

**КЫРГЫЗСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ И. АРАБАЕВА**

ОШСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

**НАРЫНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ С. НААМАТОВА**

На правах рукописи
УДК 504.4.054;504.455

Исмуханова Лаура Тыныштыкбаевна

Оценка гидроэкологического состояния Капшагайского водохранилища

25.00.36 – геоэкология

Диссертация на соискание ученой степени кандидата географических наук

Научный руководитель:

д.г.н., профессор
Чодураев Т.М.

Бишкек – 2023

СОДЕРЖАНИЕ

	стр.
ВВЕДЕНИЕ	7
1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ «ПРИРОДНО-АНТРОПОГЕННЫЕ УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ГИДРОЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ КАПШАГАЙСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА»	
1.1 Сущность определений и понятий	14
1.2 Объект исследования	17
1.3 Проблема изученности гидроэкологического состояния водных объектов	48
1.4 Источники антропогенного загрязнения	56
2 МЕТОДОЛОГИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ «КАПШАГАЙСКОЕ ВОДОХРАНИЛИЩЕ: ОЦЕНКА ГИДРОЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ»	
2.1 Методы исследования и материалы	72
2.2 Гидрохимический режим водохранилища	76
2.3 Антропогенное загрязнение воды и донных отложений водохранилища	84
2.4 Тяжелые металлы в промысловых видах рыб	93
3 РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ «КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ КАЧЕСТВА ВОДЫ КАК ФАКТОР ОЦЕНКИ ГИДРОЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДОХРАНИЛИЩА»	
3.1 Пространственная дифференциация Капшагайского водохранилища по источникам антропогенного загрязнения	97
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	113
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ	116
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	118

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ

В настоящей диссертации применяются следующие сокращения и обозначения:

г.	- город;
гг.	- годы;
г/п	- гидропост, гидрологический пост;
ГЭС	- Гидроэлектростанция;
ДО	- донные отложения;
КазНИИРХ	- Казахский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства;
КНР	- Китайская Народная Республика;
КИЗВ _{ко}	- комплексный индекс загрязненности вод с учетом класса опасности;
МС	- метеостанция, метеорологическая станция;
НПУ	- нормальный подпорный уровень;
оз.	- озеро;
ООН	- организация объединенных наций;
п.	- поселок;
ПДК _{рх}	- предельно допустимая концентрация по рыбохозяйственному назначению;
РГП	- Республиканское Государственное предприятие;
РК	- Республика Казахстан;
р.	- река;
СНГ	- Содружество независимых государств;
ТОО	- Товарищество с ограниченной ответственностью;
ТМ	- тяжелые металлы.

В настоящей диссертации применяются следующие единицы измерения:

км^3	- объем воды в кубических километрах;
мг/дм^3 , мкг/дм^3	- миллиграмм (микрограмм) на кубический метр;
мг/кг	- миллиграмм на килограмм;
$\text{м}^3/\text{с}$	- расход воды в кубических метрах в секунду;
тыс. км^2 , тыс. км^3	- тысяча квадратных (кубических) километра.

НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В настоящей диссертации использованы ссылки на следующие нормативы:

- 1 Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. Санитарные правила и нормы СанПиН № 4.01.01.03 (Утв. 11.06.2003 г. № 447). – Алматы, 2006. – 322 с.
- 2 Гигиенические нормативы содержания пестицидов в объектах окружающей среды (перечень); 1.1.546-96 (6.02.001.97 РК) / Утв. гл. Гос. врачом РК Е. Е. Дурумбетовым № 11 от 15.12.97 г. – Алматы, 1997. – 36 с.
- 3 ГОСТ 17.1.3.08-82 Охрана природы. Гидросфера. Правила контроля качества морских вод.
- 4 ГОСТ 27384-2002 Вода. Нормы погрешности измерений показателей состава и свойств.
- 5 ГОСТ 18826-73 Вода питьевая. Методы измерения массовой концентрации нитратов.
- 6 Медико-биологические требования и санитарные нормы качества продовольственного сырья и пищевых продуктов. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 79 с.
- 7 Методические рекомендации по комплексной оценке качества поверхностных вод по гидрохимическим показателям / под ред. Бурлибаева М. Ж. – Астана, 2012. – 80 с.
- 8 Методические рекомендации по проведению комплексных обследований и оценке загрязнения природной среды в районах, подверженных интенсивному антропогенному воздействию (ПР РК 52.5.06-00). Разработчик к.г.н. М.Ж. Бурлибаев. – Алматы, 2001. – 74 с.
- 9 Нормативы качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в т.ч. нормативов предельно-допустимых концентраций

- вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения. – М., 2010.
- 10 Обобщенный перечень ПДК и ориентировочно безопасных уровней воздействий (ОБВУ) вредных веществ для воды рыбохозяйственных водоемов. – М., 1990.
 - 11 «Обобщенный перечень предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды рыбохозяйственных водоемов» № 408 от 18.08.1997 г.
 - 12 РД 52.04.186-89. Руководство по контролю загрязнения атмосферы (действует с 01.07.1991). – М.: Госкомгидромет, 1991. – Ч. III – 124 с.
 - 13 Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 541 с.
 - 14 Санитарно-гигиенические нормы: «Максимально-допустимые уровни содержания пестицидов в пищевых продуктах и методы их определения» СанПиН 42-123-4540-87. – М., 1987. – 110 с.
 - 15 Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. СанПиН 2.3.2 1078-01» Утв. гл. гос. сан. врачом РФ. – М.: 2001. – 31 с.
 - 16 Сборник санитарно-гигиенических нормативов и методов контроля вредных веществ в объектах окружающей среды. – М., 1991.

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. Водная безопасность Казахстана в засушливых природно-климатических условиях рассматривается как важный компонент национальной безопасности. В Послании Президента РК «Стратегия Казахстан – 2050» в числе глобальных вызовов XXI века отмечен острый дефицит воды в мире, приобретающий наибольшую остроту и в Казахстане, а также необходимость изменения отношения общества к воде и полного решения проблемы водообеспечения к 2050 году. Учитывая глобальность и дальнейшее обострение водных проблем в мире, ООН провозгласила 2018-2028 гг. Международным десятилетием «Вода для устойчивого развития», которое будет содействовать координации и поощрению всех усилий для решения неразрешенных вопросов и проблем, обогащая новыми мерами и усилиями по достижению Целей устойчивого развития.

Вопросы загрязнения водных объектов, в т.ч. трансграничного характера в настоящее время являются приоритетными, которые затрагивают и Казахстан, при этом усложняя ситуацию по водodelению и обеспечению низовьев экосистем водой. Следует отметить, что на территории страны располагаются низовья трансграничных водотоков, которые обуславливают поступление различных токсичных соединений. Эта проблема актуальна для р. Иле и Капшагайского водохранилища и усугубляется антропогенным сокращением стока реки в связи с реализацией водохозяйственных проектов на территории КНР. В Концепции экологической безопасности Республики Казахстан разработанной на основе приоритетов Стратегии «Казахстан-2030», которая должна решаться совместными действиями сопредельных государств, направленными на предупреждение истощения и загрязнения водных ресурсов.

В результате ранее проводившихся исследований выявлено превышение допустимых концентрации в трансграничном стоке р. Иле по меди, цинку и другими токсичными соединениями. Данная ситуация сохраняется уже в течение ряда лет с тенденцией роста концентрации некоторых загрязнителей в последние

годы. Капшагайское водохранилище, которое образовалось в результате перекрытия р. Иле, загрязняется не только трансграничными водами, но и подвергается негативному влиянию других источников в пределах территории Казахстана. К их числу относятся загрязненные стоки южных притоков водохранилища: рр. Каскелен, Есик, Шелек и др., протекающих через города и крупные населенные пункты, сельскохозяйственные стоки из Шенгелдинского, Акдалинского массивов орошения, стоки г. Капшагай. Экологическое состояние водохранилища в свою очередь оказывает значительное влияние на прибрежную территорию и формирование экосистем водных объектов.

Связь темы диссертации с приоритетными научными направлениями, основными исследовательскими программами (проектами), основной исследовательской деятельностью, проводимой образовательными и исследовательскими учреждениями. Работа выполнена в рамках научно-исследовательских Государственных проектов и программ: в 2008-2011 годы – при лаборатории Гидроаналитики Казахского научно-исследовательского института рыбного хозяйства (КазНИИРХ), в 2013-2020 годы – при лаборатории Гидрохимии и экологической токсикологии Института географии и водной безопасности Министерства науки и высшего образования РК при непосредственном участии автора.

2008-2011 гг.: 037 тема «Определение рыбопродуктивности рыбохозяйственных водоемов и/или их участков, разработка биологических обоснований ОДУ оптимально-допустимых объемов изъятия и выдача рекомендаций по режиму и регулированию рыболовства на водоемах Балхаш-Алакольского бассейна»;

042 тема «Комплексная оценка эколого-эпидемиологического состояния биоресурсов основных рыбохозяйственных водоемов Казахстана для формирования государственного кадастра»;

2008-2010 гг.: 055 тема «Комплексное эколого-эпидемиологическое обследование биоценоза каспийской акватории и разработка мер по его оздоровлению на 2008-2010 годы»;

2013-2015 гг.: Грантовый Проект «Оценка уровня загрязненности полихлорированными бифенилами водных экосистем крупных трансграничных бассейнов – важный шаг к реализации национальных задач по Стокгольмской конвенции о СОЗ»;

Научно-техническая программа «Водная безопасность Республики Казахстан – стратегия устойчивого водообеспечения»;

Грантовый Проект «Моделирование переноса загрязнения в Иле-Балхашском бассейне с использованием суперкомпьютера».

2018-2020 гг.: Грантовый проект «Мониторинг уровня концентрации и распределения токсичных соединений в снежном покрове на территории Алматинской агломерации и оценка их влияния на природные объекты»;

2019-2021 гг.: Программе: 254 «Эффективное управление водными ресурсами» подпрограмма: 103 «Охрана и рациональное использование водных ресурсов» «Разработка паспортов рек Казахстана».

Цель и задачи исследования. Цель диссертационной работы – оценить современное гидрохимическое и токсикологическое состояние Капшагайского водохранилища и трансграничного притока р. Иле.

В задачи диссертации входило решение следующих вопросов:

- Выявить качественные и количественные закономерности временной динамики трансграничного притока минеральных солей и токсичных соединений по р. Иле;

- Изучить современное гидрохимическое и токсикологическое состояние водохранилища на основе оценки содержания тяжелых металлов в воде, донных отложениях и мышечных тканях промысловых видов рыб. Оценить объективные комплексные показатели качества воды с учетом класса опасности по содержанию тяжелых металлов;

- Изучить пространственное распределение загрязняющих веществ по акватории Капшагайского водохранилища, как показателя антропогенной нагрузки водной экосистемы.

Научная новизна полученных результатов определяется системным исследованием качества воды водохранилища, которое позволило получить новые научные данные о роли природных и антропогенных факторов и разработать научно обоснованные рекомендации по использованию его потенциала. Изучение количественных и качественных показателей притока химических соединений по трансграничной реке позволило получить информацию об уровне их влияния на водную среду под воздействием антропогенных факторов, что в свою очередь даст возможность совершенствования решений в Межгосударственном соглашении по качеству вод между казахстанской стороной и КНР. Полученные научные сведения будут способствовать решению задач по улучшению состояния водопользования в коммунально-бытовом, сельском, рыбном хозяйстве, также для туристско-рекреационного пользования.

Практическая значимость полученных результатов. Полученные результаты будут полезны в решении ряда важных задач водохозяйственной и рыбохозяйственной отраслей. Найдут широкое применение в области химических наук, экологии, охраны природы, водных и биологических ресурсов. Они также будут представлять интерес для ученых НИИ и ВУЗов страны соответствующих специальностей.

Экономическая значимость полученных результатов. Экономическая значимость полученных результатов будет способствовать стабилизации экологических условий и снижению социально-экономической напряженности, обусловленной загрязнением водохранилища. Результаты также могут быть использованы в области обеспечения улучшения качества водной среды для расширенного воспроизводства биологических ресурсов и в сохранении экологической безопасности водных объектов.

Основные положения диссертации, выносимые на защиту:

- выявленное загрязнение тяжелыми металлами р. Иле имеет трансграничный характер. Полученные данные свидетельствуют о том, что

ежегодный приток загрязняющих веществ составляет: 41 % по цинку, 60 % по меди и 45 % по свинцу.

- обнаруженное загрязнение водной экосистемы Капшагайского водохранилища обусловлено высоким содержанием тяжелых металлов. Основными загрязняющими веществами являются: в воде – медь до 48 ПДК, цинк до 6 ПДК, свинец до 4,5 ПДК; в донных отложениях – кадмий до 3,5 раза, в мышечных тканях рыб уровень накопления металлов меняется от умеренного до слабого уровня. Одновременно на основе полученных результатов выполнена комплексная оценка качества воды водохранилища с учетом класса опасности по содержанию тяжелых металлов.

- установленные особенности пространственного распределения тяжелых металлов по акватории позволили определить антропогенную нагрузку на водную экосистему водохранилища не только трансграничного характера, но и существенного влияния малых рек.

Личный вклад соискателя состоял в выполнении экспедиционных работ по отбору проб, их камеральной обработке и анализу первичных данных. Автором выполнена оценка антропогенного загрязнения водной среды, на основе которой установлены целый ряд особенностей гидроэкологического состояния водохранилища. Им дана комплексная оценка воды, по результатам которой выявлено повышенное содержание ряда токсичных элементов, существенно снижающих качество воды водохранилища. Автором также выполнен расчет притока загрязняющих веществ и минеральных солей по приграничному створу р. Иле, который позволил выявить уровень трансграничного загрязнения.

Апробация результатов диссертации. Основные положения диссертаций докладывались на международных и научно-практических конференциях: «Эл-Фараби элемеі» [Алматы, 2015], «Проблемы гидрометеорологического обеспечения хозяйственной деятельности в условиях изменяющегося климата» [Минск, 2015], «Экосистемы Центральной Азии в современных условиях социально-экономического развития» [Улан-Батор, 2015], Международной

научной конференции, посвященной 100-летию юбилею акад. М. М. Адышева «Развитие наук о земле в Кыргызстане: состояние, проблемы и перспективы» [Бишкек, 2015], «Перспективы развития современной науки» [Израиль, 2016], «Водные ресурсы Центральной Азии и их использование» [Алматы, 2016], «Членство в ВТО: перспективы научных исследований и международного рынка технологий» [Бангкок, 2016], «Проблемы совершенствования управления природными и социально-экономическими процессами на современном этапе» [Бишкек, 2016], «Инновационный менеджмент и технологии в эпоху глобализации» [Дубай, 2017], «Современные проблемы водохранилищ и их водосборов: Гидробиология и ихтиология» Вопросы гидрологии и геоэкологии (секция молодых ученых) [Пермь, 2017], «Байкальская международная научно-практическая конференции» [Иркутск, 2018-2020], «International Multidisciplinary Scientific Geo Conference SGEM [Bulgaria, 2019, 2020], «Snow cover, atmospheric precipitation, aerosols: chemistry and climate: reports of the Baikal international scientific conference end orsedby IUPAC» [Irkutsk, 2020].

Полнота отражения результатов диссертации в публикациях. Основные результаты диссертации опубликованы в 16 научных статьях, из них: 4 статьи в научных журналах, цитируемых РИНЦ с ненулевым импакт-фактором (Всероссийский научно-практический журнал «Вода: химия и экология», Вестник КРСУ), 2 статьи в научном журнале, индексируемом в РИНЦ (Вода Magazine), 1 статья в Интернет-журнале ВАК Кыргызской Республики, в базе данных Scopus 6 публикации.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, 3 глав, заключения, практических рекомендации и списка использованных источников, включающего 172 наименований. Общий объем работы 136 страниц компьютерного текста, в т.ч. 39 рисунков, 20 таблиц.

Автор выражает глубокую признательность научному руководителю работы, д.г.н., профессору Чодураеву Т. М. за практические советы при выполнении и обсуждений работы, д.г.н., профессору Амиргалиеву Н. А. за научную консультацию и советы при проведении исследований, председателю

Правления «Института географии и водной безопасности» д.г.н., академику Медеу А.Р. за ценные советы и поддержку при выполнении работы, а также искренне благодарит коллектив и руководителя лаборатории Гидрохимии и экологической токсикологии PhD, ассоциированного профессора Мадиекова А. С. за помощь и моральную поддержку, оказанные в ходе научно-исследовательской работы.

ГЛАВА 1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ «ПРИРОДНО-АНТРОПОГЕННЫЕ УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ГИДРОЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ КАПШАГАЙСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА»

1.1 Сущность определений и понятий

Во всем мире главной задачей в решении проблем водоснабжения населения является сооружение водохранилищ. В настоящее время эксплуатируется более 60 тыс. водохранилищ. Их полный объем превышает 6,6 тыс. км³, площадь водного зеркала – более 400 тыс. км², а с учетом подпруженных озер – 600 тыс. км². В странах СНГ насчитывается свыше 4 тыс. водохранилищ объемом более 1 млн. м³. Их суммарный полный объем превышает 1200 км³, площадь зеркала составляет 87 тыс. км², а с учетом подпруженных озер – 145 тыс. км² [1].

По определению А. Б. Авакяна [2], водохранилищами называются водоемы с замедленным водообменом и регулируемым уровнем режимом, которые создаются искусственным путем. Гидротехнические сооружения могут накапливать запасы вод для дальнейшего их использования в хозяйственных и др. целях.

Главная цель создания водохранилищ – регулирование речного стока, также в энергетических и ирригационных интересах, развития водного транспорта, водоснабжения, лесосплава, рыбного хозяйства, в рекреационных целях и в целях борьбы с наводнениями. Для этого в водохранилищах аккумулируется сток в одни периоды года и отдается накопленная вода – в другие [1].

Бурное строительство водохранилищ на территории бывшего СССР пришлось на период с 1960 по 1975 гг., когда были построены и введены в эксплуатацию наиболее крупные водохранилища. В начале 1986 г. уже насчитывалось и эксплуатировалось порядка 207 водохранилищ, в которых было

сосредоточено 92,1 км³ воды. В 22 наиболее крупных водохранилищах с общим объемом более 100 млн. м³, с общим объемом воды – 90,4 км³ [3]. Большая часть из них имела емкость менее 100 млн. м³ и была предназначена для сезонного задержания весеннего половодья, а более крупные водохранилища – для многолетнего регулирования стока.

На территории Казахстана строительство водохранилищ началось с 1935 г., где особую роль в экономике страны играют водохранилища на равнинной территории. Так как на равнинных реках 70-90 % годового объема стока проходит в апреле-мае, то аккумулированная в водохранилищах вода используется на водоснабжение и орошение в течение всего года и даже маловодные периоды. Крупные водохранилища, такие как Буктырминское, Шульбинское, Капшагайское водохранилища (табл. 1.1) многолетнего регулирования на горных реках предназначены для выработки электроэнергии. Шардаринское водохранилище, несмотря на свои размеры, является водохранилищем сезонного регулирования [4]. В настоящее время по официальным данным Комитета по водным ресурсам РК в Казахстане существует 309 водохранилищ, в государственной собственности находится 83 водохранилищ, 191 – в коммунальной и 35 – в частной собственности [5]. В Кыргызстане существует около 200 водохранилищ объемом не более 1 млн. м³, 12 – объемом более 1 млн. м³ и до 10 млн. м³. Крупное из них – Токтогульское водохранилище, вступившее в эксплуатацию в 1974 г., с проектным объемом 19,5 млрд. м³, главное назначение которого – получение энергии. Для орошения его водами пользуется и соседнее государство – Узбекистан. Только для орошения используются: Орто-Токойское, Тёрт-Кёлское, Папанское, Кара-Бууринское и др. водохранилища. Отметим, что на территории Кыргызстана построено Андижанское водохранилище на реке Жазы, воды которого полностью используются Республикой Узбекистан [6]. Основные крупные водохранилища Кыргызстана приведены в табл. 1.2 [7].

В рамках задач по «Эффективному использованию водных ресурсов и созданию условий для эффективного использования земельных ресурсов» до

2021 г. планируется строительство 22 новых водохранилищ с общей дополнительной аккумуляцией воды в объеме 1,9 млрд. м³ в шести областях Казахстана, что в будущем позволит водообеспечить 160-180 тыс. га орошаемых земель [8].

Таблица 1.1 – Крупные водохранилища Казахстана

Название водохранилищ	Река	Полный объем, млн. м ³
Буктырминское	Ертис	49000
Капшагайское	Иле	18450
Шардаринское	Сырдарья	5200
Шульбинское	Ертис	2460
Верхне-Тобольское	Тобыл	816
Сергеевское	Есиль	693
Тасоткельское	Шу	660
Каратомарское	Тобол, Аят	586
Кировское	Талас	550
Вячеславское	Есиль	411
Бугуньское	Бугунь	370
Бартогайское	Шелек	320
Кенгирское	Кенгир	319
Каргалинское	Карагалы	280
Топарское	Шерубайнура	274
Самаркандское	Нура	254
Актюбинское	Елек	245
Селетинское	Селеты	230
Куртинское	Курты	120

Своевременное выполнение всех эксплуатационных мероприятий позволит обеспечить безопасную эксплуатацию гидротехнических сооружений, бесперебойное гарантированное обеспечение водой населенных пунктов, сельскохозяйственных товаропроизводителей и промышленность. Вместе с тем, в плане мероприятий по реализации государственной программы для развития

агропромышленных комплексов в РК в будущем предусмотрены реконструкция 41 аварийных водохранилищ [8].

Таблица 1.2 – Основные крупные водохранилища Кыргызстана

Название водохранилищ	Река	Полный объем, млн. м ³
Токтогул	Нарын	19 5000
Кировское	Талас	550
Орта-Токой	Чу	470
Курпсайское	Нарын	270
Папанское	Ак-Бура	260
Турткульское	Исфана	90
Уч-Коргонское	Нарын	52,5
Наиманское	Абшир-Сай	40
Ала-Арчинское	Ала-Арча	39
Базар-Коргонское	Кара Ункур	30
Сокулукское	Сокулук	11,5

1.2 Объект исследования

Физико-географическая характеристика изучаемого района

Климат. Климат в районе Капшагайского водохранилища резко континентальный, с сухим жарким летом и частыми ветрами западного и восточного направлений, которые формируются над степями и пустынями Казахстана и Средней Азии [9].

Зимой территория бассейна оказывается под воздействием западного отрога Сибирского антициклона. Летом, в связи с прогреванием подстилающей поверхности на территории формируется термическая депрессия. Большую изменчивость погоды, особенно в переходные сезоны, обуславливают выходы южных циклонов, а также северные и северо-западные вторжения.

В большей части исследуемой территории равнинный характер поверхности определяется широтной географической зональностью климатов. В горных районах формируются климаты вертикальной географической поясности и предгорных равнин [10].

Годовой ход температуры воздуха, когда самым жарким месяцем является июль, а самым холодным – январь, характерен для всей исследуемой территории. Средняя месячная температура воздуха может значительно меняться от года к году (см. табл. 1.3).

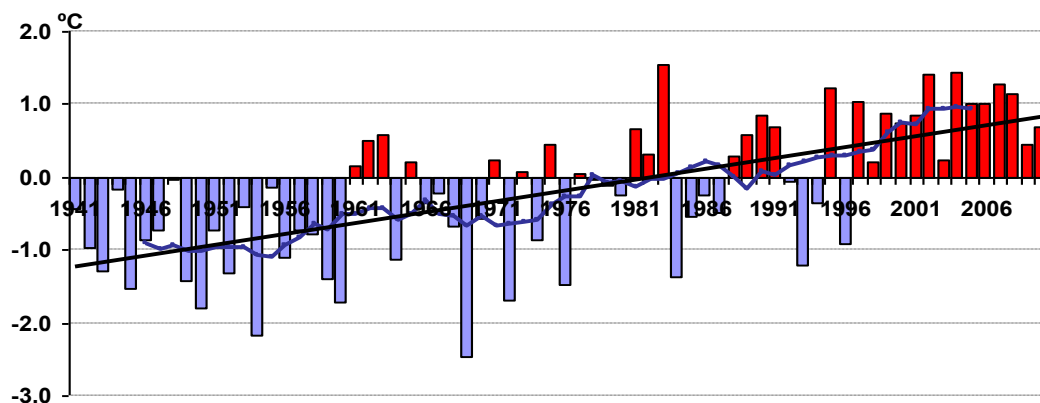
Таблица 1.3 – Среднемесячная и годовая температура воздуха по станциям Капшагай и Карашоки (°C) за исследуемый период

Станции наблюдения	Месяцы												В среднем за год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Капшагай	-7,7	-6,0	1,7	11,9	17,5	22,8	25,5	23,9	18,0	9,9	2,2	-3,5	9,7
Карашоки	-5,3	-3,9	2,8	12,6	18,3	23,4	26,0	24,6	19,2	11,4	3,7	-1,9	10,9

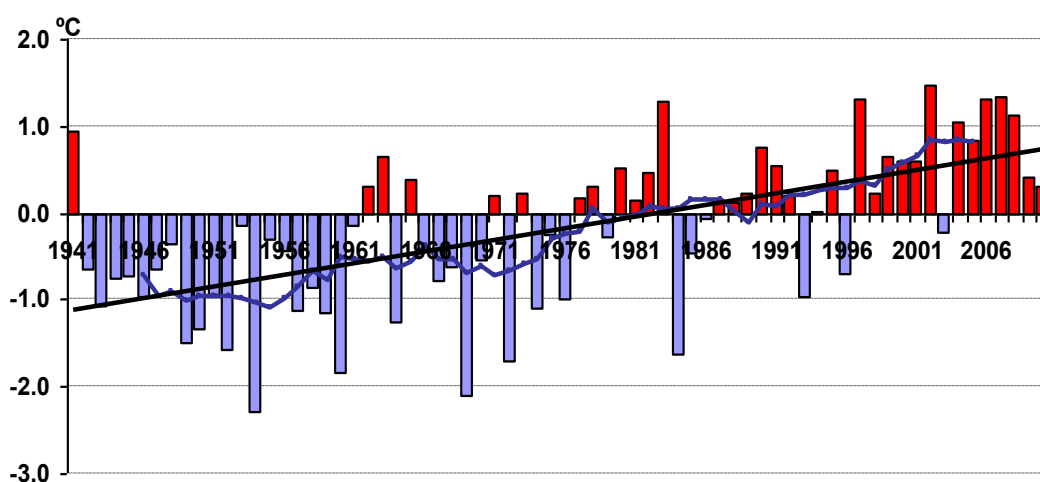
Абсолютный минимум температуры воздуха в районе водохранилища в среднем достигает – 6,5 °C (январь), а максимум 25,7 °C (июль). Безморозный период в среднем продолжается от 165 до 170 дней. Водоохранилище на климат прибрежной территории влияет слабо и примерно равняется площади его зеркала – 1845 км².

