частей света. – М.: Учпедгиздат, 1961. – 588 с.
- 75 Теплякова И.Н., Лаврентьева П.Ф., Абдильдина С.А. Водные ресурсы Казахстана и их использование (аналитический обзор) – Алма-Ата: КазНИИТИ, 1978. – 78 с.
- 76 Соседов И.С. Водный баланс и водные ресурсы северного склона Джунгарского Алатау – Алма-Ата: Наука, 1984. – 150 с.,
- 77 Гидрологические и водохозяйственные аспекты Или-Балкашской проблемы. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 310 с.
- 78 Щеглова О.П. О закономерностях формирования и методе расчета стока в горных бассейнах // Известия АН СССР. Серия география – 1969. – Вып.3. – С.102-110;
- 79 Беркалиев З.Т. Гидрологические основы водохозяйственного использования р. Или / З.Т. Беркалиев. – Алма-Ата: Казгосиздат, 1960. – 148 с.
- 80 Литовченко А.Ф. К вопросу о питании рек Заилийского Алатау // Тр.ин-та КазНИГМИ. – Алма-Ата, 1963. – Вып.18. – 120 с.
- 81 Соседов И.С. Методика территориальных водно-балансовых обобщений в горах – Алма-Ата: Наука КазССР, 1976. – 154 с.
- 82 Емельянов Л.А. Формирование рек «Карасу» восточной части левобережья Илийской долины // Биология и география. – Алма-Ата: Изд. МВиССО КазССР, 1970. – Вып.5. – С. 219-229.
- 83 Гальперин Р.И. Внутривековая цикличность гидрометеорологических характеристик на востоке Казахстана // Доклады и сообщения. – Алма-Ата: Географическое общество КазССР, 1970. – С. 72.
- 84 Достаев Ж.Д. Трансформация стока рек северного склона Заилийского Алатау: автореф. дис. ... канд. геогр. наук: 11.00.07. – Л., 1990. – 31 с.
- 85 Мазур Л.П. Расчет ледникового стока в условиях Заилийского Алатау // Вопросы гидрологического и гидравлического режима рек Казахстана. – Алма-Ата: КазГУ, 1993. – С.62-65.
- 86 Математические методы обработки гидрологических данных // М-во образования, культуры и здравоохранения, КазНУ им. Аль-Фараби. – Алматы: Қазақ ун-ті, 1998. – 166 с.
- 87 Гальперин Р.И., Молдахметов М.М. Проблема оценки водных ресурсов // Актуальные проблемы геосистем аридных территорий. – Алматы: КазНУ, 2003. – С. 41-46.

- 88 Гальперин Р.И., Достай Ж.Д. Вопросы совершенствования гидрологических расчетов и прогнозов для управления водными ресурсами // М-лы меж. науч–прик. конф. Географические проблемы устойчивого развития: Теория и практика посв. 70–летию Института географии. – Алматы, 2008. – С. 214-225;
- 89 Алимкулов С.К. Алақөл алабы су ресурстарының қалыптасуы және пайдаланылуы. География ғылымдарының кандидаты ғылыми дәрежесін алу үшін дайыдалған диссертация: 25.00.27. – Алматы, 2009. – 144 б.
- 90 Отчет о НИР «Водная безопасность республики Казахстан: геопространственная информационная система «Водные ресурсы Казахстана и их использование», часть 3 «Ресурсы речного стока: ретроспективное и перспективное состояние (промежуточный) / рук. Ж.Д. Достай – Алматы: ТОО Институт географии, 2015. – 595 с.
- 91 Пособие по определению расчётных гидрологических характеристик. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 448 с.
- 92 Рекомендации по статистическим методам анализа однородности пространственно-временных колебаний речного стока. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 78 с.
- 93 СНиП 2.01.14-83. Определение расчетных гидрологических характеристик. – М.: Стройиздат, 1983. – 36 с.
- 94 СП 33-101-2003. Определение основных расчетных гидрологических характеристик. – М.: Госстрой, 2004. – 70 с.
- 95 Давлетгалиев С.К. Кривые распределения стока: учебное пособие. – Алматы: КазГУ, 1992. – 100 с.
- 96 Рождественский, А.В. Оценка точности кривых распределения гидрологических характеристик. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 269 с.
- 97 Отчет о НИР по программе «Научно-технологическое обоснование по рациональному использованию водных ресурсов при увеличении площадей регулярного и лиманного орошения по всем водохозяйственным бассейнам Республики Казахстан до 2021 года», по мероприятию «Оценка и прогноз ежегодно возобновляемых водных ресурсов возможных к использованию для целей орошения по водохозяйственным бассейнам Республики Казахстан» (промежуточный) / рук. Медеу А.Р. – Алматы: ТОО Институт географии, 2019. – 147 с.
- 98 Коронкевича Н.И. и др. Антропогенные воздействия на водные ресурсы России и сопредельных государств в конце XX столетия. – М.: Наука, 2003. – 367 с.
- 99 Воскресенский К.П., Соколов А.А., Шикломанов И.А. Ресурсы поверхностных вод СССР и их изменение под влиянием хозяйственной деятельности // Водные ресурсы. – 1974. – № 2. – 33-58.
- 100 Водогрецкий В.Е. Влияние агролесомелиоративных мероприятий на сток рек и методика его расчета // Труды ГГИ. – 1974. – Вып. 221. – С. 47-104.
- 101 Водогрецкий В.Е. Влияние агролесомелиораций на годовой на сток. – Л.: Гидрометеиздат, 1979. – 184 с.

- 102 Шикломанов И.А. Влияние хозяйственной деятельности на водные ресурсы и гидрологический режим. – Обнинск, 1976. – 110 с.
- 103 Шикломанов И.А. Влияние хозяйственной деятельности на речной сток. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 335 с.
- 104 Shiklomanov I.A. Water resources as a challenges of the twenty-first century. Tenth WMO lecture / WMO. – 2004. – №. 959. – P. 13-146.
- 105 Алимкулов С.К., Турсунова А.А., Сапарова А.А. Ресурсы речного стока Казахстана в условиях климатических и антропогенных изменений // Гидрометеорология и экология. – Алматы, 2021. №1 – С. 59-71.
- 106 Никаноров А.М. Гидрохимия – Л.: Гидрометеиздат, 1989. –351 с.
- 107 Алекин О.А. Общая гидрохимия. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1948. – 186 с.
- 108 Алекин О.А. Основы гидрохимии. – Л.: Гидрометеиздат, 1970. – 444 с.
- 109 Методические рекомендации по формализованной комплексной оценке качества поверхностных и морских вод по гидрохимическим показателям. М., 1988. – 7 с.
- 110 ГОСТ 17.1.1.01-77 «Охрана природы. Гидросфера. Использование и охрана вод. Основные термины и определения». Издательство стандартов, 1982.
- 111 Об утверждении Санитарных правил «Санитарно-эпидемиологические требования к водоемким объектам, местам водозабора для хозяйственно-питьевых целей, хозяйственно-питьевому водоснабжению и местам культурно-бытового водопользования и безопасности водных объектов» [Электронный ресурс]. – URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V1500010774> (дата обращения 28.01.2022)
- 112 Бурлибаев М.Ж., Муртазин Е.Ж., Базарбаев С.К. и др. Современное состояние загрязнения основных водотоков Казахстана ионами тяжелых металлов. – Алматы: Изд-во «Каганат», 2002. – 256 с.
- 113 Бурлибаев М.Ж., Муртазин Е.Ж., Базарбаев С.К. и др. Биогенные вещества в основных водотоках Казахстана. – Алматы, Изд-во: «Каганат», 2003. – 723 с.
- 114 Бурлибаев М.Ж. Проблемы оценки качества вод трансграничных рек и принципы экологического нормирования стока // Гидрометеорология и экология. –. 2005. – №2. – С. 101-119.
- 115 Бурлибаев М.Ж., Кайдарова Р.К. и др. Сборник нормативно-методических документов по разработке нормативов предельно допустимых вредных воздействий на поверхностные водные объекты. – Астана – Алматы: КВР МСХ РК. – 2007. – 76 с.
- 116 Бурлибаев М.Ж., Бурлибаева Д.М. Качество поверхностных вод и принципы экологического нормирования // Гидрометеорология и экология. –. 2011. – №1. – С. 119-140.
- 117 Бурлибаев М.Ж., Бурлибаева Д.М. Методические рекомендации по комплексной оценке качества поверхностных вод по гидрохимическим показателям. – Астана: МООС РК; ИП «Волкова Е.В.», 2012. – 84 с.

118 Бурлибаев М.Ж., Бурлибаева Д.М. Методические указания по организации и функционированию подсистемы мониторинга состояния трансграничных поверхностных вод Казахстана. – Астана: МООС РК; ИП «Волкова Е.В.», 2012. – 139 с.

119 Бурлибаев М.Ж., Дюсенова Ж.А., Линник А.С., Смирнова Д.А., Бурлибаева В.Н., Орлова И.В., Марынич О.В., Стогова Л.Л. Некоторые аспекты гидроэкологических проблем Казахстана: сборник научных трудов КАПЭ. – Алматы: «Қағанат», 2018. – 488 с.

120 РД 52.24.643-2002: Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям

121 Разработка научно-прикладных основ обеспечения водной безопасности Республики Казахстан в трансграничном Арало-Сырдаринском бассейне до 2050 г., по подпрограмме: «Ресурсы речного стока трансграничного бассейна реки Сырдария», по заданию: «Качество водных ресурсов в трансграничном Арало-Сырдаринском бассейне»: отчет о НИР (заключительный)/ АО «Институт географии и водной безопасности Книга 4»; рук. Медеу А.Р. – Алматы, 2022. – 139 с. – № ГР 012021РК013.

122 Джумагулов А.А., Николаенко А.Ю., Мирхашимов И.Х. Стандарты и нормы качества вод в Республике Казахстан. – Алматы: ОО «OST-XXI век», 2009. – 44 с.

123 Портал знаний о водных ресурсах и экологии Центральной Азии. – URL: <http://www.cawater-info.net>.

124 ЕЭК ООН Согласование использования водных ресурсов в трансграничных бассейнах: анализ системы взаимосвязей «вода-продовольствие-энергия-экосистемы» в бассейне р. Сырдарья (расположенном на территории Казахстана, Кыргызстана, Таджикистана и Узбекистана) ООН. Нью-Йорк и Женева, 2017. – 38 с.

125 Алимкулов С.К., Турсунова А.А., Сапарова А.А., Загидуллина А.Р. Водные ресурсы речного стока южных регионов Казахстана: ретроспективное состояние, закономерности распределения // Матер. междунар. науч.-практ. конф. «Водные ресурсы Центральной Азии и их использование», посвященной подведению итогов объявленного ООН десятилетия «Вода для жизни». – Алматы, 2016. – С. 218–226.

126 Достай Ж.Д., Алимкулов С.К., Сапарова А.А., Мырзахметов А.Б., Баспакова Г.Р. Оценка возобновляемых водных ресурсов казахстанской части бассейна реки Сырдария // Матер. междунар. науч.-практ. конф. «Водные ресурсы Центральной Азии и их использование», посвященной подведению итогов объявленного ООН десятилетия «Вода для жизни». – Алматы, 2016. – С. 310–317.

127 Молдабеков Б., Мандычев А., Усубалиев Р., Шабунин А., Осмонов А., Азисов Э., Калашникова О., Подрезова Ю., Шайдыдаева Н. Водные ресурсы Кыргызстана в условиях изменения климата // Матер. междунар. науч.-практ. конф. «Водные ресурсы Центральной Азии и их использование», посвященной подведению итогов объявленного ООН десятилетия «Вода для жизни». – Алматы, 2016. – С. 352–359.

128 Мухаббатов Х.М. Проблемы формирования и использования водных ресурсов Таджикистана // Матер. междунар. науч.-практ. конф. «Водные ресурсы Центральной Азии и их использование», посвященной подведению итогов объявленного ООН десятилетия «Вода для жизни». – Алматы, 2016. – С. 27–31.

129 Хамраев Ш.Р., Рахимов Ш.Х. Управление водными ресурсами Республики Узбекистан с целью повышения их продуктивности / Матер. междунар. науч.-практ. конф. «Водные ресурсы Центральной Азии и их использование», посвященной подведению итогов объявленного ООН десятилетия «Вода для жизни». – Алматы, 2016. – С. 41–48.

130 Мавлонов А.А., Абдуллаев Б.Д. Водные ресурсы Узбекистана и их использование: Современное состояние и перспективы / Матер. междунар. науч.-практ. конф. «Водные ресурсы Центральной Азии и их использование», посвященной подведению итогов объявленного ООН десятилетия «Вода для жизни». – Алматы, 2016. – С. 348–351.

131 Схема комплексного использования водных ресурсов бассейна Аральского моря. Т.1. Сводная записка. Средазгипроводхлопок. – Ташкент, 1973.

132 Турсунов А.А. От Арала до Лобнора (Гидроэкология бессточных бассейнов Центральной Азии). – Алматы: ТОО «Верена», 2002. – 384 с.

133 Ибатуллин С. Проблемы бассейна Аральского моря и значение регионального сотрудничества. МФСА
<https://unece.org/fileadmin/DAM/SPECA/documents/ecf/2010/AralSea.pdf>

134 Информационный бюллетень. Современные проблемы Арало-Сырдарьинского бассейна. – Кызылорда, 2006. – 255 с.

135 Бассейновое водохозяйственное Объединение «Сырдарья». – Ташкент, 2017. – 10 с.

136 Зайков Б.Д. Современный и будущий баланс Аральского моря. Тр. НИУ ГМС, сер. IV, вып. 39, 1946

137 Ильин И.А. Водные ресурсы Ферганской долины. – Л.: Гидрометеиздат, 1959. – 247 с.

138 Большаков М.Н., Шпак В.Г. Водноэнергетические ресурсы Киргизской ССР. – Фрунзе.: Изд-во Акад. Наук Киргиз. ССР, 1959. – Вып. 6 (XI). – 226 с.

139 Калачев Н. С., Лаврентьева Л. Д., Водоэнергетический кадастр рек Казахской ССР, А.-А., 1965. – 49 с.

140 Воскресенский К.П. Норма и изменчивость годового стока рек СССР. – Л.: Гидрометеиздат, 1962. – 552 с.

141 Закатов Е.П. Средний годовой сток рек Киргизии // Сб. научных работ аспирантов Воронежского ун-та, Вып. 2. – 1965.

142 Сикан А.В. Методы статистической обработки гидрометеорологической информации. – СПб.: РГГМУ, 2007. – 279 с.

143 Рождественский А.В., Ежов А.В., Сахарюк А.В. Оценка точности гидрологических расчетов. – Л.: Гидрометеиздат, 1990. – 275 с.

- 144 Владимирова А.М. Гидрологические расчеты. – Л.: Гидрометеиздат, 1990. – 360 с.
- 145 Горошков И.Ф. Гидрологические расчеты. – Л.: Гидрометеиздат, 1979. – 430 с.
- 146 Схема комплексного использования и охраны водных ресурсов бассейна р. Сырдарья с притоками. Том I. Книга 1. Сводная записка. – Алматы, 2008 – 156 с.
- 147 Арал: вчера и сегодня. Проблемы и перспективы Аральского кризиса. Фотоальбом, Алматы, МФСА, 1997. – 128 с.
- 148 Анализ стоковых рядов рек Сырдарья, Амударья, и модели управления уровенным режимом Аральского моря. – Алматы, 2004. – 196 с.
- 149 Годовой отчет Арало-Сырдарьинской бассейновой инспекции по регулированию использования и охране водных ресурсов за 2019 год. – Кызылорда, 2020 – 32 с.
- 150 Схема комплексного использования и охраны водных ресурсов бассейна р. Сырдарья с притоками. Том III. Использование водных ресурсов, водохозяйственные балансы. Мероприятия. Книга 6. Водохозяйственные расчеты и балансы – Алматы, 2008 – 41 с.
- 151 Схема комплексного использования водных ресурсов бассейна р. Сырдарья. Кн. 5. Современное водное хозяйство и баланс водных ресурсов. – Ташкент, 1970.
- 152 БВО «Сырдарья», ИС CAREWIB, Ирригация Узбекистана, Том IV. Технический прогресс в ирригации. – 1981.
- 153 Саулос Смалис О действии региональному сотрудничеству по управлению трансграничными реками – одна из важнейших задач ОБСЕ в Средней Азии // 2-я подготовительная конференция к 15-му Экономическому форуму ОБСЕ / г. Сарагосса (12-13 марта 2007 г.). <https://www.osce.org/files/f/documents/f/2/24516.pdf>
- 154 Проблемы бассейна Аральского моря. Исследование, проекты, предложения. – Ташкент, 1998. – 75 с.
- 155 Хамидов М.Х. Управление водными ресурсами реки Сырдарья и экологические последствия от изменения естественного режима работы реки БВО Сырдарья. – Ташкент, 2014. – 25 с.
- 156 Годовой отчет Арало-Сырдарьинской бассейновой инспекции по регулированию использования и охране водных ресурсов за 2018 год. – Кызылорда, 2019.
- 157 Ибатуллин С.Р., Балгабаев Н.Н., Мирсаитов Р.Г., Мухамеджанова С.Н. Водные ресурсы Казахстана: оценка, прогноз, управление. Орошаемое земледелие Казахстана: состояние и перспективы. – Алматы, 2012. – Т. X. – 366 с.
- 158 Бурлибаев М.Ж., Фащевский Б.В., Опп К., Бурлибаева Д.М., Кайдарова Р.К., Вагапов А.Р. Научные основы нормирования экологического стока рек Казахстана. – Алматы: Издательство «Қағанат», 2014. – 408 с.
- 159 Comprehensive Assessment of the World. Report prepared for the 5th Session of the UN Commission on Sustainable Development. Stockholm. UN/World

Meteorological Organization. Stockholm Environment Institute

160 Сапарова А.А., Әлімқұлов С.Қ. Арал-Сырдария су шаруашылық алабындағы су ресурстарының қазіргі жағдайы // Вопросы географии и геоэкологии. – Алматы, 2020. – №3. – С. 24-32.

161 Кузнецов В. И. Об изменении стока реки Сырдарья в связи с развитием орошения // Метеорология и гидрология. – 1957. – № 7. – С. 17-21.

162 Актарская Т.Н. Влияние орошаемого земледелия на водные ресурсы и водный баланс Сырдарьи // Водные ресурсы. – 1973. – № 6. – С. 49-72.

163 Вольфцун И.Б. Динамика антропогенных и естественных потерь стока Амударьи и Сырдарьи за многолетний период. – 1983. – 151 с.

164 Кипшакбаев Н. Обеспечение экологической безопасности в дельте Сырдарии на основе интегрированного управления водными ресурсами: автореф канд. техн. наук. – Алматы, 2009. – 22 с.

165 Давыдов Л.К. Колебания водоносности рек Средней Азии // Труды Гидрометеорологического отдела Средазмета. – 1929. – Т. I, вып. 2. – С. 5-48.

166 Бурлибаев М.Ж., Достай Ж.Д., Турсунов А.А. Арало-Сырдарьинский бассейн (Гидроэкологические проблемы, вопросы вододеления) – Алматы: Дәуір – 2001. – 180 с.

167 Sanim Bissenbayeva, Jilili Abuduwaili, Dana Shokparova, Asel Saparova Variation in Runoff of the Arys River and Keles River Watersheds (Kazakhstan), as Influenced by Climate Variation and Human Activity. Sustainability 2019, 11(17), 4788; <https://doi.org/10.3390/su11174788> (CiteScore 3,2, процентиль 80, SJR 0,581, Q2).

168 Aisulu Tursunova, Ahmetkal Medeu, Sayat Alimkulov, Assel Saparova, Gauhar Baspakova Water resources of Kazakhstan in conditions of uncertainty. Journal of Water and Land Development, 2022, No 54 (VII–IX), Pages 138-149, <https://doi.org/10.24425/jwld.2022.141565> (CiteScore 1,9, процентиль 56, SJR 0,28, Q2).

169 Bissenbayeva S., Abuduwaili J., Saparova A., Ahmed T. Long-term variations in runoff of the Syr Darya River Basin under climate change and human activities. Journal of Arid Land Volume 13, Issue 1, January 2021, Pages 56-70; <https://doi.org/10.1007/s40333-021-0050-0> (CiteScore 3,3, процентиль 70, SJR 0,661, Q2).

170 Алимкулов С.К., Турсунова А.А., Сапарова А.А. Ресурсы речного стока Казахстана в условиях климатических и антропогенных изменений // Сборник Международной научно-практической конференции «Управление водными ресурсами в условиях глобализации», посвященной 105-летию со дня рождения профессора Тажибаева Л.Е. 11-12 марта 2021 г. Алматы, Республика Казахстан. – С. 110-118.

171 Морозов П.Н. Подземный сток и методы его определения (учебное пособие). – Л: Изд-во ЛГМИ, 1975. – 61 с.

172 Оценка водных ресурсов и руслового баланса р. Сырдарья в пределах Республики Казахстан. – Ташкент – Алматы, 2011. – 52 с.

173 Шиварева С.П., Попова В.П., Л.Н. Никифорова, А.О. Домран Русловой водный баланс р. Сырдарьи от нижнего бьефа Шардаринского

водохранилища до впадения в северное Аральское море // Гидрометеорология и экология. – 2012. – №1. – С. 126–138.

174 Национальный атлас Республики Казахстан. Т. 1: Природные условия и ресурсы / под редакцией д.г.н., проф. Медеу А.Р. – 2-е изд., перераб. и доп. – Алматы, 2010. – 150 с.

175 Никитин А. М. Водоохранилища Средней Азии //Л.: Гидрометеоздат. – 1991. – 163 с.

176 Вуглинский В. С. Водные ресурсы и водный баланс крупных водохранилищ СССР. – Гидрометеоздат, 1991. – 220 с.

177 Видинеева Е., Верещагина Н., Горелкин Н., Рахматова Н. История Айдаро-Арнасайской системы и ее гидрохимических исследований [Электронный ресурс]. – URL: <http://cawater-info.net/syrdarya-knowledge-base/papers/vidineeva-vereshagina-gorelkin-rahmatova.pdf> (дата обращения 01.10.2021).

178 Корниенко В.А., Стародубцев В.М. Изменение ирригационных качеств речных вод и почвенно-мелиоративных условий в низовьях Сырдарьи и пути рационального использования земельно-водных ресурсов // Вестн. АН КазССР. 1989. – С. 45-50

179 Формирование возвратных вод в бассейне р. Сырдарья. – URL: <http://www.cawater-info.net/pdf/dukhovny-et-al-1984.pdf> (дата обращения 10.07.2022)

180 Якубов Х.Э., Якубов М.А., Якубов Ш.Х. Коллекторно-дренажный сток Центральной Азии и оценка его использования на орошения. Ташкент, 2011 – 278 с.

181 Бурлибаев М.Ж., Сапарова А.А. Особенности минерализации казахстанской части реки Сырдарья // Гидрометеорология и экология. – Алматы, 2022. №1 – С. 115-128.

182 Разработка научно-прикладных основ обеспечения водной безопасности Республики Казахстан в трансграничном Арало-Сырдарьинском бассейне до 2050 г., по подпрограмме: «Ресурсы речного стока трансграничного бассейна реки Сырдарья», по заданию: «Оценка современного состояния ресурсов речного стока»: отчет о НИР (заключительный)/ АО «Институт географии и водной безопасности Книга 3»; рук. Медеу А.Р. – Алматы, 2022. – 139 с. – № ГР 012021РК013.

183 Петин А.Н., Лебедева М.Г., Крымская О.В. Анализ и оценка качества поверхностных вод Учебное пособие. – Белгород: Изд-во БелГУ, 2006. – 252 с.

184 Современное экологическое состояние бассейна озера Балхаш / Под редакцией Т.К. Кудекова. – Алматы: Издательство «Каганат», 2002. – 388 с.

185 Проблемы гидроэкологической устойчивости в бассейне озера Балхаш / Под редакцией А.Б. Смаковой. – Алматы: Издательство «Каганат», 2003. – 584 с.

186 http://www.cawater-info.net/bk/water_law/9_5.htm

187 Фролова Н. Л. Гидрология рек. Антропогенные изменения речного стока. – М.: Изд-во Юрайт, 2018. – 115 с.

188 «Трансграничные бассейны рек Республики Казахстан и Китайской Народной Республики: научно-прикладные основы устойчивого водообеспечения населения и экономики в условиях климатических изменений и хозяйственной деятельности на период до 2050 г.», по подпрограмме: «Ресурсы речного стока в трансграничных бассейнах рек Иле и Ертыс в условиях изменения климата и роста антропогенных нагрузок», по заданию: «Оценка антропогенного изменения ресурсов речного стока Книга 4»: отчет о НИР (промежуточный)/ ТОО Институт географии; рук. Медеу А. Р. – Алматы, 2019. – 112 с. – № ГР 012018РК008. – Инв. № 022019РК011

189 Конвенция по охране и использованию трансграничных водотоков и международных озер (Хельсинки, 1992)

190 Jiao, Y.; Liu, J.; Li, C.; Xu, Z.; Cui, Y. Refined Calculation of Multi-Objective Ecological Flow in Rivers, North China. *Water* 2023, 15, 1003. <https://doi.org/10.3390/w15051003>

191 Сапарова А.А., Бурлибаев М.Ж., Мустафаев Ж.С. Экологический сток и попуск в формате национальной оценки // Изденістер, нәтижелер – Исследования, результаты. №3 (99). – 2023.– С. 259-272, ISSN 2304-3334 DOI: <https://doi.org/10.37884/3-2023/00/27>

192 Вагапова А.Р. Оценка допустимых объемов изъятия стока из рек аридной зоны Казахстана // Гидрометеорология и экология. – Алматы, 2010. №2 – С. 48-54

193 https://ec.europa.eu/environment/water/water-framework/index_en.html

194 <https://www.oecd.org/environment/outreach/partnership-eu-water-initiative-euwi-rus.htm>

195 Экологические попуски. Публикации Тренингового центра МКВК. Выпуск 1, Ташкент 2003. – 76 с. http://cawater-info.net/library/rus/01_eco.pdf

196 Брисбенская декларация [текст]: [принята и провозглашена на международной конференции по экологическому стоку 6 сен. 2007 г.]. – 2007. – 6 сент. – С.7.