В целях сравнительной характеристики, на рис. 1.1 представлена оценка изменения годовой и, осредненной по территории Казахстана и бассейна р. Иле температуры воздуха за более длительный период 1941-2010 гг. В исследуемый период на территории бассейна в 1983 г. среднегодовая температура повсеместно была значительно выше нормы, а после 1996 г. на территории бассейна отрицательные аномалии практически не наблюдались [11].

а)



б)



а) территории Казахстана; б) бассейн р. Иле

Рис. 1.1 – Временные ряды и линейные тренды аномалий среднегодовых температур воздуха за период 1941-2010 г., пространственно-осредненных по территории Казахстана и бассейна р. Иле

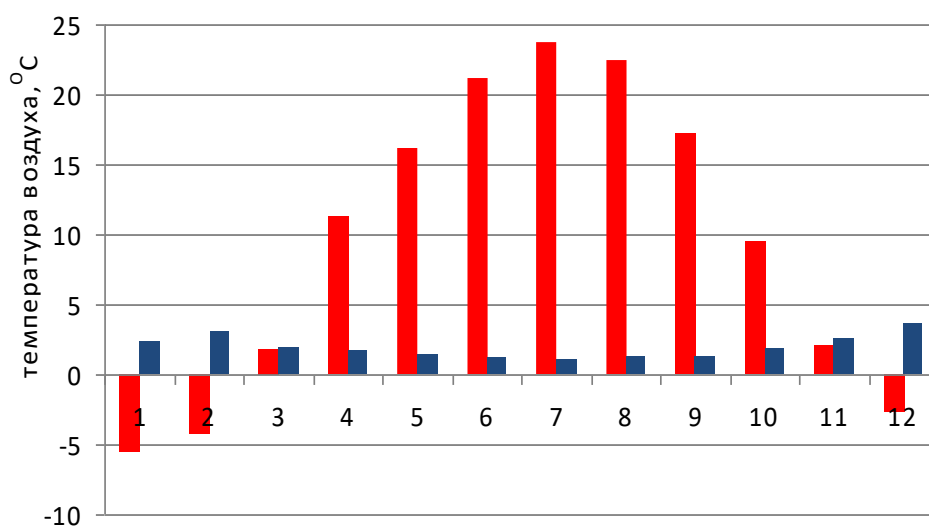
В результате во временном ряду среднегодовой температуры, осредненной по Казахстану и по территории бассейна р. Иле, по 1980 г. преобладали отрицательные аномалии, а в последующий 30-летний период температура была практически постоянно выше средней многолетней [11].

Изменения в средней по Казахстану и за год температуре приземного воздуха составляет $0,30\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$, тренд описывает более 40 % общей дисперсии ряда. Скорость повышения годовой температуры воздуха в 1941-2000 гг., осредненной по бассейну реки в пределах $0,27\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$. Коэффициент

детерминации варьирует от 27 до 41 %, что говорит о сильной трендовой составляющей в рядах годовых температур приземного воздуха.

Помимо среднемесячных значений при описании климатических условий важно иметь данные об их изменчивости. Для характеристики изменчивости температуры принято использовать среднеквадратические отклонения, а также максимальные и минимальные значения метеорологического элемента.

На рис. 1.2 представлен график годового хода температуры воздуха и ее среднеквадратического отклонения на одной из метеорологических станций бассейна.



■ – температура, °C; ■ – среднее квадратическое отклонение, °C

Рис. 1.2 – Годовой ход температуры приземного воздуха, осредненной за период 1971-2000 гг. и ее среднего квадратического отклонения по МС Алма-Ата, ОГМС, бассейн р. Иле

График хорошо демонстрирует, что наибольшей межгодовой изменчивостью обладают зимние месяцы, наименьшей – летние [11].

Микроклимат определяется сезонным переходом (весна, осень), особенно при возникновении наибольшей разницы между температурой воды и суши. Авторы [12] отмечают, что в зимний период водохранилища оказывают на климат обогревающее воздействие. Их данные показывают, что в летний период

водохранилища оказывают слабое влияние на температуру воздуха прилегающих территорий, а изменение температуры воздуха в зимний период зависит от величины и местоположения водохранилища, расстояния местности от берега и высоты над уровнем моря. Если весной водохранилище оказывает охлаждающее влияние на прибрежные территории, то вплоть до ледостава – отепляющее, т.е. ход температур становится более плавным.

Ветра западного направления являются преобладающими и характерными в районе Капшагайского водохранилища, скорость которых колеблется в пределах 2,2-3,8 м/с. Прибрежная территория водохранилища, также отличаются бризами, которые проникают на расстояния 2-3 км и имеют охват по высоте зоны до 100 и 250 м [9].

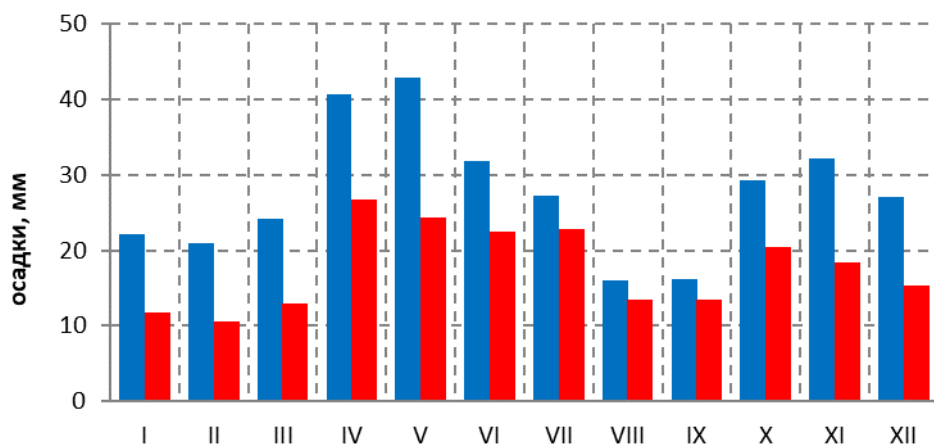
Создание водохранилища вызвало повышение во влажности атмосферного воздуха, особенно в летний период, которая объясняется испарением, с увеличившейся водной поверхности, за счет этого возрастает относительная и абсолютная влажность, что особенно сказывается в засушливой зоне. Абсолютная влажность воздуха имеет наименьшее значение в зимний период, а наибольшее в летний.

На территории бассейна годовые суммы осадков возрастают от 150 мм в Прибалкашье до 800-900 мм в горах Иле Алатау. В годовом ходе преобладают осадки теплого периода (рис. 1.3) с максимумами в весенний (апрель-май) и осенние периоды (октябрь-ноябрь) и одним минимумом (август-сентябрь). Так, годовая сумма осадков на МС Баканас 184 мм, осадки теплого периода – 111 мм, холодного – 73 мм; май – 22 мм, август – 9 мм, ноябрь – 20 мм. Сумма осадков на МС Алматы: год – 651 мм, теплый период – 422 мм, холодный период – 229 мм; апрель – 108 мм, август – 26 мм (рис. 1.4) [11].

В годовом количестве осадков на всей территории наблюдались как положительные, так и отрицательные тенденции, и лишь в отдельных случаях тенденции статистически значимые. Осадки зимнего периода существенно увеличились в южных районах бассейна р. Иле. В весенний период в горных и

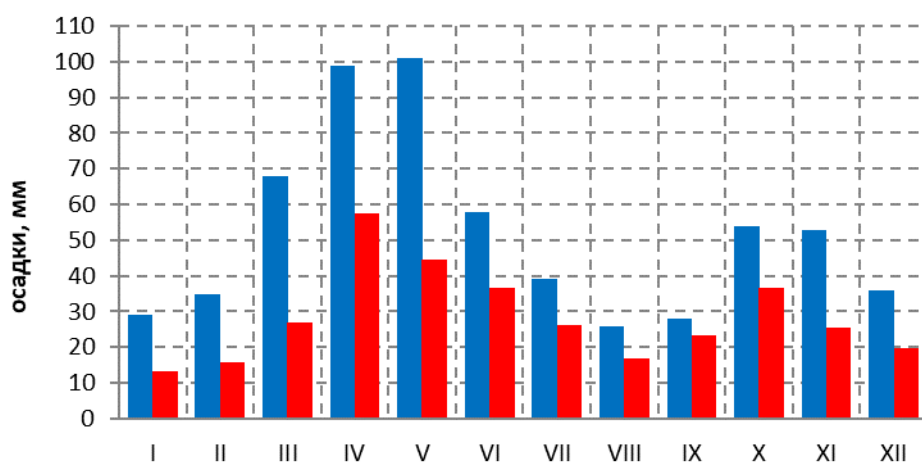
предгорных районах чаще наблюдались слабые тенденции к увеличению осадков, на равнинной территории – слабые тенденции к уменьшению осадков.

В летний и осенний сезоны на большей части территории бассейна р. Иле количество осадков незначительно увеличивалось [11].



■ – осадки, мм; ■ – среднее квадратическое отклонение, мм

Рис. 1.3 – Годовой ход осадков, осредненного по бассейну р. Иле за период 1971-2000 гг. и его среднего квадратического отклонения

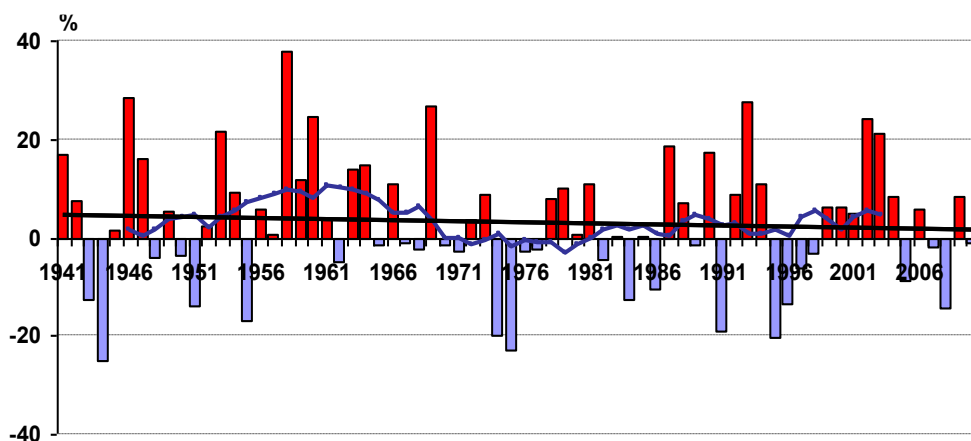


■ – осадки, мм; ■ – среднее квадратическое отклонение, мм

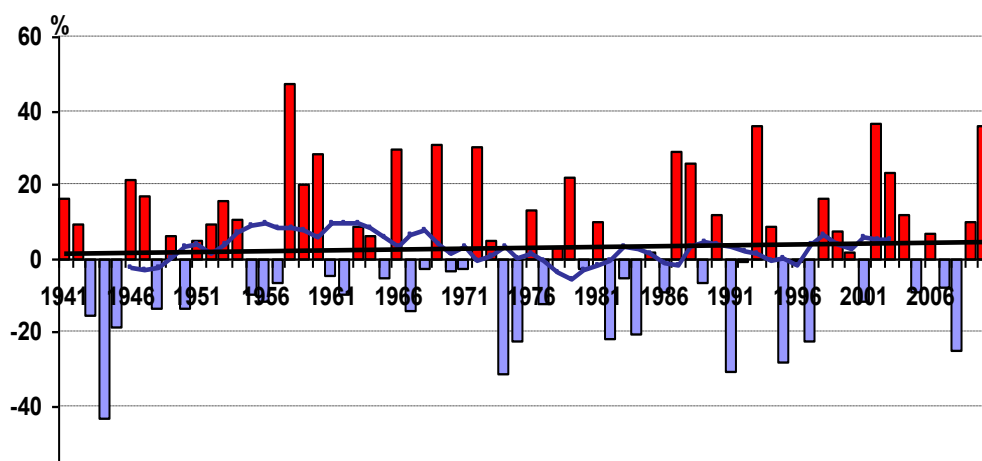
Рис. 1.4 – Годовой ход осадков, осредненных за период 1971-2000 гг. и его среднего квадратического отклонения по данным МС Алматы (бассейн р. Иле)

Анализ линейного тренда во временном ходе аномалий годовых сумм осадков и сумм осадков отдельных сезонов, осредненных по бассейну реки, также показывает, что тенденции выражены слабо и не являются статистически значимыми (рис. 1.5). Как уже было сказано выше, осреднение по территории количества осадков позволяют выявить общие закономерности, характерные для обширных территорий.

а)



б)



а) территория Казахстана; б) бассейн р. Иле

Рис. 1.5 – Временной ряд, линейный тренд и 11-ти летние скользящие средние аномалий годового количества осадков (%), пространственно осредненных по территории Казахстана и бассейна р. Иле. Аномалии рассчитаны относительно периода 1971-2000 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением

В количестве осадков весеннего сезона за период 1941-2010 гг. на исследуемой территории тенденции практически отсутствовали, т.к. вклад трендовой составляющей в общую дисперсию ряда незначительный.

Средние по территории осадки летнего сезона не изменились за период 1941-2010 гг. в бассейне р. Иле. Оценка тенденций за последние 40 лет показала, что осадки начали возрастать и составили 6,4 %/10 лет при значениях коэффициента детерминации 5 %. Количество осадков осеннего сезона не изменилось [11].

Таким образом, сумма осадков в некоторые годы меняется от 156 мм до 306 мм, с восточной части в западную часть водохранилища. Водохранилище полностью освобождается ото льда в первой декаде марта, и сразу начинается нагревание воды [9,13-16].

Гидрогеологические условия. В прибрежной территории развита сеть подземных вод, которые формируются грунтовыми и напорными водами, и зависящие от поверхностных вод. Поверхностные воды питаются талыми водами ледников и снежников, а также за счет инфильтрации осадков [17].

Подземный сток претерпевает во впадинах сложное влияние геологоструктурных особенностей. В пределах впадин выделяется несколько водоносных горизонтов подземных вод, питание и распространение которых различные [18].

Басшийская межгорная впадина расположена на юге хребта Жетысу Алатау и примыкает к Капшагайскому водохранилищу с юго-востока. На севере и северо-западе впадину окаймляют хребты Алтын-Эмель и Кояндытау с абсолютными высотами 1500-2930 м, на юго-востоке возвышаются горы Катутау, Атыжек и Коктас с абсолютными отметками 1100-1200 м, на юго-востоке граница ее открыта, и она постепенно через наибольшие уступы в рельефе сливается с Илейской впадиной. Впадина имеет волнистую слабонаклонную на юго-запад и к ее центру поверхность с абсолютными отметками 500-1400 м. Со склонов горных хребтов Алтын-Эмель и Куяндытау во впадину стекает множество мелких ручьев и речек, которые полностью теряют поверхностный сток на расстоянии 3-6 км от гор в

рыхлых отложениях, пополняя запасы подземных вод.

Впадина сложена мощной толщей рыхлых палеогеновых, неогеновых и четвертичных отложений, залегающих на размытой поверхности эффузивно-осадочных пород верхнего палеозоя.

Все породы, слагающие впадину, в той или иной степени обводнены. Однако, наиболее перспективными для эксплуатации являются подземные воды нижнечетвертичных делювиально-пролювиальных, среднечетвертичных аллювиально-пролювиальных отложений и нерасчлененных верхнечетвертичных-современных делювиально-пролювиальных и современных аллювиальных отложений. Все водоносные горизонты четвертичных отложений гидравлически между собой тесно связаны и представляют собой единый водоносный комплекс.

Водоносный комплекс четвертичных отложений. Четвертичные отложения распространены по всей поверхности Басшийской впадины, но имеют различную мощность. Наибольшая мощность четвертичных отложений отмечена у подножия хребтов Алтын-Эмель и Кояндытау, где она достигает 400-500 м. Уменьшение мощности происходит по направлению с севера на юг. Причем в Конурленском блоке на расстоянии 6-8 км от горных хребтов к югу она сокращается до 110-200 м, а на расстоянии 12-50 м. В центральной части Басшийского блока мощность в среднем составляет 300-350 м, а к югу уменьшается до 100-150 м.

Подземные воды безнапорные, лишь на отдельных участках, из-за наличия слабопроницаемых суглинистых прослоев, создаются напоры местного значения. Наибольшая глубина залегания уровня подземных вод отмечается в зоне питания (область предгорий), изменяясь от 65 до 100 м и более. В центральной части впадины уровень подземных вод приближается к дневной поверхности и происходит разгрузка водоносного комплекса путем выклинивания и испарения.

Четвертичные отложения характеризуются высокой водообильностью и фильтрационными свойствами. Дебиты скважин изменяются от 30 до 107,1 $\text{дм}^3/\text{с}$ при понижениях, соответственно, на 0,6-15 м и составляют в среднем 60 $\text{дм}^3/\text{с}$. Фильтрационные свойства и водопроводимость пород в целом сравнительно выдержаны.

Подземные воды водоносного комплекса четвертичных отложений пресные, с минерализацией 0,1-0,8 г/дм³. Тип минерализации, в основном, гидрокарбонатный натриево-кальциевый и гидрокарбонатно-сульфатный кальциево-натриевый. Качество подземных вод по всем показателям соответствует ГОСТу 2874-82 «Вода питьевая» и удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым для орошения земель.

Основными источниками пополнения запасов подземных вод является фильтрация поверхностных водотоков и инфильтрация атмосферных осадков. Расход всех рек и ручьев, стекающих с окружающих хребтов во впадину составил 3,03 м³/с, а приведенный к году 85 % обеспеченности – 3,72 м³/с. Общая величина питания за счет потерь речного стока составляет 2,6 м³/с, в том числе в районе Конурленского блока – 1,27 м³/с, Басшийского – 1,33 м³/с.

Разгрузка подземных вод осуществляется путем родникового выклинивания и испарения. Суммарный родниковый сток составил 1,75 м³/с при 85 % обеспеченности.

В четвертичных отложениях, на выходе Басшийской впадины к Капшагайскому водохранилищу, разведано Чулакское месторождение подземных вод для водообеспечения города Капшагай и северных зон отдыха Капшагайского водохранилища. Эксплуатационные запасы, утвержденные в ГКЗ СССР для хозяйственно-питьевого водоснабжения по промышленным категориям А+В, составляют 190 тыс. м³/сут.

Локально водоносные средне - верхнеплиоценовые отложения илейской свиты выходят на поверхность на юге Басшийской впадины. На остальной территории они залегают под четвертичными осадками, на глубине от нескольких до 450 м. Водообильность характеризуется дебитами родников и скважин. Дебиты родников, приуроченных к пескам, составляют 0,13-1,2 дм³/с, скважин 0,13-0,48 дм³/с. Воды пресные, с минерализацией 0,13-0,81 г/дм³, гидрокарбонатные кальциево-натриевые, реже гидрокарбонатные натриево-кальциевые. Дебиты скважин колеблются от 5,36 до 8,2 дм³/с при понижениях, соответственно, 18,85-16,9 м. Минерализация воды 0,32-0,75 г/дм³. Химический состав пресных вод от

гидрокарбонатно-хлоридно-сульфатного натриевого до сульфатно-гидрокарбонатного натриево-магниевого [19].

Гидрография. Высокогорные хребты, расположенные на юге, юго-востоке и востоке территории и низкогорного рельефа на севере и западе определяют основное направление стока от периферийных районов к его центру. Большая часть рек течет с юго-востока на северо-запад. На реках бассейна р. Иле построено множество прудов и водохранилищ, крупнейшее из которых Капшагайское водохранилище. Рассматриваемый район является одной из наиболее увлажненных районов страны с сильно развитой речной сетью.

Предгорные районы гидрографической сети представлены большим количеством русел рек и каналами. Реки бассейна по гидрографическому положению выделяют три типа – равнинного, предгорного и горного характера.

Формирование водных ресурсов исследуемой территории осуществляется реками горного характера, истоки которых лежат на высотах < 3000 м. К ним относятся реки Иле Алатау: Шарын, Шелек, Тургень, Есик, Талгар, Киши Алматы, Улкен Алматы, Каскелен и др. [20,21].

Реки, впадающие в водохранилище. Река Иле – одна из крупнейших рек Казахстана, которая является основным источником, питающим Капшагайское водохранилище и озеро Балкаш (рис. 1.6). Общая длина реки составляет 1439 км, в пределах Казахстана – 815 км с площадью бассейна – 126,5 тыс. км². Основная стокообразующая часть бассейна р. Иле расположена в Китае, на территории Казахстана формируется порядка 30 % ее водных ресурсов [22].

Сток р. Иле начал использоваться в КНР для орошения еще в период феодального Китая, т.е. до начала гидрометрических наблюдений. Объем водозабора мог достигать до 1-2 км³, оставаясь без изменения примерно до середины XX века. Интенсивное развитие орошаемого земледелия, начавшееся в 60-70-е годы прошлого века во всем мире, коснулось и бассейна р. Иле в КНР. За последний 20-летний период на территории КНР используется порядка 84 % воды р. Иле, которые расходуются на сельскохозяйственное орошение. Для изучения изменения поступающего стока р. Иле из Китая в РК выявлено, что в

Максимальный уровень воды в реке отмечается в июле, самый низкий – в декабре. Средний многолетний размах колебания уровня достигает 1,5 м, абсолютный – 3,45 м. В самом начале р. Иле имеет ширину до 150 м, в низовьях до 1 км. Общее падение в русле реки от впадения р. Текес до устья р. Иле составляет 1300 м, скорость течения – до 2,0 м/с. Речная вода до Капшагайского водохранилища мутная, особенно летом. В секундном расходе взвешенных наносов в 1 м³ воды в июле до 118 кг, а в декабре – 13,4 кг. Ниже водохранилища вода в реке становится чище и прозрачней [19,24].

В пределах территории Казахстана река принимает много притоков – реки Шарын, Шелек, Тургень, Есик, Талгар, Каскелен с притоками Киши и Улкен Алматы (рис. 1.7), в северной части р. Шенгельды, воды которой доходят до р. Иле лишь во время весенне-осеннего половодья.



Рис. 1.7 – Карта-схема Капшагайского водохранилища
и основных его притоков

Река Шарын – крупнейший приток р. Иле – в верхнем течении носит название Чалкудысу, а в среднем – Кегень. Площадь бассейна реки составляет 7720 км², с протяженностью – 427 км [21]. В среднем течении, пополненная

водами р. Каркары и других притоков, река прорезает низкогорные отроги Кунгей-Алатау и устремляется к северу р. Иле.

Река Шелек – второй по величине приток р. Иле – образуется от слияния рек Жангырык, юго-восточный Талгар и южный Есик, берущих начало на высотах 3300-3500 м в крупнейших хребтах Иле и Кунгей-Алатау ледниках Жангырык, Богатырь, Корженевского. Длина р. Шелек составляет 245 км, площадь бассейна – 4980 км². Бассейн р. Шелек занимает юго-восточную часть хребта Иле Алатау и северо-восточную хребта Кунгей-Алатау. В верхнем течении река течет на восток в глубоком ущелье между южными склонами Иле Алатау и северными склонами Кунгей-Алатау.

Выйдя на Жаланашскую впадину она круто поворачивает на север, затем, прорезав низкогорные отроги Иле Алатау, выходит в пределы Илейской впадины и двумя рукавами Кур-Шелек и Улкен-Шелек. В горной части в р. Шелек впадает около 70 притоков [21].

Река Тургенъ берет начало на высоте 3423 м хребта Иле Алатау и стекает с его северного склона. Площадь водосбора составляет 626 км². Площадь оледенения бассейна насчитывает 39,5 км², куда входят 34 ледника с объемом льда 1 км³. Длина реки равна 106 км, средний расход воды 7 м³/с (колеблется от 5,33 до 9,66 м³/с), а объем среднегодового стока составляет 220 млн. м³/год.

Река имеет снежно-ледниковое питание. Русло реки слабоизвилистое, галечно-валунное, деформируемое. Берега, высотой до 1,5 метра, крутые, незатопляемые, песчано-галечные, проросшие редким кустарником [21].

Река Есик берет начало на высоте 3144 м хребта Иле Алатау и стремительно стекает с гор. Площадь водосбора равна 256 км². Площадь оледенения бассейна составляет 53 км², где насчитывается 49 ледников с объемом льда 2,1 км³. Длина реки 121 км, среднегодовой расход воды 4,9 м³/с (колеблется от 3,86 до 7,17 м³/с), объем стока составляет 155 млн. м³ [21].

Река Талгар берет начало с северных склонов гор Иле Алатау на высоте 3000 м и впадает в Капшагайское водохранилище. Площадь водосбора равна 444 км². Оледенение бассейна составляет 117,4 км², где насчитывается 92 ледника с

объемом льда 4,5 км³. Длина реки 117 км. Средний многолетний расход воды равен 10,2 м³/с (колеблется от 7,92 до 13,6 м³/с), объем стока составляет 329 млн. м³.

Река Каскелен левый приток р. Иле. Берет начало на высоте 3369 м в Иле Алатау и стремительно стекает с гор, впадает в Капшагайское водохранилище. Площадь водосбора равна 3620 км², оледенение бассейна составляет 12,4 км², где насчитывается 20 ледников с объемом льда 0,51 км³. Длина реки имеет протяженность 177 км, средний годовой расход равен 4,3 м³/с (колеблется от 2,84 до 5,96 м³/с), а объем стока составляет 126 млн. м³. Река имеет снежно-дождевое питание [21].

По данным [24] в табл. 1.4, приведен суммарный годовой сток впадающих рек от зон их формирования до пунктов наблюдений.

Таблица 1.4 – Суммарный годовой сток впадающих рек

Реки	Расход воды, м ³ /с	Объем воды, км ³
Бассейн р. Шарын	40,34	1,27
Бассейн р. Шелек	36,92	1,16
Междуречье Шелек – Тургень	2,56	0,081
Бассейн реки Тургень	7,02	0,221
Бассейн ручья Шенгельды	0,20	0,0064
Бассейн реки Есик	5,45	0,17
Бассейн реки Талгар	11,64	0,36
Бассейн реки Киши Алматы	3,12	0,098
Бассейн реки Улкен Алматы	8,24	0,26
Бассейн реки Каскелен	5,44	0,17
В сумме	120,3	3,79

Рельеф бассейна исследуемой территории неоднороден, главными составляющими которых являются горные хребты северного Тянь-Шаня и Жонгар Алатау, которые чередуются межгорными впадинами. Хребты северного

Физико-геологические процессы, определяющие степень расчлененности рельефа, и его морфология исследуемой территории характеризуется тремя категориями: денудационно-тектонического, денудационного и аккумулятивного рельефа (рис. 1.8).



Денудационно-тектоническому рельефу характерны изменения абсолютных и относительных высот, поверхности которых позволяют различать морфогенетические типы рельефа: высокогорный, среднегорный, низкогорный. *Денудационный рельеф* представлен эрозионными плато занимающие промежуточную ступень межгорными массивами и аккумулятивными равнинами. *Аккумулятивный рельеф* выделяет обширные площади грабенных и синклинальных прогибов, к которым отнесена Илейская впадина. По своему генезису которые отличают пролювиальные, аллювиально-пролювиальные, аллювиальные, эоловые и озерно-аллювиальные. Предгорные участки региона заняты пролювиальными равнинами, ниже залегают аллювиально-пролювиальные и аллювиальные равнины, которые протягиваются вдоль русел рек [20,21].

Геологическое строение. Территория бассейна р. Иле и ее притоков сложена разнообразными по возрасту и составу толщами и телами магматических, метаморфических и осадочных пород (рис. 1.9). Осадконакопление в средне-верхнечетвертичное время происходило на фоне тектонических движений и в результате деятельности эрозионно-аккумулятивных процессов. В Иле и Жонгар Алатау они представлены валунниками и галечниками, с перекрывающими их лессовидными суглинками. В долинах рек они размыты. Далее от гор, на предгорных равнинах, валунно-галечниковые толщи сменяются пролювиальными и аллювиально-пролювиальными галечниками и гравийно-песчаными накоплениями. Здесь они перекрыты супесями, суглинками, иногда типичными лёссами. Мощности всего комплекса этих отложений в районах Жонгар и Иле Алатау значительны и нередко превышают 100-200 м. Пролувиальные и аллювиально-пролювиальные отложения у подножий гор слагают конусы выноса, сложенные валунно-галечниками [20,21]. По мере удаления от гор происходит обычная дифференциация гранулометрического состава. В Илейской депрессии в 18-20 км от северных подножий хребтов разрез отложений характеризуется чередованием песчано-гравийно-галечных горизонтов с прослоями супесей и

суглинков. Выше их лежит покровная толща в 5-7 м лессовидных суглинков. Аналогичны условия залегания средне-верхне-четвертичных отложений и в других районах. На равнинах Южного Прибалхашья в толщах их сверху лежат маломощные суглинки, сменяющиеся ниже мелкозернистыми, часто пылеватými песками, обладающими диагональной слоистостью. В пределах пустынь Сарыесик-Атырау, Таукумы это – эоловые пески, перекрывающие породы различных возрастов – от верхненеогеновых до современных, что свидетельствует о протекании процессов развевания и аккумуляции за относительно длительный промежуток времени. Они всюду представлены однородными средне и мелкозернистыми разностями. Мощности их изменяются от 2-5 до 20-30 м [20,21].

Современные отложения широко распространены в речных долинах и озерных котловинах, а также в небольших замкнутых понижениях равнинных областей. Современные отложения так же, как и более древние, имеют различный генезис. В самых верховьях горных долин, у ледников и ниже их лежат морены. В Иле, Жонгар и Кунгей Алатау они находятся в пределах абсолютных отметок 2,9-3,6 км. В скоплениях морен почти у всех ледников наблюдается два, иногда три вала. Ниже их, в отроговых частях долин, распространены флювиогляциальные отложения, сменяющиеся в глубоких речных долинах аллювием, представленным валунно-галечниковыми отложениями, слагающими пойменные террасы. Мощности отложений изменяются от 3-5 до 10 м. В речных долинах, на равнинных частях территории, аллювий представлен песками, супесями и суглинками, слагающими чаще две над пойменные террасы. Пески обычно занимают нижние части разрезов. Крупность их, количество гравия и галек резко уменьшаются по мере удаления от гор. Мощность 2-5 м в верховьях и до 20 м в низовьях. Кроме перечисленных генетических типов современных отложений на широких и пологих водораздельных пространствах горных областей, являющихся древними пенепами, развиты элювиальные, делювиальные и аллювиально-пролювиальные образования, состоящие из суглинков и супесей, обогащенных в

той или иной мере глыбами коренных пород, щебнем, угловатой галькой и гравием. Покрываемые ими площади, как например в Кетменском хребте, Иле и Жонгар Алатау и на других поднятиях, занимают десятки, сотни и более квадратных километров. Столь же велики суммарные площади осыпей и делювиальных покровов в основаниях всех горных склонов, где мощности осадков нередко превышают 10 м [20,21].

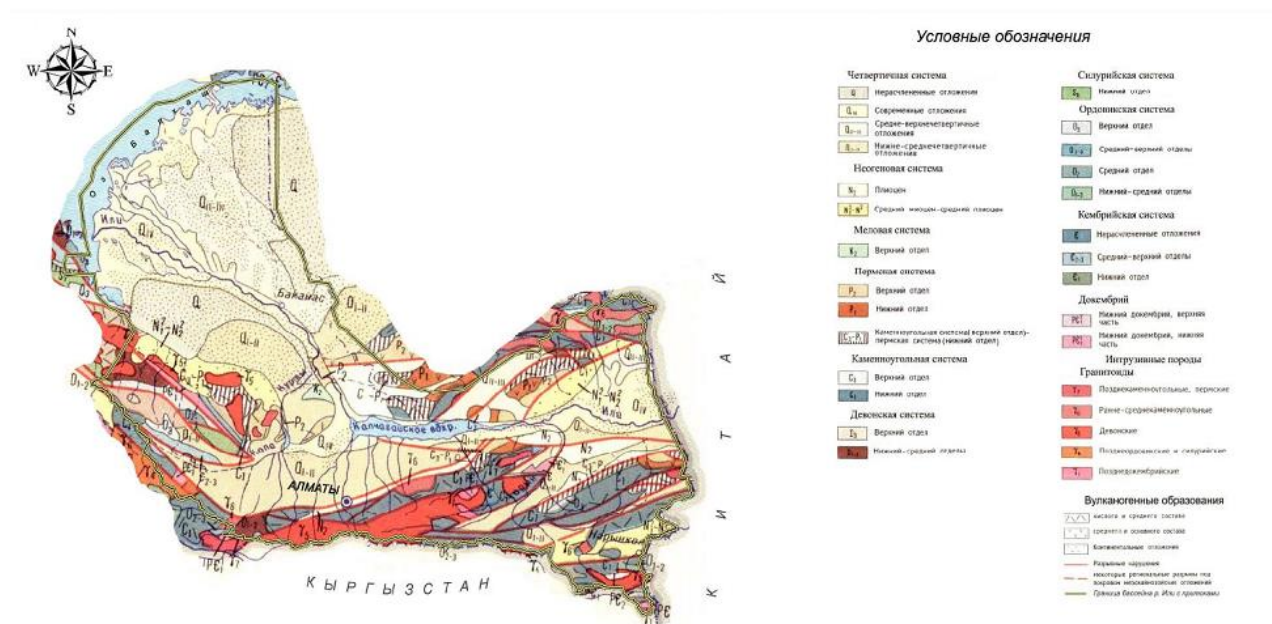


Рис. 1.9 – Геологическая карта-схема бассейна [20]

Полезные ископаемые. В пределах территории бассейна р. Иле и ее притоков разведаны и разрабатываются разнообразные полезные ископаемые: бурый уголь (Кольджатское месторождение занимает южную часть Илейского угленосного района), вольфрамовые и молибденовые руды (Месторождение Карагайлы-Актас относится к Кербулакскому рудному району к Кунгей – Баянкольской структурно-металлогенической зоне), свинцовые и цинковые руды (Кастекский рудный район. Расположен в Кастекском хребте – западном окончании Иле Алатау), Туюкское месторождение кварц-баритовой медно-

Западная часть состоит из дресвяно-щебенчатых легких суглинков и супесей, с развитой серо-бурой почвой [20,25]. Восточная часть сложена из суглинков, песков и супесей, также лугово-сероземными почвами и сероземами. Левобережная часть представлена низменной равниной с пологим уклоном, почвенный покров пестрый, состоящий из разнообразных сочетаний светлых сероземов.

В работе А. А. Соколова [26] о природных зонах и поясах Казахстана, указано, что Капшагайское водохранилище расположено в пустынной зоне подзоны северных типичных пустынь; предгорной саванно-пустынно-степной, ковыльно-полынных эфемеровых пустынных степей, местами опустыненных и пустынных.

Подзона северных типичных пустынь. Почвенный покров образуют главным образом серо-бурые пустынные почвы, среди которых значительное распространение имеют гипсоносные, солонцеватые, незасоленные и «легкие», а также такыровидные (на древнеаллювиальных равнинах). В понижениях рельефа, получающих небольшое дополнительное грунтовое или поверхностное увлажнение, формируются лугово-бурые почвы, обычно засоленные и реже промытые от солей. В депрессиях рельефа с близкими минерализованными грунтовыми водами образуются преимущественно солончаки, а иногда светлые луговые засоленные почвы. В отрицательных элементах рельефа и на древнеаллювиальных равнинах встречаются такыры и близкие к ним такыровые почвы, а также пустынные солонцы. В долинах и дельтах крупных рек развиваются различные пойменные лесово-луговые, луговые, лугово-болотные почвы и солончаки. Широкое распространение имеют пустынные пески, преимущественно грядово-бугристые, слабо закрепленные растительностью.

Предгорная саванно-пустынно-степная подзона. На ковыльно-полынных эфемеровых пустынных степях, местами опустыненных и пустынных полусаваннах, почвенный покров представлен сероземами северными (семиреченскими или малокарбонатными). Рельеф холмисто-увалистый, местами встречаются относительно выровненные поверхности, наиболее

распространенными почвообразующими породами являются лессы и лессовидные суглинки, в меньшей степени – пролювиальные валунно-галечниковые отложения, залегающие на различной глубине. Растительность, в основном, представлена полынью. Эфемероидная и эфемеровая растительность имеет второстепенное значение [27].

Растительность. Растительный покров бассейна характеризуется большим разнообразием растительных сообществ и их сложной пространственной структурой, обусловленной различными климатическими условиями и рельефом (горы, равнины, песчаные массивы, долины гор, побережья озер). Закономерности пространственного распределения растительности на равнинах подчиняются законам широтной зональности, а в горах высотной поясности [25].

Пустынная растительность равнин представлена сообществами полукустарничков и кустарников на серо-бурых пустынных почвах. На территории бассейна р. Иле большие площади занимают полынные пустыни. Доминирует на равнинах полынь белоземельная, а в предгорьях распространена полынь семиреченская. В составе полынных сообществ обычны эфемеры и эфемероиды (мятлик луковичный, мортук восточный, тюльпаны и т.п.). Они наиболее обильны в предгорных пустынях на сероземах, где доминируют рождественская, костер кровельный, василек расставленный и др. На суглинистых щебнистых и засоленных почвах, наряду с полынями, доминируют многолетние солянки – кейреук, биюргун, тасбиюргун, боялыч.

Псаммофитная (песколюбивая) растительность песчаных массивов включает сообщества с доминированием разных видов псаммофитных кустарников, в том числе многочисленные виды жузгунов, астрагалов, песчаную акацию, белый саксаул. Значительную роль в строении песчаных пустынь играют терескен, осочка вздутоплодная, а в северных пустынях-многолетний злак – житняк ломкий или еркек.

Галофитная (солелюбивая) растительность распространена на засоленных почвах в отрицательных формах рельефа с преобладанием сообщества кокпека,

кермека полукустарничкового, гребенщика, карабарака, селитрянки сибирской, широкое распространение имеют поташника, лебеда бородавчатая, сведа вздутоплодная и галофитные разнотравья.

Мезофитная (влаголюбивая), гигромезофитная и ксеромезофитная луговая растительность, также мезоксерофитная и ксерофитная кустарниковая растительность приурочена к долинам и дельтам рек, где преобладают монодоминантные тростниковые, пырейные, вейниковые и солодковые луга, а на засоленных почвах доминируют ячмень, также преобладают заросли галофитных кустарников – гребенщика, карабарака, селитрянки, поташника.

Характеристика водохранилища и элементы его гидрологического режима. Капшагайское водохранилище – было сооружено в 1970 г. в среднем течении р. Иле в 60 км севернее от г. Алматы (рис. 1.11) [9,26]. Название свое оно получило от одноименного ущелья – Капшагайского, в котором была построена плотина. Среднее течение реки Иле расположено в зоне полупустынь северного типа и ограничивается долиной в ширине 20 км.

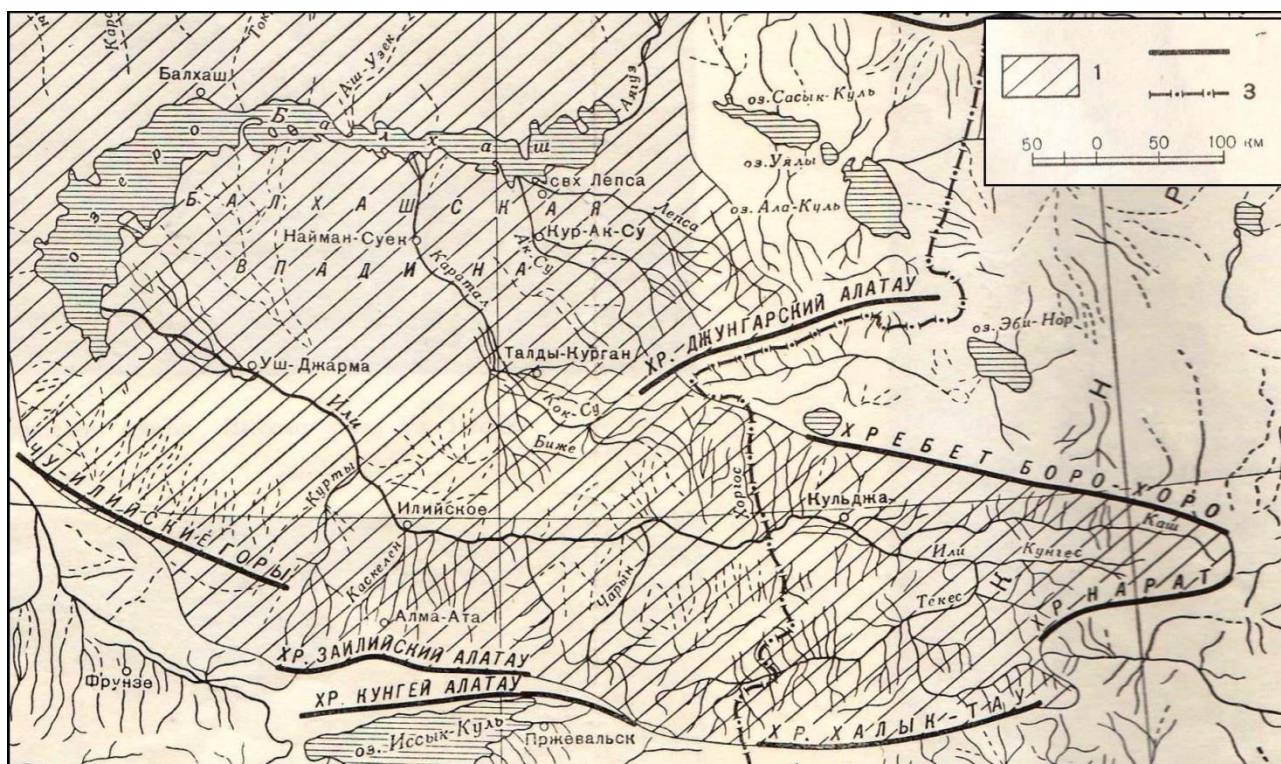


Рис. 1.11– Схема орографии и гидрографии Балкаш-Илейского бассейна до создания водохранилища [26]

Основное назначение водохранилища – энергетическое и ирригационное, также используется для судоходства, в рыбохозяйственных и рекреационных целях. С созданием водохранилища одновременно образованы крупные оросительные системы: Акдалинский рисовый массив с площадью 31,7 тыс. га и водопотреблением до 1,3 км³/год; Каратальский рисовый массив с площадью 20 тыс. га и водопотреблением до 0,3 км³/год; Шенгельдинский массив орошения с площадью 15,3 тыс. га и общим забором воды 166 млн. м³/год [28-30].

Исходная ихтиофауна Балкаш-Илейского бассейна, где создано Капшагайское водохранилище, сложилась преимущественно из представителей нагорно-азиатского фаунистического комплекса, была крайне бедной и состояла из нескольких видов: гольцов, османа, маринки и балхашского окуня [31]. В начальный период формирования ихтиофауны в водохранилище по В. И. Ерещенко и др. (1973) было выявлено 26 видов рыб, из них промысловых 16, к 1981 г. по данным Г. М. Дукравца (1981) было 18 видов рыб, из них промысловыми являлись – 10 видов рыб. По данным КазНИИРХ за 2015 г. список современного видового состава ихтиофауны Капшагайского водохранилища и р. Иле включает 33 видов рыб, из них только 10 являются промысловыми. Редкими и находящими под угрозой исчезновения видами рыб, занесенных в Красную книгу РК в бассейне Капшагайского водохранилища и р. Иле, являются 4 вида: илийская маринка, балхашский окунь, илийская популяция шипа и аральский усач [32].

Само наполнение водохранилища началось в марте 1970 года по указу Президиума Верховного Совета Казахской ССР. С 1971 по 1973 гг. уровень воды поднялся с 25 м до 28 м, тем самым зафиксировав самый высокий уровень в первом пятилетии существования водохранилища. С осени 1975 г. начинается снижение уровня воды до 7 м, это привело к значительному сокращению площади водохранилища, что в свою очередь отрицательно повлияло на биологический режим, в т.ч. ихтиофауну и флору. С 1976 г. начинается новый подъем уровня воды, и к 1980 г. достигает уровня 478,5 м [9], но запланированный уровень в 485 м. абс. не был достигнут. Позже решением

Совета Министров СССР, НПУ водохранилища был снижен до 475,0 м, а объем уменьшился до 13,5 км³ [33]. Более подробное изучение сокращения проектного объема Капшагайского водохранилища представлено в работах известных ученых [34-36].

При изучении многолетних (45 лет) данных РГП «Казгидромет» (м/с Капшагай и Карашоки) в водохранилище происходили значительные и существенные колебания в объеме воды, что также привело к колебанию экологического состояния водохранилища и явилось главной причиной интенсивного уменьшения объема оз. Балкаш и появления комплекса негативных последствий. Но эта проблема была урегулирована уже к концу 1980 г. [18]. Вместе с тем, создание крупного Капшагайского водохранилища, безвозвратное сельскохозяйственное использование речного стока, сбросы отходов хозяйственной деятельности привели к глубоким антропогенным преобразованиям водных ресурсов – количественным и качественным.

Влияние водохранилищ на окружающую среду, в том числе Кыргызстана, были проанализированы авторами [12]. К примеру, ими было оценено влияние Токтогульского водохранилища на окружающую среду. По мнению авторов, водохранилища имеют огромное народно-хозяйственное значение, однако при эксплуатации водохранилищ не удастся избежать воздействий на окружающую среду, обусловленную затоплением территорий, изменением флоры и фауны, что приводит к необратимым антропогенным нагрузкам на водные ресурсы.

Вместе с тем, более детальное изучение Капшагайского водохранилища было проведено в рамках научных исследований, выполненных Институтом географии. На рис. 1.12. представлен среднегодовой уровенный режим водохранилища, который колебался в значительных пределах от 474,34 до 478,0 м. абс. Самые минимальные значения уровня воды, регистрируются в первые годы затопления с 1972 по 1975 гг. Максимальные значения уровня за весь период существования водохранилища достигались в 1999 г. до 479,36 м. абс., в 2002 г. – 479,29 м. абс. и в 2011 г. – 479,10 м. абс.

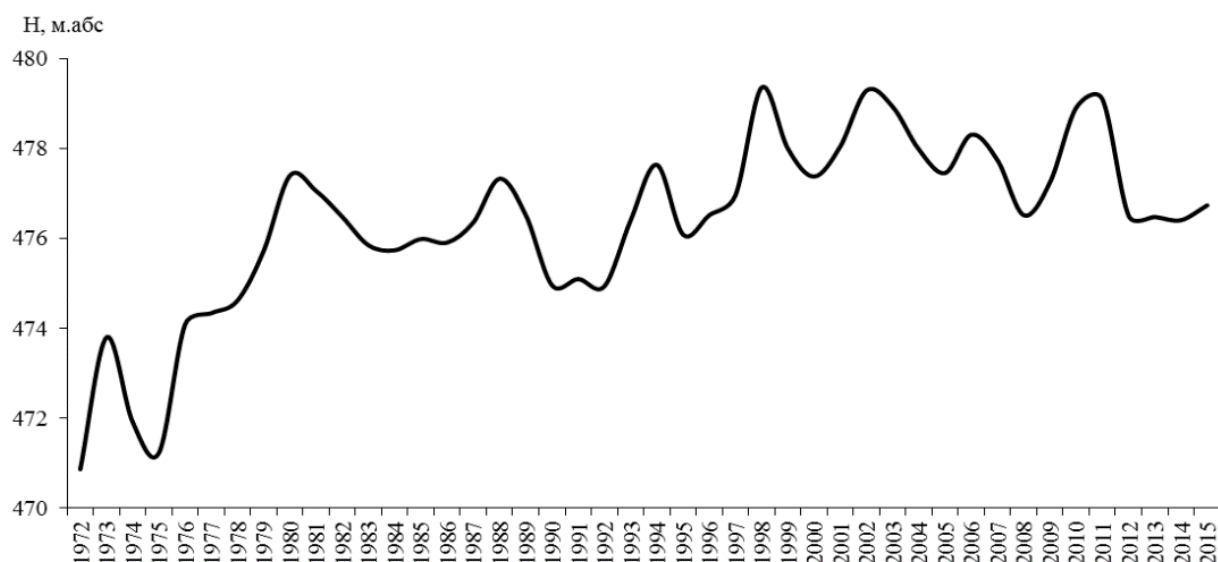


Рис. 1.12 – Уровень воды Капшагайского водохранилища
в многолетнем аспекте

Следовательно, в колебаниях многолетнего среднегодового уровня воды водохранилища максимальные значения были достигнуты лишь в последнем двадцатилетии, с некоторым понижением в последние годы (2013-2015 гг.).