197 Дубинина В.Г. Методические основы экологического нормирования безвозвратного изъятия речного стока и установления экологического стока (попуска). – М.: Экономика и информатика, 2001. – 118 с.

198 Дубинина В.Г. Основные положения экологического нормирования безвозвратного изъятия речного стока // Научные аспекты экологических проблем России. Тр. всерос. конф. 13-16 июня 2001 г. Т. 2. Наука. 2002. С. 511-519.

199 Дубинина В.Г. Экологические последствия роста безвозвратного изъятия речного стока и методология его нормирования// 5-я Межд. Конф. «АКВАТЕРРА». Тез. Докл. СПб. 2002а. С. 57-58.

200 Дубинина В.Г., Гаргопа Ю.М., Чебанов М.С., Катунин Д.Н., Филь С.А., Петросьян С.Г. Методические основы экологического нормирования., Москва (Научн.-метод. Комис. по научн. проблемам гидротехники). М.: Изд-во ВАСХНИЛ. 1991. С. 165-175.

201 Дубинина В.Г., Косолапов А.Е., Коронкевич Н.И., Чебанов М.С. Методические указания по нормированию допустимого безвозвратного

изъятия речного стока и установлению экологического стока (попуска) по Государственному контракту № М-08-18 от 16 мая 2008 г. Федеральное государственное учреждение «Межведомственная ихтиологическая комиссия». М., 2008. – 40 с.

202 Дубинина В.Г., Косолапов А.Е., Коронкевич, Н.И., Чебанов М.С., Скачедуб Е.А. Методические подходы к экологическому нормированию безвозвратного изъятия речного стока и установлению экологического стока (попуска) // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2009. № 3. С. 26–61.

203 Дубинина В.Г. Гидрологический режим пойменных нерестилищ Нижнего Дона и некоторые перспективы их рыбохозяйственного использования // Изв. СКНЦВШ. Сер. Ест. Наук. Вып. 1. 1973. С. 84-88

204 Павлов Д.С., Катунин Д.Н., Алехина Р.П., Власенко А.Д., Дубинина В.Г., Сидорова М.А. Требования рыбного хозяйства к объему весенних попуском в дельту Волги. Рыбное хоз-во. № 9. 1989. М.: «Агропромиздат». С. 29-32

205 Региональный отчет «Распределение трансграничных водных ресурсов. Экологический сток – основа сохранения водных экосистем (Российская Федерация)». Отчет по договору на оказание услуг №70/19 – КАРЕ. Москва, 2020 г. – 37 с.

206 Дубинина В.Г., Косолапов А.Е., Коронкевич Н.И., Никитина О.И., Чебанов М.С. Актуализация методических указаний по нормированию допустимого безвозвратного изъятия речного стока и установлению экологического стока для сохранения водных экосистем // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2022. № 2. С. 16-26. DOI: 10.35567/19994508_2022_2_2.

207 Фащевский Б.В., Бурлибаев М.Ж., Походня Г.В., Шулика Л.Г. Ресурсы экологического и свободного речного стока Московской области // Проблемы водоснабжения Москвы и Московской области. М.: АН СССР, 1989. С. 86–88.

208 Шабанов В.В., Маркин В.Н. Метод оценки качества вод и состояния водных экосистем. – М: МГУП, 2009. – 154 с.

209 Вершинская М.Е., Шабанов В.В., Маркин В.Н. Эколого-водохозяйственная оценка водных систем. – М.: Издательство РГАУ-МСХА, 2016. – с.148.

210 Шабанов В.В., Маркин В.Н. Метод оценки качества вод и состояния водных экосистем в схемах КИОВР. – М.: Москов. Гос. Ун-т. Природообустройства – 2007. – 81с.

211 Фащевский Б.В., Бурлибаев М.Ж., Опп К., Бурлибаева Д.М. О концепции научного обоснования методики нормирования экологического стока и потенциально-свободного стока рек Казахстана // Гидрометеорология и экология. – Алматы, 2012. №4 – С. 66-100.

212 Владимиров А.М., Имамов Ф.А. Принцип оценки экологического стока рек. Вопросы экологии и гидрологические расчеты. Санкт-П. 1994. – Вып. 116. – С. 4-7.

213 Вольчек А.А., Мешик О.П., Шешко Н.Н. Способы оценки величины экологического стока на примере р. Ясельда // Здоровая окружающая среда – основа безопасности регионов: материалы первого международного экологического форума в Рязани, Рязань, 11–13 мая 2017 г. : в 2 т. / под ред.: Е. С. Иванова. – Рязань: ФГБОУ ВО РГТУ, 2017. – Т. 1. – С. 44–59.

214 Ткачев Б.П., Буланов В.И. Малые реки: современное состояние и экологические проблемы. – Новосибирск, 2002. – 114 с.

215 Маркин В.Н. Определение экологически допустимого воздействия на малые реки // Оценка экологически допустимого воздействия на малые реки [Электронный ресурс]. – 2005. – Режим доступа: <http://www.msuee.ru/kmirz/Htmls4/Markin/DopVozd.htm>.]

216 Реймерс Н.Ф. Природопользование: Словарь-справочник / Н.Ф. Реймерс. – М.: Мысль, 1990. – 637 с.

217 Фащевский Б.В. Проблемы экологического нормирования водного режима рек. // Мелиорация и водное хозяйство, 1993. № 5.

218 Маркин В.Н., Раткович Л.Д., Соколов С.А. Внутригодичное распределение экологического стока малых рек. М., Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева. 2015 – 77 с.

219 Фащевский Б.В. Экологическое обоснование допустимой степени регулирования речного стока. – Минск: БелНИИНТИ, 1989. - 51 с.

220 СНИП 2.06.15-85 «Инженерная защита территорий от затопления и подтопления». – Москва, 1988. – 24 с.

221 Айдаров И.П., Корольков А.И. Хачатурьян В.Х. Экологические принципы формирования Окружающей среды. -Вроцлав: 1997, 32 с.

222 Айдаров И.П., Венецианов Е.В., Раткович Д.Я. К проблеме экологического возрождения речных бассейнов // Водные ресурсы. – 2002. – Том 29, №2,- С. 240-252.

223 Айдаров И.П., Голованов А.И. Мелиорация земель в России: научное обоснование, современный подход // Мелиорация и водное хозяйство, 2005. - №5. – С. 22-27

224 Ковалевский В.С., Раткович Д.Я. Об экологически допустимых изъятиях речных вод // Водные ресурсы. Январь – февраль. – 2003. — № 1. Том 30. – Наука. С. 117 – 125.

225 Мутафаев Ж.С., Козыкеева А.Т., Мустафаева Л.Ж. Критерии устойчивости экологической системы // Проблемы экологии АПК и охрана окружающей среды. – Алматы. 1998. – Ч. 2. – С. 212-214

226 Ящик А.В. Экологические основы рационального водопользования. –К.: Издательство Генеза. – 1997. – 640 с.

227 Бурлибаева Д.М., Бурлибаев М.Ж. Гидроэкологические основы деления транзитного (поверхностного) стока трансграничных рек Казахстана // «Водные ресурсы Центральной Азии и их использование» – Материалы научно-практической конференции, посвященной подведению итогов объявленного ООН десятилетия «Вода для жизни». Книга 2. – Алматы, 2006. – С. 53-57.

228 Бурлибаев М.Ж., Бурлибаева Д.М. Качество поверхностных вод и принципы экологического нормирования // Гидрометеорология и экология. – 2011. – №1. – С. 119-140.

229 Бурлибаев М.Ж., Фащевский Б.В., Опп К., Бурлибаева Д.М., Кайдарова Р.К., Вагапов А.Р. Научные основы нормирования экологического стока рек Казахстана. – Алматы, Издательство «Каганат». 2014. – 408 с.

230 Бурлибаев М.Ж., Бурлибаева Д.М. Концептуальные основы нормирования экологического и свободного стока рек Казахстана // Водное хозяйство России. 2020. № 5. С. 52–73.

231 Арыстанова А., Козыкеева А.Т., Мустафаев Ж.С. Особенности формирования гидрохимического режима водосбора реки Жайык // Изденістер, нәтижелер – Исследования, результаты. № 4 (76) 2017. С. 243-252 ISSN 2304-334-02 https://izdenister.kaznau.kz/files/full/2017_4.pdf

232 <https://mysl.kazgazeta.kz/news/3239>

233 Иофин З.К. Развитие методологии оценки водного баланса речных бассейнов: Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук, Москва, 2016 – 291 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Таблица А.1 – Гидрологическая изученность Арало-Сырдаринского ВХБ

№ водохозяйс	№ п/п	Река	Наименование поста	Расстояние, км		Водосбор		Период действия		Наблюдения за стоком	
				от устья	от истока	Площадь F, км ²	Ср. высота Н _{ср.} , м	Дата открытия	Дата закрытия	годы	кол. лет
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
01.00.01.01	1	Сырдария	выше устья р. Келес	1723 (1732)		174000 (170000)		1930, 07.058.1976	Действует	1930-1960, 1981-2020	71
	2	Сырдария	НБ Шардаринского вдхр.	1633		174000		25.08.1959	Действует	1965-2020	56
	257	канал Достык	а. Шугыла					01.01.2009	Действует	2009-2020	12
01.00.01.02	31	Келес	а. Жанабазар (с. Янги-Базар)	205	35	292	1240	01.01.1966	01.01.1999	1966-1998	33
	32	Келес	а. Казыгурт (с. Ленинское)	181	68	1580	1050	1955	до 1963г.	1955-58	4
	33	Келес	а. Казыгурт (с. Ленинское)	168		1600		01.07.2002	Действует	2003-2020	18
	34	Келес	а. Акжар (с. Степное)	145	95	1960	990	05.04.1959	01.06.1994	1959-1994	36
	35	Келес	пос. Горный, ниже сброса арыка Рамадан.	132	114	2490	910	1929	1975	1929-1943, 1947-1949, 1951-1965, 1967-1971, 1973-1975	41
	36	Келес	с. Покровское	115		2620		1929	до 1971г.	1929-32, 1935	5
	37	Келес	кишл. Ишанбазар	83		2700		1932	до 1935г.	1932,1933,1935	3
	38	Келес	ниже головы ар. Оймауыт, № 74 а.	45,5		3060		1931	до 1935г.	1931,1932,1935	3
	39	Келес	устье	1,2		3310		16.10.1970	Действует	1971-1975, 1983-2020	43
	40	канал Ошакты	голова					1927			
	41	канал Оймауыт	голова					1936			
01.00.01.03	42	Арыс	а. Турар Рыскулов (с. Ванновка)	344	34	399	1700	26.07.1962	1969	(1963-1969)	7
	43	Арыс	а. Балыкты (с. Балыкчи (клх им. Чапаева))	320	58	915	1310	1956	1962	1956-1962	7
	44	Арыс	с. Балыкчи (б. Казанское)	316	62	970	1260	1926	1933	1926-1933	8

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
50.10.00.10	45	Арыс	а. Жаскешу (с. Корниловка)	326	52	860	2360	01.12.1969	Действует	1971-2020	50
	46	Арыс	с. Маман					1939	1949		
	47	Арыс	а. Жусансай (клх. Юсансай)	240	138	4080	1050	31.08.1955	до 1966	1956-1966	11
	48	Арыс	а. Кольтоган (с. Мамаевка (с. Ермоловка))	192	186	6460	1010	1914	до 1941	1914-1918, 1924-1941	23
	49	Арыс	ж.д. ст. Арыс	126		13100	900	02.01.1927	Действует	1927-2020	94
	50	Арыс	а. Шауильдир	25		14700	830	26.10.1904 (01.07.2007)	(01.08.1998) Действует	1910-1918, 1923-1935, 1942, 1945-1996, 2007- 2011, 2013-2020	84
	51	Жабагылысу	с. Жабагылысу (с. Новониколаевка)	13	25	172	2360	10.11.1926 (25.06.1959)	Действует	1929-2020	92
	52	Кулан	а. Азаттык (с. Азатлык (Ванновка))	6	23	83,0	1110	01.10.1927	01.01.1995	1927-1931, 1936-1945, 1947-1993	62
	53	Кулан	с. Азатлык 1114	1,1	25	99,0	1080	1940	1980	1940-1980	41
	54	Кемербастау II	а. Кемербастау					1957			
	55	Кемербастау I	а. Ельтай					1938			
	56	Кемербастау Па	а. Кемербастау					1938			
	57	Балыктысу	а. Балыкты	0,9	6,7	12,1	690	20.08.1955	01.08.1994	1955-1975, 1977-1994	39
	58	Балыктысу	а. Балыкты, в 6 км к В от селения								
	59	Кокбулак (Улькун-Кокбулак)	а. Пистели	27	25	52,3	1160	1946	1962	1946-1962	17
	60	Кокбулак (Улькун-Кокбулак)	а. Пистели	23		79		01.10.1963	01.01.1995	1964-1994	31
61	Кокбулак (Улькун-Кокбулак)	а. Пистели, в 1 км к СВ от селения	15		76		01.10.1963 (01.01.2001)	Действует	2001-2020	20	
62	Кокбулак (Улькун-Кокбулак)	в 2,5 км от устья	2,5	38	351		1934	1979	1977-1979	3	

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
01.00.01.03	63	Кокбулак (Улькун-Кокбулак)	устье	2,5	38	351	940	1937	1975	1937-1945, 1948-1975	37
	64	Караагашты	в 2,5 км от устья	2,5	26	237	950	1940	до 1980	1940-1945, 1948-1950, 1952-1957, 1959-1975	32
	65	Жыланды	пос. Сазтобе	5,1	14	40,7	840	00.04.1952	1980	1952-1954, 1957, 1959-1980	26
	66	Керейт	а. Керейт (с. Ильинка)	0,2		3,7		1939	до 1980	1971-1980	10
	67	Караунгур	с. Маман	1,3	25	94	840	1934	до 1980	1952-1980	29
	68	Машат (Узын Машат)	а. Кершетас (с. Антоновка), в 0,4 км выше устья р. Кельтемашат и с. Кершетас 441 км2	16,4	43	436	1290	1930	1975	1930-1941, 1945-1947, 1953 1956-1959, 1971-1975	25
	69	Машат	Кершетас (с. Антоновка), в 1 км ниже устья р. Келтемашат	13	45	521	1230				
	70	Машат	а. Кершетас (с. Антоновка).	13,7	47	521	1420	19.08.1974	Действует	1975-2020	46
	71	Машат	с. Томенги Машат	2,0	58	547	1180	1930	1975	1930, 1931, 1941, 1946-1954, 1956, 1957, 1960-1975	30
	72	Ирсу	с. Победа	6,7	12	39,2	2040	00.01.1952	1980	1952-1980	29
	73	Даубаба	устье					1952			
	74	Тобылгыбулак	с. Победа	16	1,0	2,4	1610	1953	1980	1953-1958, 1960-1980	27
	75	Родник Таяксалды	а. Кемербастау	-		-		1952	1980	1971-1980	10
	76	Кельтемашат	с. Кельтемашат	12	5,0	26	900	1954	01.01.1994	1958-1984, 1986-1993	35
	77	Кельтемашат	а. Кершетас (с. Антоновка 2271)	2,0	15	60,5	890	1954	01.01.1994	1956-1969, 1971-1984, 1986-1993	36
	78	Кельтемашат	головной, № 2271 а*	-		60,5	890	1975	1980	1975-1980	6
	79	Сарыбулак	с. Маман	7,0	31	115	840	1938 (1958)	1980	1942-44, 1952-1980	32
	80	Кайнарбулак	с. Карабулак	12	6,0	10,8	560	1938	1980	1948-1980	33

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
01.00.01.03	81	Карасу	с. Карабулак	4,0	2,0	2,36	520	1938	1980	1971-1980	10	
	82	Кутырган	с. Кызыласкер	1,5	36	159	750	1934	1980	1953-1956, 1959-1980	26	
	83	Аксу	а. Саркырама (с. Подгорное)	52	81	462	2530	05.06.1926 (01.01.1961)	Действует	1926-1942, 1945-2020	93	
	84	Аксу	а. Колькент (Кызылкишлак).	10	123	744	1870	01.08.1955 (13.03.2008)	(01.07.1994), Действует	1955-1994, 2008-2020	52	
	85	Аксу	сброс в р. Арыс	-		-		1928	1980	1976-1980	5	
	86	Аксу	устье	0,2		765		1928	1975	1928-1931, 1934,1937-1942, 1945, 1947-1975	41	
	87	Аксу	с. Самсоновка	47	86	545	2300	1913	1922	1913-1922	10	
	88	Катыбай-Карасу	устье	0,2	123	17,6	890	1928	1929	1928-1929	2	
	89	Актаната	с. Чиркино	0,1	4,8	5,4	500	1929	1930	1929-1930	2	
	90	родник Акбай-Карасу	а. Аксуабат (клх. им. Жданова), № 1454.					1948	1980	1971-1980	10	
	91	родник Кулькент	с. Чиркино					1942	1980	1971-1980	10	
	92	Кумышбулак	а. Кумышбулак					1935				
	93	Кумышбулак	устье	4,2	33	167		1935	1980	1971-1980	10	
	94	Шубарсу	а. Шубар	2,7	27	271		(1935) 01.09.1976 (15.02.2008)	(01.07.1999) Действует	1971-75, 1977-1999, 2008-2020	41	
	95	Боралдай	с. Васильевка, в 1 км ниже устья р. Канай	114	16	114	1170	01.01.1958 (25.05.2005)	Действует	1958-1998, 2005-2020	57	
	96	Боралдай	с. Васильевка, в 3 км ниже устья р. Канай	114	16	122	1160	1956	1957	1956-1957	2	
	97	Боралдай	а. Маятас (с. Михайловка)	80	50	276	1140	1926	1931	1926, 1927, 1929-1931	5	
	98	Боралдай	клх. им. Карла Маркса	59	71	1320	1050	01.02.1925	01.01.1963	1929-1942, 1945-1962	32	
	99	Боралдай	а. Каратас	53		1380		1963	1964	1963-1964	2	
100	Боралдай	с. Боралдай (свх. им. XXII партсъезда)	42	88	1460	1020	05.03.1965	Действует	1965-2020	56		
101	Боралдай	а. Шубар	0,8	129	1760	920	1927	1932	1927-1932	6		
102	Белбулак	с. Кузьминка					1950	1963				
103	Кенсай	с. Новоивановка					1948					
104	Жансай	с. Новоивановка					1950					

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0010.00.10	105	Камлысай	с. Новоивановка					1940			
	106	Кольтогансай	с. Алексеевка					1947			
	107	Асылбексай	с. Васильевка					1948			
	108	Кошкарата (Кичик- Боролдай)	с. Кошкарата (Михайловка)	36	42	556	1090	1926	1931	1926- 1931	6
	109	Кошкарата (Кичик- Боролдай)	близ устья	4,5	73	892	970	1925	1932	1925-1932	8
	110	Канай-Каратас	с. Васильевка					1950			
	111	Шубарагаш	с. Шубарагаш	10	3,0	6,64	1180	1952	1962	1952-1954, 1958, 1960- 1962	7
	112	Сарыбайбулак	с. Шубарагаш					1948			
	113	Шанкалак I	выше устья р. Жумасай	2,2	11	31,1	1120	1951	1970	1951-1954, 1956-1970	19
	114	Шанкалак II	с. Кантемировка					1950			
	115	Бургунды	с. Тесиктас					1950			
	116	Кызтуган	с. Кызтуган					1950			
	117	Талдыбулак	с. Семидворка	12	4,0	12,1	1120	1952	1970	1952-1954, 1956-1970	18
	118	Бадам	с. Первомайское	121	24	101	1960	26.05.1926	01.01.1947	1930-1941, 1945-47	15
	119	Бадам	а. Маятас (с. Михайловка)	94	51	586	1220	01.01.1927	01.01.2000	1927, 1930-1931, 1937- 1942, 1947-1951, 1953, 1958, 1966-1999	50
120	Бадам	г. Шымкент	72	73	2120	1420	1927	1931	1927-1931	5	
121	Бадам	в 2 км выше устья р. Сайрам	65			1970		1953			
122	Бадам	пост Кызылджар	65	80		1970	1090	1953 (01.06.2006)	(01.01.1995) Действует	1953-1977, 1979-1991, 1993, 1994, 2006-2020	53
123	Бадам	а. Караспан (с. Обручевка)	5	140	4370	970	11.03.1924 (01.09.1976, 2012)	Действует	1924-1934, 1944-1955, 1957-1968, 1970-1975, 1977-2020	85	
124	Ермекбадам	кпх. им. Карла Маркса	21	8,0	17,5	1880	14.02.1946	01.07.1998	1947-1998	52	
125	Ермекбадам	а. Достык (с. Александровка)	1,0	28	192	1530		1928	1932	1928,1931,1932	3

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
01.00.01.03	126	Акмозейсай (Акмешит)	а. Екпинды (с. Скрепнево), в 0,5 км выше устья р. Бургулюк	3,1		41,7	2110	1936	1980	1941-1943, 1947-1958, 1960-1980	36
	127	Акмозейсай (Акмешит)	а. Екпинды (с. Скрепнево), в 0,6 км нижеустья р. Бургулюк	2,0	19	76,1	2110	01.01.1956	01.01.1995	1956-1960, 1963-1993	36
	128	Акмозейсай (Акмешит)	а. Екпинды (с. Кыргызбай)	1,0	21	80,1	1790	1929	1932	1929-1932	4
	129	Бургулюк	а. Бирколик (с. Скрепнево) 367	1,0	17	31,5	1850	1937	01.01.1995	1937-1943, 1947-1954, 1956-1958, 1960-1971, 1973-1993	52
	130	Ленгерсай	а. Достык (с. Александровка)					1936			
	131	Ленгерсай	с. Ленгер	5,0		54,4	990	1929	1931	1929-1931	3
	132	Ленгерсай	устье	1,0		63		1936	1980	1937-1941, 1947-1949, 1951-1960, 1962-1980	37
	133	Сайтогыз	а. Жанакуш (а. Тогыз), № 11	9,8	29	97,3	1220	1927	1980	1933, 1936-1939, 1941, 1942, 1947-1955, 1957-1966, 1968-1980	39
	134	Сайтогыз	а. Каратас	2,0	37	121	1060	04.01.1927	1932	1927-1932	6
	135	Сайтогыз	а. Каратас, №556	0,6	38	128	1120	01.01.1927	1980	1937-1944, 1946-1977, 1979	41
	136	Сай-Ащи	а. Тогыс	0,1	3,2	3,2	800	1927	1934	1927-1934	8
	137	Сайрам	лесничество.	64		102		01.12.1976	01.10.1988	1977-1988	12
	138	Сайрам	с. Колосовка	49		320		1926	1927	1926-1927	2
	139	Сайрам	а. Тасарык (с. Блинково)	42	34	468	2200	12.05.1926 (08.10.1930)	Действует	1926-2020	95
	140	Сарыайгыр	зимовье.	3,2		66,7		01.12.1976	01.11.1988	1977-1988	12
	141	Каскасу	с. Каскасу	0,4	12	17,5	1500	01.10.1946	01.01.1992	1951-1990	40
	142	Жоншакты	а. Керегетас	2,0	0,6	3,2	1520	1940	1980	1954, 1958-1980	24
143	Балдырбек	у кордана Госзаповедника	32	16	86	2850	23.11.1958	Действует	1959-2020	62	
144	Балдырбек	с. Сахаровка	21	27	191	2470	14.05.1926	01.01.2000	1926-1927, 1931-1934, 1936-1999	70	
145	Улкен Майбулак	клх. им. Жамбыла	-		-		1956	1980	1971-77, 1979, 1980	9	
146	Алгалы	с. Бесбала					1963				

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
01.00.01.03	147	Текесу	свх. им. Абая	28	2,0	4,38	1340	1937	1980	1941-1942, 1946, 1947, 1949-1969, 1971-1973, 1975, 1980	30
	148	Кошкарата	г. Шымкент	6				1926	1961	1926-28, 1930- 32, 1934, 1941-1961	28
	149	р. (Карасу)	г. Шымкент	0,3				1950	1979	1971-1975, 1977-1979	8
	150	Сасыксай	с. Сасык	30	18	124	710	25.09.1962	01.04.1992	1962-1991	30
	151	Буржар	сброс в Бадам	0,9	56	185	370	1935	01.01.1995	1941, 1943-1950, 1952-1955, 1957-1967, 1969-1983, 1985-1988, 1990-1993	47
	152	Боген	с. Екпинды (Красный мост)	115	49	2040	660	01.08.1935	Действует	1935-1942, 1946-2004, 2006-2020	82
	153	Каттабоген	а. Жарыкбас (с. Леонтьевка), в 0,1 км выше устья р.Алмалы	40,2	20	268	1020	15.03.1931	Действует	1931-1942, 1944-2020	89
	154	Каттабоген	аул Жарыкбас (с. Леонтьевка), в 0,2 км выше устья р.Алмалы	39,9		353		1930	1930	1930	1
	155	Алмалы	с. Алмалы (Орловка), в 0,3 км ниже селения)					15.03.1931	31.07.1963		
	156	Алмалы	с. Алмалы (Орловка)	0,3	22	84,2	900	15.03.1931	01.01.1995	1931-1994	64
	157	Балабоген	клх. Туракты					1936			
	158	Бала Боген	с. Байдыбек (Китаевка)	49	21	117	930	1929	1970	1929-1936, 1943-1945, 1948-1950, 1952-1960, 1963-1968, 1970	30
	159	Бала Боген	с. Акбастау (Глинково)	18	52	244	860	1936	01.01.1995	1941-1943, 1946, 1948-1953, 1955, 1958-1994	48
	160	Сасыксай	с. Кенестобе	50	27	104	680	1936	1979	1936-1937, 1939, 1940, 1942, 1949, 1950, 1952-1954, 1956, 1958-1979	33
	161	Шаян	в 3,3 км ниже устья р. Акбет	110	30	485	770	22.11.1947 (01.01.1969)	Действует	1948-1994, 1996-2020	72
162	Шаян	с. Шаян									
163	Арыстанды	свх. Алгабас	60	45	533	620	15.09.1964	Действует	1964-2019	56	

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
01.00.01.03	164	канал	свх Алгабас.					01.01.1969	Действует	1982-2019	38	
	165	Каратас	с. Каратас	7,2	8,0	23,8	800	1947	1961	1947-1949, 1951-1954, 1958-1961	11	
	166	Досан	клх. Досан	5,0	18	55,6	600	1916	1980	1916, 1917, 1926-1932, 1935-1938, 1948-1950, 1952-1956, 1958-1970, 1972, 1973, 1975-1980	42	
	167	Актас	с. Актас №8	32	13	43,6	730	1934	1980	1935-1942, 1948-1953, 1955, 1956, 1958-1980	39	
	168	Актас (Акташсай)	клх Актас	19	26	171	660	1930	1933	1930-1933	4	
	169	Актас	у выхода из гор		11	42	750	1964	1970	1964-1970	7	
	170	Актас	с. Актас, № 9	13	13	26	750	1934	1980	1935-1940, 1948-1953, 1956-1980	37	
	171	Актас (Аюсай)	клх Актас	2,0	24	97,8	650	1930	1932	1930-1932	3	
	172	Кусшы-Каражон	с. Кусшы					1971	1975	1971-1975	5	
	173	Шылбыр	в 3 км ниже устья р. Карабулак	27	22	94,7	800	1941	1980	1941-1943, 1946, 1948-1980	37	
	174	Икансу	рзд. Икансу	37	28	135	930	26.06.1927	01.01.1999	1927-1931, 1935-1943, 1947-1997	65	
	175	Икансу	с. Актобе	14	51	262	760	1936	1980	1971-1975, 1977-1980	9	
	176	Коккиясай	с. Акжар	54		31,4	990	1959	1959	1959	1	
	177	Коккиясай	с. Уюк	37	27	99	980	25.06.1927	1980	1927-1931, 1936-1942, 1948-1980	45	
	178	(Уртас)	обогагительная фабрика Ащысай	1,5		5,8	970					0
	179	Катын-Камал	с. Уюк	4,0	16	58	870	26.02.1931	1980	1941-1943 1945, 1946, 1948-1962, 1964, 1966-1980	36	
	180	Кокбулак	с. Уюк	11	3,0	16,5	620	1936	1980	1971-1980	10	
	181	Самандер	с. Курсай					1938				
182	Газмет	с. Жана Икан	-		-		1950	1980	1971-1980	10		
183	Иткуль	с. Жана Икан	-	4,5	5,88	300	1938	1980	1971-1980	10		
184	Кошкарчик	Жанаталап (клх. Интернационал)	-		-		1938	1980	1971-1980	10		

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
01.00.01.03	185	Суыкбулак	кпх. Актобе	-		-		1949	1980	1971-1980	10
	186	Мырзабай	кпх. Актобе	-		-		1949	1980	1971-1980	10
	187	Кумбулак	с. Шага	-		-		1951	1980	1971-1980	10
	188	Бершин I	с. Тасанак	4,0		-		1940	1980	1971-1980	10
	189	Бершин II	с. Тасанак	2,0		1		1936	1980	1936-1942, 1945, 1946, 1948-1966, 1969-1980	40
	190	Курсай	с. Курсай	38	29	70	830	1941	1980	1941-1943, 1945, 1946, 1948-1962, 1971-1980	30
	191	Шагаозен	выше устья р. Кайнар	6,8	18	68,2	450	1934	1980	1971-1980	10
	192	Шагаозен	с. Шага	1,0		123	440	1934	1934	1934	1
	193	Шокгас	с. Чокатас	3,0		0,32		1936	1980	1971-1980	10
	194	Кайнар	устье	0,4	16	37,4	450	1971	1975	1971-1975	5
	195	Козыбай	с. Шага					1938			
	196	Карашык (Хантагы)	№ 012, в 1,6 км к северо-востоку от горы Кызкорган	80		77		1968	1970	1968-1970	3
	197	Карашык (Хантагы)	№ 11, в 0,75 км к северу от горы Кызкорган	78		99		1968	1970	1968-1971	3
	198	Карашык (Хантагы)	в 3,2 км выше устья р. Биресек	75		146	900	1956	1970	1956-1970	15
	199	Карашык (Хантагы)	№08, в 450 м выше устья р. Биресек	72		152		1968	1970	1968-1970	3
	200	Карашык (Хантагы)	с. Хантагы	71	31	342	950	10.03.1916 (01.01.1952)	Действует	1936-1950, 1952-2020	84
	201	Карашык (Хантагы)	№5, в 9 км выше с. Хантаги			27,5		1969	1970	1969-1970	2
	202	Карашык (Хантагы)	с. Уранкай	55	47	457	820	14.06.1928	1994	1928-1930, 1934, 1955-1994	44
	203	Карашык (Хантагы)	с. Борисовка	18		1080		1936	1979	1976-1979	4
	204	руч. Талдыбулак	№ 09, в 125 м от устья	0,125		28,6		1969	1970	1969-1970	2
	205	Биресек	№ 4 г, в 150 м ниже загона на левом берегу	22		66,4		1969	1970	1969-1971	2
	206	Биресек	№ 39, в 6,8 км от устья	6,8		155		1968	1970	1968-1970	3
	207	Биресек	ниже устье р. Теректи					01.09.1959	1963		

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
01.00.01.03	208	Биресек	в 3 км выше устья					20.02.1956	1963		
	209	Биресек	№ 6, в 1,6 км от устья	1,6		125		1968	1970	1968-1970	3
	210	Биресек	№7, в 1,1 км от устья	1,1		178		1968	1970	1968-1970	3
	211	Торобай	с. Кошата	1,2		3,2		1936	1980	1971-1980	10
	212	Тортколь	ж.-д. ст. Уранкай					1943			
	213	Баялдыр	№ 13, в 2,25 км выше впадения лощины Курсай			38,8		1967	1970	1967-1970	4
	214	Баялдыр	с. Баялдыр, в 2 км ниже устья р. Балаозен №26	32	23	126	1350	1952	1970	1952, 1954, 1957-1970	16
	215	Баялдыр	№ 05, в 0,75 км ниже впадения сухого русла р. Тентексай	27		156		1967	1970	1967-1970	4
	216	Баялдыр	с. Баялдыр №11	20	35	190	1140	1950	1970	1950-1970	21
	217	Баялдыр	с. Баялдыр, № 36	18		214		1956	01.09.1994	1967-1994	28
	218	Баялдыр	с. Баялдыр, № 37	16		230		1963	1970	1963-1970	8
	219	Баялдыр	с. Баялдыр, 2,5 км выше села								
	220	Баялдыр	с. Баялдыр, 1,5 км ниже с. Баялдыр					09.02.1956	1963		
	221	Баялдыр	с. Шымкорган, устье	0,2		315		1957	1980	1971-1980	10
	222	руч. Тюятас	в 200 м от устья	0,2		14,4		1969	1970	1969-1970	2
	223	руч. Баяузень (руч. Балтабай)	в 200 м от устья	0,2		53,8		1969	1970	1969-1970	2
	224	Жарбаскансай	№03, в 325 м ниже впадения руч. Тортбулак			44,7		1968	1970	1968-1970	3
	225	Жарбаскансай	№ 04, в 3,9 км к западу-юго-западу от тригонометрического пункта 904,20м абс.			60,9		1968	1970	1968-1970	3
	226	Жарбаскансай	в 13 км от устья	13		96,1		1963	1970	1963-1970	8
	227	(Кайнар)	с. Атабай					1936	1980	1971-1980	10
228	(Ахунтама)	С. Атабай	0,3		-		1939	1980	1973-1980	8	
229	Шоргам	с. Атабай	-		-		1939	1980	1971-1980	10	
230	Сайсу	с. Атабай					1936	1980	1971-1980	10	

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
01.00.01.03	231	Ермексу	в 0,7 км выше первого водосбора	54		122	1020	10.04.1929	1980	1930, 1931, 1956-1961, 1963-1970, 1978-1980	19
	232	Ермексу	№1г, в 2,8 км к юго-западу от с. Таутума	64		84,8		1968	1970	1968-1970	3
	233	Ермексу	№2г, в 5,2 км к юго-западу от с. Таутума	61		95,6		1968	1970	1968-1970	3
	234	Ермексу	с. Шаштобе	54		122	1020	10.04.1929	1980	1930, 1931, 1956-1961, 1963-1970, 1978-1980	19
	235	Ичарык	с. Атабай	2,3		8,4		1971	1975	1971-1975	5
	236	Шаквабулак	с. Атабай	-		-		1939	1980	1971-1980	10
	237	Алимбулак	г. Туркистан	-		-		1948	1980	1971-1980	10
	238	Шерт	у выхода из гор	39	20	73,5	910	1936	01.01.1995	1936-1940, 1943, 1945-1962, 1964-1994	55
	239	Шерт	с. Шерт	24		166		1931	1931	1931	1
	240	Актобе	в 0,3 км выше устья р. Коштогайсай	68	19	90,2	1050	1949	1975	1949, 1951-1956, 1958-1975	25
	241	Актобе	с. Актобе	51	36	271	910	27.12.1926	01.01.1995	1938, 1943, 1945, 1947, 1949, 1950, 1957-1994	44
	242	Коштогайсай	в 0,3 км от устья	0,3	18	81,4	1040	1948	1979	1948-1967, 1969-1977, 1979	30
	243	Жанакорганозен	с. Коксарай	16		198	990	04.04.1928	1980	1930,1931,1934,1979,1980	5
	244	Батырбай	с. Бабакорган	6,5		-		1936	1980	1971-1980	10
	245	Шорнак	с. Бабакорган	23		-		1936	1980	1971-1980	10
	246	Мес	с. Игилик	28	10	37	430	1936	1980	1938-1940, 1943, 1946, 1948-1967, 1969-1980	37
	247	Ашылган	в 2 км ниже устья р. Жамантас	67		153	760	1959	1962	1959-1962	4
248	Ашылган	с. Майдантал	49	35	270	660	06.12.1926 (08.03.1970)	Действует	1930-34, 1936-2019	89	
249	Куркараунгирсай	в 4,5 км к С от ж.д.	2,1		-		1936	1980	1971-1980	10	
01.00.01.04	3	Сырдария	с. Шардара	1627				1956	1964		0
	4	Сырдария	с. Кожатогай					1969	1970	1969-1970	2
	5	Сырдария	Каракол					1969	1970	1969-1970	2
	6	Сырдария	свх Овцевод					1969	1970	1969-1970	2
	7	Сырдария	свх Туркистан					1969	1970	1969-1970	2

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
01.00.01.04	8	Сырдария	с. Байыркум	1509				01.10.1952 (16.10.1974, 01.08.2007)	(15.05.1989) Действует			
	9	Сырдария	ж.-д. ст. Отырабат (Утрабат)	1347				1951	01.12.1971			
	10	Сырдария	с. Коктобе	1281				12.08.1974	Действует	1974-2020	42	
01.00.01.05	11	Сырдария	ж.-д. ст. Аккум	1140				01.07.1952 (01.11.1970)	15.05.1989			
	12	Сырдария	ж.-д. ст. Томенарык	996		219000		25.10.1913 (01.01.1966)	Действует	1914-1917, 1919, 1920, 1927-1944, 1947-2020	98	
	13	Сырдария	выше головы канала Ново-Солотобинский	850				1932	до 1971г.	1932-34	3	
	14	Сырдария	выше головы канала Жетижолжарма					1946				
	15	Сырдария	рзд. Кергельмес	804				30.12.1961	Действует	1963-1991, 1994-1998, 2000-2020	55	
	16	Сырдария	выше головы канала Илкульжарма					1948				
	17	Сырдария	г. Кызылорда	718				01.05.1910 (01.07.1932)	01.01.1988			0
	250	Тастаксай (Коскургансай)	в 1 км выше устья р. Талдысу	55	21	109	760	1964	1966	1964-1966	3	
	251	Тастаксай (Бешарык)	сопка без названия (Бешарык)	37	39	392	770	1930	1970	1930, 1964-1970	8	
	252	руч. Егизкара	в 1,0 км от устья	1		108		1967	1970	1967-1970	4	
	253	Талдысу	пос. Талдысу (в 3 км выше устья)	3		40,7		1964	1970	1964-1970	7	
254	Жидели (Домба)	в 4 км выше устья р. Жыланды	4	32	163	700	1964	1970	1964-1970	7		
255	Жыланды	в 4 км выше устья	4		224		1967	1970	1967-1970	4		
01.00.01.06	18	Сырдария	п. Тасбогет					01.11.1980	Действует	1981-1997, 2001-2020	37	
	19	Сырдария	ж.-д. ст. Караозек	684				03.11.1913	Действует	1914-1917, 1919- 1920, 1924-1934, 1950- 1998, 2000, 2001, 2004, 2006-2020	84	

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
90.10.00.01.06	20	Сырдария	выше головы канала Айтек					1952			
	21	Сырдария	выше головы канала Теренозек					1940			
	22	Сырдария	с. Жосалы	494				15.02.1961 (1928)	Действует	1928-1934, 1936-1960, 1963-1993, 2009-2020	75
	23	Сырдария	свх. Казалы	292				20.08.1970	15.09.1989	1976-1989	14
	24	Сырдария	ст. Майлыбас	241				15.11.1957	до 1971г.		
	25	Сырдария	г. Казалы	181				28.06.1911	Действует	1912-1922, 1924-1932, 1934-1945, 1947-1992, 1994-2020	105
	26	Сырдария	с. Корлан	156				01.07.1958	20.01.1965		
	27	Сырдария	с. Каратерен					01.01.1995	Действует	1993-2020	29
	28	Сырдария	с. Аманоткель	60				15.05.1989	01.09.1994		
	29	протока Караозек	ж.-д. ст. Караозек	187				03.11.1913 (24.05.1923)	Действует	1914-17, 1919, 1920, 1923-29, 1931-34, 1937- 1941, 1950-98, 2000-2020	91
	30	протока Караозек	с. Жосалы	0.8				31.10.1913 (01.09.2008)	Действует	1914, 1915, 1923-71, 1973, 1977, 1980, 2008- 2020	65
256	Ерубай (Коспа)	в 1 км ниже устья р. Дарбаза			17	188	420	1964	1967	1964-1965, 1967	3

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Таблица Б.1 – Сведения о восстановлении рядов годового стока рек

№ поста по изуч.	Код ВХУ	Река-пост	Река аналог	Коеф. кор., r	Уравнение регрессии	Восстановленные годы
1	2	3	4	5	6	7
1	01.00.01.01	Сырдария - выше устья р. Келес	Сырдария - выше устья р. Келес Q _{v-ix}	0,96	$y = 0,5434x + 212,33$	1930, 1933, 1936
			р. Сырдария - ж.-д. ст. Томенарык	0,97	$y = 1,060x + 80,86$	1956-2019
2		Сырдария - НБ Шардаринского вдхр.	р. Сырдария - ж.-д. ст. Томенарык	0,98	$y = 1,015x + 63,79$	1912-2019
10	01.00.01.04	Сырдария - с. Коктобе	р. Сырдария - ж.-д. ст. Томенарык	0,98	$y = 0,943x + 75,77$	1912-2019
12	01.00.01.05	Сырдария - ж.-д. ст. Томенарык	Суммарный сток рр. Нарын и Карадария выше в-щ Токтогул и Андижан	0,91	$y = 3,122x - 54,94$	1912-29, 36-39, 44-48, 56-2019
15		Сырдария - рзд. Кергельмес	р. Сырдария - ж.-д. ст. Томенарык	0,98	$y = 0,958x - 21,46$	1912-2019
17	01.00.01.06	Сырдария - г. Кызылорда	Суммарный сток рр. Нарын и Карадария выше в-щ Токтогул и Андижан	0,91	$y = 2,811x - 32,56$	1912-41, 1956-2019
18		Сырдария - п. Тасбогет	р. Сырдария - ж.-д. ст. Томенарык	0,94	$y = 0,812x - 64,74$	1912-2019
19		Сырдария - ж.-д. ст. Караозек	р. Сырдария - ж.-д. ст. Томенарык	0,83	$y = 0,401x + 24,94$	1912-2019
22		Сырдария - с. Жосалы	Суммарный сток рр. Нарын и Карадария выше в-щ Токтогул и Андижан	0,77	$y = 0,913x + 89,28$	1912-41, 56-2019
23		Сырдария - свх. Казалы	Сырдария - выше устья р. Келес (факт)	0,96	$y = 0,51x - 90,86$	1912-2019
25		Сырдария - г. Казалы	Суммарный сток рр. Нарын и Карадария выше в-щ Токтогул и Андижан	0,88	$y = 1,668x + 90,64$	1912-14, 16-26, 31-36, 39-41, 45-46, 48-49, 56-2019
27		Сырдария - с. Каратерен	Сырдария - выше устья р. Келес (факт)	0,83	$y = 0,442x - 44,34$	1912-2019
30		протока Караозек - с. Жосалы	Сырдария - выше устья р. Келес (факт)	0,80	$y = 0,437x - 80,4$	1912-2019
31	01.00.01.02	Келес - а. Жанабазар (с. Янги-Базар)	Боралдай - с. Васильевка, в 1 км ниже устья р. Канай	0,91	$y = 1,485x - 0,496$	1983-2019
33		Келес - с. Казыгурт	р. Келес - устье (факт)	0,80	$y = 0,315x + 1,314$	1912-2019
34		Келес - с. Акжар (с. Степное)	Келес - а. Жанабазар (с. Янги-Базар)	0,91	$y = 2,732x + 0,247$	1961, 1967, 1983-2019
35		Келес - пос. Горный	Келес - а. Жанабазар (с. Янги-Базар)	0,89	$y = 2,604x + 3,432$	1966, 1972, 1976-2019
39		Келес - устье	Келес - а. Жанабазар (с. Янги-Базар)	0,94	$y = 4,568x + 2,979$	1960-70, 1980-2012
45	01.00.01.03	Арыс - аул Жаскешу (Корниловка)	Арыс - ж.-д. ст. Арыс (факт)	0,75	$y = 0,092x + 1,453$	1912-2019
47		Арыс - клх. Юсансай	Арыс - ж.-д. ст. Арыс (факт)	0,97	$y = 0,52x + 8,644$	1912-1955, 1961-2019
48		Арыс - с. Кольтоган (с. Мамаевка (с. Ермолровка))	Арыс - ж.-д. ст. Арыс	0,91	$y = 0,807x + 0,549$	1912-2019
49		Арыс - ж.-д. ст. Арыс	приток в Шарвакское вдхр	0,83	$y = 0,261x - 6,948$	1912-27, 1932-34, 1961-2019

Продолжение таблицы Б.1

1	2	3	4	5	6	7
50	01.00.01.03	Арыс - с. Шауильдир	Арыс - ж.-д. ст. Арыс	0,96	$y = 0,839x + 0,442$	1912-1926, 1929-1941, 1943-1945, 1961-2019
53		Кулан - с. Азатлык 1114	Арыс - ж.-д. ст. Арыс (факт)	0,86	$y = 0,019x + 0,174$	1912-2019
59		Кокбулак (Улькун-Кокбулак) - с. Пистели	Арыс - ж.-д. ст. Арыс	0,88	$y = 0,022x - 0,07$	1912-1946, 1959, 1963-2019
60		Кокбулак (Улькун-Кокбулак) - с. Пистели	Арыс - ж.-д. ст. Арыс (факт)	0,74	$y = 0,014x + 0,711$	1912-2019
61		Кокбулак - с. Пистели, в 1 км к СВ от селения	Арыс - ж.-д. ст. Арыс (факт)	0,85	$y = 0,014x + 0,728$	1912-2019
63		Кокбулак - устье	Арыс - ж.-д. ст. Арыс (факт)	0,92	$y = 0,046x + 1,219$	1912-2019
64		Карагашты - в 2,5 км от устья	Арыс - ж.-д. ст. Арыс (факт)	0,84	$y = 0,031x + 0,697$	1912-1949, 1951, 1952, 1954-1956, 1958, 1961-2019
65		Жиланды - с. Састобе	Арыс - ж.-д. ст. Арыс	0,77	$y = 0,005x + 0,021$	1912-1952, 1955, 1956, 1958, 1959, 1963-2019
67		Караунгур - с. Маман	Машат - с. Томенги Машат	0,87	$y = 0,075x - 0,170$	1912-1952, 1963-1970, 1981-2019
68		Машат (Узын Машат) - Кершетас, в 0,4 км выше устья	Арыс - ж.-д. ст. Арыс	0,98	$y = 0,079x - 1,047$	1912-1930, 1942-1944, 1947-1952, 1954, 1955, 1960-2019
70		Машат - аул Кершетас	Жабагылысу - с. Жабагылысу (Новониколаевка)	0,84	$y = 1,806x + 0,353$	1995-2019
71		Машат - с. Томенги Машат	Арыс - ж.-д. ст. Арыс	0,91	$y = 0,113x + 1,178$	1912-1948, 1951, 1955, 1958, 1959, 1963-1970, 1976-2019
72		Ирсу - с. Победа	Жабагылысу - с. Жабагылысу (Новониколаевка)	0,81	$y = 0,108x + 0,043$	1912-1954, 1963-1970, 1981-2019
76		Келтемашат - с. Келтемашат	Келтемашат - с. Антоновка 2271 (факт)	0,90	$y = 0,773x + 0,259$	1912-2019
77		Келтемашат - с. Антоновка 2271	Арыс - ж.-д. ст. Арыс (факт)	0,79	$y = 0,025x + 1,525$	1912-2019
78		Келтемашат – головной, № 2271 а*	Келтемашат - с. Антоновка 2271	0,87	$y = 0,326x + 0,787$	1912-2019
79		Сарыбулак - с. Маман	Келтемашат - с. Антоновка 2271	0,81	$y = 0,526x - 1,073$	1912-1951, 1954, 1955, 1981-2019
80		Кайнарбулак - с. Карабулак	Сарыбулак - с. Маман	0,83	$y = 0,164x + 0,911$	1912-1949, 1973-2019
81		Карасу - с. Карабулак	Келтемашат - с. Антоновка 2271 (факт)	0,86	$y = 0,934x + 0,224$	1912-2019
82		Кутырган - с. Кызыласкер	Сарыбулак - с. Маман	0,71	$y = 0,450x + 0,292$	1912-1952, 1957, 1958, 1981-2019
84		Аксу - с. Кызылкишлак	Аксу - с. Подгорное	0,96	$y = 0,736x + 0,079$	1912-1955, 1966-2019
85	Аксу - сброс в р. Арыс	Аксу - с. Кызылкишлак (факт)	0,91	$y = 0,892x + 0,523$	1912-2019	
86	Аксу - устье	Аксу - с. Подгорное	0,91	$y = 0,699x + 0,330$	1912-1947, 1954, 1966-2019	
90	родник Акбай - клх. им. Жданова	Кутырган - с. Кызыласкер	0,75	$y = -0,432x + 0,876$	1912-1970, 1981-2019	

Продолжение таблицы Б.1

1	2	3	4	5	6	7
93	01.00.01.03	Кумышбулак - устье	Кайнарбулак - с. Карабулак	0,72	$y = 6,287x - 5,037$	1912-1970, 1981-2019
95		Боралдай - с. Васильевка, в 1 км ниже устья р. Канай	приток в Шарвакское вдхр	0,78	$y = 0,008x - 0,14$	1912-1959
			Боралдай - свх. им. XXII партсъезда	0,74	$y = 0,046x + 0,960$	1998-2005, 2019
98		р. Боралдай - клх. им. Карла Маркса	приток в Шарвакское вдхр	0,85	$y = 0,073x - 4,692$	1912-1929, 1933, 1943, 1944, 1950, 1963-2019
100		Боралдай - свх. им. XXII партсъезда	Боралдай - с. Васильевка, в 1 км ниже устья р. Канай	0,74	$y = 11,74x - 5,879$	1912-1965
126		Акмозейсай (Акмешит) - с. Скрепнево, в 0,5 км выше устья р. Бургулюк	Боралдай - с. Васильевка, в 1 км ниже устья р. Канай	0,92	$y = 0,416x - 0,055$	1912-1948, 1955, 1959, 1979-2019
127		Акмозейсай (Акмешит) - с. Скрепнево (Екпинды), в 0,6 км ниже устья р. Бургулюк	Акмозейсай (Акмешит) - с. Скрепнево, в 0,5 км выше устья р. Бургулюк	0,998	$y = 1,008x - 0,006$	1912-1955, 1958, 1959, 1960, 1961, 1979-2019
129		Бургулюк - с. Скрепнево 367	Акмозейсай (Акмешит) - с. Скрепнево, в 0,5 км выше устья р. Бургулюк	0,80	$y = 0,828x - 0,005$	1912-1948, 1955, 1959, 1972, 1994-2019
132		Ленгерсай - устье	Бургулюк - с. Скрепнево 367	0,90	$y = 0,776x + 0,030$	1912-1948, 1950, 1951, 1954, 1955, 1961, 1981-2019
137		Сайрам - лесничество	Каскасу - с. Каскасу	0,64	$y = 0,794x + 2,377$	1912-1976, 1989-2019
139		Сайрам - аул Тасарык (с. Блинково)	приток в Шарвакское вдхр	0,74	$y = 0,033x + 1,731$	1912-1926, 1929
140		Сарыайгыр - зимовье	Каскасу - с. Каскасу	0,90	$y = 0,975x + 0,616$	1912-1976, 1988-2019
141		Каскасу - с. Каскасу	Боралдай - с. Васильевка, в 1 км ниже устья р. Канай	0,83	$y = 1,078x + 0,146$	1912-1951, 1991-2019
142		Жоншакты - с. Керегетас	Каскасу - с. Каскасу	0,83	$y = 0,029x + 0,188$	1912-1953, 1955-1957, 1981-2019
144		Болдыбрек - с. Сахаровка	Боралдай - с. Васильевка, в 1 км ниже устья р. Канай	0,70	$y = 1,275x + 1,044$	1912-1932, 1934, 1935, 1943, 1969, 2000-2019
152		Боген - Красный мост	Арыс - ж.-д. ст. Арыс	0,96	$y = 0,169x - 3,863$	1912-1935, 1940, 1943-1946, 1951, 1962-2019
156		Алмалы - с. Алмалы (Орловка)	Каттабоген - аул Жарыкбас (с. Леонтьевка), в 0,1 км выше устья р. Алмалы	0,79	$y = 0,140x + 0,067$	1912-1931, 1943, 1945, 1950, 1994-2019
159		Балабоген - с. Акбастау (Глинково)	Боралдай - с. Васильевка, в 1 км ниже устья р. Канай	0,86	$y = 0,636x + 0,204$	1912-1941, 1943-1947, 1949, 1951, 1954, 1956, 1957, 1970, 1995-2019
161		Шаян - в 3,3 км ниже устья р. Акбет	Боралдай - с. Васильевка, в 1 км ниже устья р. Канай	0,79	$y = 1,318x + 0,259$	1912-1947, 1983-2019
163		Арыстанды - свх. Алгабас	Шаян - в 3,3 км ниже устья р. Акбет	0,74	$y = 0,289x + 0,048$	1912-1965, 1995-2019
167	Актас - с. Актас №8	Актас - с. Актас, № 9	0,95	$y = 1,056x - 0,019$	1912-1935, 1937-1949, 1951, 1952, 1954, 1957, 1968-2019	