Среднегодовой уровень воды водохранилища по осредненным пятилетним данным только с 2000 г. становится равномерным (рис. 1.13).

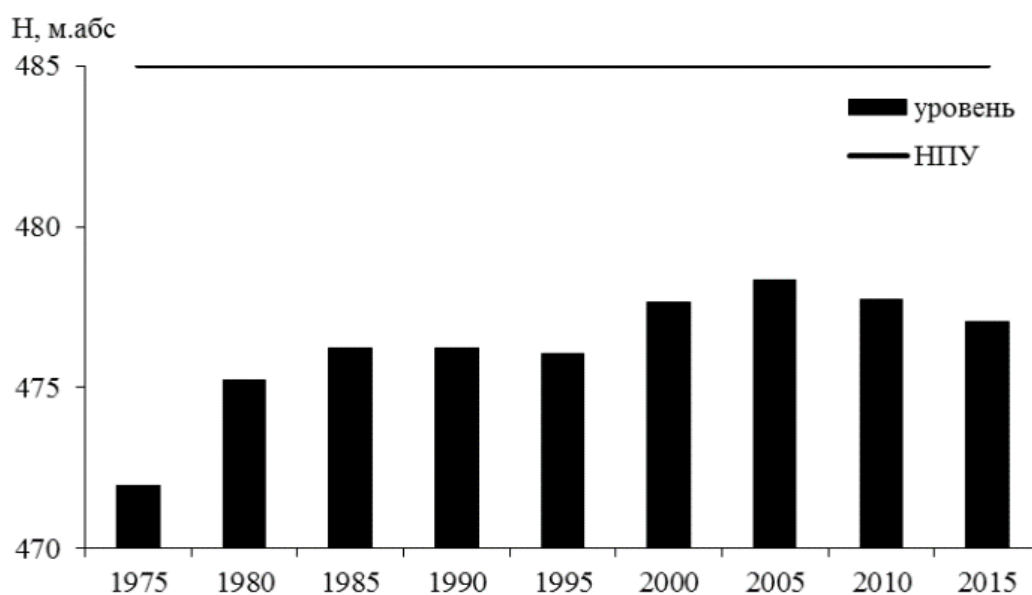


Рис. 1.13 – Среднегодовой уровень воды Капшагайского водохранилища в
многолетнем периоде

С 80-х годов уровень воды находился в значительных пределах от 475,24 до 478,34 м. абс., максимум приходится на 2000-е годы. За последнее пятилетие уровень воды падает до 477,05 м. абс., что сократило объемы площади и в значительной мере повлияло на водный режим водохранилища.

Современные батиметрические работы, выполненные лабораторией Гидрохимии и экологической токсикологии Института географии в 2013 г. [37], позволили получить новые результаты заилиения чаши Капшагайского водохранилища. В работе было использовано современное оборудование, основанное на акустическом эхолотировании, с привязкой к GPS-системе. В результате промеров глубин была построена современная батиметрическая карта с использованием программного продукта ArcGIS. На рис. 1.14, представлена карта, где для сравнения нанесены проектные очертания берегов Капшагайского водохранилища (1969 г.).

Как отмечают авторы работы [37], согласно теории русловых процессов, объясняются изменения морфометрических характеристик, происходящих в водохранилище. Прежде всего, в водохранилищах начинается интенсивный процесс переработки берегов, это отчетливо видно на северном берегу (рис. 1.14), также в местах впадения реки Иле и основных боковых притоков, где образовались новые подводные конусы выноса, твердый сток которых подвергается процессу сегрегации (сортировке). В результате этого наиболее крупные наносы скапливаются в верховье подводного конуса и в зоне выклинивания, тогда как мелкие частицы в теле конуса выноса и распределяются в низовье, тем самым образуя донный поток, движущийся к приплотинной зоне, где постепенно оседают.

Со времени существования водохранилища в устьях рек были образованы новые дельты, которые значительно изменили площадь зеркала. Больше всего сильно развилась новая дельта по основной р. Иле, также изменению подверглись очертания берегов в устье р. Каскелен.

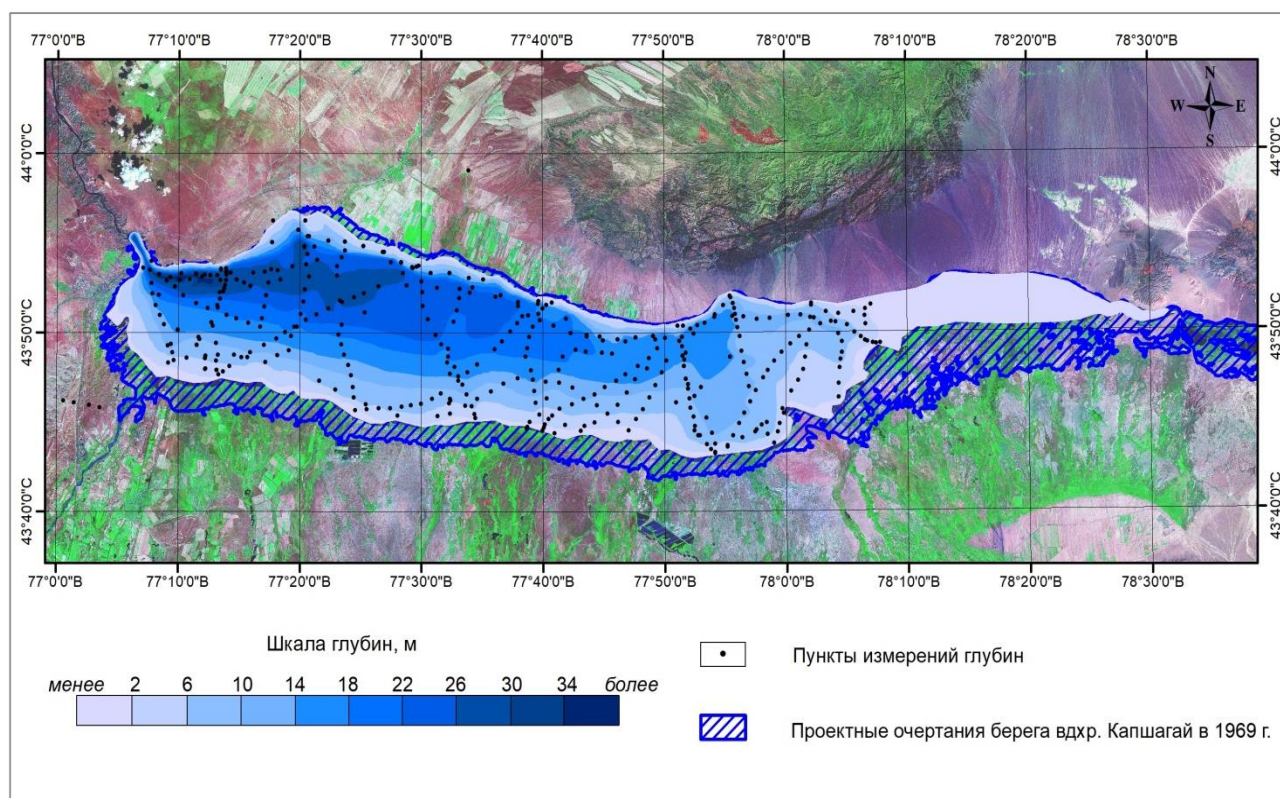


Рис. 1.14 – Изменение береговой линии Капшагайского водохранилища (проектные очертания берега в 1969 г и по уровню наполнения в 2013 г.)

Как видно из табл. 1.5, разница между площадями зеркала по данным Института географии и проектной при уровне 477 м. абс., составляет 68 км², также разница между современными и проектными объемами составляет 0,27 км³.

Проверка точности определения современных картометрических характеристик, была проведена на фондовых данных и гидравлических расчетов с использованием многолетних данных по твердому стоку [37]. Таким образом, ежегодно в водохранилище аккумулируется 9460,8 тыс. т, а за 47 лет отложилось 444657,6 тыс. т. Предположив, что средняя плотность наносов равна 1,7 т/м³, получается, что объем водохранилища сократился на 0,26 км³, что подтверждает достоверность определения современных батиметрических характеристик выполненных Институтом географии МОН РК [37].

Таблица 1.5 – Сравнительная характеристика современных батиметрических и проектных данных

Н (м. абс.) отметка уровня воды	F (км ²) площадь зеркала (данные Института географии)	F _р (км ²) площадь зеркала (проектные)	F-F _р (км ²)	W (км ³) объем воды (данные Института географии)	W _р (км ³) объем воды (проектные)	W-W _р (км ³)
477	1323	1255	68	15,6	15,87	-0,27
475	1115	1155	-40	13,12	13,52	-0,4
471	923	937	-14	9,05	9,4	-0,35
467	687	710	-23	5,84	6	-0,16
463	519	500	19	3,44	3,51	-0,07
459	325	350	-25	1,46	1,85	-0,39
455	208	194	14	0,71	0,82	-0,11
451	77	92	-15	0,16	0,25	-0,09

Температурный режим. Водохранилище полностью освобождается ото льда в первой декаде марта, и сразу начинается нагревание воды (табл. 1.6). К концу месяца температура поверхностных слоев воды достигает 10,0 °С, в апреле она повышается до 12,2-18,7 °С, в мае – до 22,4 °С в глубоководных участках, а на мелководье – до 25,4 °С. В июле вода очень теплая, в поверхностных горизонтах открытой части водохранилища она прогревается до 28,4 °С, а в устьях рек, где много затопленной растительности и небольшие глубины – до 29,6 °С. Постепенное понижение температуры воды начинается со второй половины августа. В сентябре предельные значения ее составляют 10,0-19,5 °С, в октябре – 5,0-18,9 °С, в ноябре в открытой части сохраняются положительные значения – 3,0-7,0 °С и только к началу ледостава (в середине декабря) температура воды становится близкой к нулю. Продолжительность ледостава около 90 дней.

Температура поверхности воды следует за температурой воздуха, в средних и придонных слоях она значительно отличается. Прогреваемость всей акватории водохранилища неравномерная. Теплые талые воды в зоне выклинивания подпора по мере продвижения к широкой глубоководной части постепенно охлаждаются, поэтому температура в приплотинном районе ниже, чем в верховье. В верхней части водохранилища, где глубины невелики, под

воздействием ветра и течения все слои воды перемешиваются, что способствует выравниванию температур воды по горизонтам. С нарастанием глубин появляется вертикальное температурное расслоение: температура поверхности воды отличается от придонной более чем на $6,0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Условия, способствующие образованию температурной стратификации, создаются в периоды штилей, когда воздух теплее воды. Наиболее отчетливо вертикальная стратификация проявляется в приплотинной зоне. Иногда в верхних, более прогретых слоях воды возникает небольшой температурный скачок, появляющийся в том случае, когда штиль сменяет небольшой ветер. По К. Н. Российскому [38], влияние ветра прекращается, как только температура воды на поверхности поднимается до $8,0\text{--}10,0\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Летом вся толща воды хорошо прогревается: разность температур у поверхности и на дне не превышает $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ в зоне выклинивания, в средней части, куда поступает более холодная вода горных рек ($14\text{ }^{\circ}\text{C}$), вертикальное расслоение достигает $8,0\text{--}11,6\text{ }^{\circ}\text{C}$. В табл. 1.6 приводятся среднемесячные температуры воды за несколько лет в течение года.

При длительном штиле температурный скачок имеет градиент $1,1\text{--}4,8\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{м}$. С мая по июль происходит перераспределение тепла по глубинам, за этот период температура воды в придонном слое приплотинной зоны возрастает более чем вдвое: от $6,2$ до $18\text{ }^{\circ}\text{C}$. В период осеннего похолодания прежде всего остывают верхние слои воды, в то время как нижние продолжают получать тепло от ложа водохранилища, в результате разность температур сглаживается и чаще всего наступает гомотермия, но иногда наблюдается и температурный скачок. Для горизонтального распределения температур по акватории в осенний период характерны более низкие значения в устьевых зонах (от $8,5$ до $10,2\text{ }^{\circ}\text{C}$), более высокие – в центральной, а в приплотинной зоне температура воды достигает $15\text{--}17\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Следовательно, по температурному режиму Капшагайское водохранилище является своеобразным водоемом, характеризующимся длительным периодом открытой воды за счет установления позднего ледостава и раннего распадаения

льда. До относительно высокой температуры вода нагревается уже в апреле, что в биологии гидробионтов играет весьма существенную роль [38].

Таблица 1.6 – Среднемесячная температура воды Капшагайского водохранилища (1976-1979 гг.), °С

Месяц	1976 г.	1977 г.	1978 г.	1979 г.
Январь	ледостав	ледостав	ледостав	0
Февраль	ледостав	ледостав	ледостав	ледостав
Март	ледостав	ледостав	3,1	1,9
Апрель	-	12,3	12,2	9,0
Май	-	17,3	19,0	15,6
Июнь	-	24,9	22,6	20,7
Июль	24,7	24,1	25,1	24,4
Август	23,2	22,7	20,7	22,3
Сентябрь	18,1	19,2	18,9	18,0
Октябрь	11,8	13,1	11,7	14,8
Ноябрь	2,1	7,4	4,3	4,4
Декабрь	ледостав	2,6	1,8	2,9

Все это подтверждает важнейшую роль водохранилищ в социально-экономическом развитии страны, которые решают целый комплекс задач: от регулирования речного стока до рекреационных целей и борьбы с наводнениями [39].

Но, помимо положительных сторон, имеются и отрицательные, которые наносят непоправимый вред окружающей среде, среди них отмечается затопление и подтопление плодородных земель, заболачивание прилегающих территорий, переработка берегов, обезвоживание пойменных угодий, изменение микроклимата, прерываются генетические миграционные пути рыб и др. в реках.

1.3 Проблема изученности гидроэкологического состояния водных объектов

Теоретические вопросы влияния водохранилищ на химический состав речной воды, на окружающую среду и на сельское хозяйство изучался многими учеными в разные годы А. Б. Авакян (1968, 1977, 1982, 1987), С. Л. Вендров (1976, 1979, 1989, 1998), К. Н. Дьяконов (1965, 1975), Г. С. Метревели (1991), Ю. М. Матарзин (1981), Е. Fels (1965), A. Tonduru (1969), Н. Link (1970) и др.

На территории Кыргызстана вопросами проблем исследования и комплексного использования водохранилищ занимались С. К. Аламанов, М. А. Музакеев, А. А. Эргешов и др. (1990). Исследования непосредственно водохранилищ проводились Д. М. Маматкановым, А. К. Шапаром и др. (1998) и представлены в работе «Методика определения ежегодных ущербов, наносимых Кыргызстану ...», которое более подробно отражено в работе [12]. В 1978-1982 гг. лаборатория климатологии и гидрологии Института геологии Национальной академии наук провела технико-экономическую оценку проектируемых гидроэлектростанций Курп-Сай, Таш-Кумыр, Уч-Коргон, Камбар-Ата, с оценкой влияния этих ГЭС на окружающую среду (М. А. Музакеев, А. А. Эргешов, В. М. Фомин). А. К. Шапар в своей работе «Экономические и экологические проблемы развития энергетики Кыргызстана» (1997) анализирует роль энергетической отрасли в экономике страны, рассматривая также ее влияние на активизацию землетрясений и климат [12]. Рядом авторов рассмотрены гидрохимические условия формирования состава воды в Токтогульском водохранилище [40].

Кроме этого, влияние водохранилищ на отдельные природные явления и процессы изучались В. М. Ковалевым (1985, 1990), в частности процесс минерализации воды и переработки берегов Токтогульского водохранилища, геологические процессы и фильтрация у плотины Орто-Токойского водохранилища [12].

В Казахстане в гидрохимическом и токсикологическом отношении изучены в основном крупные водохранилища. Имеются сведения по Капшагайскому [22,41-43], Буктырминскому [44-46], Шардаринскому [39,47-49] водохранилищам и по водохранилищам, сооруженным на реках Тобыл и Есиль [50,51]. Исследования Капшагайского водохранилища в обозначенных аспектах ведутся регулярно с 1988 г., результаты которых опубликованы в научных изданиях [41,43,52-28].

Исследованию водной экосистемы Капшагайского водохранилища посвящено много работ, которые проводятся в течение длительного времени, и начинаются до его создания [22,59-62].

Гидрохимический режим и токсикологическое состояние Капшагайского водохранилища многие годы изучался Н. А. Амиргалиевым и рядом авторов [57], результаты которых опубликованы в научных изданиях. По результатам исследований за многолетний период (1988-1993 гг., 2000-2013 гг.) вода водохранилища относится к слабощелочным, а насыщенность воды кислородом на нормативном уровне. Минерализация воды находилась в основном в пределах 211-645 мг/дм³, т.е. слабоминерализованная. Согласно полученным результатам за 2009-2011 гг., вода водохранилища отличалась невысоким содержанием органических и биогенных соединений [53,57,58]. Н. А. Амиргалиевым также рассмотрены токсикологическое состояние и уровень антропогенного загрязнения водохранилища. По результатам исследования превышение уровня ПДК зарегистрированы по меди – от 5,5 мкг/дм³ до 32 мкг/дм³ (32 ПДК), по цинку – от 18 и 21 мкг/дм³ в 2007 и 2013 гг. до 69 и 75 мкг/дм³ в 2006 и 2011 гг. соответственно [43,52,57]. Как отмечают авторы, Капшагайское водохранилище подвергается загрязнению тяжелыми металлами, как в пространственном, так и во временном аспекте, которое связано с колебанием стока р. Иле.

Исследования водоемов на загрязнение тяжелыми металлами (ТМ) в настоящее время очень актуально, т.к. они являются основными источниками антропогенного загрязнения водных экосистем. Основными загрязнителями водоемов Казахстана, также, как и в других странах, являются ТМ, обладающие

высокой стабильностью и кумулятивным эффектом. Именно эти вещества, накапливаясь по трофическим цепям до концентрации, в сотни и тысячи раз превышающих их содержание в воде, способны вызвать глубокие нарушения физиолого-биохимических процессов в водных организмах.

Металлы относятся к группе микроэлементов, содержащихся в природных водах в очень малых концентрациях. Содержание микроэлементов в воде является одним из важных показателей, определяющих экологическое состояние водоемов, они играют большую роль в развитии живых организмов, регулируют многие биохимические процессы. Однако избыток их в водоеме, создающийся под влиянием различных антропогенных факторов, ведет к нарушению нормального функционирования водных экосистем. Они способны накапливаться в различных объектах водной среды, в том числе рыбах, не подвергаясь при этом химической и биологической деградации [63].

Водохранилища, как и другие водные объекты, подвергаются интенсивной антропогенной нагрузке, проявляющейся в первую очередь увеличением степени загрязнения поверхностных вод, в т.ч. содержанием токсикантов, таких как тяжелые металлы. Гидробионты же, в свою очередь служат биоиндикаторами, которые накапливают в органах и тканях токсиканты из водной среды. Тяжелые металлы, аккумулируясь в органах и тканях рыб, приводят к дисфункции их организма. Употребление в пищу таких рыбных продуктов в результате создает угрозу организму человека.

Некоторыми авторами, были исследованы накопление токсикантов, в т.ч. ТМ в тканях промысловых видов рыб всех водных бассейнов Казахстана [64-67]. В своей работе [68] Т. Я. Лопарева исследует динамику загрязнения мышечных тканей рыб на пяти водных бассейнах Казахстана, ею изучены пространственно-временные закономерности накопления ихтиофауной таких микроэлементов, как медь (Cu), цинк (Zn), свинец (Pb), никель (Ni), кадмий (Cd). Наибольшее накопление ТМ было обнаружено в рыбах оз. Балкаш и превышает в 1,7-2,1 раза аналогичные показатели водоемов со средней степенью загрязнения. Следует отметить, что к водоемам со средней степенью загрязнения мышечной ткани рыб

(20,6-25,9 мг/кг) также относятся Капшагайское и Каратомарское водохранилища, водоемы Ертисского и Жайык-Каспийского и Балкаш-Алакольского бассейнов. Рыбы Арало-Сырдаринского бассейна, Самаркандского и Астанинского водохранилищ накапливают меньшее количество ТМ (5,3-13,7 мг/кг).

Во всех исследуемых водных объектах цинк встречается в больших количествах, медь и свинец в меньших. Содержание цинка в основном встречается в бентофагах, и хорошо прослеживается положительная зависимость между токсикантами в рыбах, их содержанием в воде и бентосных организмах.

Главной причиной такого антропогенного загрязнения рассмотренных водных бассейнов являются сточные воды, воздушные выбросы крупных промышленных и трансграничный перенос токсикантов по крупным рекам. К ним относится и Капшагайское водохранилище, которое подвержено влиянию трансграничного притока р. Иле и ее левобережных притоков (Каскелен, Талгар, Есик и др.), которые протекают через малые города и крупные населенные пункты [52,69,70].

В течение многого времени специалистами КазНИИ рыбного хозяйства изучается уровень бионакопления токсичных соединений в рыбах Капшагайского водохранилища. Вопросам накопления ТМ в органах и тканях рыб посвящено множество научных публикации и работ [71], которые охватывают крупные водные объекты Казахстана, в т.ч. Капшагайское водохранилище.

В работе [71] рассмотрены средние значения уровня накопления ТМ в тканях рыб Капшагайского водохранилища за 2001-2004 гг. Объектами исследования выбраны лещ, судак и жерех. Металлы обнаружены в мышцах всех вскрытых рыб. Концентрации их в изученных пробах характеризовались близкими значениями, за исключением концентрации хрома – 14,6 мг/кг и цинка – 4,47 мг/кг. Относительно высокие значения металлов обнаружены в мышцах леща, затем – жереха. Уровень кумуляции металлов в рыбах в исследованном

периоде превышений норматива МДУ (максимально-допустимый уровень) не достигал.

В литературных источниках [72-87] особая роль уделяется оценке уровня бионакопления токсикантов в гидробионтах и рыбах, их влиянии на организм человека. Ниже рассмотрим некоторые результаты исследований российских ученых.

В результате исследования накопления ТМ в промысловых видах рыб Горьковского водохранилища, расположенного в Ярославской, Костромской, Ивановской и Нижегородских областях, установлены повышенные содержания тяжелых металлов в тканях рыб, меди – 18,1 мг/кг, цинка – 64,9 мг/кг, кадмия – 0,48 мг/кг. Превышения нормативов по токсикантам в воде обнаружены также по течению р. Волги ниже населенных пунктов, которые являются крупными центрами ювелирного производства широко использующие тяжелые металлы. Снижение концентрации металлов (Cu – 8,8 мг/кг, Zn – 35,6 мг/кг, Cd – 0,03 мг/кг) наблюдается в устьевой части р. Унжа. Высокие уровни токсикантов в рыбах обусловлено избыточным поступлением сточных вод с промышленных территории близ Горьковского водохранилища [88]. Неравномерное накопление ТМ в органах и тканях рыб, главным образом зависят от их природы питания и процессов происходящих в водоеме, о чем более подробно описано в работе А. Т. Лобановой [88].

При исследованиях ТМ в органах и тканях рыб р. Белой в районе г. Бирска были выбраны несколько видов рыб, имеющих большое значение в рыбопромысловом хозяйстве, такие как лещ (*Abramis brama*), карась обыкновенный (*Carassius carassius*), карп (*Cyprinus carpio carpio*). Такие работы имеют важное практическое значение, в связи с увеличивающимся загрязнением природных вод, т.к. рыбы являются важнейшими представителями гидробионтов, они играют значительную роль в функционировании водных экосистем и индикаторами экологического состояния. В работе [89] авторами при изучении содержания ТМ в органах и тканях рыб, выявлено: содержание свинца в селезенке леща составляет до 0,036 мг/кг, в крови – 0,0082 мг/кг;

наименьшее содержание меди в органах и тканях отмечено у карася – 0,0062 мг/кг; а концентрации кадмия и цинка содержатся в очень малых количествах, менее 0,005 мг/кг.

В своих работах [90,91] А. С. Ваганов, также рассматривает основные виды промысловых видов рыб Куйбышевского водохранилища расположенного в Европейской части России, которые имеют важное промысловое значение. Как известно, накопление ТМ в рыбах напрямую зависит от их содержания в воде, поэтому контроль изменения уровней содержания металлов в организмах гидробионтов вопрос актуальный и важный. Как показывают исследования, в органах леща ТМ в основном аккумулированы в печени (железо (Fe), цинк (Zn), медь (Cu) и свинец (Pb)) и в мышцах (хром (Cr)). ТМ в органах синца распределены следующим образом: Fe и Pb – в печени, Zn и Cu – в чешуе, Cr – в мышцах и сердце. В органах щуки высокое содержание Fe установлено в печени; Cu в чешуе; Fe, Cr, Pb и Zn – в мышцах.

Превышение ПДК по железу (Fe) отмечено у леща – в жабрах, сердце, печени и гонадах; у синцов – в сердце, печени и гонадах; у щук – в жабрах и печени. По цинку (Zn) ПДК превышено у лещей – в сердце и печени. Содержание хрома (Cr) выше ПДК – в печени щук, а свинца (Pb) – в печени самок лещей. Также установлено, что содержание определяемых ТМ в тканях и органах самок исследуемого ряда рыб (лещ, синец, щука) выше, чем у самцов. По результатам исследований установлено влияние факторов (пол, питание) на уровень содержания ТМ в тканях и органах рыб.