Продолжение таблицы Б.1

1	2	3	4	5	6	7
170	01.00.01.03	Актас - с. Актас, № 9	Шаян - в 3,3 км ниже устья р. Акбет	0,95	$y = 1,056x - 0,019$	1912-1935, 1937-1949, 1951, 1952, 1954, 1955, 1958, 1959, 1968-2019
173		Шылбыр - в 3 км ниже устья р. Карабулак	Шаян - в 3,3 км ниже устья р. Акбет	0,84	$y = 0,182x - 0,115$	1912-1953, 1955-1960, 1968, 1981-2019
174		Икансу - рзд. Икансу	Шылбыр - в 3 км ниже устья р. Карабулак	0,95	$y = 1,720x + 0,375$	1912-1935, 1944-1946, 1956, 1973-2019
175		Икансу - с. Актобе	Икансу - рзд. Икансу	0,88	$y = 0,439x - 0,039$	1912-1970, 1974-2019
177		Коккиясай - с. Уюк	Боралдай - с. Васильевка, в 1 км ниже устья р. Канай	0,81	$y = 0,580x - 0,279$	1912-1936, 1939-1952, 1956-1958, 1960, 1980-2019
179		Катын-Камал - с. Уюк	Коккиясай - с. Уюк	0,94	$y = 0,331x - 0,075$	1912-1952, 1954, 1957-1959, 1963, 1965, 1968, 1969, 1981-2019
190		Курсай - с. Курсай	Шылбыр - в 3 км ниже устья р. Карабулак	0,88	$y = 0,203x + 0,051$	1912-1941, 1944, 1947, 1950, 1957, 1963-1970, 1972-2019
198		Карашык (Хантагы) - в 3,2 км выше устья р. Биресек	р. Коккиясай- с. Уюк	0,8	$y = 0,956x - 0,049$	1912-1955, 1958
			Карашык (Хантагы) - с. Хантагы	0,98	$y = 0,553x - 0,097$	1962, 1971-2019
200		Карашык (Хантагы) - с. Хантагы	р. Карашык (Кантаг-Карачик) - в 3,2 км выше устья р. Биресек	0,85	$y = 2,011x + 0,383$	1912-1936, 1938-1940, 1946, 1951-1953, 1956
202		Карашык (Хантагы) - с. Уранкай	Карашык (Хантагы) - с. Хантагы	0,88	$y = 1,270x + 1,124$	1912-1935, 1938, 1942-1947, 1994-2019
214		Баялдыр - с. Баялдыр, в 2 км ниже устья р. Балаозен №26	р. Карашык (Кантаг-Карачик) - с. Урангай	0,89	$y = 0,457x + 0,196$	1912-1951, 1953, 1955-1958
			Карашык (Хантагы) - с. Хантагы	0,96	$y = 0,643x + 0,792$	1962, 1966, 1971-2019
216		Баялдыр - с. Баялдыр №11	р. Баялдыр - пос. Баялдыр в 2 км ниже устья р. Балаузен №26	0,95	$y = 1,331x - 0,458$	1912-1949, 1955, 1958
			Карашык (Хантагы) - с. Хантагы	0,94	$y = 0,826x + 0,411$	1962, 1966, 1971-2019
217		Баялдыр - с. Баялдыр, № 36	Карашык (Хантагы) - с. Хантагы	0,87	$y = 0,907x - 0,004$	1960-66, 1980, 1995-2012
218		Баялдыр - с. Баялдыр, № 37	р. Баялдыр - пос. Баялдыр в 2 км ниже устья р. Балаузен №26	0,97	$y = 1,134x - 0,760$	1912-1959
			Карашык (Хантагы) - с. Хантагы	0,97	$y = 0,779x + 0,089$	1960-1962, 1971-2019
221		Баялдыр - с. Шымкорган, устье	Карашык (Хантагы) - с. Хантагы	0,92	$y = 0,502x + 0,074$	1912-1970, 1981-2019
226		Жарбаскансай - в 13 км от устья	Карашык (Хантагы) - с. Хантагы	0,96	$y = 0,196x - 0,087$	1912-1962, 1971-2019
228		(Ахунтама) - с. Атабай	Карашык (Хантагы) - с. Хантагы	0,71	$y = 0,002x + 0,001$	1912-1972, 1981-2019
231		Ермеку - в 0,7 км выше первого водосбора	Карашык (Хантагы) - с. Хантагы	0,98	$y = 0,389x + 0,192$	1912-1955, 1962, 1971-1977, 1981-2019
234		Ермеку - с. Шаштобе	р. Баялдыр - с. Баялдыр №11	0,99	$y = 0,460x - 0,020$	1912-1955
	Карашык (Хантагы) - с. Хантагы		0,98	$y = 0,389x + 0,192$	1962, 1971-1977, 1981-2019	
238	Шерт - у выхода из гор	Карашык (Хантагы) - с. Хантагы	0,86	$y = 0,144x + 0,038$	1912-1950, 1963, 1995-2019	

Продолжение таблицы Б.1

1	2	3	4	5	6	7	
240	01.00.01.03	Актобе - в 0,3 км выше устья р. Коштогайсай	р. Баялдыр - с. Баялдыр №37	0,91	$y = 0,535x + 0,140$	1912-1950, 1953, 1957, 1959	
			Карашык (Хантагы) - с. Хантагы	0,94	$y = 0,234x + 0,238$	1960-1962, 1976-2019	
241		Актобе - с. Актобе	Шерт - у выхода из гор	0,84	$y = 3,400x + 0,151$	1912-1958	
			Карашык (Хантагы) - с. Хантагы	0,75	$y = 0,511x + 0,263$	1963, 1995-2019	
242		Коштогайсай - в 0,3 км от устья	Актобе - с. Актобе	0,72	$y = 0,624x + 0,109$	1912-1950, 1954, 1955, 1968, 1978, 1980-2019	
248		р. Ашылган - с. Майдантал	Шерт - у выхода из гор	0,87	$y = 2,057x + 0,595$	1912-1935	
251		01.00.01.04	Тастаксай (Бешарык) - сопка без названия (Бешарык)	Шерт - у выхода из гор	0,97	$y = 2,510x + 0,449$	1912-1959
				Ашылган - с. Майдантал	0,96	$y = 1,080x - 0,015$	1960-1963, 1971-2019
253	Талдысу - пос. Талдысу (в 3 км выше устья)		Ашылган - с. Майдантал	0,99	$y = 0,253x - 0,127$	1912-1963, 1967, 1970-2019	
254	Жидели (Домба) - в 4 км выше устья р. Жыланды		Карашык (Хантагы) - с. Хантагы	0,99	$y = 0,265x - 0,009$	1912-1963, 1966, 1967, 1970-2019	

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Таблица В.1 – Сведения об основных гидрологических характеристиках

№ поста	Код ВХУ	Река - пост	1912-1973			1974-2019			1992-2019		
			Q ₀ , м ³ /с	Cv	Cs/Cv	Q ₀ , м ³ /с	Cv	Cs/Cv	Q ₀ , м ³ /с	Cv	Cs/Cv
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	01.00.01.01	Сырдария - выше устья р. Келес	795	0,25	4,0	875	0,22	3,2	936	0,19	3,6
2		Сырдария - НБ Шардаринского вдхр.	783	0,23	4,5	824	0,23	3,1	883	0,20	3,5
10	01.00.01.04	Сырдария - с. Коктобе	744	0,23	4,6	782	0,22	3,2	837	0,19	3,6
12	01.00.01.05	Сырдария - ж.-д. ст. Томенарык	709	0,25	4,1	749	0,25	2,9	807	0,21	3,3
15		Сырдария - рзд. Кергельмес	657	0,26	4,0	696	0,25	2,8	751	0,22	3,2
17	01.00.01.06	Сырдария - г. Кызылорда	655	0,25	4,4	692	0,24	2,9	743	0,21	3,4
18		Сырдария - п. Тасбогет	511	0,29	3,6	544	0,27	2,6	590	0,23	3
19		Сырдария - ж.-д. ст. Караозек	310	0,23	4,4	325	0,23	3,1	349	0,20	3,5
22		Сырдария - с. Жосалы	322	0,17	4,0	324	0,16	4,3	341	0,16	4,4
23		Сырдария - свх. Казалы	315	0,33	3,0	355	0,28	2,5	387	0,23	2,9
25		Сырдария - г. Казалы	505	0,22	6,3	520	0,19	3,7	551	0,17	4
27		Сырдария - с. Каратерен	307	0,30	3,4	339	0,23	1,8	364	0,19	1,5
30		протока Караозек - с. Жосалы	263	0,34	3,1	299	0,26	1,6	323	0,21	1,4
31	01.00.01.02	Келес - а. Жанабазар (с. Янги-Базар)	1,71	0,38	2,7	1,88	0,40	2,3	2,09	0,32	5,3
33		Келес - с. Казыгурт	4,73	0,19	5,7	4,94	0,23	3,5	5,25	0,19	8,9
34		Келес - с. Акжар (с. Степное)	4,95	0,38	6,9	5,35	0,37	2,6	5,95	0,31	5,6
35		Келес - пос. Горный	7,40	0,30	2,9	8,28	0,25	2,7	8,87	0,21	8,4
39		Келес - устье	10,8	0,27	4,2	11,5	0,30	2,6	12,5	0,25	6,9
45	01.00.01.03	Арыс - аул Жаскешу (Корниловка)	5,71	0,23	6,6	5,69	0,18	3,4	6,04	0,16	8,8
47		Арыс - клх. Юсансай	32,7	0,22	6,5	32,6	0,18	3,4	34,6	0,16	8,9
48		Арыс - с. Кольтоган (с. Мамаевка (с. Ермоловка))	37,9	0,30	4,6	37,7	0,24	2,6	40,7	0,20	7,2
49		Арыс - ж.-д. ст. Арыс	46,3	0,30	4,9	46,5	0,25	2,3	50,5	0,22	4,2
50		Арыс - с. Шауильдир	39,7	0,31	4,9	40,5	0,23	2,2	43,7	0,19	6,5

Продолжение таблицы В.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
51	01.00.01.03	Жабагылысу - с. Жабагылысу (Новониколаевка)	2,31	0,36	0,60	2,35	0,34	0,5	2,50	0,36	-0,2
53		Кулан - с. Азатлык 1114	1,05	0,25	5,8	1,05	0,20	3,0	1,12	0,17	8
59		Кокбулак (Улькун-Кокбулак) - с. Пистели	0,95	0,34	4,8	0,94	0,26	2,4	1,03	0,21	6,6
60		Кокбулак (Улькун-Кокбулак) - с. Пистели	1,36	0,15	10,0	1,36	0,12	5,1	1,41	0,12	11,9
61		Кокбулак - с. Пистели, в 1 км к СВ от селения	1,38	0,15	10,1	1,37	0,12	5,1	1,43	0,12	12,2
63		Кокбулак - устье	3,35	0,19	7,7	3,34	0,15	4,0	3,51	0,14	9,8
64		Карагашты - в 2,5 км от устья	0,95	0,34	4,8	2,12	0,16	3,8	2,24	0,15	9,4
65		Жиланды - с. Састобе	0,25	0,29	4,3	0,25	0,22	2,5	0,27	0,19	6,8
67		Караунгур - с. Маман	0,32	0,47	4,6	0,31	0,30	2,7	0,34	0,24	5,8
68		Машат (Узын Машат) - Кершетас, в 0,4 км выше устья	2,62	0,44	3,5	2,59	0,34	1,8	2,89	0,27	5,3
70		Машат - аул Кершетас.	0,30	0,38	3,7	4,59	0,34	0,8	5,04	0,34	-0,4
71		Машат - с. Томенги Машат	6,36	0,25	6,0	6,38	0,20	3,4	6,81	0,17	8,3
72		Иреу - с. Победа	0,30	0,38	3,7	0,30	0,31	0,1	0,31	0,31	-0,2
76		Келтемашат - с. Келтемашат	2,33	0,12	12,0	2,33	0,10	5,8	2,40	0,10	13,6
77		Келтемашат - с. Антоновка 2271	2,68	0,14	10,9	2,68	0,11	5,5	2,77	0,11	12,7
78		Келтемашат - головной „№ 2271 а*“	1,66	0,08	18,5	1,66	0,08	8,0	1,69	0,08	17,6
79		Сарыбулак - с. Маман	0,33	0,65	3,2	0,33	0,43	2,1	0,38	0,33	4,2
80		Кайнарбулак - с. Карабулак	0,95	0,08	-9,3	0,97	0,05	15,6	0,97	0,06	19,9
81		Карасу - с. Карабулак	2,73	0,13	11,6	2,72	0,11	5,9	2,81	0,11	13,3
82		Кутырган - с. Кызыласкер	0,46	0,31	8,0	0,45	0,18	6,8	0,47	0,14	10,2
83		Аксу - с. Подгорное	9,84	0,23	6,2	11,0	0,27	1,1	12,3	0,20	2,6
84	Аксу - с. Кызылкишлак	7,32	0,23	6,6	8,05	0,26	1,4	8,98	0,20	3,5	
85	Аксу - сброс в р. Арыс	7,06	0,21	7,2	7,71	0,24	1,5	8,54	0,19	3,7	
86	Аксу - устье	7,21	0,23	6,9	7,91	0,25	1,4	8,79	0,19	3,6	
90	родник Акбай - клх. им. Жданова	0,68	0,10	-11,2	0,68	0,06	-13,0	0,68	0,04	-7,8	
93	Кумышбулак - устье	0,96	0,46	-1,5	1,03	0,15	3,8	1,09	0,14	10	

Продолжение таблицы В.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
95	01.00.01.03	Боралдай - с. Васильевка, в 1 км ниже устья р. Канай	1,49	0,29	3,4	1,58	0,31	3,6	1,74	0,26	6,5
98		р. Боралдай - клх. им. Карла Маркса	9,86	0,42	3,5	9,65	0,37	1,5	11,0	0,29	3,2
100		Боралдай - свх. им. XXII партсъезда	11,5	0,54	15,4	12,0	0,39	2,9	12,7	0,39	2,7
126		Акмозейсай (Акмешит) - с. Скрепнево, в 0,5 км выше устья р. Бургулюк	0,59	0,37	3,8	0,60	0,34	2,6	0,67	0,28	6
127		Акмозейсай (Акмешит) - с. Скрепнево (Екпинды), в 0,6 км ниже устья р. Бургулюк	0,59	0,38	3,7	0,60	0,35	2,6	0,67	0,29	6,1
129		Бургулюк - с. Скрепнево 367	0,50	0,44	6,6	0,49	0,35	2,4	0,54	0,28	7,5
132		Ленгерсай - устье	0,39	0,41	12,4	0,41	0,28	5,3	0,45	0,26	7,9
137		Сайрам - лесничество	3,81	0,11	17,0	3,81	0,14	3,8	3,98	0,12	14,3
139		Сайрам - аул Тасарык (с. Блинково)	7,98	0,23	7,6	9,42	0,21	5,7	10,2	0,21	5,3
140		Сарыайгыр - зимовье	2,38	0,21	9,2	2,37	0,24	2,2	2,59	0,19	9
141		Каскасу - с. Каскасу	1,81	0,28	6,9	1,80	0,32	2,1	2,02	0,25	7
142		Жоншакты - с. Керегетас	0,24	0,09	20,3	0,24	0,09	5,6	0,25	0,09	15,7
143		Болдыбрек - у кордана Госзаповедника	2,36	0,23	3,6	2,78	0,30	1,5	3,23	0,20	4,2
144		Болдыбрек - с. Сахаровка	2,98	0,25	4,1	3,12	0,26	1,9	3,36	0,21	6,4
152		Боген - Красный мост	3,96	7,18	2,4	3,91	0,48	1,3	4,56	0,36	4
153		Каттабоген - аул Жарыкбас (с. Леонтьевка), в 0,1 км выше устья р.Алмалы	3,10	0,38	2,6	3,46	0,48	1,7	3,36	0,50	0,7
156		Алмалы - с. Алмалы (Орловка)	0,57	0,88	12,3	0,51	0,41	1,7	0,53	0,44	1,1
159		Балабоген - с. Акбастау (Глинково)	1,24	0,36	6,0	1,18	0,26	4,4	1,28	0,24	9,9
161		Шаян - в 3,3 км ниже устья р. Акбет	2,24	0,36	4,3	2,40	0,26	3,2	2,55	0,24	7,2
163		Арыстанды - свх. Алгабас	0,69	0,37	0,7	0,75	0,29	1,7	0,78	0,24	9,7
167	Актас - с. Актас №8	1,64	0,74	0,3	0,73	1,76	1,9	1,02	1,45	1,4	
170	Актас - с. Актас, № 9	1,73	0,70	0,4	0,71	1,71	1,9	0,98	1,43	1,4	

Продолжение таблицы В.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
173	01.00.01.03	Шылбыр - в 3 км ниже устья р. Карабулак	0,30	0,58	3,1	0,31	0,37	2,7	0,35	0,31	5,6
174		Икансу - рзд. Икансу	0,95	0,44	6,3	0,92	0,22	3,9	0,98	0,20	8,7
175		Икансу - с. Актобе	0,39	0,54	4,6	0,36	0,24	4,1	0,39	0,21	8
177		Коккиясай - с. Уюк	0,61	0,50	3,7	0,63	0,46	2,3	0,73	0,36	4,7
179		Катын-Камал - с. Уюк	0,12	0,83	2,5	0,13	0,72	1,9	0,17	0,54	3,3
190		Курсай - с. Курсай	0,13	0,92	7,2	0,11	0,21	4,0	0,12	0,19	8,2
198		Карашык (Хантагы) - в 3,2 км выше устья р. Биресек	0,51	0,62	4,9	0,80	0,76	1,8	0,92	0,76	1,2
200		Карашык (Хантагы) - с. Хантагы	1,45	0,58	2,9	1,62	0,68	1,9	1,84	0,69	1,3
202		Карашык (Хантагы) - с. Уранкай	2,79	0,37	4,7	3,11	0,46	2,9	3,45	0,46	2,1
214		Баялдыр - с. Баялдыр, в 2 км ниже устья р. Балаозен №26	1,48	0,32	5,4	1,83	0,39	3,5	1,98	0,41	2,2
216		Баялдыр - с. Баялдыр №11	1,48	0,42	3,0	1,74	0,52	2,6	1,93	0,54	1,7
217		Баялдыр - с. Баялдыр, № 36	1,33	0,58	2,9	1,43	0,72	2,0	1,65	0,70	1,4
218		Баялдыр - с. Баялдыр, № 37	0,92	0,60	3,2	1,35	0,64	2,1	1,52	0,65	1,4
221		Баялдыр - с. Шымкорган, устье	0,81	0,52	3,2	0,87	0,64	2,1	1,00	0,64	1,4
226		Жарбаскансай - в 13 км от устья	0,20	0,85	2,2	0,23	0,92	1,6	0,28	0,88	1,2
228		(Ахунтама) - с. Атабай	0	0,46	4,0	0	0,54	1,2	0,01	0,55	1,3
231		Ермексу - в 0,7 км выше первого водосбора	0,76	0,43	3,6	0,82	0,52	2,5	0,91	0,54	1,7
234		Ермексу - с. Шаштобе	0,68	0,44	2,7	0,82	0,52	2,5	0,91	0,54	1,7
238		Шерт - у выхода из гор	0,25	0,63	3,6	0,27	0,60	2,4	0,29	0,64	1,7
240		Актобе - в 0,3 км выше устья р. Коштогайсай	0,59	0,68	6,4	0,62	0,42	3,2	0,67	0,44	2,1
241	Актобе - с. Актобе	0,97	0,55	4,3	1,11	0,55	1,9	1,17	0,57	1,9	
242	Коштогайсай - в 0,3 км от устья	0,65	0,61	3,7	0,81	0,48	2,0	0,84	0,49	2,2	
248	Ашылган - с. Майдантал	1,06	0,31	3,8	1,05	0,35	1,2	0,98	0,39	1	
251	01.00.01.04	Тастаксай (Бешарык) - сопка без названия (Бешарык)	1,09	0,38	5,6	1,12	0,35	1,1	1,04	0,39	1

Продолжение таблицы В.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
253		Талдысу - пос. Талдысу (в 3 км выше устья)	0,15	0,58	2,1	0,14	0,65	0,9	0,12	0,76	0,7
254		Жидели (Домба) - в 4 км выше устья р. Жыланды	0,37	0,59	3,0	0,42	0,70	1,9	0,48	0,70	1,3

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Таблица Г.1 – Расходы различной обеспеченности

№ поста	Код ВХУ	Река – пост	Q ₀ , м ³ /с	C _v	C _s /C _v	Расходы воды различной обеспеченности, м ³ /с					
						5	25	50	75	95	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
1	01.00.01.01	Сырдария – выше устья р. Келес	875	0,22	3,2	1223	993	855	738	599	
2		Сырдария – НБ Шардаринского вдхр.	824	0,23	3,1	1168	940	803	689	554	
10	01.00.01.04	Сырдария – с. Коктобе	782	0,22	3,2	1094	888	764	660	535	
12	01.00.01.05	Сырдария – ж.-д. ст. Томенарык	749	0,25	2,9	1090	862	727	616	486	
15		Сырдария – рзд. Кергельмес	696	0,25	2,8	1013	801	675	572	451	
17	01.00.01.06	Сырдария – г. Кызылорда	692	0,24	3,0	993	792	672	573	456	
18		Сырдария – п. Тасбогет	544	0,27	2,6	810	633	527	439	334	
19		Сырдария – ж.-д. ст. Караозек	325	0,23	3,1	461	371	317	272	219	
22		Сырдария – с. Жосалы	324	0,16	4,3	420	355	318	288	251	
23		Сырдария – свх. Казалы	355	0,28	2,5	537	416	344	284	214	
25		Сырдария – г. Казалы	520	0,19	3,7	698	580	510	450	378	
27		Сырдария – с. Каратерен	339	0,23	1,8	477	388	332	283	223	
30		протока Караозек – с. Жосалы	299	0,26	1,6	435	349	293	243	180	
31		01.00.01.02	Келес – а. Жанабазар (с. Янги-Базар)	1,88	0,40	2,3	3,28	2,31	1,77	1,34	0,88
33			Келес – с. Казыгурт	4,94	0,23	3,5	7,02	5,60	4,80	4,14	3,36
34	Келес - с. Акжар (с. Степное)		5,35	0,37	2,59	9,00	6,48	5,06	3,93	2,67	
35	Келес – пос. Горный		8,28	0,25	2,71	12,01	9,54	8,07	6,80	5,29	
39	Келес – устье		11,5	0,3	2,6	17,8	13,6	11,1	9,04	6,63	
45	01.00.01.03	Арыс – аул Жаскешу (Корниловка)	5,69	0,18	3,4	7,52	6,31	5,58	4,96	4,20	
47		Арыс – клх. Юсансай	32,6	0,18	3,4	43,1	36,1	32,0	28,4	24,1	
48		Арыс – с. Кольтоган (с. Мамаевка (с. Ермоловка))	37,7	0,24	2,6	53,9	43,2	36,8	31,2	24,5	
49		Арыс – ж.-д. ст. Арыс	46,5	0,25	2,3	67,4	53,5	45,2	38,2	29,7	
50		Арыс – с. Шауильдир	40,5	0,23	2,2	57,1	46,5	39,8	33,9	26,6	
51		Жабагылысу – с. Жабагылысу (Новониколаевка)	2,35	0,34	0,54	3,70	2,90	2,33	1,78	1,07	
53		Кулан - с. Азатлык 1114	1,05	0,20	3,0	1,43	1,18	1,03	0,90	0,74	

Продолжение таблицы Г.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
59	01.00.01.03	Кокбулак (Улькун-Кокбулак) - с. Пистели	0,94	0,26	2,4	1,39	1,09	0,92	0,77	0,59
60		Кокбулак (Улькун-Кокбулак) - с. Пистели	1,36	0,12	5,12	1,64	1,46	1,34	1,24	1,11
61		Кокбулак - с. Пистели, в 1 км к СВ от селения	1,37	0,12	5,1	1,66	1,48	1,35	1,26	1,12
63		Кокбулак - устье	3,34	0,15	4,0	4,22	3,64	3,29	2,98	2,61
64		Карагашты - в 2,5 км от устья	2,12	0,16	3,8	2,73	2,32	2,09	1,88	1,63
65		Жиланды - с. Састобе	0,25	0,22	2,5	0,35	0,29	0,25	0,21	0,17
67		Караунгур - с. Маман	0,31	0,30	2,7	0,48	0,36	0,30	0,24	0,18
68		Машат (Узын Машат) - Кершетас, в 0,4 км выше устья	2,59	0,34	1,8	4,19	3,12	2,49	1,95	1,34
70		Машат - аул Кершетас	4,59	0,34	0,8	7,31	5,64	4,50	3,47	2,19
71		Машат - с. Томенги Машат	6,38	0,20	3,4	8,68	7,15	6,24	5,48	4,55
72		Ирсу - с. Победа	0,30	0,31	0,10	0,45	0,36	0,29	0,23	0,15
76		Келтемашат - с. Келтемашат	2,33	0,10	5,8	2,75	2,47	2,30	2,16	1,98
77		Келтемашат - с. Антоновка 2271	2,68	0,11	5,5	3,18	2,86	2,64	2,47	2,22
78		Келтемашат - головной, № 2271 а*	1,66	0,08	2,00	1,88	1,75	1,66	1,57	1,45
79		Сарыбулак - с. Маман	0,33	0,43	2,1	0,59	0,41	0,31	0,23	0,14
80		Кайнарбулак - с. Карабулак	0,97	0,05	15,5	1,14	1,02	0,96	0,90	0,82
81		Карасу - с. Карабулак	2,72	0,11	5,9	3,26	2,90	2,69	2,51	2,28
82		Кутырган - с. Кызыласкер	0,45	0,18	6,8	0,60	0,49	0,44	0,39	0,34
83		Аксу - с. Подгорное	11,0	0,27	1,1	16,1	12,9	10,8	8,87	6,33
84		Аксу - с. Кызылкишлак	8,05	0,26	1,4	11,7	9,41	7,91	6,56	4,87
85		Аксу - сброс в р. Арыс	7,71	0,24	1,5	11,0	8,91	7,59	6,40	4,88
86		Аксу - устье	7,91	0,25	1,4	11,4	9,19	7,77	6,50	4,89
90		родник Акбай - клх. им. Жданова	0,68	0,06	2,00	0,75	0,71	0,68	0,65	0,61
93		Кумышбулак - устье	1,03	0,15	2,00	1,29	1,13	1,02	0,92	0,79
95		Боралдай - с. Васильевка, в 1 км ниже устья р. Канай	1,58	0,31	2,00	2,46	1,88	1,52	1,22	0,87
98		р. Боралдай - клх. им. Карла Маркса	9,65	0,37	1,5	16,0	11,9	9,3	7,05	4,41
100		Боралдай - свх. им. XXII партсъезда	12,0	0,39	2,9	20,8	14,5	11,2	8,67	5,97

Продолжение таблицы Г.1

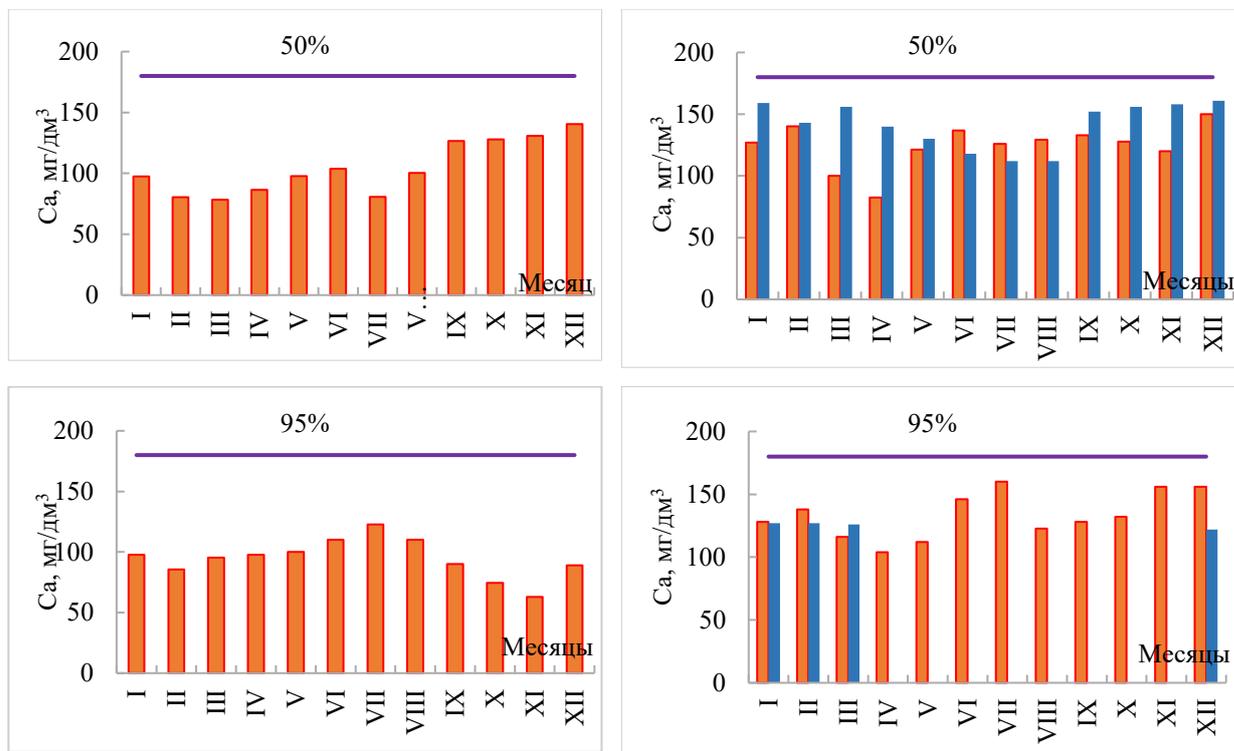
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
126	01.00.01.03	Акмозейсай (Акмешит) - с. Скрепнево, в 0,5 км выше устья р. Бургулюк	0,60	0,34	2,6	0,98	0,72	0,58	0,46	0,32
127		Акмозейсай (Акмешит) - с. Скрепнево (Екпинды), в 0,6 км ниже устья р. Бургулюк	0,60	0,35	2,63	0,99	0,73	0,57	0,45	0,31
129		Бургулюк - с. Скрепнево 367	0,49	0,35	2,39	0,80	0,59	0,46	0,36	0,25
132		Ленгерсай - устье	0,41	0,28	2,00	0,62	0,49	0,40	0,33	0,24
137		Сайрам - лесничество	3,81	0,14	3,8	4,74	4,13	3,76	3,43	3,03
139		Сайрам - аул Тасарык (с. Блинково)	9,42	0,21	5,7	12,9	10,46	9,14	8,09	6,92
140		Сарыайгыр - зимовье	2,37	0,24	2,2	3,38	2,73	2,32	1,96	1,53
141		Каскасу - с. Каскасу	1,80	0,32	2,1	2,84	2,15	1,74	1,38	0,98
142		Жоншакты - с. Керегетас	0,24	0,09	5,6	0,28	0,26	0,24	0,22	0,20
143		Болдыбрэк - у кордана Госзаповедника	2,78	0,30	1,5	4,25	3,32	2,71	2,18	1,52
144		Болдыбрэк - с. Сахаровка	3,12	0,26	1,9	4,56	3,63	3,04	2,54	1,92
152		Боген - Красный мост	3,91	0,48	1,3	7,36	5,06	3,67	2,53	1,28
153		Каттабоген - аул Жарыкбас (с. Леонтьевка), в 0,1 км выше устья р.Алмалы	3,46	0,48	1,7	6,50	4,47	3,24	2,23	1,13
156		Алмалы - с. Алмалы (Орловка)	0,51	0,41	1,7	0,88	0,63	0,48	0,35	0,21
159		Балабоген - с. Акбастау (Глинково)	1,18	0,26	4,4	1,75	1,34	1,13	0,96	0,78
161		Шаян - в 3,3 км ниже устья р. Акбет	2,40	0,26	3,2	3,54	2,77	2,32	1,95	1,53
163		Арыстанды - свх. Алгабас	0,75	0,29	1,7	1,13	0,89	0,73	0,59	0,42
167		Актас - с. Актас №8	0,73	1,76	1,9	3,19	0,88	0,20	0,024	0,000
170		Актас - с. Актас, № 9	0,71	1,71	1,9	3,04	0,87	0,21	0,028	0,000
173		Шылбыр - в 3 км ниже устья р. Карабулак	0,31	0,37	2,7	0,53	0,38	0,30	0,23	0,16
174	Икансу - рзд. Икансу	0,92	0,22	3,9	1,29	1,03	0,89	0,77	0,64	
175	Икансу - с. Актобе	0,36	0,24	4,1	0,52	0,41	0,35	0,30	0,24	
177	Коккиясай - с. Уюк	0,63	0,46	2,30	1,17	0,78	0,58	0,42	0,26	
179	Катын-Камал - с. Уюк	0,13	0,72	1,9	0,31	0,18	0,11	0,061	0,022	

Продолжение таблицы Г.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
190	01.00.01.03	Курсай - с. Курсай	0,11	0,21	4,0	0,16	0,13	0,11	0,10	0,081
198		Карашык (Хантагы) - в 3,2 км выше устья р. Биресек	0,80	0,76	1,8	1,98	1,14	0,66	0,33	0,077
200		Карашык (Хантагы) - с. Хантагы	1,62	0,68	1,9	3,74	2,18	1,38	0,81	0,32
202		Карашык (Хантагы) - с. Уранкай	3,11	0,46	2,9	5,82	3,84	2,83	2,10	1,35
214		Баялдыр - с. Баялдыр, в 2 км ниже устья р. Балаозен №26	1,83	0,39	3,5	3,17	2,20	1,70	1,33	0,94
216		Баялдыр - с. Баялдыр №11	1,74	0,52	2,5	3,47	2,22	1,57	1,09	0,62
217		Баялдыр - с. Баялдыр, № 36	1,43	0,72	2,0	3,44	1,95	1,20	0,68	0,24
218		Баялдыр - с. Баялдыр, № 37	1,35	0,64	2,1	3,01	1,80	1,17	0,71	0,30
221		Баялдыр - с. Шымкорган, устье	0,87	0,64	2,1	1,95	1,17	0,76	0,46	0,20
226		Жарбаскансай - в 13 км от устья	0,22	0,93	1,8	0,64	0,31	0,16	0,075	0,016
228		(Ахунтама) - с. Атабай	0,004	0,54	1,2	0,008	0,005	0,004	0,002	0,001
231		Ермексу - в 0,7 км выше первого водосбора	0,82	0,52	2,5	1,63	1,04	0,74	0,51	0,29
234		Ермексу - с. Шаштобе	0,82	0,52	2,5	1,63	1,04	0,74	0,51	0,29
238		Шерт - у выхода из гор	0,27	0,60	2,4	0,58	0,35	0,23	0,15	0,079
240		Актобе - в 0,3 км выше устья р. Коштогайсай	0,62	0,42	3,2	1,10	0,75	0,57	0,43	0,29
241		Актобе - с. Актобе	1,11	0,55	1,9	2,27	1,45	1,00	0,66	0,33
242		Коштогайсай - в 0,3 км от устья	0,81	0,48	2,0	1,54	1,04	0,75	0,53	0,29
248		Ашылган - с. Майдантал	1,05	0,35	1,2	1,70	1,30	1,03	0,79	0,49
251		Тастаксай (Бешарык) - сопка без названия (Бешарык)	1,12	0,35	1,1	1,81	1,39	1,10	0,84	0,52
253		01.00.01.04	Талдысу - пос. Талдысу (в 3 км выше устья)	0,14	0,65	0,9	0,31	0,20	0,13	0,067
254	Жидели (Домба) - в 4 км выше устья р. Жыланды	0,42	0,70	1,9	0,99	0,57	0,35	0,20	0,076	

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Внутригодовое распределение минерализации

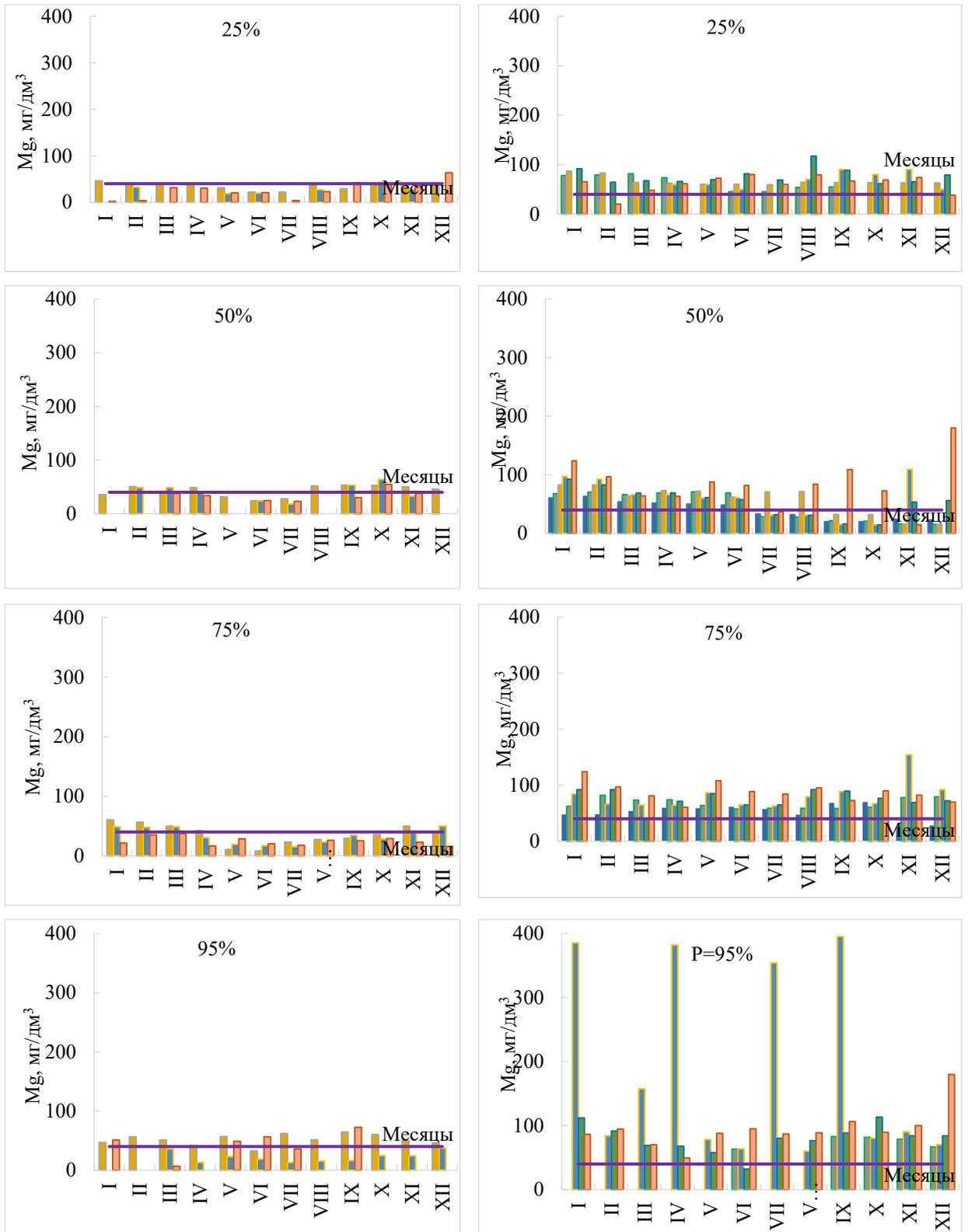


а) естественный гидрологический режим

б) нарушенный гидрологический режим

■ Казалы
 ■ Кокбулак
 — ПДК рыбхоз

Рисунок Д.1 – Внутригодовые распределения Ca по длине р. Сырдария при различных обеспеченностях



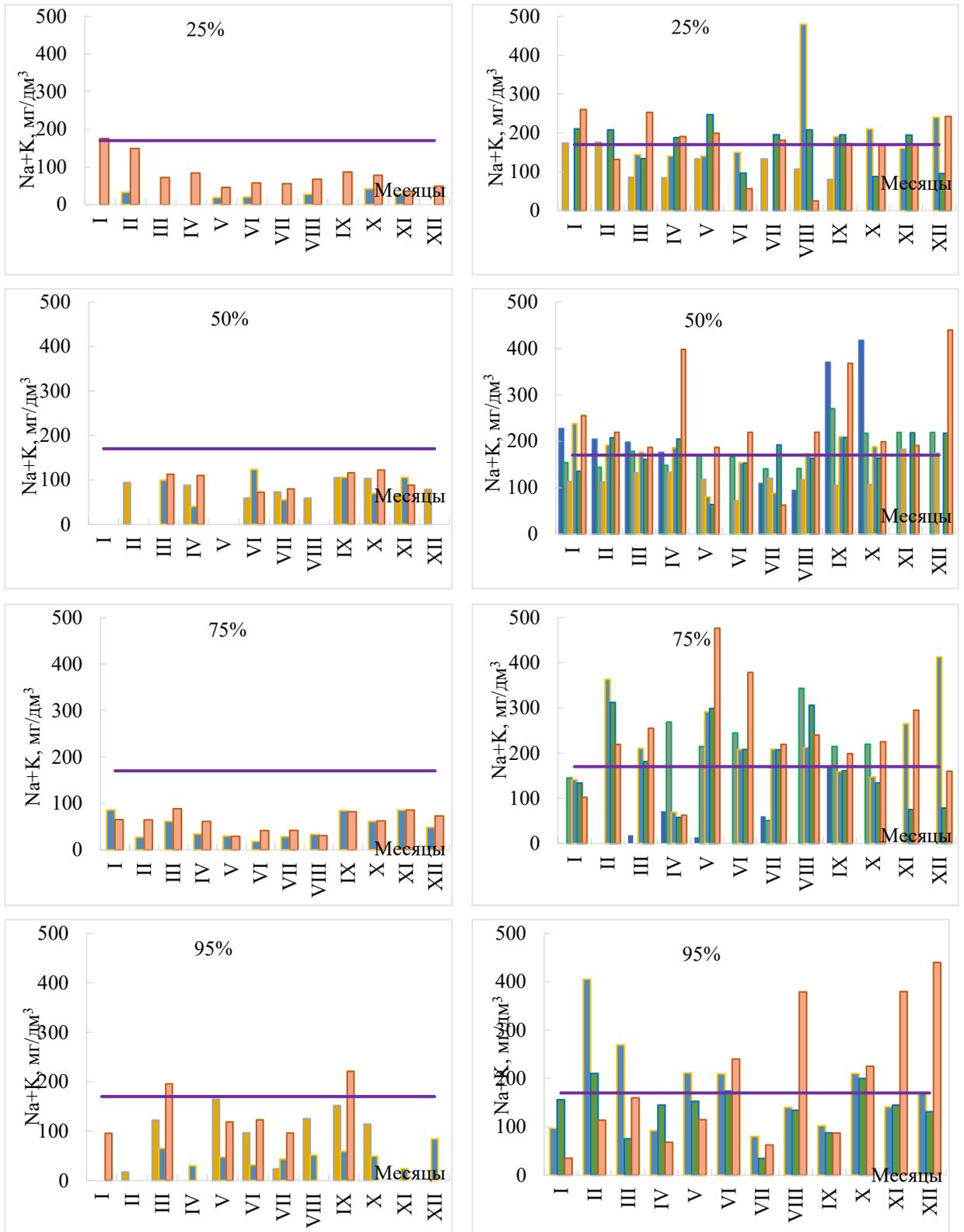
а) естественный гидрологический режим

б) нарушенный гидрологический режим

■ Кокбулак
■ Томенарык
■ ниже г. Кызылорда
— ПДК для ВВРБ

■ НБ Шардаринского вдкр.
■ выше г. Кызылорда
■ Казалы

Рисунок Д.2 – Внутригодовые распределения Mg по длине р. Сырдария при различных обеспеченностях



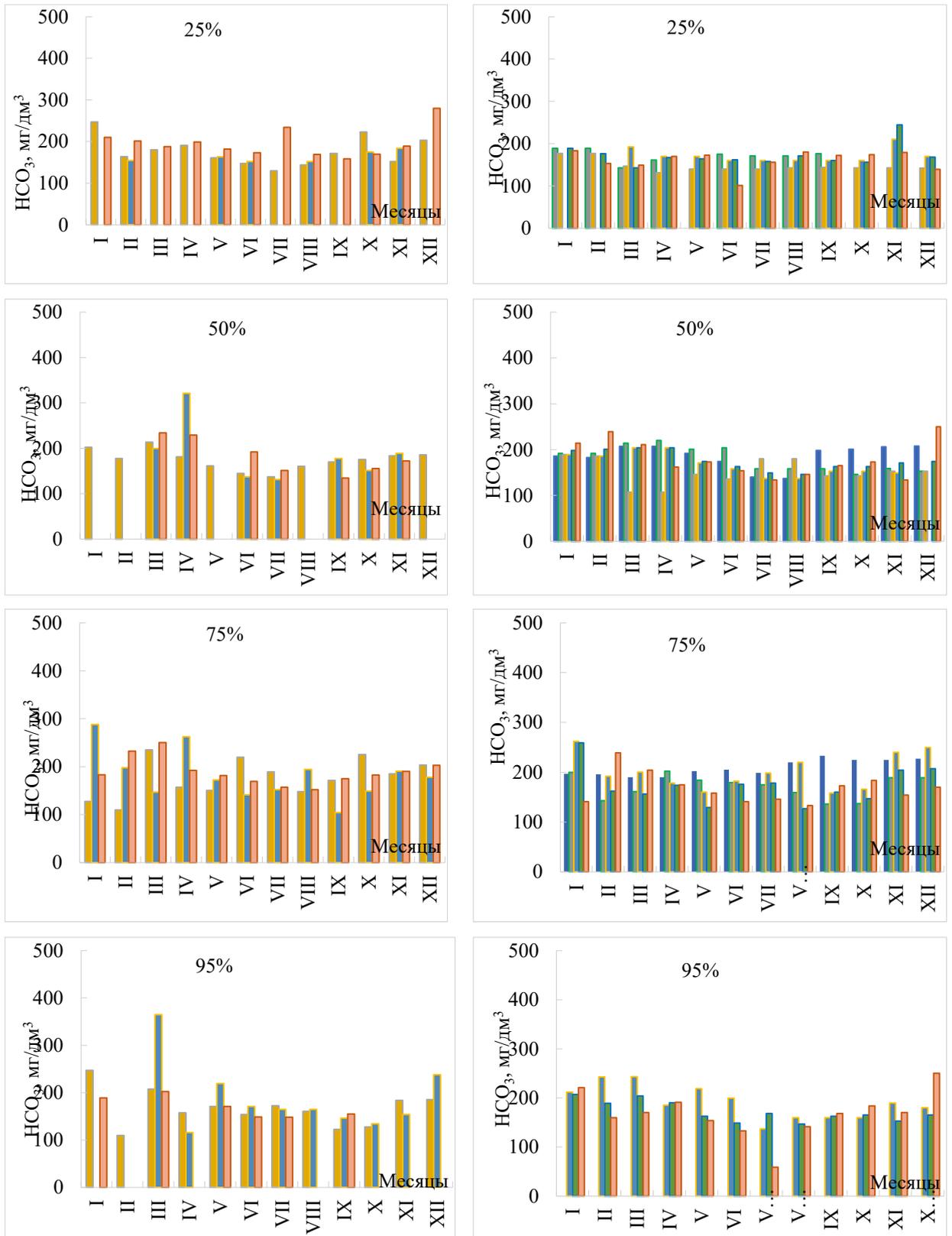
а) естественный гидрологический режим

б) нарушенный гидрологический режим

Кокбулак
 Томенарык
 ниже г. Кызылорда
 ПДК для ВВРБ

НБ Шардаринского вдкр.
 выше г. Кызылорда
 Казалы

Рисунок Д.3 – Внутригодовые распределения Na+K по длине р. Сырдария при различных обеспеченностях



а) естественный гидрологический режим

б) нарушенный гидрологический режим

Кокбулак
Томенарык
ниже г. Кызылорда

НБ Шардаринского вдкр.
выше г. Кызылорда
Казалы

Рисунок Д.4 – Внутригодовые распределения HCO_3^- по длине р. Сырдария при различных обеспеченностях