При сравнительном анализе содержания ТМ в рыбах, обитающих в верховье р. Оби в районе г. Барнаула превышение ПДК наблюдается для Fe – в 4,3 раз, для Cd – в 1,7 раз [92], а содержание меди, марганца, цинка, свинца и ртути находится в пределах нормы. Распределение металлов в организме рыб характеризуется неоднородностью, что зависит от физико-химических свойств самих элементов и функциональных особенностей органов и тканей: Cu и Zn концентрируются в печени, Mn – в жабрах, Fe – в печени и жабрах, Pb, Cd, Hg – в жабрах и сердце. Как отмечено в работах Т. А. Лобановой и А. С. Ваганова, видовая

специфичность в накоплении металлов рыбами обусловлены типом питания рыб: Cu и Fe концентрируют мирные рыбы (лещ, серебряный карась), Pb – хищные (судак, окунь).

Одним из основных путей миграции токсичных соединений в водной экосистеме является их накопление в донных осадках, которому способствует физико-химическая сорбция зависящее от свойств токсиканта, растворителя и сорбента [93]. К примеру, нефтепродукты могут накапливаться в ДО на 30 %, а соединения меди до 86 %. Токсичные соединения в донных осадках в свою очередь привносят изменения в физико-химические процессы установленной среды [94-96].

Исследования ТМ в донных отложениях водных объектов, в т.ч. морей и океанов встречаются во многих зарубежных научных работах [97,98], также континентальных водоемов России [95,99-102]. Седиментационные процессы некоторых металлов в донных отложениях соленых озер Казахстана рассмотрены А. И. Мун и А. Б. Бектуровым [103]. Сведения о динамике накопления металлов в донных осадках в искусственных водных объектах Казахстана имеются в работах [51,71,104-106].

В работах А. А. Соколова [26] природные зоны Казахстана и А. М. Дурасова [107] почвы Казахстана, рассмотрен почвенный покров района Капшагайского водохранилища, который образован сероземами обыкновенными и лугово-сероземными почвами. А. Б. Курмангалиев в своей работе [27] приурочил такие почвы к предгорным и подгорным равнинам, которые прорезаны многочисленными руслами рек, как река Иле и ее притоки.

В работах зарубежных авторов [108,109], pH водной среды оказывают большую роль при нахождении форм и уровня накопления металлов в ДО и взвешенных веществах, которые определяются окислительно-восстановительными процессами. Такие процессы приводят к изменению форм нахождения в природных водах любого типа, которые не зависят от химического состава и гидрологического режима водного объекта [110].

На данный момент существует множество методик по исследованию поверхностных вод и для определения качества водной экосистемы. Во многих методиках загрязняющие вещества определяются их влиянием на водный потенциал и биоту водоемов. При оценке экологического состояния вод используются различные варианты расчета индексов загрязненности (ИЗВ и КИЗВ), основывающиеся на перечне анализируемых ингредиентов по классу опасности.

Оценка качества природных вод, используется в водоохране, суть которой состоит в сравнении значений показателей состава и свойств воды с нормативами предельно-допустимых концентрации (ПДК) загрязняющих элементов. Нормативы ПДК, используемые в РФ [111-116], также действуют на территории Казахстана, согласно приказу № 408 от 18.08.1997 г. Из всех методов в настоящее время актуальным и приемлемым является метод расчета только по превышающим ПДК ингредиентам.

В работе [117] Д. Т. Тиленовой, результаты представлены на основе индекса загрязненности вод (ИЗВ) согласно методическим рекомендациям по формализованной комплексной оценке качества поверхностных вод по гидрохимическим показателям рассчитанных в баллах для рек Южного Кыргызстана.

Данная методика была использована в работах [118-121], при оценке качества воды Алакольской системы озер, Капшагайского водохранилища и р. Елек в разные годы, которая классифицирует качество воды водных объектов по степени загрязнения с учетом класса опасности. Как следует из работы [121], вода Капшагайского водохранилища по содержанию тяжелых металлов (цинк, кадмий, свинец, медь, никель, марганец, кобальт) менялась от «нормативно чистого» до «высокого уровня загрязнения». В диссертационной работе оценка качества воды опиралась на «Методические рекомендации ...» [116].

1.4 Источники антропогенного загрязнения

Изучение антропогенного загрязнения водохранилища и выноса химических веществ является одним из важных вопросов в условиях большого динамизма речного стока и химического состава воды под воздействием антропогенных факторов. Расчет стока химических веществ имеет большое значение не только для оценки ряда составляющих химического баланса и биологической продуктивности, но и для познания интенсивности эрозионно-аккумулятивных процессов, происходящих в бассейне реки. Следовательно, изучение многолетней динамики этого процесса позволяет глубже понять характер влияния тех или иных литологических и антропогенных факторов в бассейне на формирование химического состава и качества речной воды. Изучение этого вопроса особенно важно в современных условиях для оценки уровня загрязненности поступающих на территорию Казахстана трансграничных вод из сопредельных государств с учетом того, что наша Республика расположена в нижнем течении всех основных трансграничных рек [122].

Вопрос изученности химического стока рек Казахстана на сегодняшний момент исследован слабо. Для рек Тобыл и Аят он рассчитан И. С. Соседовым и Ц. И. Слуцкой [123]. Позже сток химических соединений был определен для реки Урал [124], для рек бассейна оз. Балкаш [125-127] и для некоторых других рек Казахстана [128]. Материалы по стоку химических веществ рек бассейна Аральского моря, изложенные в работах К. М. Степановой [129] и Н. Ф. Соловьевой [130], относятся к периоду до зарегулирования стока рек Сырдарии и Амударии. Впоследствии подобные расчеты были проведены рядом авторов [131-135]. Сведения по ионному стоку реки Иле имеются в работах [55,58,132].

Как известно, река Иле переносит загрязняющие вещества из КНР на территорию Казахстана, которые аккумулируются в Капшагайском

водохранилище и транзитом частично попадают в нижнюю дельту р. Иле и в оз. Балкаш. С территории Китая по реке привносится существенная масса нефтепродуктов, фенолов, ТМ и др. В периоде с 2001 по 2009 гг. приток металлов составил 843 т по меди и 1580 т по цинку. Причем в период 2001-2009 гг. фактический приток в отдельные годы превышал допустимые его значения по меди более чем в 10 раз, а по цинку – до 4 раз [24].

Анализ материала РГП «Казгидромет» за 2009-2011 гг. по г/п Добын также показал [136] повышенный уровень концентрации в воде общего железа до 10 раз, в некоторых случаях даже выше 10 ПДК, такая картина наблюдается и для окисного железа. В работах Н. А. Амиргалиева [55], приводятся многолетние данные по створам г/п 164 км и Добын. По результатам данных, годовые объемы стока тяжелых металлов и фенолов колебались по годам при сравнительно близких по величине объемах годового водного стока. В 2003-2005 и 2007 гг. по г/п 164 км заметные изменения стока загрязняющих веществ зафиксированы в пределах 14,68-15,53 км³. Сток цинка от его значений 212,1 и 217,2 т. в 2003 и 2005 гг. снизился в 2007 году до 58,7 т, а в 2006 г. при годовом водном стоке 17,23 км³, сток этого элемента составил 35,6 т. Сток фенолов в последние годы заметно снизился. Заметные межгодовые колебания трансграничного стока загрязняющих веществ зависят главным образом от концентрации токсичных веществ в речной воде. Максимальный сток нефтепродуктов зафиксирован в 2008 и 2009 гг. по г/п 164 км до 80 т. По г/п Добын объем притока достигал до 140-150 т в 2008 г. Концентрация и сток токсичных соединений у г/п Добын был выше, чем у г/п 164 км [55].

Мониторинг качественных параметров трансграничного притока р. Иле, изученный Н. А. Амиргалиевым и авторами [58], также показали антропогенную нагрузку на Капшагайское водохранилище по меди составляя порядка 800 т и цинку 1500 т, в отдельные годы превышая допустимые уровни по нефтепродуктам и фенолам. В своих исследованиях авторы выявляют негативное воздействие притока загрязняющих веществ по р. Иле, оказывающее

на гидрохимический режим и токсикологическое состояние не только Капшагайского водохранилища, но и оз. Балкаш.

Ионный сток рек Южного Кыргызстана рассмотрен в работе А. Е. Воробьева и Д. К. Тиленовой [137], некоторые сведения об увеличении объемов сбросов загрязняющих веществ в окружающую природную среду и загрязнения открытых водоемов и подземных вод Кыргызстана приведены в работе [138].

На основе многолетних данных сети РГП «Казгидромет» нами дана оценка качества трансграничного притока р. Иле по водному стоку, химическому составу воды и поступающих токсикантов по г/п Добын за 2009-2020 гг., произведенная по методике О. А. Алекина и Л. В. Бражниковой [131,132]. На основании полученных материалов рассчитаны объемы водного, а также месячного, годового, сезонного стока минеральных солей и токсичных соединений (меди, цинка, свинца и кадмия) по приграничному створу реки Иле.

Сток минеральных солей. Изучение стока растворенных минеральных солей проводилось с целью определения его количественных характеристик, имеющих большое значение. Как известно, объем солевого стока рек зависит от водного стока, однако не всегда существует прямая пропорциональность между этими показателями из-за различия минерализации воды. Более глубокие нарушения характерны для рек, экосистема которых подвержена сильным антропогенным воздействиям [139].

Как видно из табл. 1.7, величина внутригодового стока минеральных солей распределяется неравномерно. Относительно большой сток минеральных солей приходился на 2010, 2011, 2016 и 2017 гг., в сумме за год составил 6693 тыс. т и 5668 тыс. т, при водном стоке за эти годы 18,80 и 15,12 км³, соответственно.

Сток минеральных солей за периоды наблюдений (2009-2020 гг.) колебался от 180 до 748-769 тыс. т, лишь в единичных случаях достигал до 936-1018 тыс. т. (табл. 1.7). Такие высокие значения приходились на летний период (июнь, июль), а в маловодные месяцы сток минеральных солей резко уменьшался.

Таблица 1.7 – Внутригодовые показатели водного стока и стока минеральных солей р. Иле

Показатели	Годы	Месяцы												Сумма за год
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Водный сток, км ³	2009	0,66	0,72	1,07	1,21	1,40	1,33	1,53	1,25	1,59	1,38	1,17	0,97	14,27
	2010	1,00	0,96	1,15	1,31	2,08	2,72	2,51	2,52	1,30	1,24	1,07	0,94	18,80
	2011	1,20	1,03	1,02	1,15	1,46	1,63	1,61	1,52	1,36	1,25	1,03	0,85	15,12
	2012	1,03	1,00	1,21	1,24	0,78	0,76	0,84	0,85	1,14	1,23	0,86	0,95	11,88
	2013	0,95	0,90	0,97	0,90	0,96	1,12	0,79	0,88	1,17	1,13	0,78	0,92	11,48
	2014	1,06	0,87	1,53	1,43	0,8	0,41	0,68	0,47	0,61	0,89	0,72	0,7	10,17
	2015	0,70	0,63	0,67	0,78	1,12	1,20	1,56	1,44	1,22	1,36	1,10	1,02	12,80
	2016	0,88	0,73	1,03	1,04	2,03	2,37	3,62	2,92	1,47	1,45	1,45	1,39	20,30
	2017	0,98	0,73	1,07	1,44	1,74	1,97	1,74	1,14	1,06	1,32	1,08	0,95	15,20
	2018	0,82	0,83	1,08	1,26	1,12	0,98	1,08	0,58	0,83	1,17	1,16	0,95	11,80
	2019	0,78	0,72	1,06	1,26	1,36	1,45	0,77	1,12	1,10	1,23	1,18	1,06	13,10
	2020	0,89	0,71	0,82	0,82	0,95	0,29	0,27	0,76	1,30	1,00	1,04	0,92	9,77
Сток минеральных солей, тыс. т	2009	230	266	409	371	487	448	473	451	477	435	399	323	4770
	2010	342	376	583	613	769	936	1018	634	365	434	377	245	6693
	2011	521	465	482	495	619	534	467	463	462	443	337	380	5668
	2012	481	464	155	532	316	340	309	314	384	405	338	338	4375
	2013	328	282	398	323	370	431	252	308	376	404	291	308	4071
	2014	357	308	586	588	323	180	277	220	280	398	269	263	4049
	2015	272	201	253	295	441	425	591	407	460	487	358	367	4558
	2016	350	366	413	359	406	404	312	387	340	341	346	403	4426
	2017	364	259	415	571	748	670	536	373	352	407	367	312	5372
	2018	279	293	423	465	411	360	322	225	277	388	388	346	4176
	2019	318	248	402	487	606	730	340	485	430	398	368	350	5162
	2020	276	261	311	302	337	109	96	284	454	379	343	352	3505

Изменение величины стока минеральных солей по сезонам в основном соответствует распределению водного стока в течение года (рис. 1.15). Наибольший сток до 38 % наблюдается летом, наименьший – 14 % в зимний период. Как видно из рис. 1.15, динамика изменения стока минеральных солей колеблется как по сезонам, так и по годам.

В годовом аспекте величина стока минеральных солей, как и водного стока, распределяется неравномерно, объем попусков воды главным образом зависит от страны, откуда она берет свое начало. По нашим расчетам, относительно большой водный сток – 18,80 км³ и сток минеральных солей – 6693 тыс. т приходился на 2010 г., но с 2012 г. наблюдается постепенное снижение этого уровня (рис. 1.16).

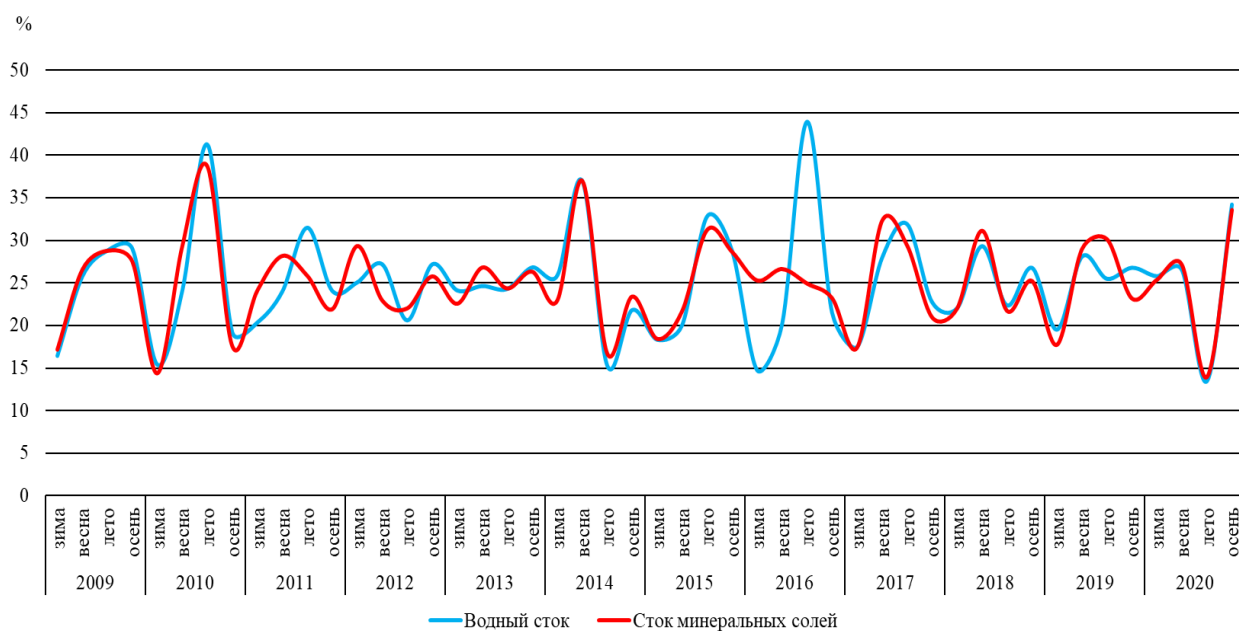


Рис. 1.15 – Сезонное изменение стока воды и минеральных солей за ряд лет р. Иле (по г/п Добын)

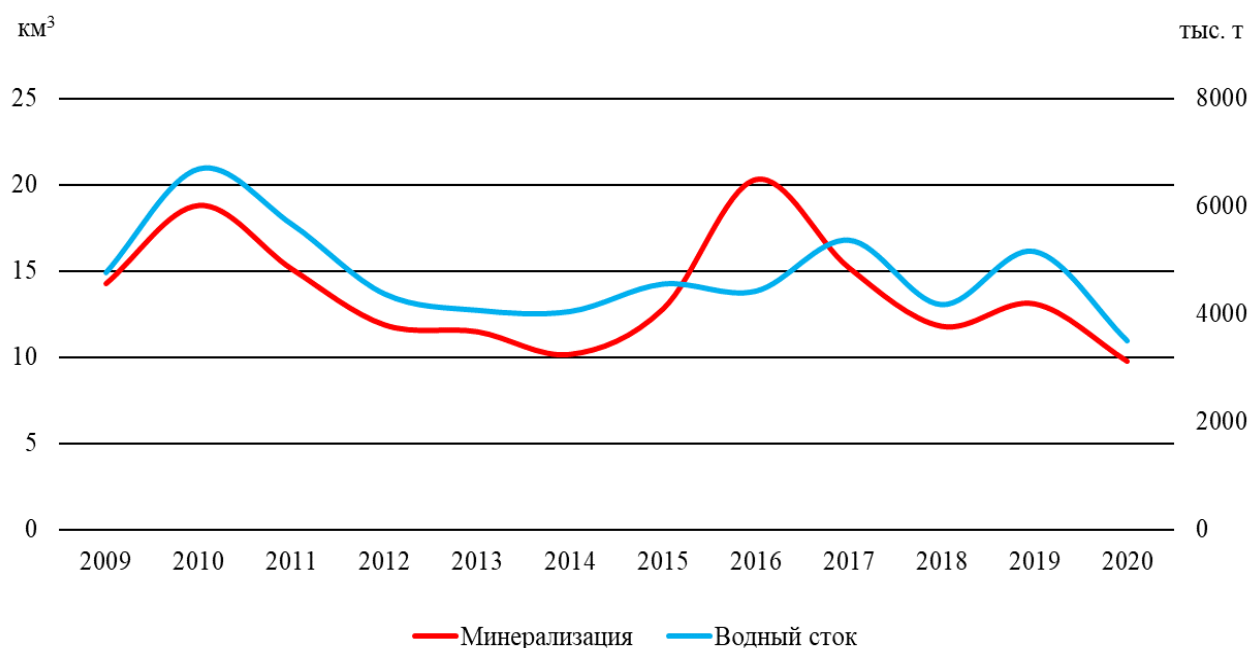


Рис. 1.16 – Характер зависимости стока минеральных солей от водного стока р. Иле у приграничного поста

Оценка трансграничного притока загрязняющих веществ. Исследование качественных параметров трансграничного стока р. Иле показало значительную загрязненность его токсичными соединениями, в частности ТМ (табл. 1.8). Из

ТМ значительную опасность для водных организмов представляет постоянное превышение уровня рыбохозяйственных ПДК по меди, что указывает на антропогенный характер загрязнения.

Таблица 1.8 – Среднегодовое содержание ТМ в трансграничном стоке р. Иле, мкг/дм³

Показатели	Цинк	Медь	Свинец	Кадмий
2009	3,2	6,5	1,21	0,04
2010	2,0	9,1	1,39	0,01
2011	1,8	6,0	1,32	0,05
2012	1,5	3,4	1,32	0,04
2013	1,6	2,6	0,39	0,02
2014	2,5	4,0	0,55	0,03
2015	2,1	2,4	0,23	0,01
2016	1,8	4,0	0,34	0,0
2017	2,1	3,5	0,21	0,01
2018	1,7	2,5	0,11	0,01
2019	1,4	2,3	0,21	0,0
2020	1,1	1,6	0,14	0,0

В годовом аспекте превышение концентрации по меди приходится на 2010 г. до 9,1 мкг/дм³, с 2011 по 2020 гг. наблюдается ее снижение от 6,0 до 1,6 мкг/дм³. Тенденция снижения наблюдается как для цинка (от 3,2 до 1,5-1,1 мкг/дм³), так и для свинца (до 0,11 мкг/дм³). Как видно из табл. 1.8, превышения по кадмию не обнаружено.

Наиболее высокие концентрации меди во внутригодовом режиме зарегистрированы в марте (13,9 мкг/дм³) и июле (11,7 мкг/дм³) 2009 г., в июле 2010 г. пришлось до 20 мкг/дм³, а также в августе и декабре до 19,5 мкг/дм³, январе и феврале 2011 г. в значениях, достигающих 20,4 и 14,4 мкг/дм³, соответственно. В 2014 г. высокие значения меди достигали 12,0 мкг/дм³ в весенний период, т.е. внутригодовая миграция токсичных соединений неоднородна. Возможно, в эти периоды с территории КНР было большое поступление производственных и сельскохозяйственных стоков или других отходов, содержащих соединения меди (табл. 1.9).

Таблица 1.9 – Внутригодовое изменение содержания ТМ в воде р. Иле (г/п Добын), мкг/дм³

Металлы	Месяцы												
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	среднее
2009 год													
Cu	10,6	10,6	13,9	8,03	4,58	5,32	11,7	4,69	4,09	1,59	2,61	0,27	6,50
Zn	2,80	1,96	3,38	3,41	2,73	0,99	7,46	0,97	11,4	0,77	1,49	1,03	3,20
Pb	1,89	0,61	2,57	2,30	0,60	2,12	1,01	0,40	0,37	1,76	0,49	0,44	1,21
Cd	0,02	0,01	0,05	0,16	0,07	0,01	0,03	0,0	0,09	0,0	0,04	0,03	0,04
2010 год													
Cu	2,94	4,39	3,28	5,65	4,61	5,96	20,0	19,5	12,2	3,70	8,12	19,4	9,15
Zn	1,48	1,50	1,17	2,50	4,32	2,34	2,38	1,76	1,58	1,16	2,16	1,85	2,02
Pb	0,14	0,38	2,19	1,05	0,07	1,12	0,99	1,16	4,00	3,67	1,30	0,62	1,39
Cd	0,0	0,0	0,01	0,01	0,0	0,05	0,0	0,0	0,0	0,0	0,01	0,03	0,01
2011 год													
Cu	20,4	14,4	5,51	5,77	4,26	4,31	2,68	1,36	1,74	2,91	4,43	4,67	6,04
Zn	1,65	1,23	1,33	1,67	1,47	2,28	1,83	2,74	2,04	2,00	1,71	1,89	1,82
Pb	0,50	3,63	0,72	1,53	1,22	1,52	1,09	1,45	0,20	0,67	3,17	0,53	1,35
Cd	0,05	0,05	0,04	0,03	0,02	0,03	0,02	0,01	0,08	0,17	0,08	0,07	0,05
2012 год													
Cu	2,31	2,53	6,44	5,06	4,56	4,03	2,02	2,12	3,76	4,07	2,98	1,82	3,48
Zn	1,12	1,62	1,22	1,58	0,95	2,15	1,45	1,52	1,75	2,40	1,94	1,09	1,57
Pb	0,63	1,93	0,23	0,91	0,75	0,97	0,70	6,46	1,31	1,08	0,67	0,23	1,32
Cd	0,04	0,07	0,06	0,05	0,0	0,05	0,01	0,16	0,0	0,0	0,0	0,03	0,04
2013 год													
Cu	0,93	3,45	2,38	1,81	5,36	3,59	2,32	1,98	1,55	2,09	3,28	2,42	2,60
Zn	1,28	1,64	1,24	2,24	2,81	2,16	1,62	1,25	1,14	1,72	1,54	1,57	1,68
Pb	0,04	0,30	0,56	0,72	0,99	0,64	0,10	0,12	0,26	0,36	0,53	0,02	0,39
Cd	0,0	0,0	0,0	0,02	0,05	0,0	0,10	0,02	0,0	0,01	0,0	0,02	0,02
2014 год													
Cu	1,35	3,42	12,0	2,7	2,67	2,33	4,85	3,03	9,03	2,54	2,38	2,39	4,06
Zn	1,59	2,97	3,5	2,5	1,9	2,40	2,46	2,21	3,02	2,77	2,73	2,44	2,54
Pb	0,0	1,11	0,3	0,02	0,43	1,45	0,68	1,68	0,60	0,27	0,0	0,03	0,55
Cd	0,02	0,01	0,04	0,003	0,03	0,11	0,0	0,11	0,0	0,01	0,0	0,0	0,03
2015													
Cu	1,90	2,30	2,10	2,00	3,80	2,00	3,80	1,30	1,40	2,60	1,00	1,80	2,17
Zn	3,00	3,00	2,00	2,00	3,00	2,00	4,00	1,00	2,00	3,00	1,00	3,00	2,42
Pb	0,10	0,10	0,20	0,00	0,90	0,00	0,10	0,00	0,40	0,50	0,10	0,30	0,23
Cd	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
2016													
Cu	1,80	1,80	1,30	2,60	2,20	2,60	2,10	2,60	1,40	1,10	1,50	1,40	1,87
Zn	2,00	3,00	2,00	3,00	12,00	9,00	3,00	3,00	3,00	2,00	5,00	2,00	4,08
Pb	0,00	1,00	0,00	0,60	1,30	0,10	0,00	0,20	0,10	0,10	0,50	0,20	0,34
Cd	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2017													

Металлы	Месяцы												
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	среднее
Cu	2,40	2,00	1,50	2,00	2,90	3,80	2,50	1,70	1,40	1,30	1,80	2,20	2,13
Zn	7,00	4,00	2,00	6,00	3,00	6,00	3,00	3,00	1,00	2,00	2,00	3,00	3,50
Pb	0,80	0,30	0,10	0,10	0,20	0,20	0,30	0,20	0,10	0,00	0,20	0,00	0,21
Cd	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	0,01
2018													
Cu	1,50	2,70	2,50	1,30	1,80	2,50	0,90	1,90	1,50	1,00	0,90	2,00	1,71
Zn	2,00	3,00	3,00	1,00	2,00	3,00	1,00	5,00	6,00	1,00	1,00	3,00	2,58
Pb	0,00	0,00	0,50	0,20	0,00	0,20	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	0,30	0,11
Cd	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
2019													
Cu	1,10	1,00	3,00	1,30	1,80	1,90	2,10	1,10	1,50	0,90	0,90	0,60	1,43
Zn	2,00	1,00	4,00	1,00	4,00	3,00	3,00	3,00	3,00	1,00	2,00	1,00	2,33
Pb	0,10	0,10	0,60	0,10	0,40	0,20	0,00	0,50	0,00	0,00	0,50	0,00	0,21
Cd	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2020													
Cu	0,80	0,70	3,30	1,10	0,90	1,60	0,70	1,40	1,20	1,10	1,00	0,50	1,19
Zn	1,00	1,00	1,00	3,00	5,00	2,00	1,00	1,00	2,00	1,00	1,00	1,00	1,67
Pb	0,00	0,00	0,10	0,60	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,10	0,30	0,14
Cd	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Цинк зарегистрирован в значениях до 10 ПДК. Более повышенные концентрации цинка были отмечены лишь в сентябре 2009 г. (11,4 мкг/дм³), а по свинцу единичный случай был зарегистрирован в августе 2012 г. до 6,4 мкг/дм³ (табл. 1.9). В 2016 г. высокое содержание цинка регистрируется в мае (до 12,0 мкг/дм³) и июне (до 9,0 мкг/дм³), а в 2017 г. эти значения снижаются до 6,0 мкг/дм³. По кадмию за все годы превышений ПДК не регистрировалось. Содержание тяжелых металлов в речной воде с 2018 по 2020 г. остается стабильным с незначительными изменениями не превышающие нормативы.