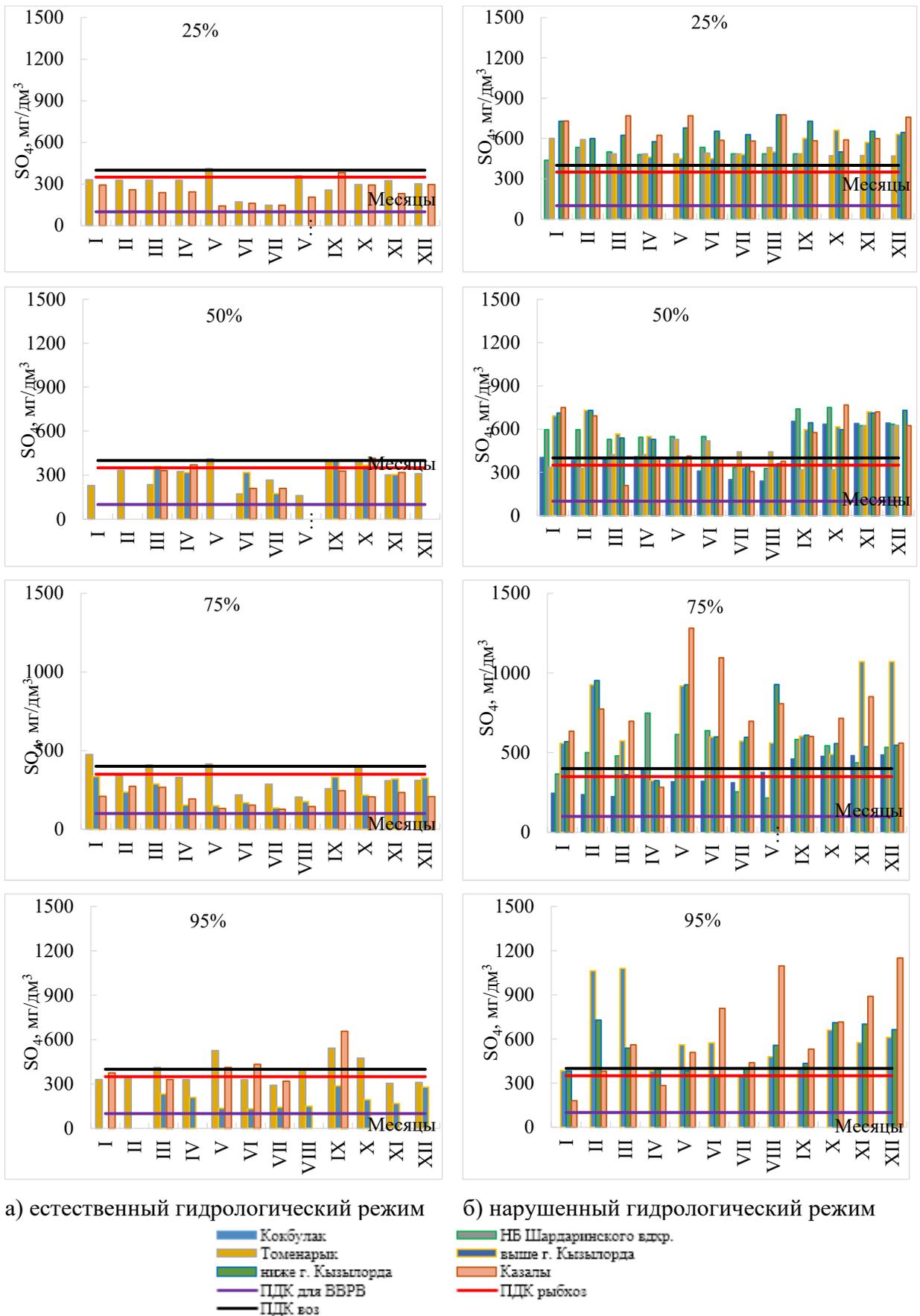
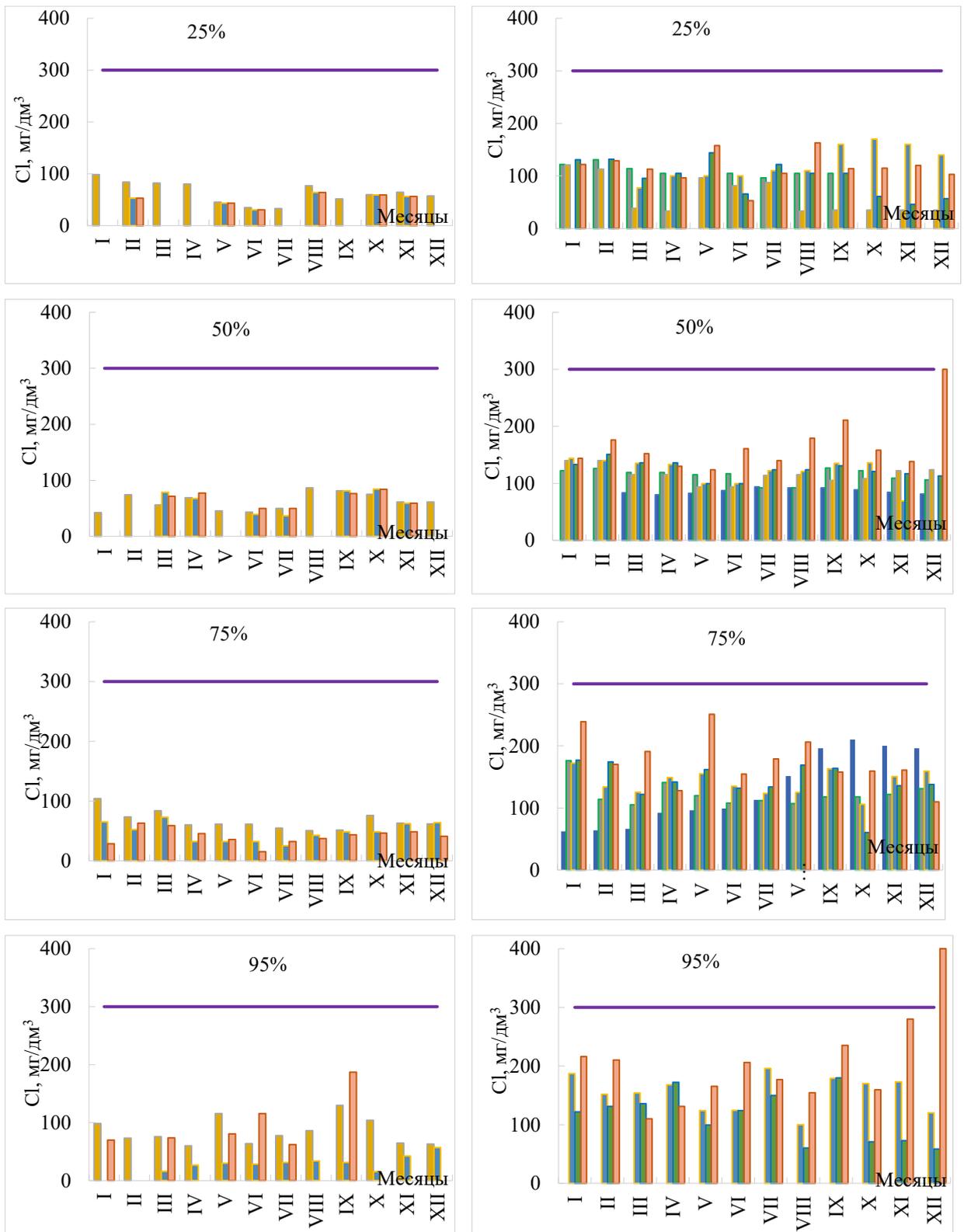


Рисунок Д.5 – Внутригодовые распределения SO_4 по длине р. Сырдария при различных обеспеченностях



а) естественный гидрологический режим

б) нарушенный гидрологический режим

Кокбулак
 Томенар'ык
 ниже г. Кызылорда
 ПДК для ВВРВ

НБ Шардаринского вдкр.
 выше г. Кызылорда
 Казалы

Рисунок Д.6 – Внутригодовые распределения Cl по длине р. Сырдария при различных обеспеченностях

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

Внутригодовое распределение органических веществ

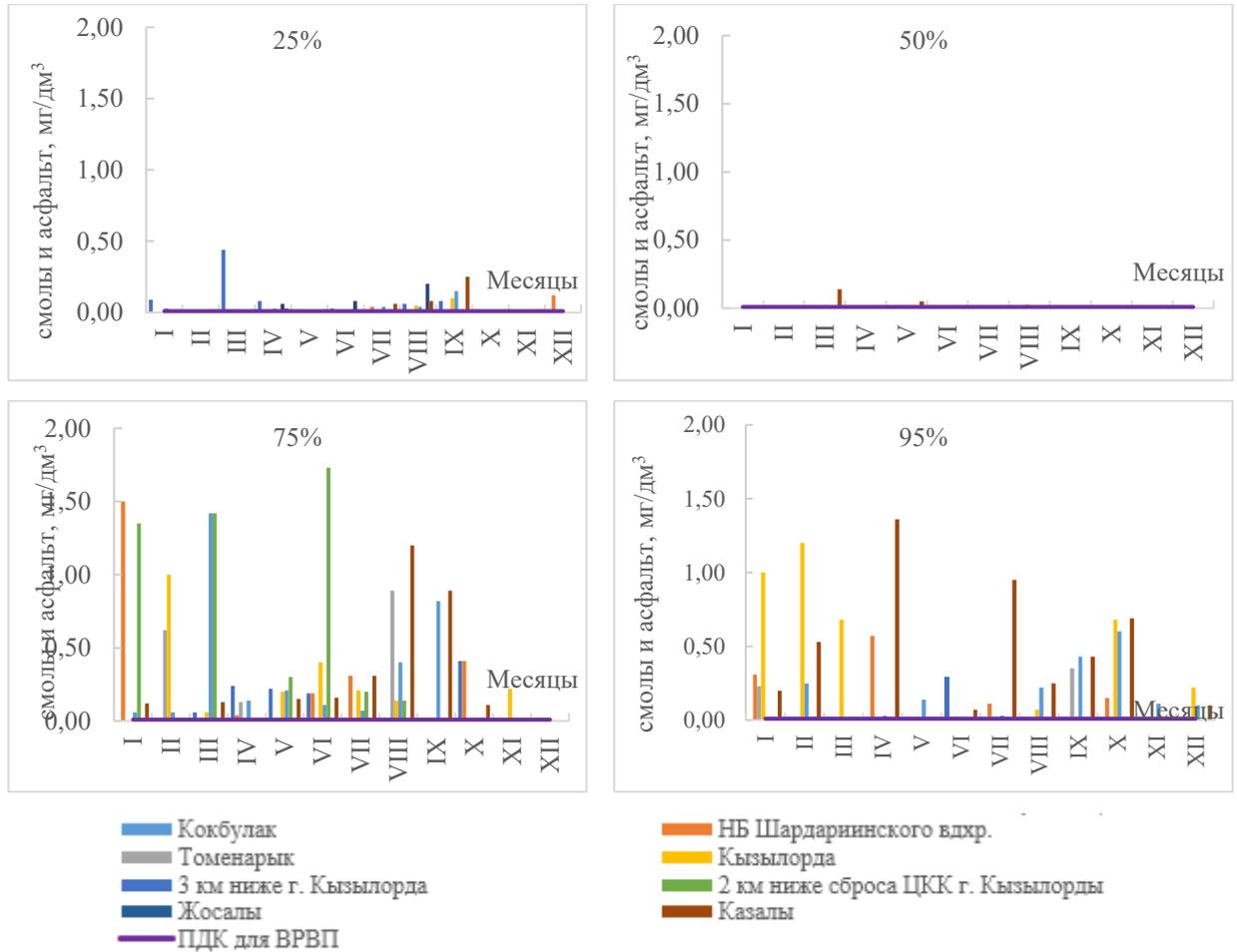


Рисунок Е.1 – Внутригодовое распределение смол и асфальта по длине р. Сырдария при различных обеспеченностях

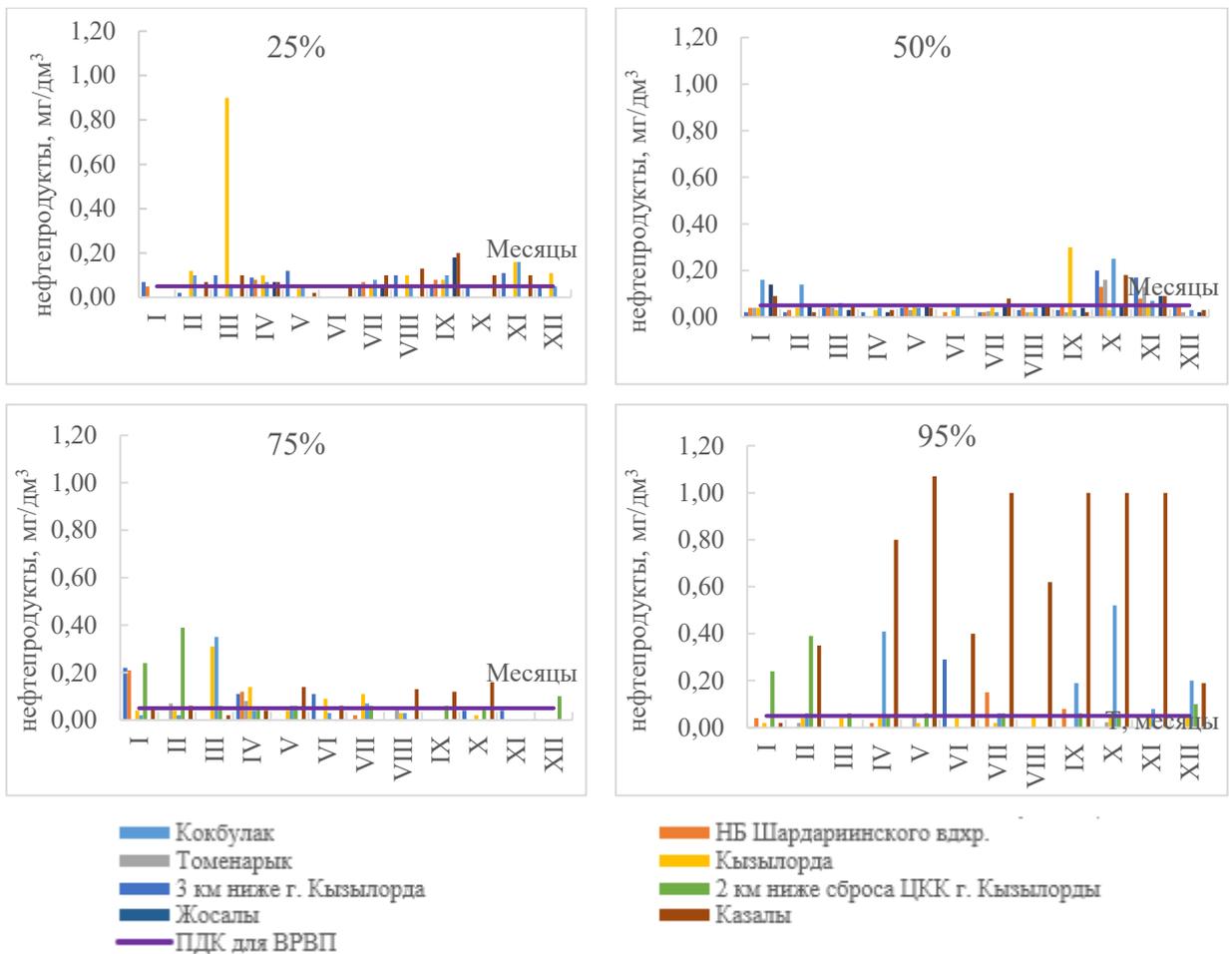


Рисунок Е.2 – Внутригодовое распределение нефтепродуктов по длине р. Сырдария при различных обеспеченностях

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж

Внутригодовое распределение биогенных веществ

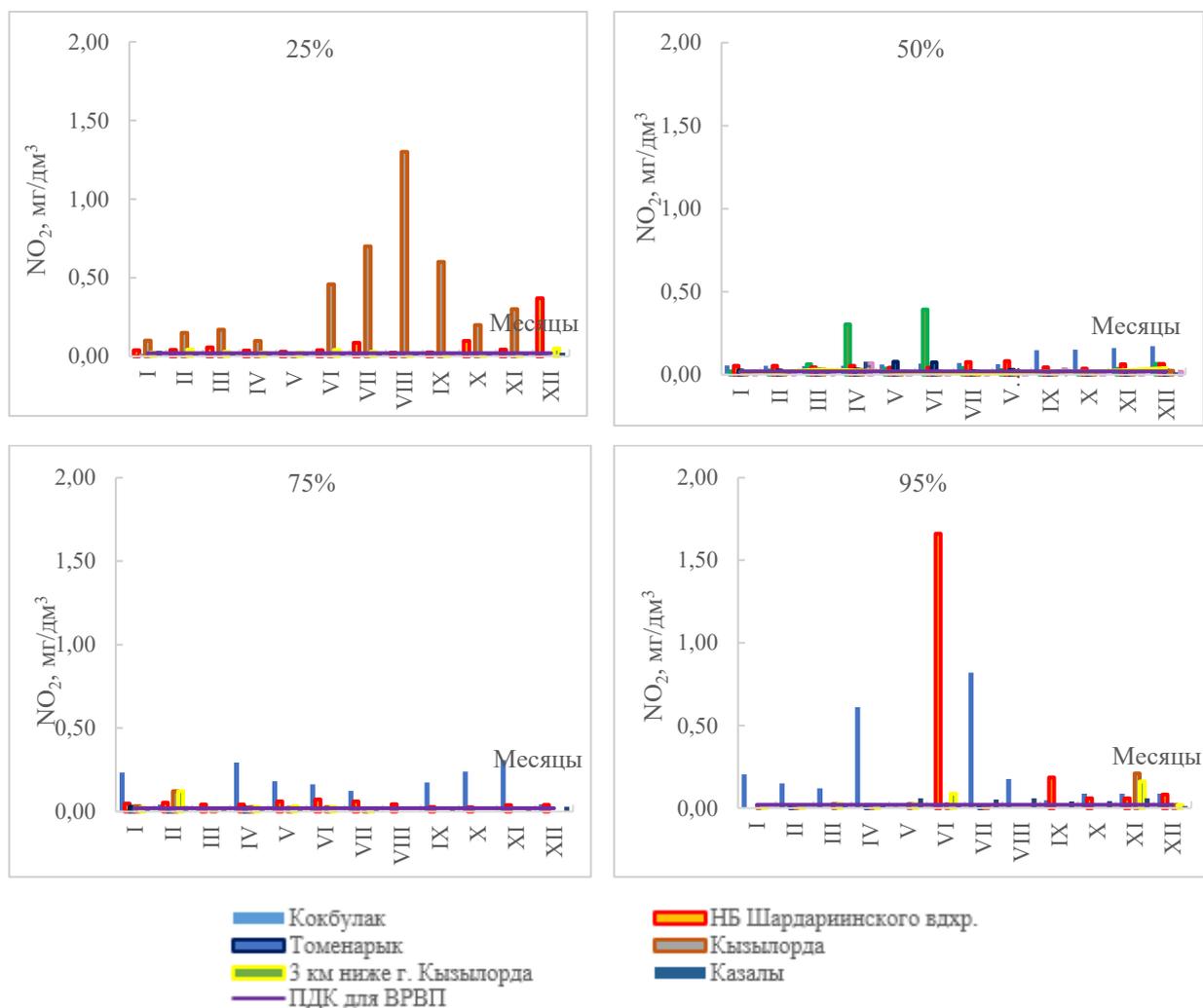


Рисунок Ж.1 – Внутригодовое распределение нитрит-ионов по длине р. Сырдария при различных обеспеченностях

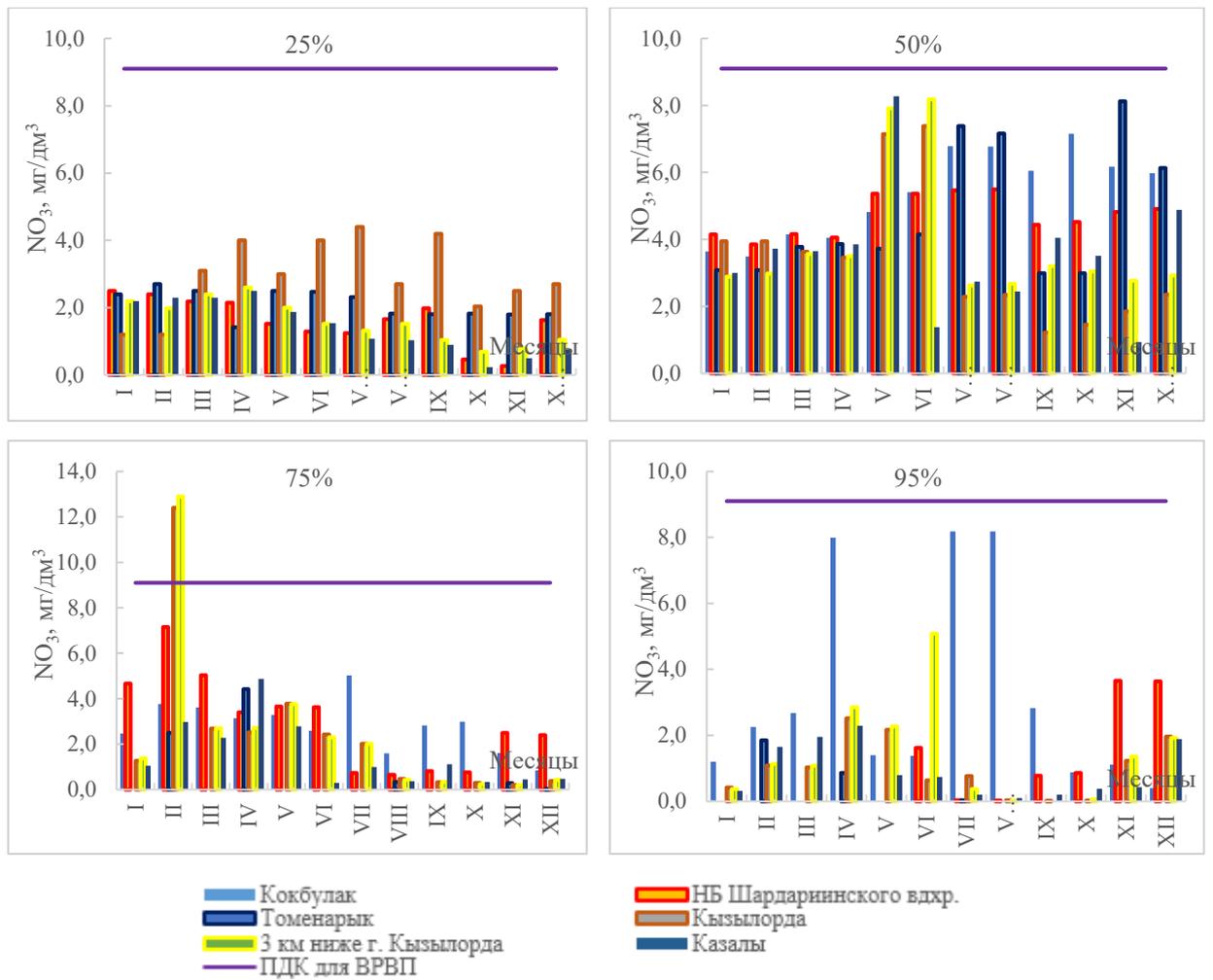


Рисунок Ж.2 – Внутригодовое распределение нитрат-ионов по длине р. Сырдария при различных обеспеченностях

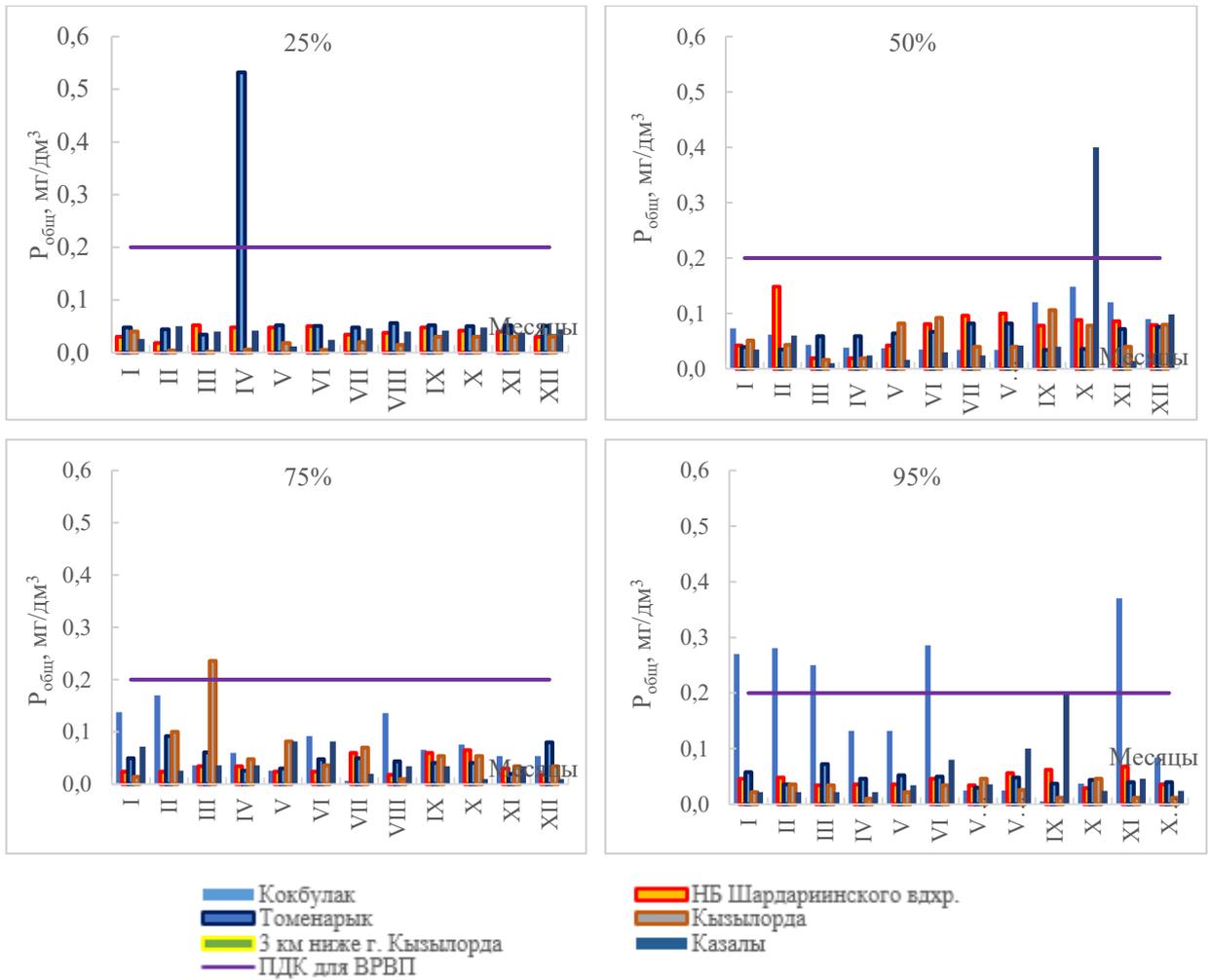


Рисунок Ж.3 – Внутригодовое распределение общего фосфора по длине р. Сырдария при различных обеспеченностях

ПРИЛОЖЕНИЕ И

Внутригодовое распределение тяжелых металлов

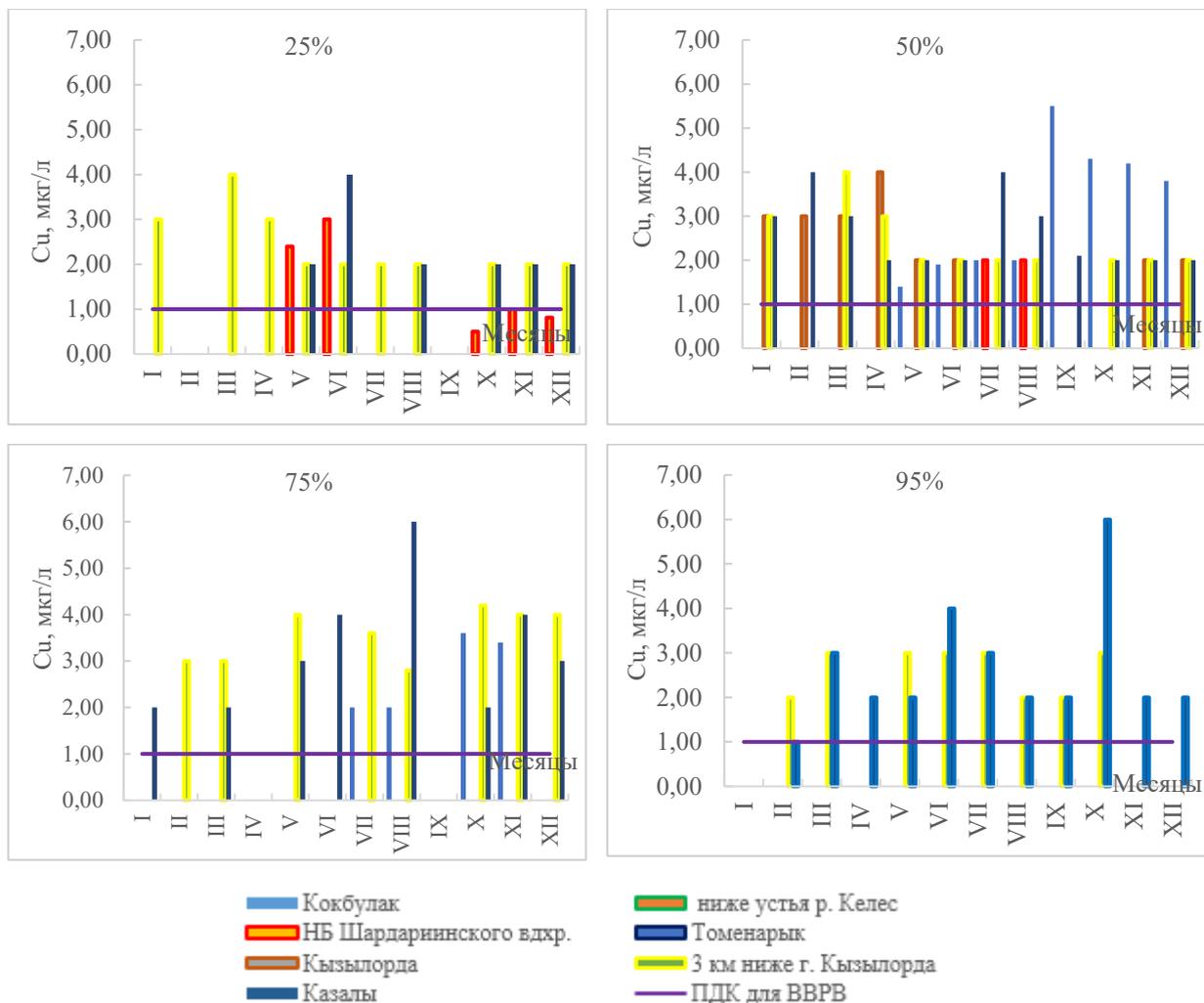


Рисунок И.1 – Внутригодовое распределение ионов меди по длине р. Сырдария при различных обеспеченностях