За 2009-2020 гг. приток ТМ по реке в Капшагайское водохранилище составил 594 т по меди и 422 т – по цинку, ежегодно в среднем по 49 т и 35 т, соответственно. Причем фактический приток в отдельные годы был выше допустимых его значений по меди до 10 раз, а по цинку более чем в 4 раза, что является показателем превышения нормативов рыбохозяйственных ПДК в трансграничном стоке реки (рис. 1.17).

По показателям последних лет по цинку наблюдалось постепенное снижение фактического уровня с 2009 г. от 45 до 16 т, при допустимом уровне в среднем 137 т, с увеличением в 2016 г. (82,9 т) и 2017 г. (53,2 т), с 2018 г. содержание его остается стабильным. Такая же тенденция снижения наблюдается и для меди, но фактический уровень остается выше допустимого в среднем 8-10 раз. Следует отметить рост фактического уровня с 2009 г. (104 т) по 2014 г. (40,3 т) (рис. 1.17).

По свинцу и кадмию допустимые уровни не были превышены, но наблюдался довольно малый рост их концентрации с 2009 до 2012 гг.

Анализируя многолетний материал (рис. 1.17), необходимо отметить, что фактический уровень притока загрязняющих веществ по реке не имеет прямой зависимости от объема поступающего водного стока. Заметные межгодовые колебания трансграничного стока загрязняющих веществ зависят, главным образом, от концентрации токсичных веществ в речной воде.

В 2009 г. и в некоторые предыдущие годы для цинка были характерны максимальные значения стока и большие перепады его в течение года с повышением в летний и осенний периоды. Начиная с 2010 г. наиболее высокие объемы стока были свойственны для меди, особенно в летне-осенний период. Возрастание стока этого элемента наблюдалось и в зимний период (2011 г.), что является результатом роста зимой его концентрации в трансграничном стоке. Сток цинка в эти годы существенно снижается, и во внутригодовом режиме приобретает более сглаженный вид с некоторым подъемом в весенне-летние месяцы. По стоку свинца и кадмия большие перепады были в течение года за весь период наблюдения с небольшими значениями.

Динамика изменений во внутригодовом и годовом режиме по р. Иле в приграничном створе г/п Добын обусловлена объемом поступающего стока загрязняющих веществ.

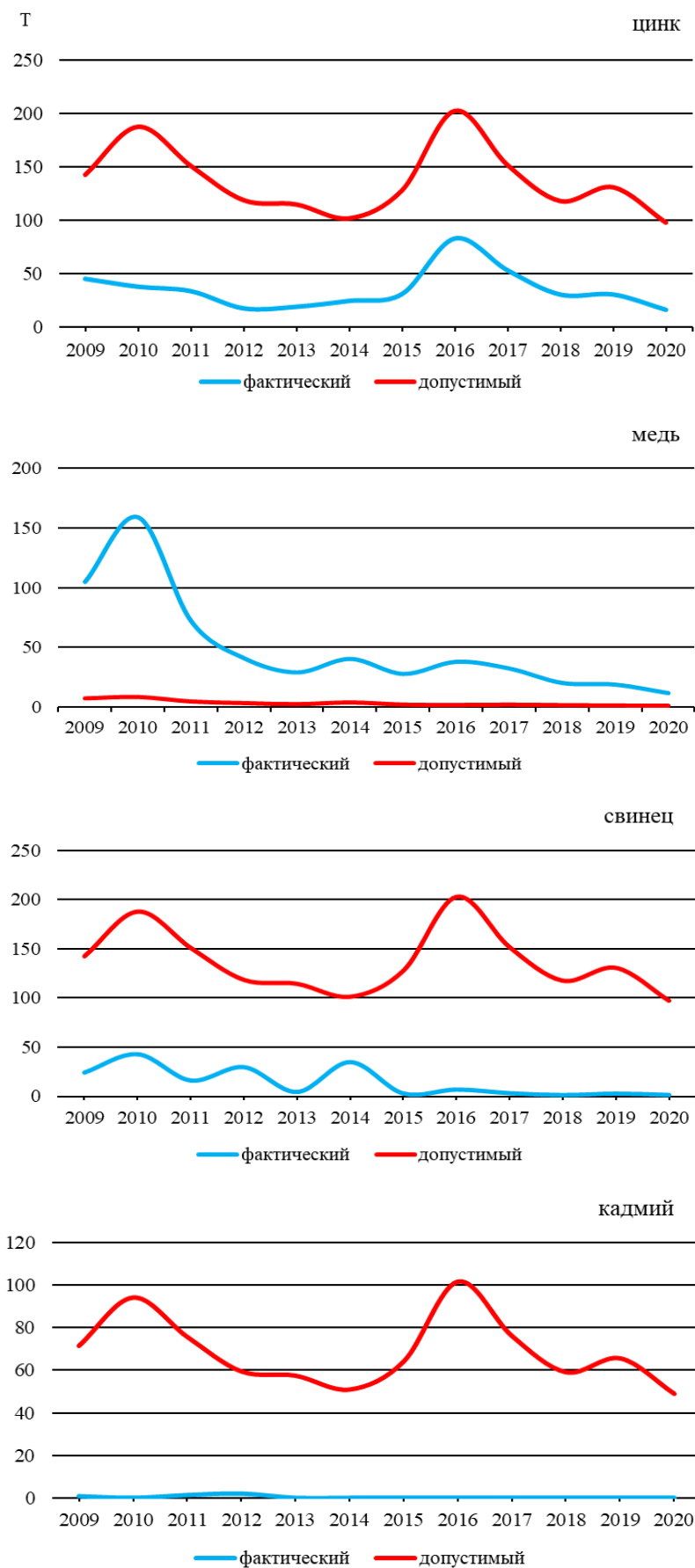


Рис. 1.17 – Допустимые и фактические уровни притока металлов
на приграничном посту Добын

Трансграничный приток загрязняющих веществ значительно колеблется по сезонам года. На протяжении всего периода наблюдений максимальный приток загрязняющих веществ регистрируется в основном в весенне-летний период, а минимальный – в зимний (рис. 1.18-1.21).

В весенний период за 2009-2020 гг. приток меди и цинка в среднем составляет 28,7 %, свинца 34,3 % и кадмия 21,9 %, с высокими значениями в отдельные годы (2009-2015 гг.).

Летом приток загрязняющих веществ составляет от годового стока за отдельные годы: 27-41 % – по цинку, 35-60 % – по меди, 28-45 % – по свинцу и 40-68 % – по кадмию. Главным фактором внутригодового распределения стока токсичных соединений концентрация тяжелых металлов, содержание которых за летний период достигает в отдельные годы 30-40 %.

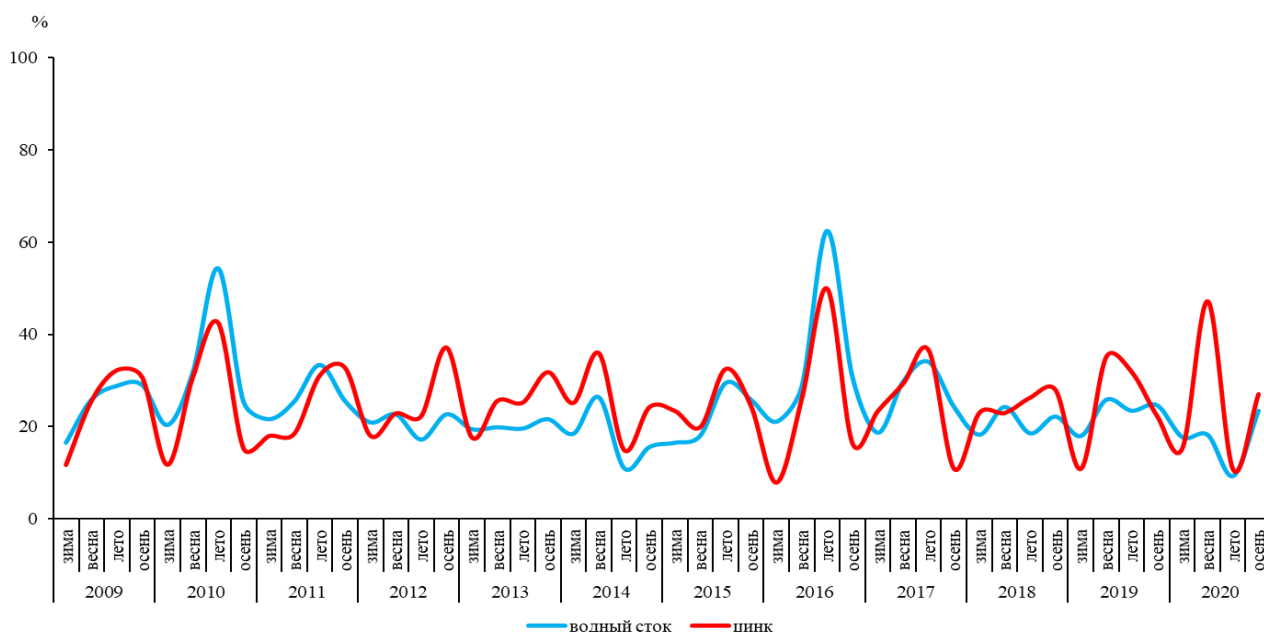


Рис. 1.18 – Сезонное изменение водного стока и стока цинка за ряд лет по р. Иле (г/п Добын)

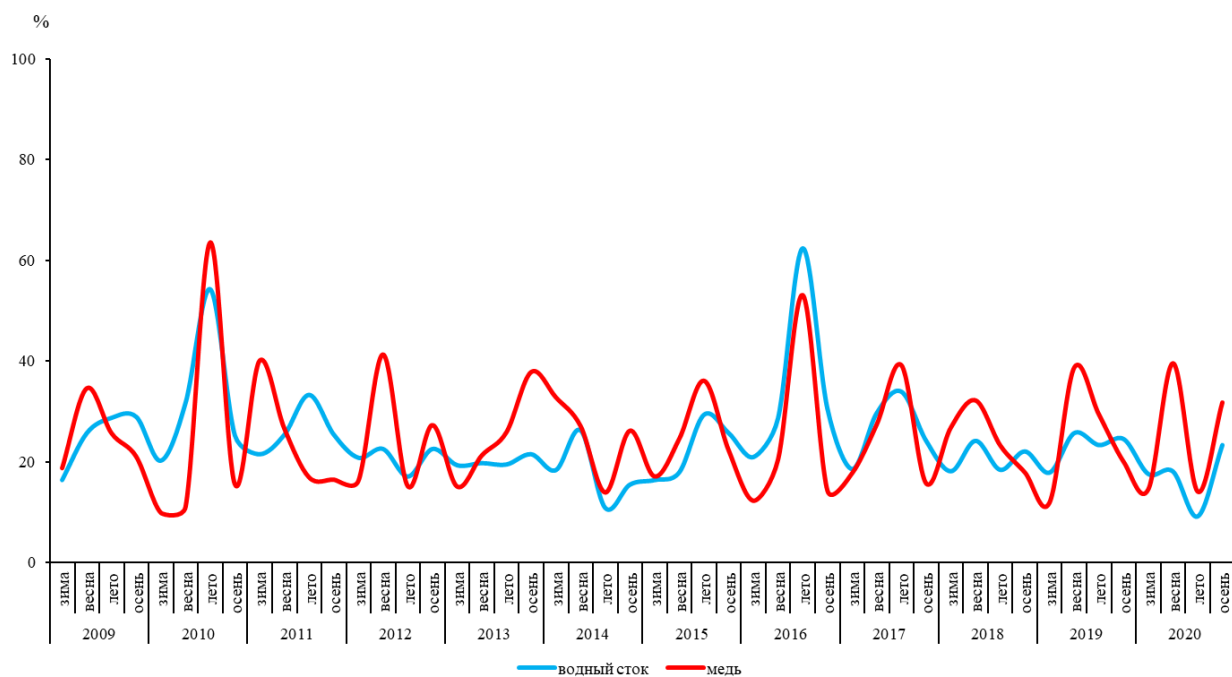


Рис. 1.19 – Сезонное изменение водного стока
и стока меди за ряд лет по р. Иле (г/п Добын)

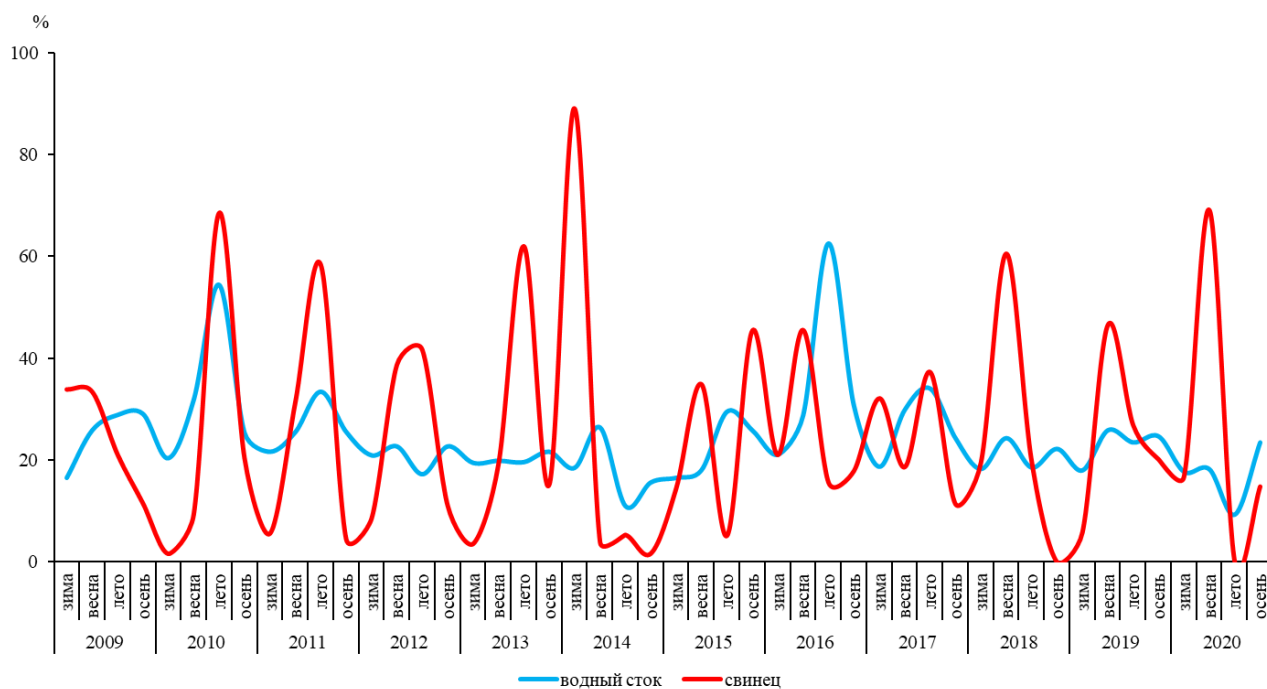


Рис. 1.20 – Сезонное изменение водного стока
и стока свинца за ряд лет по р. Иле (г/п Добын)

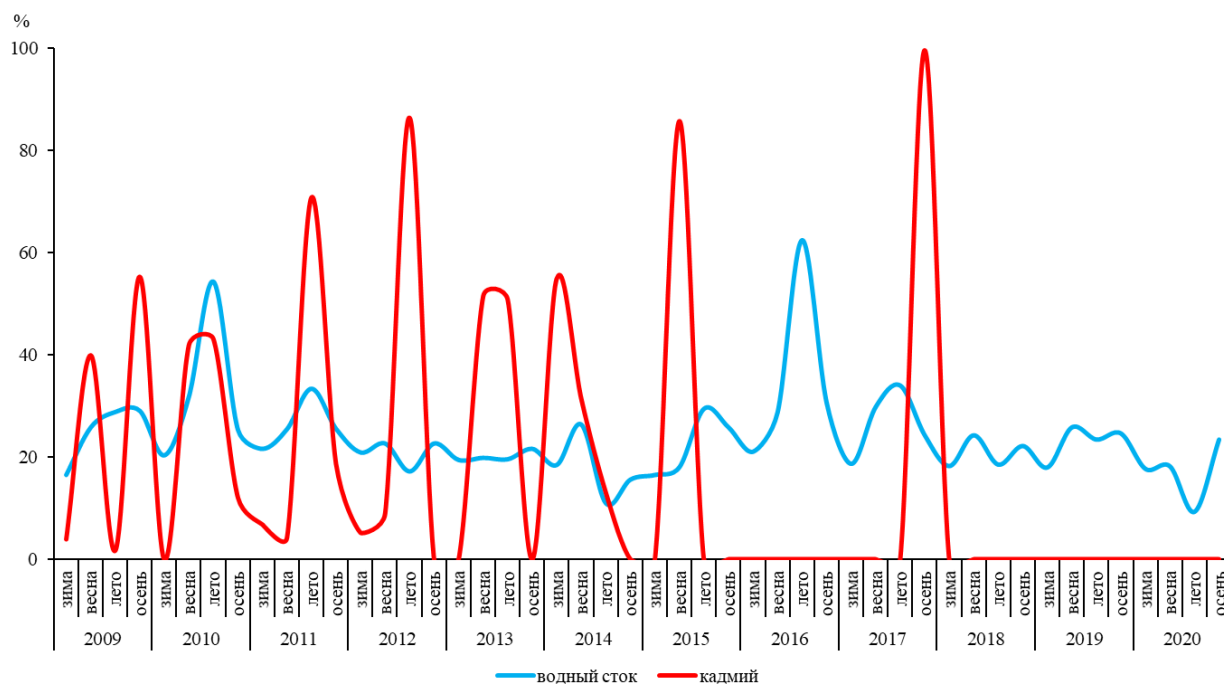


Рис. 1.21 – Сезонное изменение водного стока
и стока кадмия за ряд лет по р. Иле (г/п Добын)

В отдельные годы максимальный приток загрязняющих веществ приходился на переход от весны к лету или от лета к осени. Такое изменение наблюдается для всех исследуемых нами загрязняющих веществ, за некоторым исключением в 2011 г., когда более повышенные значения приходились на зиму в основном для меди (50 %), для свинца (24 %) и для кадмия (22 %). Сезонное колебание стока всех загрязняющих веществ свидетельствует о наличии антропогенных источников загрязнения в бассейне р. Иле.

Таким образом, за исследуемый период заметные межгодовые колебания трансграничного стока загрязняющих веществ, зависящие, главным образом, от их концентрации в речной воде, сохраняются. Наибольший приток по р. Иле характерен в целом для цинка и меди. Концентрации свинца и кадмия находятся на нормативном уровне.

Источники антропогенного загрязнения на территории страны. На территории Казахстана основными загрязнителями исследуемого объекта являются коммунально-бытовое хозяйство населенных пунктов (главным образом городов: города Алматы и малых городов Есик, Талгар, Каскелен),

сельское хозяйство, в частности орошаемое земледелие, также специфическое воздействие оказывают предприятия различной промышленности.

Промышленность региона является одной из динамично развивающихся отраслей экономики региона, с общей долей в промышленном производстве более 60 % и занимает лидирующие позиции на внутренних товарных рынках виноградных вин, табачных изделий, сахара, солода, электрических аккумуляторов.

В промышленности региона функционирует 1928 промышленных предприятий, из них 175 – крупных и средних, 93,5 % представляет обрабатывающая промышленность, 0,5 % – горнодобывающая и 6 % – производство и распределение электроэнергии, газа и воды. Ведущее место в промышленном производстве занимают: производство пищевых продуктов (35 %); целлюлозно-бумажная промышленность и издательское дело (9,4 %); производство неметаллических минеральных продуктов (10,6 %); металлургическая промышленность и производство готовых металлических изделий (14,3 %) [140,141].

На территории г. Алматы действуют 954 предприятий по производству пищевых продуктов, к которым относятся АО «VITA», АО «Рахат», АО «Бахус», АО «Беккер», ликероводочный завод и другие [140,141]. К числу важнейших предприятий города, на долю которых приходится более 30 % всей выпускаемой в городе продукции, относятся: ОАО «АЗТМ», ОАО СП «Белкалий», «Производство машин и оборудования», ОАО «Ырысты-АЭВРЗ», Алматинское вагонное депо (транспортное оборудование), ТОО ПКФ «Уоркер-Косметик, ОАО «Текстильный комбинат АХБК», ОАО «Рахат», Пивзавод №1 (легкой и пищевой промышленности) и другие.

В разрезе малых городов крупные и средние предприятия [140,141]:

- г. Капшагай: ТОО «Вимпекс» (выпуск алкогольной продукции), ОАО «Трансстроймост» (строительство искусственных сооружений: мостов, путепроводные развязки, эстакады, виадуки, акведуки, аквапарки), АОЗТ «Аям» (глубокая переработка пшеницы, кукурузы и выпуск сухих завтраков), ЗАО АЗК

(изготовление профнастила и металлочерепицы из тонкого металла, металлоконструкции различного назначения), ЗАО «Капшагайстройсервис» (производство дорожно-тротуарных плит, строительных материалов и т.д.), ЗАО «Ермин Стеклопак» (выпуск оконных, дверных блоков из пластика и алюминия), ЗАО «Полимер» (производство полиэтиленовых труб и фасонных изделий), ОАО «Капшагайский фарфор» (производство фарфоровой посуды для бытовых нужд).

- г. Есик: ОАО «Компания Фудмастер», ТОО «ФудМастер Асептик», предприятия текстильно-швейных изделий (ОАО «Коктем», ТОО «Трилис-Пластик»), резинотехнических и керамических изделий (ТОО «Резина» и ТОО «Орнек»), дорожно-строительными работами, строительством новых объектов и ремонтно-строительными работами АО «ДСУ-13», ТОО «Фирма «Андра», реализацией экологически чистой родниковой питьевой воды и ПЭТ-форм для производства полиэтиленовых бутылок ТОО «Меке и К» и рядом других.

- г. Каскелен: кондитерских изделия ТОО «Хамле Компани ЛТД», производство хлебобулочных и вино-водочных изделий, предприятия железобетонных конструкций.

- г. Талгар: предприятие полиграфической продукции ТОО «IntellServis», Талгарский экспериментальный литейно-механический завод чугунных изложниц и прочих литейных изделий (ТЭЛМЗ), швейные изделия ТОО «Тексти Маркет», сельскохозяйственные оборудования ТОО «Зергер», кирпичный завод ТОО «Брик», производство лекарственных препаратов АО «Алсу», кошмоваляльная фабрика, пищевая и перерабатывающая промышленность ТОО «Барон», производство ТОО «Снек Фуд Компани», производство спирта ОАО «Талгарспирт», производство колбасных, вино-водочных и кондитерских изделий ТОО «Карлыгаш», производство вин ТОО «Салтанат», производство плодово-консервных изделий ТОО «Заилийский продукт» [140].

По сельскохозяйственному производству рассматриваемая территория считается одним из основных аграрных регионов республики и сельское хозяйство существенно влияет на всю социально-экономическую и

экологическую ситуацию в регионе. Распределение земельного фонда рассматриваемой территории сельхозугодия составляют 68,84 %, из них пашня – 5,03 %, сенокосы – 1,87 %, пастбища – 61,02 %. Доминирующее положение в составе сельхозугодий занимают пастбища, на втором месте стоят пашня и на третьем – естественные сенокосы. В пределах рассматриваемой территории по данным Агентства Республики Казахстан по управлению земельными ресурсами числятся 400,0 тыс. га орошаемых земель. Рост сельскохозяйственного производства в будущем будет зависеть от ряда сложнейших задач, осуществление которых направлено в частности на более экономное расходование водных ресурсов, более полное использование существующих орошаемых земель, улучшение их мелиоративного состояния, внедрение эффективных систем орошаемого земледелия, позволяющих получить максимальное количество продукции с каждого гектара земли [142].

Улучшение мелиоративного состояния орошаемого земледелия для региона, также отразится на экологическом состоянии региона в будущем.

Использование рекреационных ресурсов побережья Капшагайского водохранилища с ростом туризма и значимостью региона благодаря природно-климатическим условиям и незначительной удаленности от мегаполиса г. Алматы приводит к значительному загрязнению водохранилища. Упомянутые выше источники загрязнения водохранилища не только приводят к ухудшению санитарного состояния водного объекта, но и снижению качества воды.

ГЛАВА 2 МЕТОДОЛОГИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ «КАПШАГАЙСКОЕ ВОДОХРАНИЛИЩЕ: ОЦЕНКА ГИДРОЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ»

2.1 Методы исследования и материалы

В работе отбор и анализ гидрохимических и токсикологических проб проводились в соответствии с современными общепринятыми методическими руководствами [143,144] и ГОСТами [145-147], принятыми в Государственной системе экологического мониторинга РК.

Для количественного определения концентрации гидрохимических и токсикологических параметров использовались современные физические приборы (термоксиметр С933, концентрационные фотоколориметры, атомно-абсорбционный спектрофотометр АА-7000 и др.). Донные отложения (ДО) отбирались с верхнего слоя (~ 5 см) для определения тяжелых металлов (ТМ) с помощью дночерпателя Петерсена [143,144]. Верхний слой ДО характеризует современный уровень накопления токсикантов.

В 2013 и 2015 гг. в летний период в тканях промысловых рыб (судак, лещ и жерех) были определены приоритетные ТМ (медь, цинк, свинец и кадмий), которые являются высоко токсичными. Токсикологическому анализу было подвергнуто 30 экземпляров промысловых видов рыб, выловленных на характерных участках водохранилища.

Для количественной оценки кумуляции токсикантов используют коэффициент накопления (K_n), который представляет собой отношение максимального содержания металла в организме рыб (мг/кг) к его концентрации в воде (мг/л) (Приказ Росрыболовства № 695 от 04.08.2009). В зависимости от величины степень накопления вещества по классификации К. К. Врочинского (1974) относят к соответствующей группе: слабая – $K_n \leq 50$; умеренная – $51 \leq K_n \leq 200$; высокая – $201 \leq K_n \leq 1000$; сверхвысокая $K_n > 1000$.

ТМ в пробах определяли пламенным атомно-абсорбционным спектрометрическим методом с предварительной обработкой проб на атомно-абсорбционном спектрофотометре АА-7000 фирмы Shimadzu (Япония). Атомно-абсорбционный спектрометр – прибор с полый катодной лампой для соответствующих металлов для корректировки коэффициента неударной абсорбции и с форсуночной горелкой, работающей на ацетилено-воздушной смеси [148].

Комплексная оценка качества воды, с учетом класса опасности изучаемого водного объекта выполнена по общепринятому методу в РК [113], который основывается на том, что весь перечень анализируемых ингредиентов распадается на условные группы по признакам класса опасности. При этом необходимо заметить, что СанПиН № 4630-88 (часть «Охрана поверхностных вод от загрязнения») загрязнения водотоков и водоемов ингредиентами из различных классов опасности ранжируют как:

- элементами 1-го класса опасности – как чрезвычайно опасные;
- элементами 2-го класса опасности – как высоко опасные;
- элементами 3-го класса опасности – как опасные;
- элементами 4-го класса опасности – как умеренно опасные.

В отношении методологии проводимых исследований можно отметить, что выделенные по всей акватории водохранилища три зоны (верховье, центральная и приплотинная зоны) в целом характеризуют эколого-токсикологические особенности отдельных частей водоема, находящихся под влиянием различных природных и антропогенных факторов.

Для оценки уровня загрязняющих веществ в воде использованы ПДК для водоемов рыбохозяйственного назначения [111,113,149,150]. Уровень накопления тяжелых металлов в органах и тканях рыб (максимально-допустимые уровни (МДУ) в мясе рыб) оценивался по действующим нормативным документам [151-154].

В данной работе рассматриваются результаты исследований с участием соискателя, полученных за 2009-2015 гг.: некоторые физические свойства воды

(температура и прозрачность), величина рН, режим растворенного в воде кислорода, биогенных (соединения азота и фосфаты) и органических (окисляемость) веществ, режим главных ионов и минерализация воды. Отметим, что в обозначенном периоде по причине отсутствия не учтены данные за 2012 г., но приведены данные по результатам мониторинговых исследований РГП «Казгидромет». Были определены ТМ в воде, ДО и мышечных тканях рыб, дана комплексная оценка воды водохранилища с учетом класса опасности.

Гидрохимические и токсикологические исследования водохранилища проводились на постоянных 10 точках, которые расположены с учетом ареалов субпопуляционных группировок промысловых видов рыб и пространственной дифференциации водохранилища (рис. 2.1). В отношении методологии проводимых исследований можно отметить, что выделенные по всей акватории водохранилища три зоны в целом характеризуют эколого-токсикологические особенности отдельных частей водоема, находящихся под влиянием различных природных и антропогенных факторов.

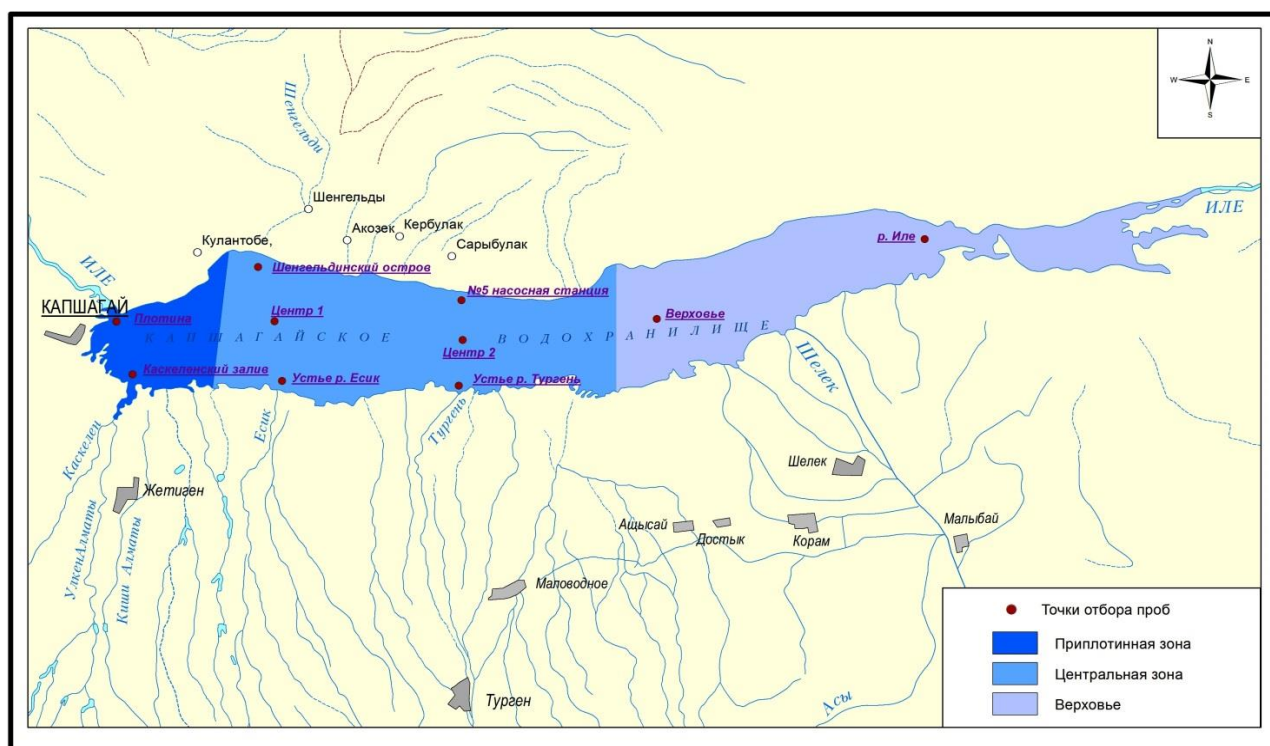


Рис. 2.1 – Карта-схема точек отбора проб Капшагайского водохранилища

Гидрохимические наблюдения включали 16 анализируемых параметров. В воде определялось 4 вида приоритетных [155,156] ТМ. Всего собрано 280 гидрохимических и токсикологических проб (табл. 2.1), выполнено 1680 гидрофизических и гидрохимических измерений и анализов, 420 анализов на ТМ в воде, 40 анализов в ДО и 240 анализов на содержание ТМ в мышечных тканях рыб.

Таблица 2.1 – Объем собранного и проанализированного материала за 2009-2015 гг.

Наименование проб	Собрано и анализировано проб						Всего
	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	
Гидрофизические и гидрохимические	30	30	15	10	10	10	105
Токсикологические:							
- металлы в воде	30	30	15	10	10	10	105
- металлы в донных отложениях				10			10
- металлы в мышцах рыб				30		30	60
Всего:							280

С 2016 по 2020 годы приведены данные по результатам мониторинговых исследований РГП «Казгидромет» по акватории Капшагайского водохранилища.

2.2 Гидрохимический режим водохранилища

Характерные особенности водохранилищ после перекрытия реки переходящие от режима реки к режиму озера подробно описаны в [157].

Гидрофизические параметры и газовый режим. Прозрачность воды водных объектов позволяет судить о состоянии водоема обусловленных количеством взвешенных и растворенных веществ в воде от которых зависит процессы фотосинтеза и кислородный режим.

Во время исследований прозрачность воды по акватории водоема изменяется в широком интервале. Обилие взвешенных веществ в воде р. Иле снижает прозрачность воды в верховье до 10-15 см. По мере продвижения водных масс в сторону плотины и постепенного оседания взвесей к центральной и приплотинной зонах прозрачность воды растет до 340-400 см (табл. 2.2). Невысокий уровень прозрачности воды часто регистрируется в южной прибрежной зоне, в районе впадения рек Каскелен, Есик, Шелек и др.

Роль температуры воды в формировании гидрохимического режима в том, что при ее повышении или понижении активизируются или замедляются биохимические процессы, как в самих организмах, так и непосредственно в водоеме. Температура воды обуславливается значительной теплоемкостью, в связи с этим в сезонном аспекте более стабильна. Температура воды в весенний период в поверхностном слое (0,5 м) колеблется в интервале от 8 до 11 °С, в некоторых случаях прогревается до 20 °С, в летний период в мелководной части водохранилища достигает 25-29 °С. В целом температурный режим водохранилища благоприятен для ихтиофауны.

рН воды в природных водах встречаются в небольшом количестве, но играют очень большую роль в химических и биологических процессах, протекающих в водоемах. Наиболее низкие значения рН в воде наблюдаются в период снеготаяния, а в период интенсивного фотосинтеза увеличивается [122].

Таблица 2.2 – Средние гидрофизические показатели и газовый режим Капшагайского водохранилища за многолетний период (с 2009 по 2020 гг.)

Год		Прозрачность, см	Т, °С	pH	Растворенный в воде кислород		Общая жесткость, мг-экв/дм ³
					мг/дм ³	% насыщ.	
2009	весна	140	11,9	8,4	9,9	92	3,63
	лето	150	24,4	8,5	8,7	106	3,63
2010	весна	120	16,8	8,1	9,8	102	4,72
	лето	160	24,7	8,3	10,2	125	3,93
2011	весна	240	17,0	8,6	10,1	98,7	3,29
	лето	140	25,9	8,5	8,9	107	3,77
2012	весна	210	12,5	7,8	10,0	100	3,60
	лето	210	26,8	8,0	9,8	102	4,06
2013	весна	150	10,0	8,5	10,2	124	2,58
	осень	200	11,8	8,2	12,7	112	3,92
2014	весна	70,0	10,2	8,1	15,8	148	3,11
	осень	114	18,3	8,6	11,5	127	4,21
2015	весна	153	13,5	8,4	10,9	125	4,00
	лето	190	25,9	7,7	11,7	102	2,01
2016	весна	147	12,5	7,9	11,4	125	2,05
	лето	207	26,8	7,9	10,7	100	2,01
2017	весна	210	15,4	8,2	12,0	107	2,21
	лето	210	25,8	8,1	9,0	100	2,02
2018	весна	201	13,4	8,2	11,6	102	1,74
	лето	210	28,6	8,1	10,0	124	2,00
2019	весна	208	12,6	8,2	11,4	112	2,15
	лето	187	27,6	8,2	8,4	148	1,94
2020	весна	203	14,9	7,7	10,9	127	2,11
	лето	210	28,1	7,6	8,3	125	2,03

В период исследований величина активной реакции воды водохранилища характеризуется как слабощелочная. Значения pH, как видно из табл. 2.2, в пределах от 7,6 до 8,6 и остается стабильной в вегетационный период. В зонах водохранилища подверженных влиянию речного стока, отличались малыми значениями pH, но в сезонном и годовом аспекте значительных изменений не наблюдается.

Диоксид углерода (CO₂) имеет важное значение для водных организмов, источником которых являются атмосфера и биохимические процессы в водоеме. Отсутствие в воде этого показателя во время исследования свидетельствует о превышении продукционных процессов в водной среде.

Содержание в воде растворенного кислорода является обязательным условием для существования большинства водных организмов, которое осуществляется за счет выделения его водной растительностью в процессе фотосинтеза происходящих на сравнительно небольших глубинах, а также при поступлении его из атмосферы [157].

Концентрация растворенного кислорода в водохранилище в интервале от 8,3 до 15,8 мг/дм³, т.е. нормального насыщения и в значительной мере колеблется по сезонам года. Более обогащена вода кислородом в центральной части водоема, сравнительно менее насыщена им вода в верховьях водохранилища из-за малой интенсивности фотосинтетических процессов. Постоянная проточность и большие глубины водохранилища, обеспечивает благоприятный кислородный режим даже в зимний период. Насыщенность воды кислородом довольно высокая, что характерно для водохранилищ.

Вода водохранилища в годовом аспекте отличается умеренной жесткостью в диапазоне 1,74-4,72 мг-экв/дм³, что присуще для водохранилищ в целом.

Как видно из табл. 2.2, газовый режим и активная реакция воды (рН) удовлетворяет нормативным требованиям, предъявляемым для водоемов рыбохозяйственного назначения и благоприятна для гидробионтов. За многолетний период он остается стабильным, подвергаясь незначительным пространственно-временным изменениям.

Минерализация и ионный состав воды. Минерализация воды распределяется по зонам водохранилища более равномерно, весной в паводок и послепаводковый период вода в верховьях водохранилища менее минерализована под влиянием пресного стока р. Иле.

Минерализация воды весной в отдельных районах водохранилища (2009 г.) увеличивается до 850 мг/дм³, летом снижается до 203 мг/дм³ (рис. 2.2). Средние значения минерализации по отдельным зонам находятся в интервале от 250 до 578 мг/дм³. В верхней части водохранилища под влиянием маломинерализованного паводочного стока уровень минерализации снижается, летом этот показатель выравнивается по всей акватории водохранилища. В

2010 г. уровень минерализации воды находился в пределах от 431 до 502 мг/дм³, в 2020 г. 392-527 мг/дм³, таким образом, существенных различий за весенне-летний сезон не наблюдается.

Наиболее высокие показатели этого параметра обнаружены в южном побережье приплотинной зоны (534 мг/дм³) под влиянием стока р. Каскелен и в районе впадения таких рек, как Есик и Тургень (550 мг/дм³). В осенний период 2013 г. минерализация воды снижается до 304 мг/дм³, а в 2014 г. 358 мг/дм³ (летом), осенью увеличивается до 474 мг/дм³. В 2015 г. по всей акватории водохранилища значения минерализации воды менялись в пределах 363-475 мг/дм³, также высокие значения были характерны в зонах впадения рек. В межгодовом аспекте минерализация воды водохранилища в целом стабильна, а сезонные ее изменения зависят главным образом от объема водного стока р. Иле и внутригодового его распределения.

В пространственном распределении суммы солей регистрируется некоторое повышение в направлении от верховья к приплотинной зоне по мере продвижения более пресного речного стока, также в зонах впадения малых рек.

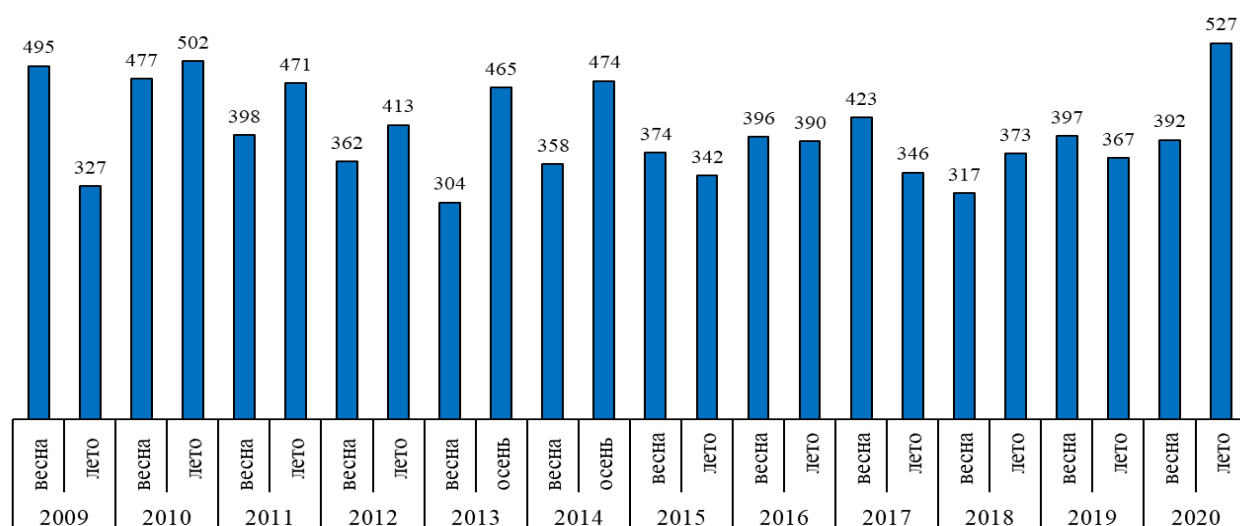


Рис. 2.2 – Сезонная динамика минерализации воды
Капшагайского водохранилища, мг/дм³

По ионному составу в воде Капшагайского водохранилища преобладают ионы Ca^{2+} и HCO_3^- , с некоторым изменением в отдельные годы в сторону ионов $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ (рис. 2.3). По классификации О. А. Алекина [158] вода водохранилища гидрокарбонатного класса кальциевой группы и относится ко второму типу. В 2014 гг. изменялась до гидрокарбонатного класса кальций-натриевой группы II-типа. В целом ионный состав воды стабилен по всей акватории водохранилища.

Как видно из рис. 2.3, минерализация воды Капшагайского водохранилища, как и р. Иле, относится к категории слабоминерализованных вод, индекс состава вод – $\text{C}^{\text{Ca}}_{\text{II}}$. Ионный состав воды водохранилища в целом стабилен как по сезонам, так и по его акватории.

Содержание гидрокарбонатов стабильно с незначительными изменениями в значениях от 175 мг/дм³ (2013 г.) до 218 и 275 мг/дм³ в 2014 г. и 2010 г. соответственно. Катионный состав воды колебался по годам, если в 2010 и 2014 гг. вода имела натрий-калиевый состав, то в остальные годы она была кальциевого состава, со значениями до 63,5 мг/дм³ (натрий-калиевый) и 64,9 мг/дм³ (кальциевый).

Таким образом, ионный состав воды водохранилища характеризуется преобладанием в целом гидрокарбонатов и кальция, а в отдельные годы, среди катионов, в зависимости от водного режима водоема, преобладают ионы натрия и калия.

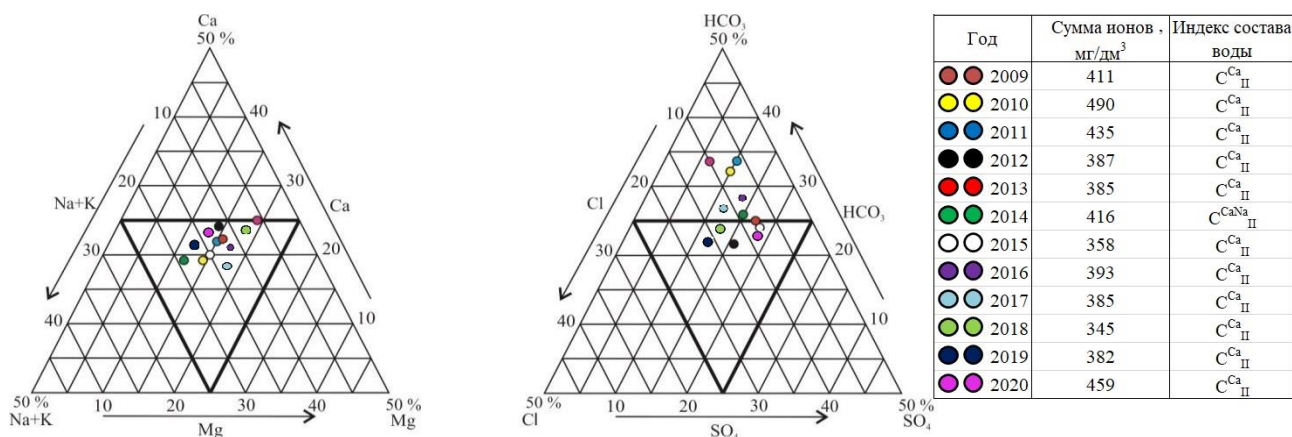


Рис. 2.3 – Динамика абсолютных концентрации ионов в воде
Капшагайского водохранилища

Биогенные и органические вещества. Режим биогенных элементов определяется рядом факторов, которые зависят от количества, вносимого водами питающих рек и стоком с окружающей территории, а также биологических и биохимических процессов, происходящих в самом водохранилище. Заметные пространственные различия характерны для биогенных соединений при постепенном сносе вниз водных масс, более обогащенные биогенными соединениями за счет внутриводоемных процессов, также седиментацией взвешенных веществ водохранилища. Аналогичная динамика характерна и для органических веществ, преобладающих в воде и в комплексе планктонного происхождения [51]. Известно, что концентрация этих веществ в воде динамична, т.к. на их режим оказывают влияние множество факторов: смыв их с поверхности водосборных территории весенними талыми водами, потребление водной флорой, выделение при деструкции водной растительности и поступлением их в водоемы с хозяйственно-бытовыми и сельскохозяйственными стоками. Благодаря воздействию всех этих факторов в конкретном сезоне года возникает заметная неоднородность в распространении биогенных веществ по отдельным зонам водохранилища.

В процессе сезонных наблюдений случай локальных повышений концентрации этих соединений регистрировался в зоне Каскеленского залива, в районе впадения одноименной реки, а также в зонах впадения рр. Есик и Тургень (рис. 2.4).

Вода водохранилища отличается невысоким содержанием биогенных соединений. Соли аммония зарегистрированы весной от 0,07 до 0,77 мг/дм³, до 0,91 мг/дм³ летом, более повышенные концентрации их отмечались в 2009 и 2020 гг. Концентрации нитритов достигали весной 0,009 мг/дм³, а летом 0,006 мг/дм³, и даже отсутствовали в 2016 г. Нитраты распределяются по акваториям водохранилища неравномерно, от 4,00 до 7,30 мг/дм³ весной, до 3,40 мг/дм³ летом. Высокие содержания нитратов в весенне-летний период регистрируются в 2014 г. и с 2017 по 2020 гг.