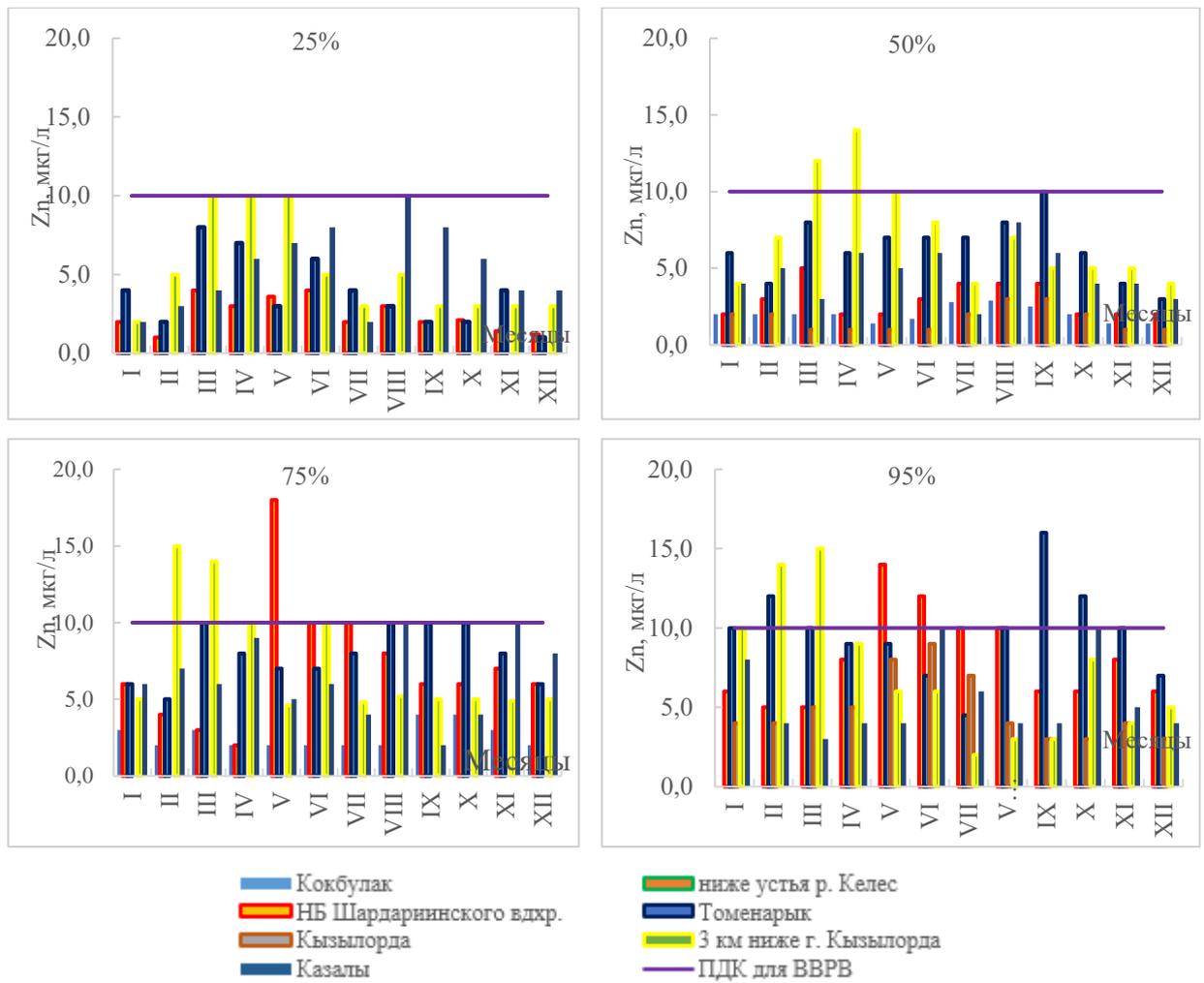


Рисунок И.2 – Внутригодовое распределение ионов цинка по длине р. Сырдария при различных обеспеченностях

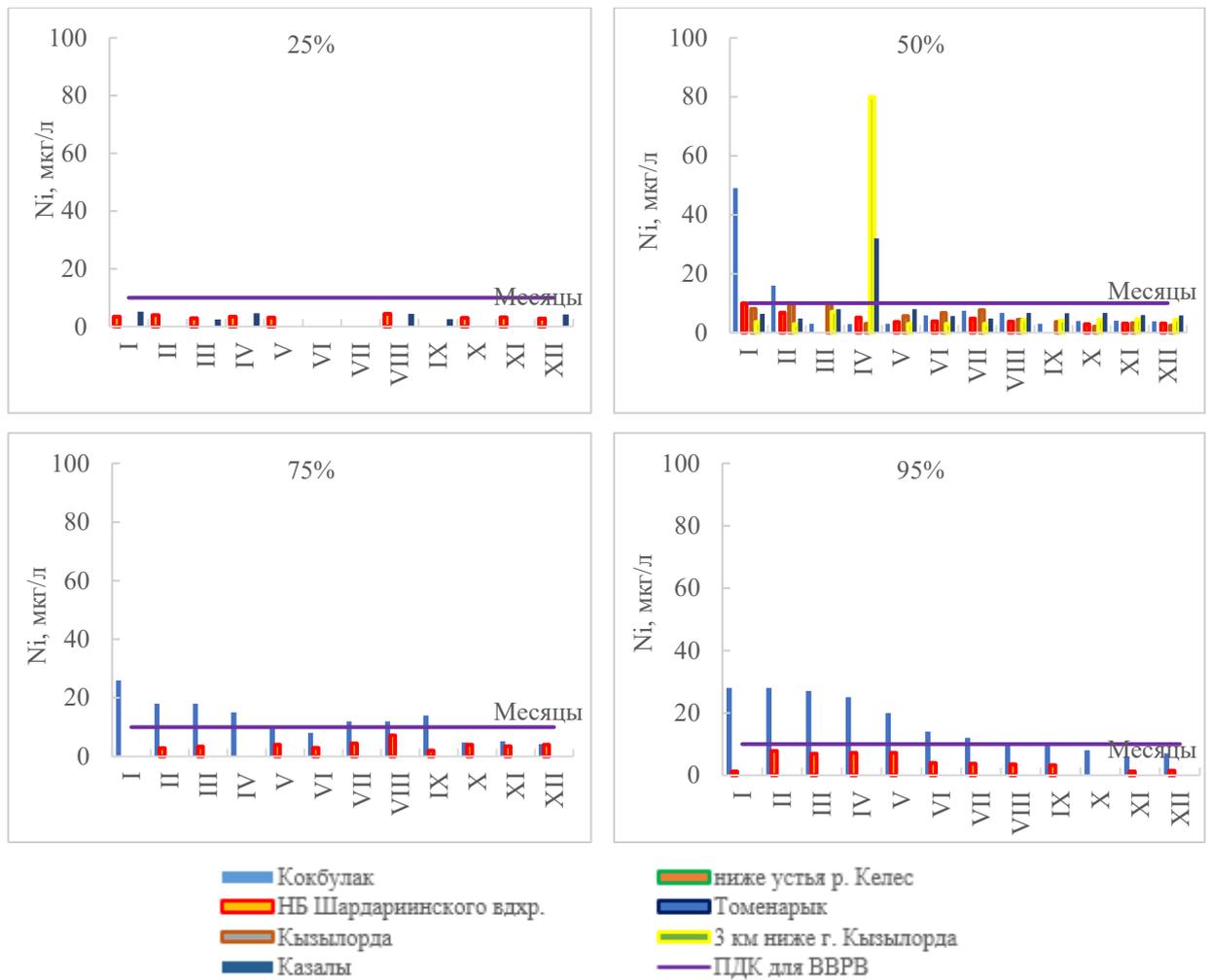


Рисунок И.3 – Внутригодовое распределение ионов никеля по длине р. Сырдария при различных обеспеченностях

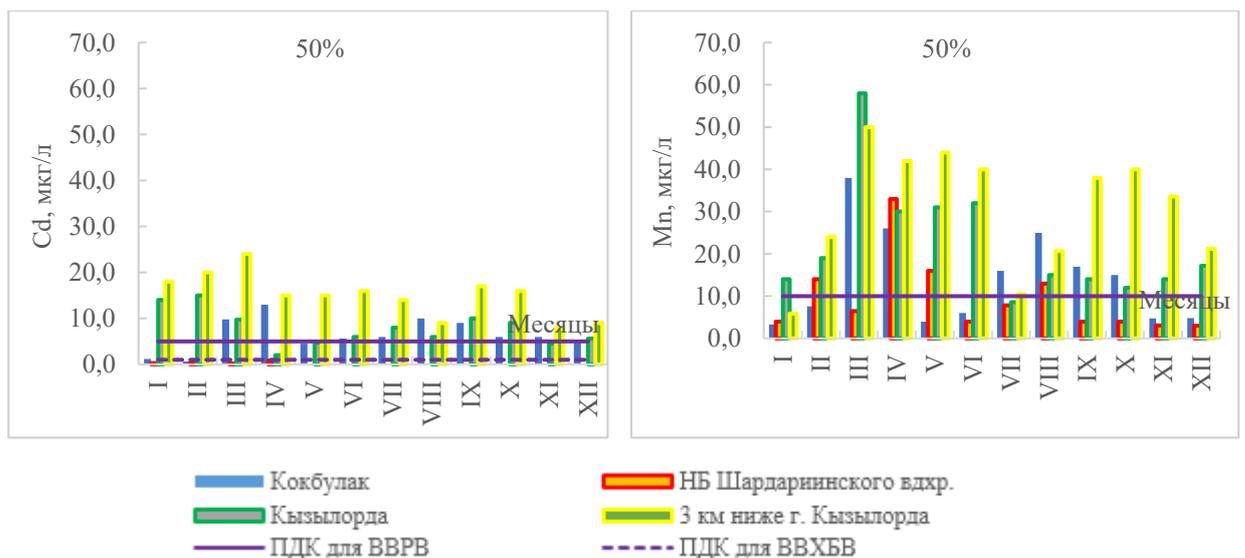


Рисунок И.4 – Внутригодовое распределение ионов кадмия и марганца по длине р. Сырдария при 50 % обеспеченности

ПРИЛОЖЕНИЕ К

Внутригодовое распределение хлорорганических пестицидов

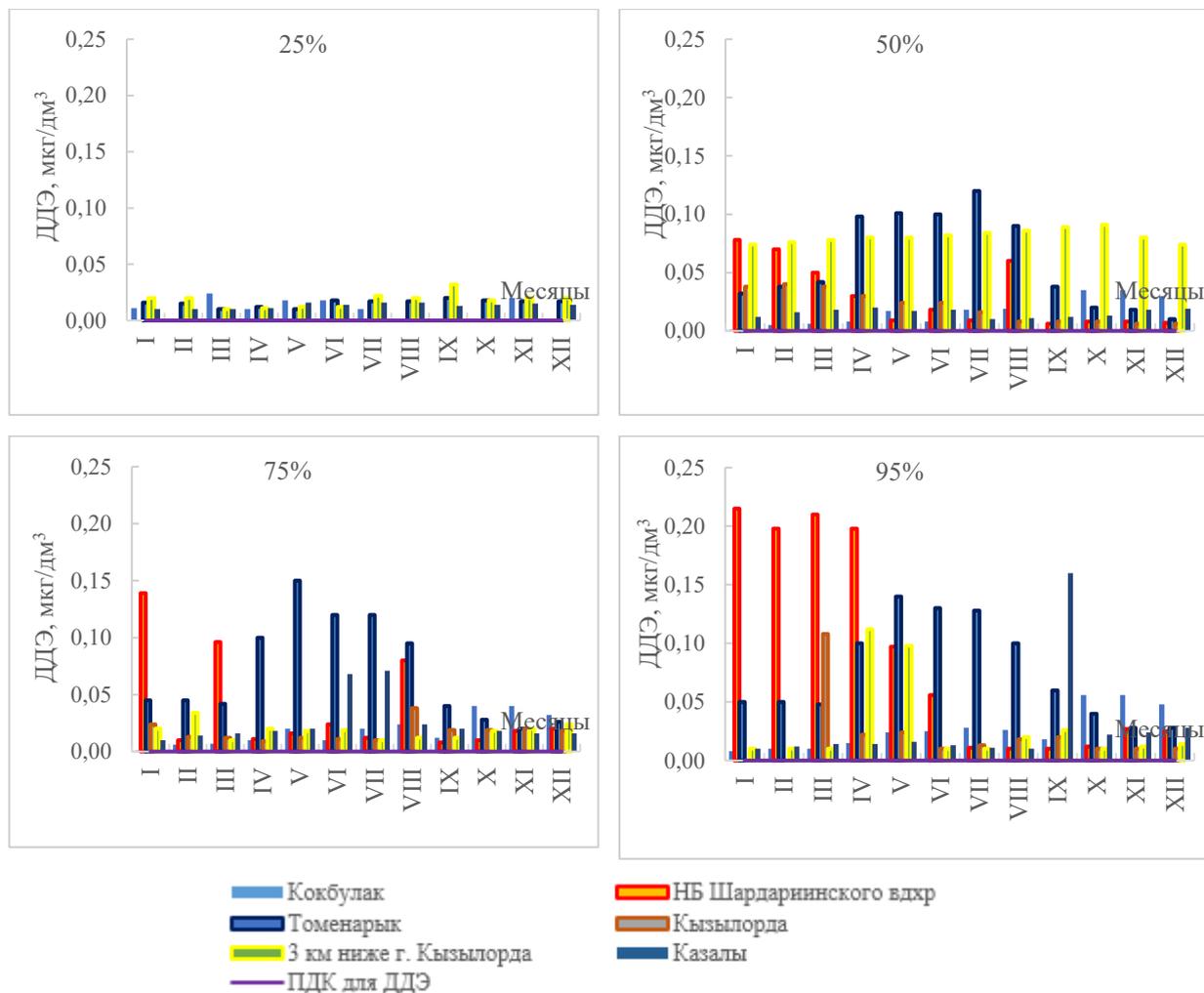


Рисунок К.1 – Внутригодовое распределение ДДЭ по длине р. Сырдария при различных обеспеченностях

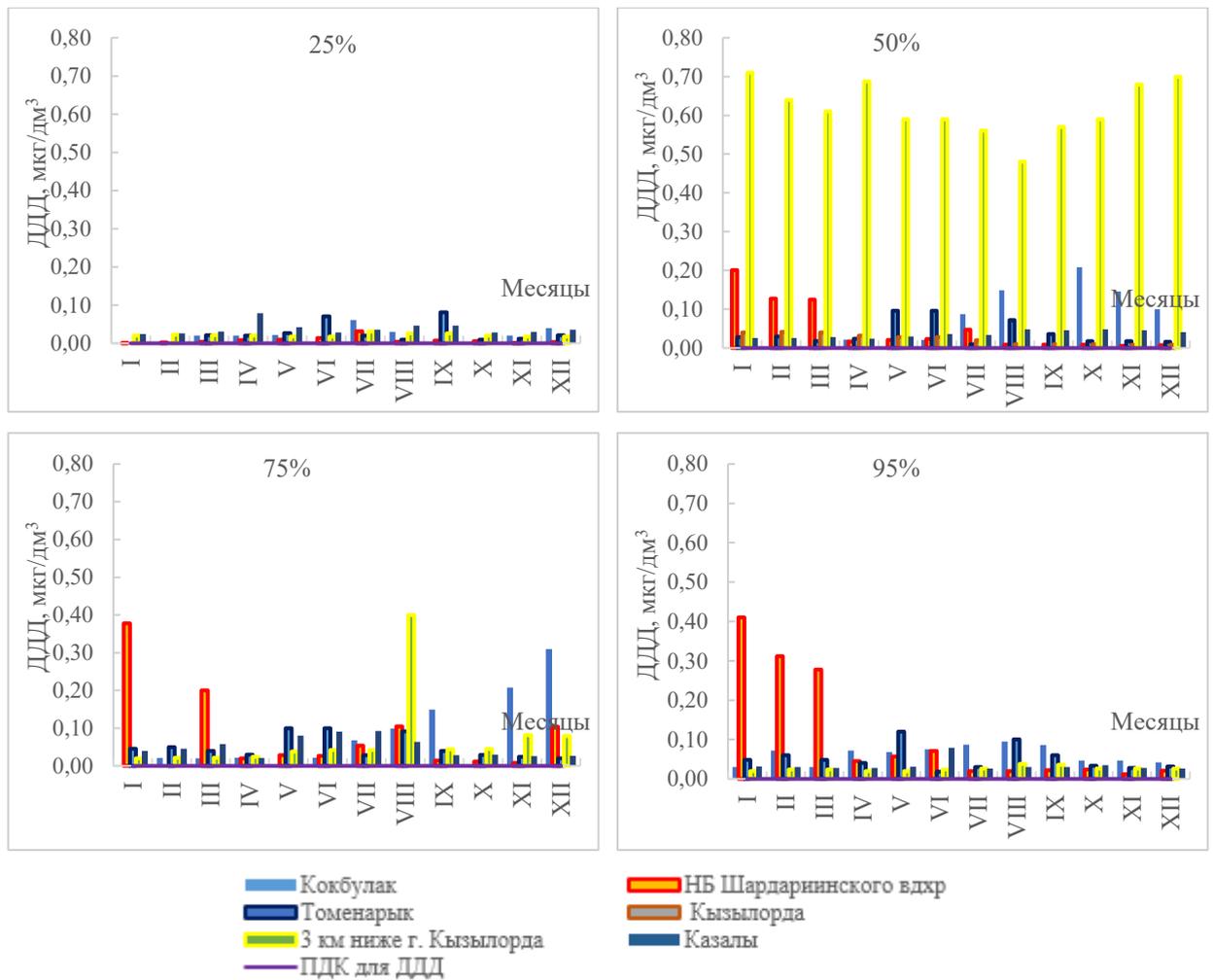


Рисунок К.2 – Внутригодовое распределение ДДД по длине р. Сырдария при различных обеспеченностях

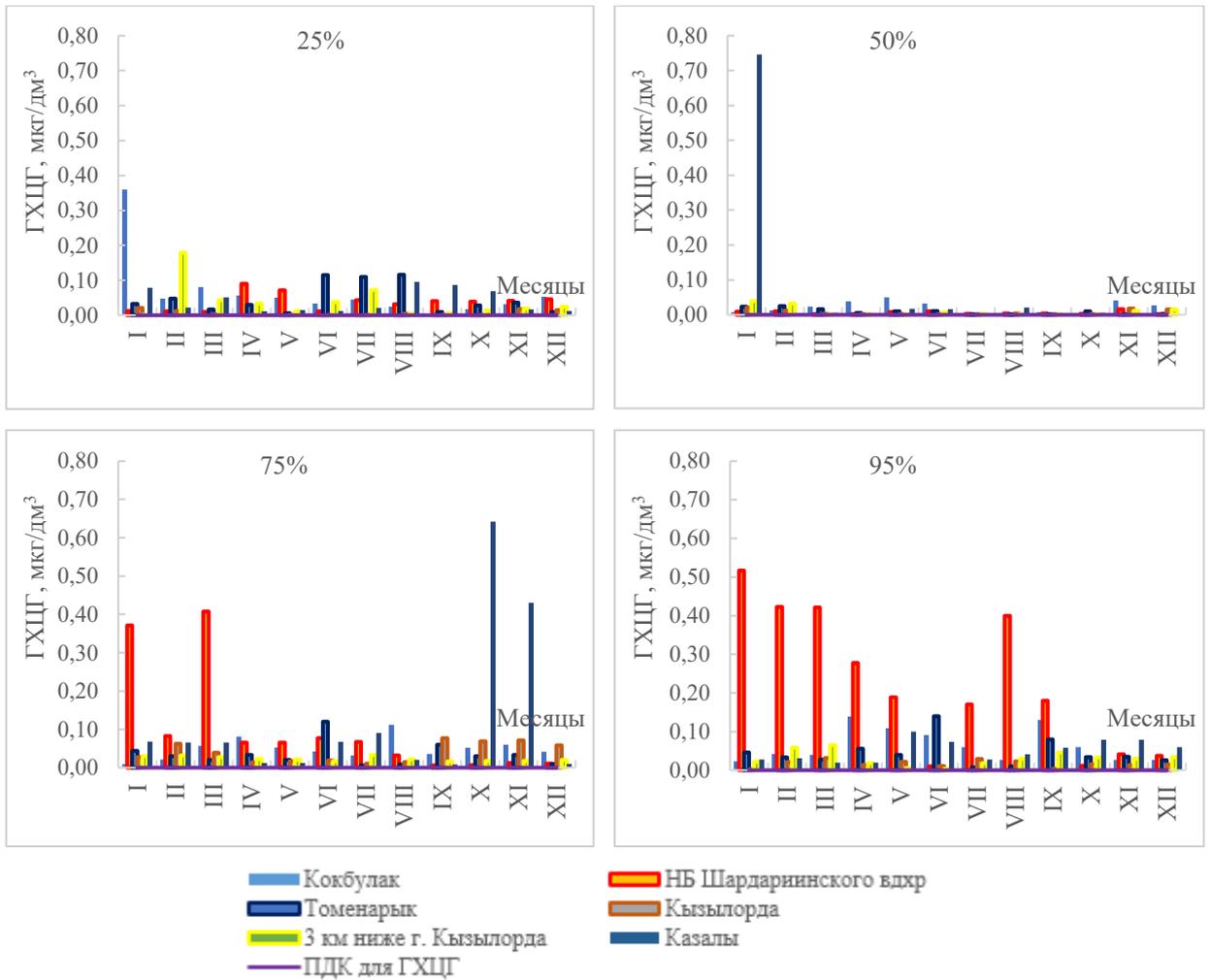


Рисунок К.3 – Внутригодовое распределение ГХЦГ по длине р. Сырдария при различных обеспеченностях

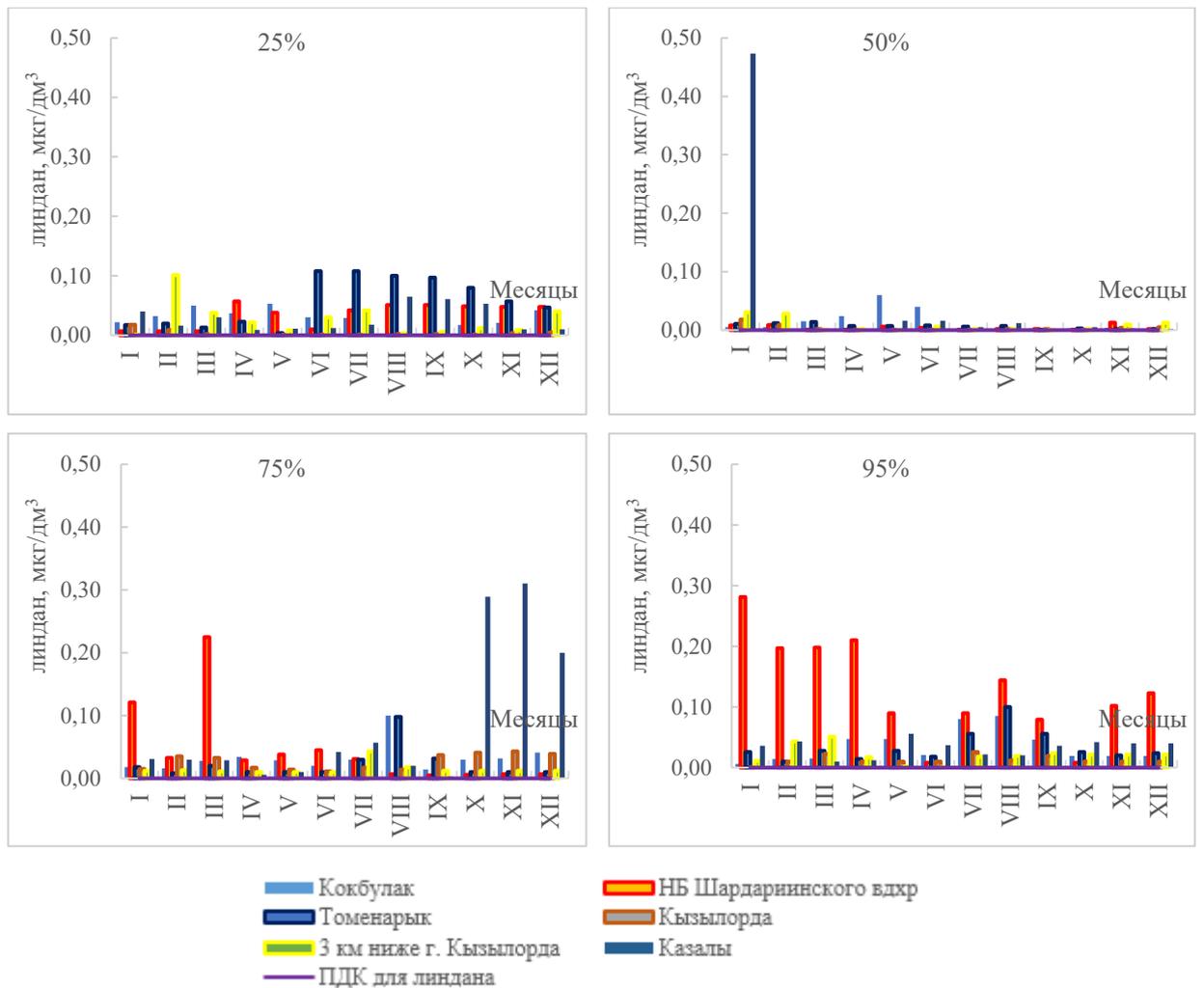


Рисунок К.4 – Внутригодовое распределение линдана по длине р. Сырдария при различных обеспеченностях

ПРИЛОЖЕНИЕ Л

Сценарные прогнозы водозабора и притока

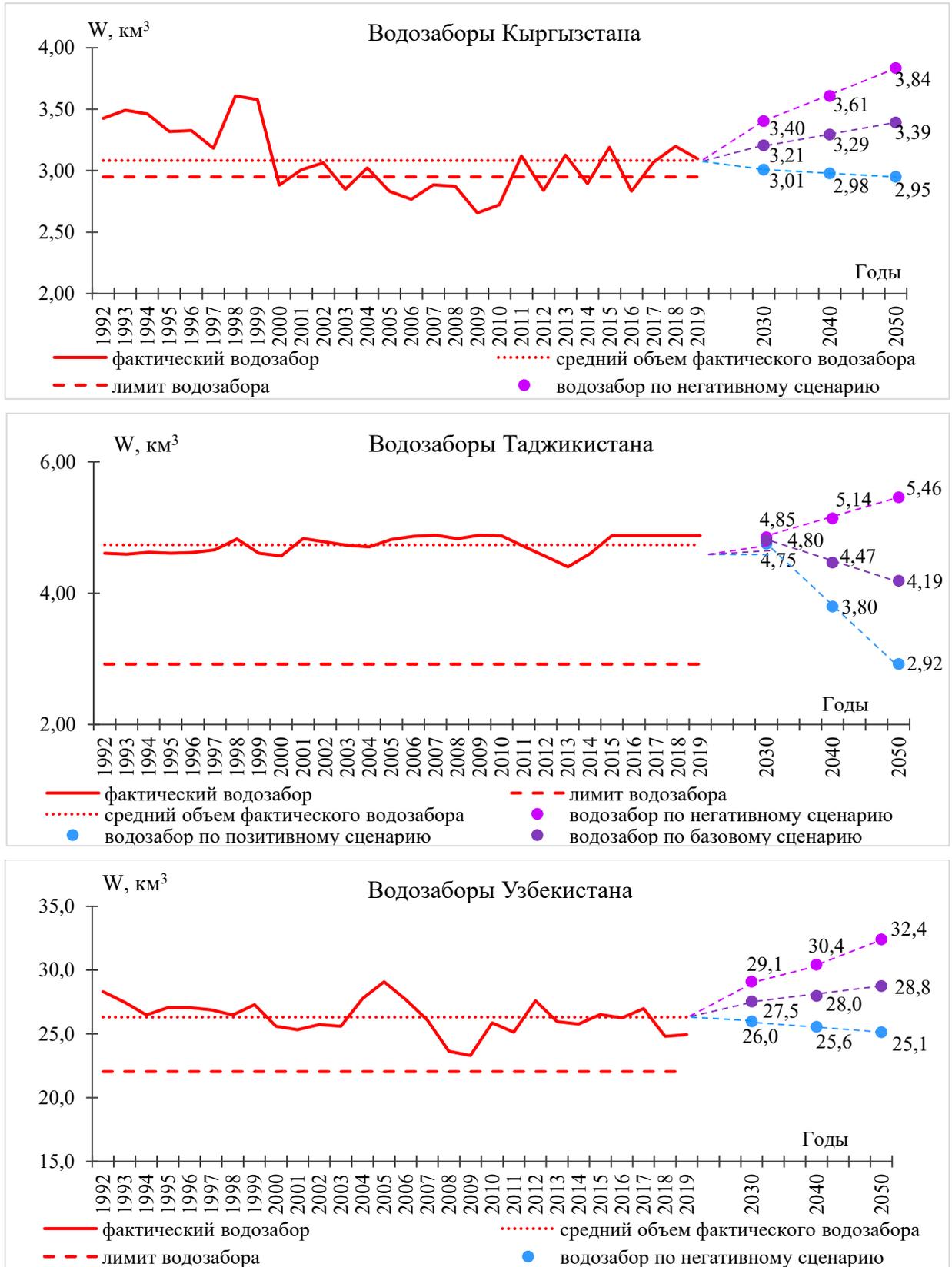


Рисунок Л.1 – Водозаборы на территории Кыргызстана, Таджикистана, Узбекистана

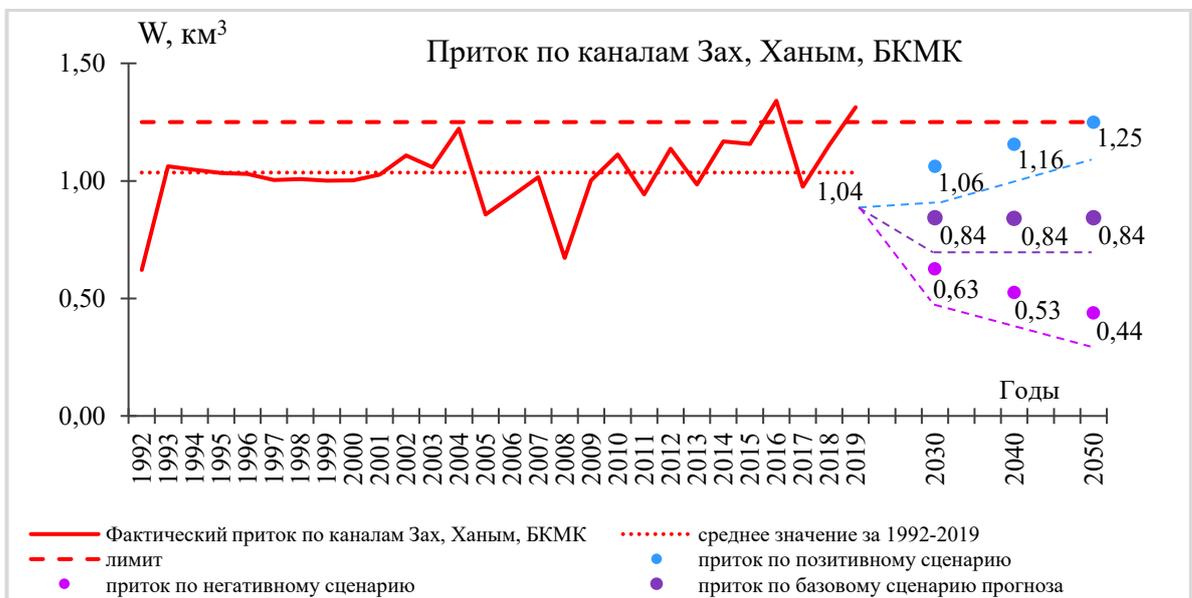
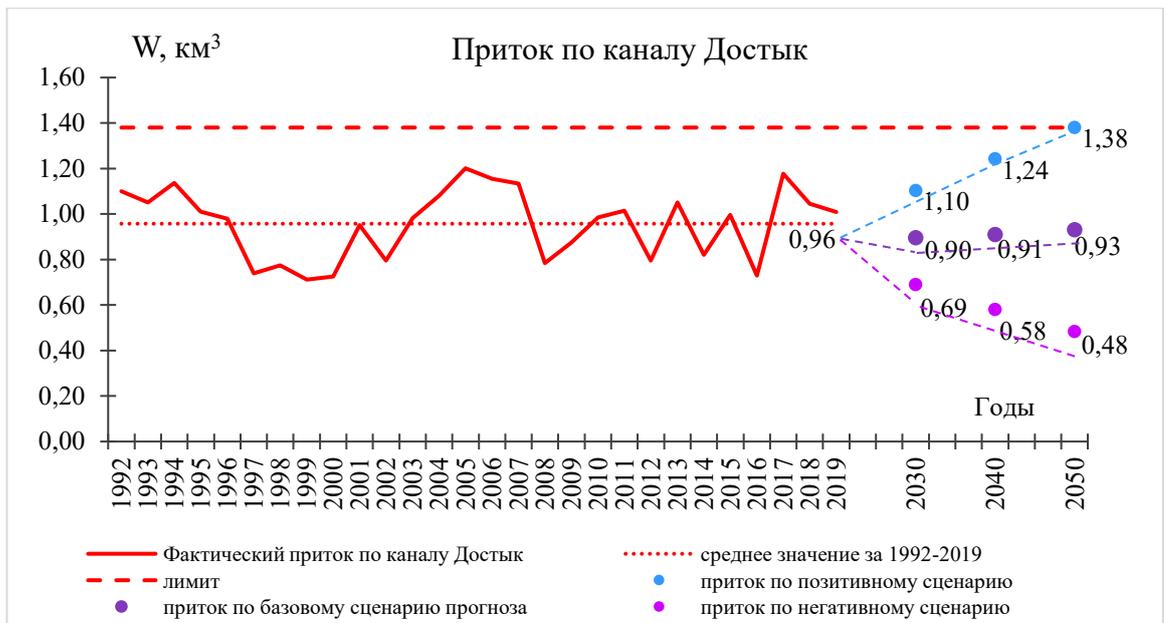


Рисунок Л.2 – Приток по каналу Достык и Зах, Ханым, БКМК

ПРИЛОЖЕНИЕ М

Прогнозные водохозяйственные балансы изменения ресурсов Арало-Сырдаринского ВХБ

Позитивный трансграничный приток (при благоприятном водном сотрудничестве)

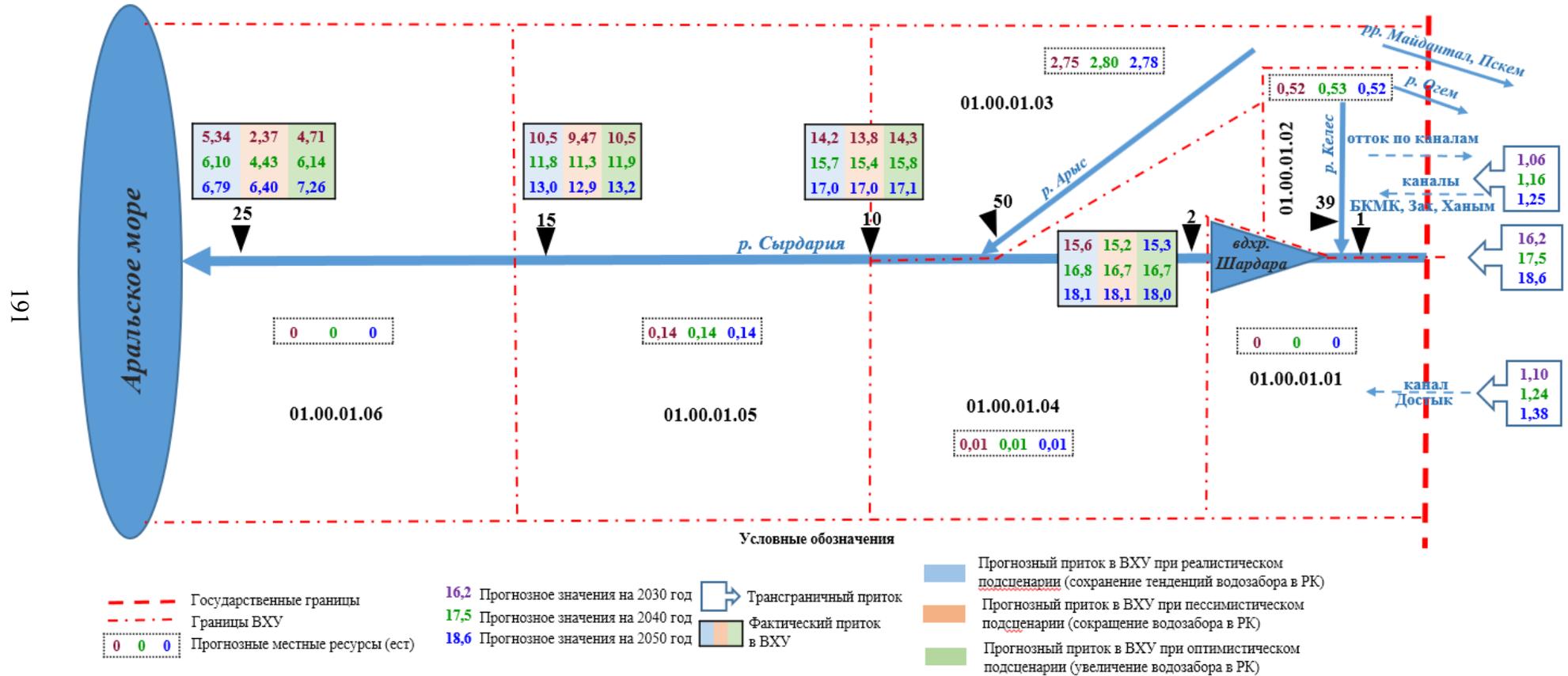


Рисунок М.1 – Схема прогнозного водохозяйственного баланса Арало-Сырдаринского ВХБ при Р-сценарии трансграничного притока

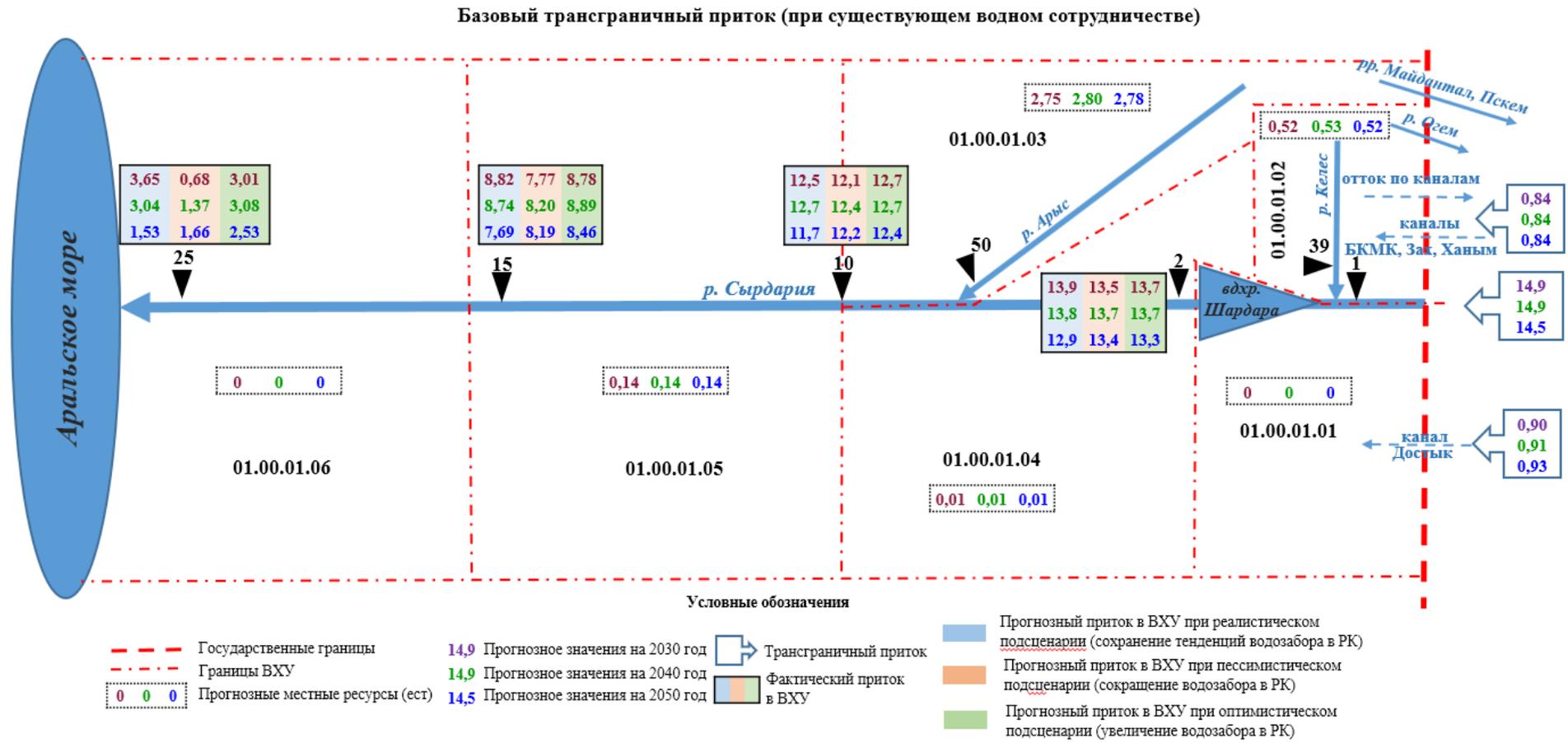


Рисунок М.2 – Схема прогнозного водохозяйственного баланса Арало-Сырдаринского ВХБ при В-сценарии трансграничного притока

ПРИЛОЖЕНИЕ Н

Графические зависимости среднегодового объема свободного стока от среднегодового объема расплогаемого стока

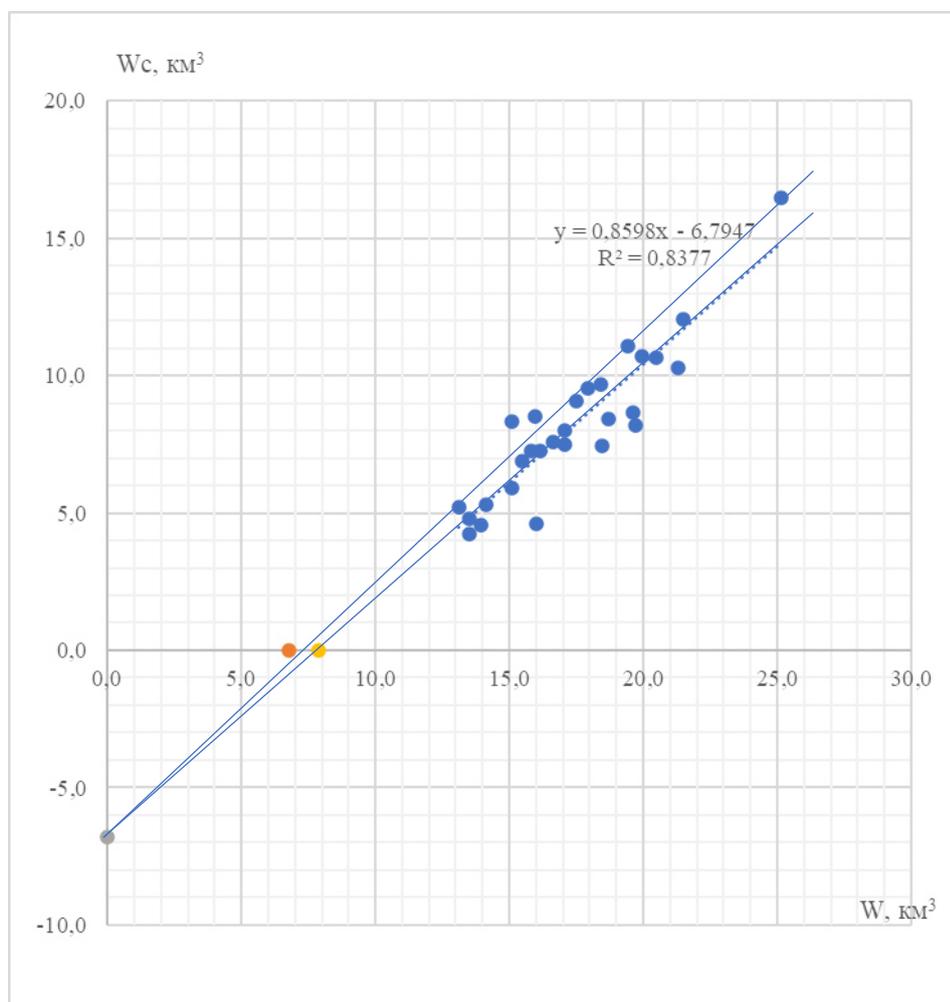


Рисунок Н.1 – Графические зависимости среднегодового объема свободного стока от среднегодового объема расплогаемого стока
Р. Сырдария -Казалы

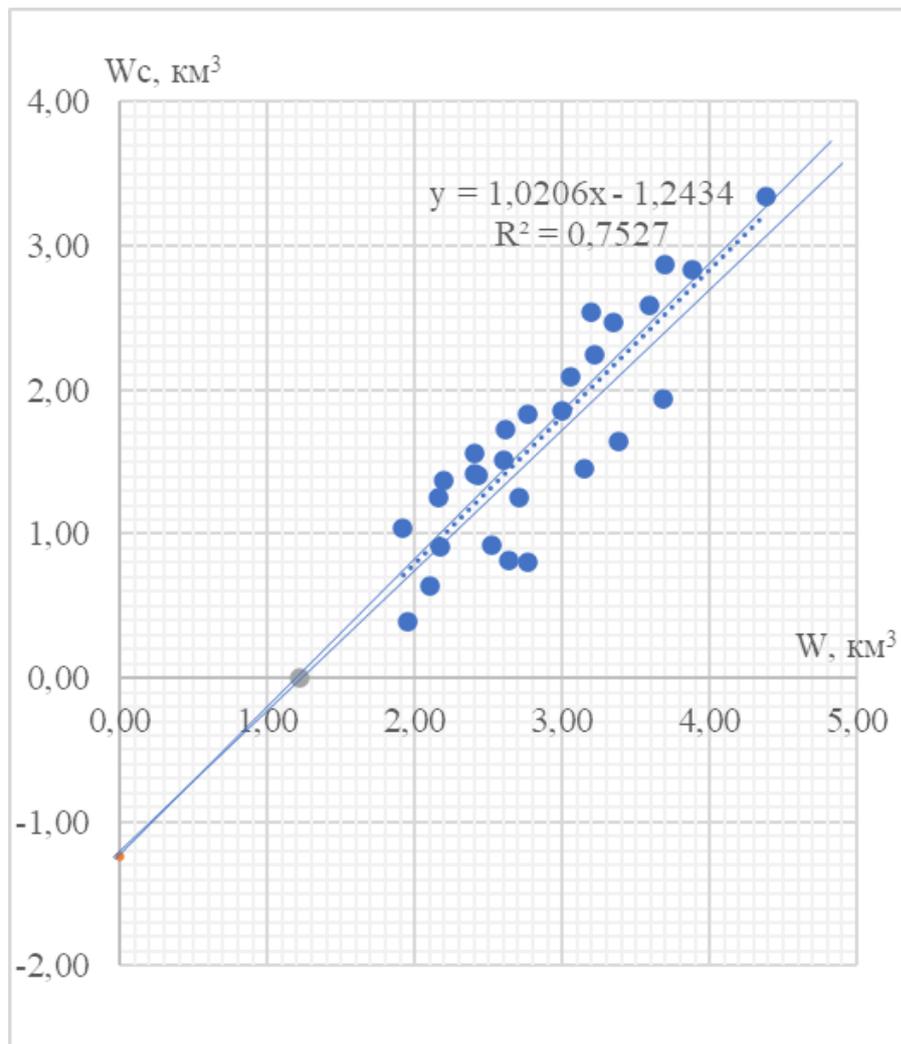


Рисунок Н.2 – Графические зависимости среднегодового объема свободного стока от среднегодового объема располагаемого стока бассейна р. Арыс

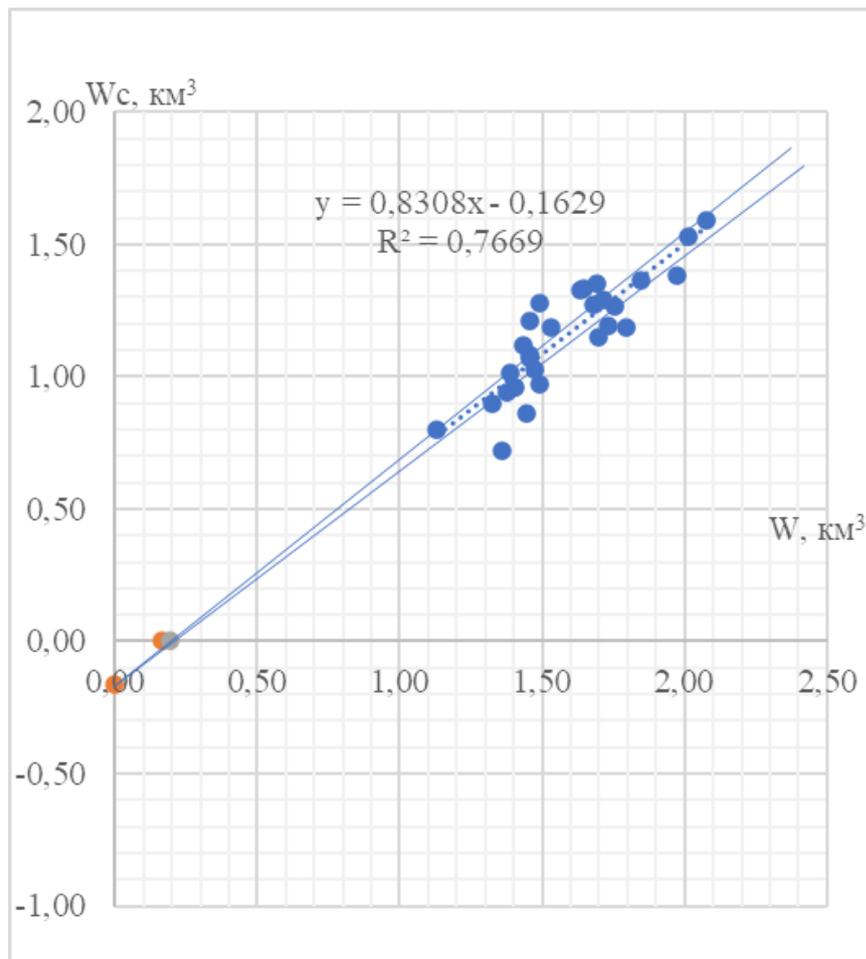


Рисунок Н.3 – Графические зависимости среднегодового объема свободного стока от среднегодового объема распускаемого стока бассейна р. Келес