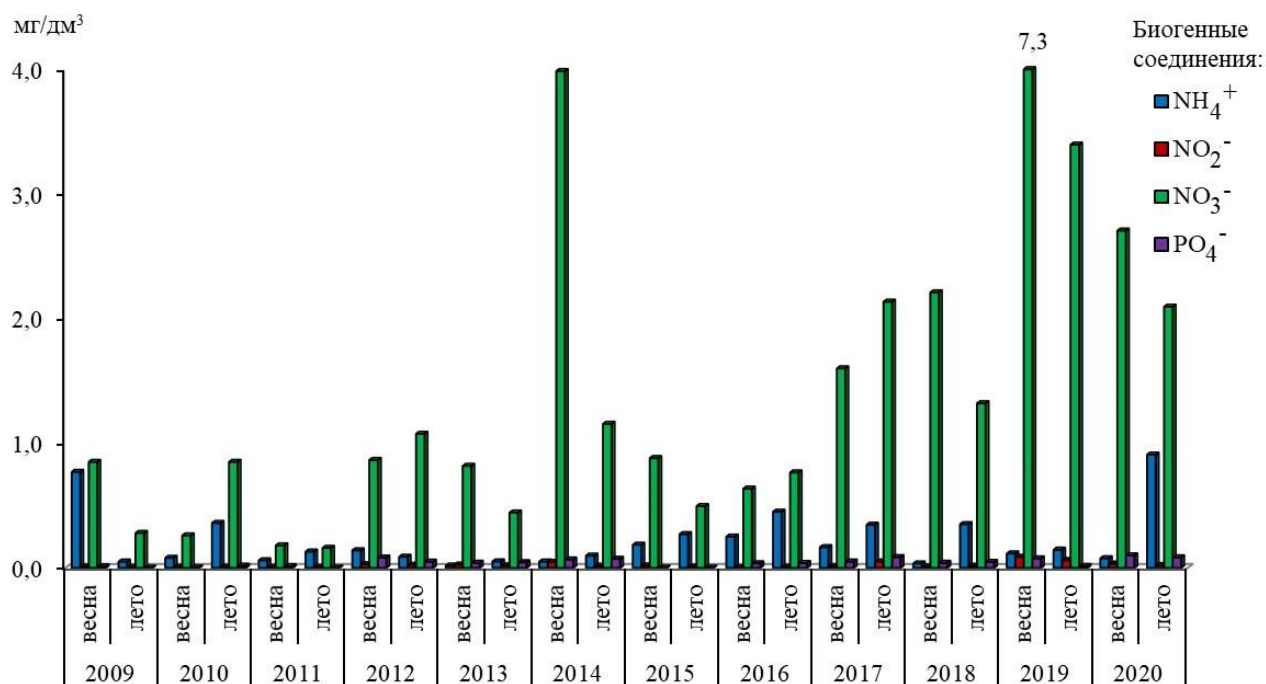


Рис. 2.4 – Содержание биогенных соединений в воде Капшагайского водохранилища за 2009-2020 гг. по сезонам

Изменение концентрации биогенных соединений за 2009-2020 гг. наглядно показано на рис. 2.4. Для нитритов характерно повышение концентрации в верхней и центральной зонах, для фосфора незначительное повышение в центральной зоне водохранилища, а по концентрации аммонийного и нитратного азота в 2011 г. значительных изменений нет. Под воздействием различных природных и антропогенных факторов (паводковые воды р. Иле, загрязнение, окислительно-восстановительные процессы) существенно колеблется содержание фосфора.

Кроме неорганических соединений, находящихся в воде в виде молекул газов и ионов солей, в ней присутствуют растворенные и взвешенные органические вещества.

Органические вещества в поверхностных водах формируются внутри водоемными биохимическими процессами, которые находятся в растворенном и взвешенном состояниях [53]. Величины органических веществ воды подвергнуты значительным сезонным и акваториальным изменениям, также

выраженной глубинной стратификации [159]. Органические вещества в воде были определены методом перманганатной окисляемости. Для перманганатной окисляемости характерна широкая амплитуда колебаний по всей акватории водохранилища от 0,6 до 11,7 мгО/дм³. Средние значения в 2009 г. достигали весной до 6,7 мгО/дм³, летом – 6,2 мгО/дм³, аналогичное увеличение наблюдалось и в последние годы весной до 6,9 мгО/дм³, осенью концентрации достигали значений 7,0 и 7,9 мгО/дм³ (рис. 2.5). Содержание органических веществ резко увеличивается в 2019 и 2020 гг. в весенний период от 5,8 до 7,3 мгО/дм³, в летний период 8,1 до 8,7 мгО/дм³. Некоторые колебания содержания органических веществ в воде связаны с сезонными изменениями. В летний период их содержание значительно увеличивается. Также довольно высокие показатели окисляемости были обнаружены в зоне выклинивания за счет загрязнений, вносимых паводковыми водами р. Иле и левобережья, в зоне впадения малых рек Есик, Талгар и Каскелен.

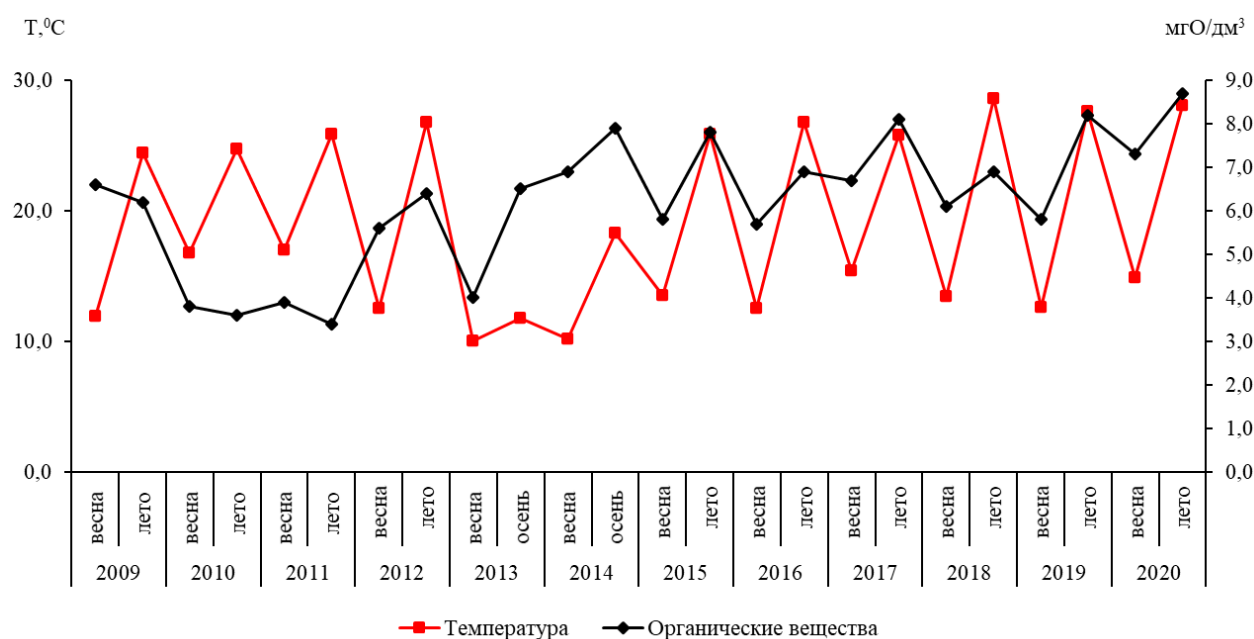


Рис. 2.5 – Сезонное изменение содержания органических веществ в зависимости от температуры воды Капшагайского водохранилища

Вместе с тем была обнаружена тенденция обратной связи между сезонным колебанием температуры воды и окисляемостью. С увеличением температуры поверхностного слоя снижалась окисляемость воды, т.е. наблюдалось уменьшение концентрации органических веществ. Это объясняется сезонным усилением продукционных процессов, за счет фотосинтеза фитопланктона, биохимического распада водной растительности, распада отмерших остатков организмов и концентрацией в воде взвешенных веществ.

Таким образом, гидрохимический режим водохранилища за многолетний период остается стабильным, некоторые пространственно-временные изменения формируются режимами гидрофизических и гидрохимических параметров притока р. Иле и стоками малых рек.

2.3 Антропогенное загрязнение воды и донных отложений водохранилища

Антропогенное загрязнение воды водохранилища. Результаты анализа воды на содержание тяжелых металлов показывают превышение уровня рыбохозяйственной ПДК по цинку и меди, которые наблюдаются в районах впадения рек. Из данных сезонных наблюдений за 2009-2020 гг. средние концентрации для меди составили от 2,4 до 48,0 мкг/дм³, цинка – 10,8-60,5 мкг/дм³, свинца – 1,3-44,7 мкг/дм³, кадмия до 4,8 мкг/дм³ (табл. 2.3). Средние концентрации для меди составили 48 ПДК, для цинка и свинца до 6,0 ПДК и 4,4 ПДК, соответственно, а по кадмию превышений не регистрировалось.

Анализ межгодовой динамики ТМ за 2009-2020 гг. (рис. 2.6) показывает близость их средних концентраций в эти годы. Наблюдается некоторый рост содержания цинка и меди в 2010 и 2011 гг., а свинца в 2013 и 2014 гг. – 27,8 и 40,8 мкг/дм³, соответственно. Значения кадмия по годам более стабильно.

Таблица 2.3 – Сезонное распределение концентрации ТМ в воде Капшагайского водохранилища за 2009-2020 гг., мкг/дм³

Годы		Цинк	Кадмий	Свинец	Медь
2009	весна	31,6	4,8	3,3	18,9
	лето	60,5	3,6	3,1	8,3
2010	весна	47,0	4,8	4,1	33,6
	лето	41,3	3,4	6,1	48,0
2011	весна	47,7	2,9	5,7	45,3
	лето	29,6	2,3	1,3	36,9
2012	весна	25,0	0,1	3,3	39,0
	лето	12,0	0,1	3,0	43,5
2013	весна	16,0	0,5	6,0	20,5
	осень	10,8	2,1	32,7	2,9
2014	весна	22,4	1,9	36,9	14,4
	осень	22,4	0,7	44,7	23,2
2015	весна	24,3	1,4	13,5	2,4
	лето	25,0	0,5	2,0	23,5
2016	весна	50,0	1,1	7,2	11,8
	лето	42,1	1,2	4,2	28,3
2017	весна	21,7	0,8	1,6	14,8
	лето	14,8	0,3	3,0	9,3
2018	весна	10,9	1,7	5,2	9,3
	лето	18,6	0,7	2,5	14,1
2019	весна	13,5	0,0	0,0	12,0
	лето	13,0	0,0	0,0	22,5
2020	весна	9,5	0,0	0,0	9,3
	лето	14,4	0,0	0,0	11,8

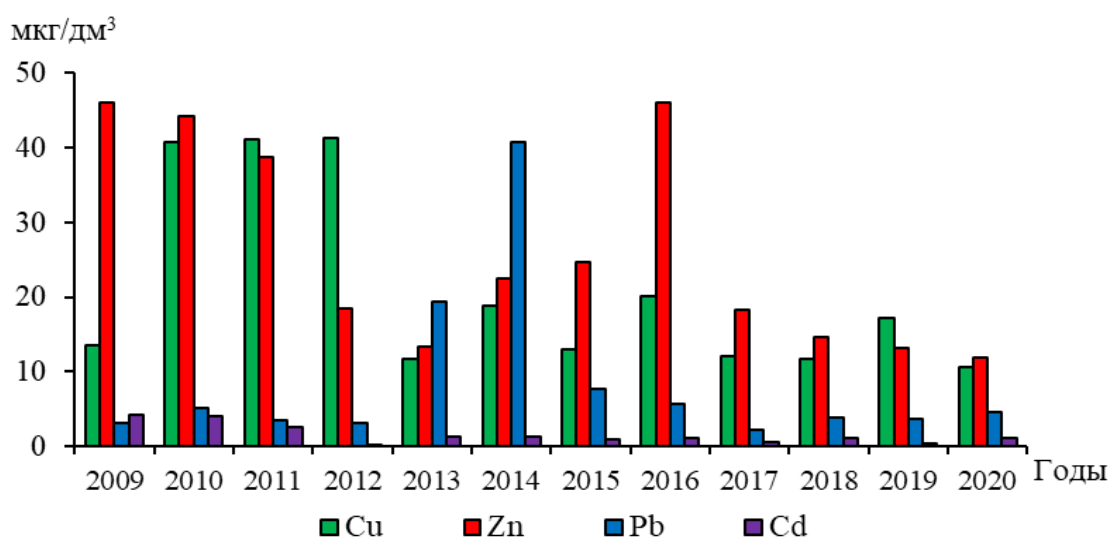
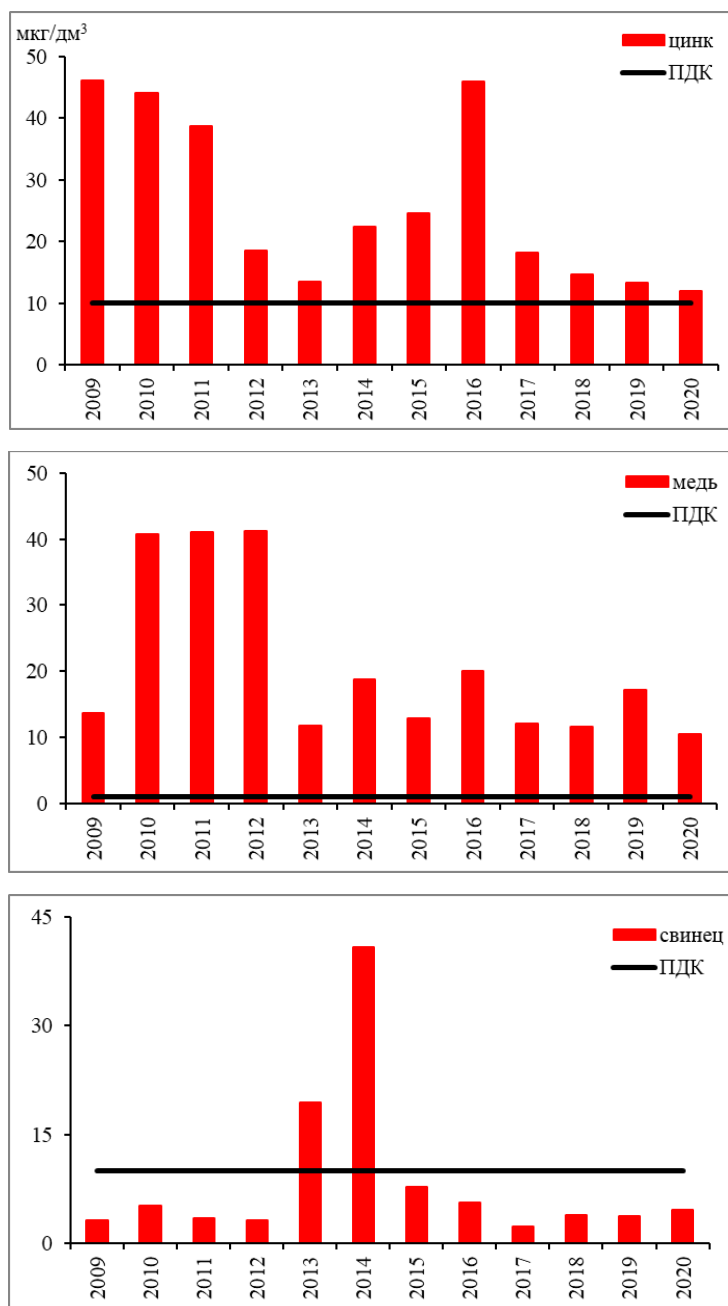


Рис. 2.6 – Средняя концентрация ТМ
в воде Капшагайского водохранилища за 2009-2020 гг.

Наблюдаемое незначительное межгодовое различие содержания меди и цинка, а в последние годы и свинца в воде водохранилища, очевидно, связано с заметным колебанием стока р. Иле в годовом и внутригодовом аспекте, а также влиянием некоторых факторов антропогенного характера.

При сравнении содержания ТМ с рыбохозяйственными ПДК в воде водохранилища, очевидно прослеживается превышение по цинку, меди и свинцу, по кадмию же концентрация намного ниже нормативов (рис. 2.7).



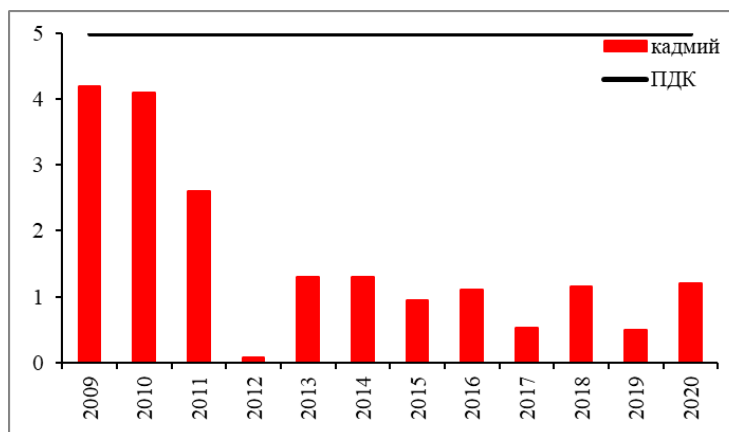


Рис. 2.7 – Динамика среднего содержания ТМ и кратность превышения ПДК в воде Капшагайского водохранилища

Как видно из рис. 2.7, превышение по свинцу наблюдается в 2013 и 2014 гг. и доходит до 4 ПДК. В межгодовом аспекте содержание меди имеет тенденцию к снижению, с 2013 по 2015 годы наблюдалось снижение уровня воды в водохранилище, обусловившее увеличение концентрации металлов (медь, цинк, свинец).

Такая тенденция наблюдалась с 2009 по 2011 годы для цинка и меди с превышением рыбохозяйственных ПДК, а для кадмия в 2009 и 2011 годы – с повышенным его содержанием в воде водохранилища, что существенно повлияло на экосистему водохранилища.

Таким образом, имеет место загрязнение водохранилища ТМ. Следует полагать, что локальное проявление повышенных концентрации некоторых металлов, приводят к определенным нежелательным последствиям для водных организмов водоема, в частности рыб. Концентрация ТМ в воде водохранилища подвергается существенным межгодовым и сезонным колебаниям, особенно динамичен режим содержания меди и цинка, которые являются основными загрязнителями рыбопромысловых водоемов Казахстана, в т.ч. Иле-Балкашского бассейна.

Комплексная оценка качества воды водохранилища. Для выявления характера антропогенной нагрузки на экосистему водохранилища, дана комплексная оценка качества воды с учетом класса опасности, согласно

методике отмеченной в подразделе 2.1. Как было упомянуто выше, для определения индивидуального ИЗВ используется соотношение показателя кратности превышения загрязняющего ингредиента над предельно допустимой концентрацией с учетом поправки на класс опасности [113]:

- первый класс опасности (ртуть, δ и γ ГХЦГ, фосфор и др.);
- второй класс опасности (натрий, кальций, ДДД, ДДЭ, ДДТ, дикофол, азот нитритный, кремний, свинец, селен, молибден, кобальт, кадмий, серебро, цианиды, алюминий, мышьяк, висмут, фтор, роданиды, бор и др.);
- третий класс опасности (магний, хлор, нитробензол, гексахлорбензол, азот аммонийный, азот нитратный, железо, медь, цинк, никель, хром, ванадий, марганец, титан и др.);
- четвертый класс опасности (сульфаты, ксантогенаты, фурфурол, гексахлоран, севин, ялан, фенол, нефтепродукты и др.).

Комплексная оценка качества воды с учетом класса опасности Капшагайского водохранилища была выполнена на примере некоторых опубликованных работ [119-121].

По средним показателям концентрации металлов за рассматриваемый период, как видно из табл. 2.4, постоянное превышение ПДК наблюдается по меди и цинку, также превышение нормативного уровня отмечалось и для свинца за последние годы, по кадмию превышении нормативов не наблюдается. Известно, что повышенное содержание некоторых токсикантов в межгодовой динамике, существенно влияют на качество воды водных объектов.

Следует отметить, что загрязнения водотоков и водоемов ингредиентами из различных классов опасности ранжируют как [113]:

- элементами 1-го класса опасности — как чрезвычайно опасные;
- элементами 2-го класса опасности — как высоко опасные;
- элементами 3-го класса опасности — как опасные;
- элементами 4-го класса опасности — как умеренно опасные.

Из чего следует, что металлы относятся ко 2-й – «высоко опасной» и 3-ей – «опасной» группе (табл. 2.5) и вычисляется по формуле:

$$КИЗВ_{ко} = 1/n(\sum C_i / K_{oi} ПДК_i) \quad (1)$$

где, $КИЗВ_{ко}$ – индекс загрязненности поверхностных вод с учетом класса опасности;

C_i – концентрация i -ого ингредиента, мг/дм³;

$ПДК_i$ – предельно допустимая концентрация i -ого ингредиента, мг/дм³;

K_{oi} – класс опасности i -ого загрязняющего ингредиента.

Таблица 2.4 – Концентрация ТМ в воде водохранилища, мкг/дм³

Годы	Тяжелые металлы			
	Cu	Zn	Pb	Cd
2009	13,6	46,1	3,2	4,2
2010	40,8	44,2	5,1	4,1
2011	41,1	38,7	3,5	2,6
2012	41,3	18,5	3,2	0,1
2013	11,7	13,4	19,4	1,3
2014	18,8	22,4	40,8	1,3
2015	13,0	24,7	7,8	1,0
2016	20,0	46,0	5,7	1,1
2017	12,0	18,2	2,3	0,5
2018	11,7	14,7	3,8	1,2
2019	17,3	13,3	3,7	0,5
2020	10,6	11,9	4,6	1,2
ПДК _{рх}	1,0	10,0	10,0	5,0

Индекс загрязненности вод с учетом класса опасности ориентирован на показатели, характеризующие различную степень опасности химических соединений для человека в зависимости от токсичности, кумулятивности, способности вызывать определенные побочные эффекты [116]. Нужно также отметить, что определяемые ИЗВ с учетом класса опасности служат индикативной величиной при определении соединений, подлежащих первоочередному контролю в поверхностных водах и установлении последовательности первоочередных водоохранных мер.

Таблица 2.5 – Индекс загрязненности вод по ТМ в соответствии с классом опасности

Годы	Тяжелые металлы			
	Cu (3-класс)	Zn (3 класс)	Pb (2 класс)	Cd (3 класс)
2009	4,5	1,5	-	-
2010	13,6	1,5	-	-
2011	13,7	1,3	-	-
2012	13,8	0,6	-	-
2013	3,9	0,4	1,0	-
2014	6,3	0,7	2,0	-
2015	4,3	0,8	-	-
2016	6,7	1,5	-	-
2017	4,0	0,6	-	-
2018	3,9	0,5	-	-
2019	5,8	0,4	-	-
2020	3,5	0,4	-	-

Примечание: «-» – не превышает рыбохозяйственные ПДК

Средние значения КИЗВ (комплексный индекс загрязненности вод) с учетом класса опасности по ТМ, следуют из данных табл. 2.5. За счет повышенных концентрации цинка, меди и свинца (2013 и 2014 гг.) рост значений КИЗВ приходится на 2 и 3 классы опасности, т.е. элементы – как высоко опасные и опасные.

Как следует из рис. 2.8, по результатам расчета КИЗВ качество воды водохранилища в 2009, 2014-2019 гг. была нормативно чистого уровня, «умеренный уровень» зарегистрирован в 2013 и 2020 гг. и «высокий уровень» с 2010 по 2012 гг.

Под качеством воды в целом понимается характеристика ее состава и свойств, определяющая ее пригодность для конкретных видов водопользования, при этом критерии качества представляют собой признаки, по которым производится оценка качества воды. Как известно, основными задачами качества состояния водных ресурсов являются характеристика и количественная оценка существующего состояния водной среды и воздействий на нее, описание динамики состояния водной среды и воздействий, а также оценка эффективности мероприятий, реализуемых на различных административных уровнях.



Рис. 2.8 – Оценочные показатели загрязнения воды водохранилища

Таким образом, повышенные содержания ряда ТМ, концентрации которых превышают рыбохозяйственные нормативы до 39 раза – для меди, до 4,5 раза – цинка, до 4,0 раза – свинца, в последние годы существенно снижают качество воды. Следует полагать, что локальное проявление повышенных концентрации этих металлов, приводят к определенным нежелательным последствиям как для экосистемы региона, так и для гидробионтов.

Антропогенное загрязнение донных отложений водохранилища. Оценка уровня антропогенного загрязнения ДО была выполнена на основе работы соискателя с рядом ученых [160]. Результаты токсикологического анализа показало высокий уровень накопления цинка (табл. 2.7).

Таблица 2.7 – Уровень накопления металлов в ДО Капшагайского водохранилища в 2013 г.

Металлы	в мг/кг			
	Zn	Cu	Pb	Cd
среднее	33,6	0,23	5,18	0,46
пределы	30,0-37,0	0,12-0,38	1,2-8,8	0,16-0,96

Уровень загрязнения почв или грунтов в водоемах оценивали на основе сравнения результатов анализа с фоновыми показателями (кларками) элементов в литосфере и/или в почве данной территории. Такой оценкой воспользовались авторы в своей работе [160], т.к. на данный момент в РК не существует определенных нормативов по оценке ДО.

Оценка миграционной способности металлов, дана на основе сравнения их содержания в литосфере и в сероземных почвах (табл. 2.8) [161,162].

Таблица 2.8 – Средние содержания металлов

Металлы	Содержание металлов, мг/кг		
	кларки для литосферы	почвы исследуемой территории	донные отложения КВ
Zn	83	76	33,6
Cu	47	27	0,23
Pb	16	-	5,18
Cd	0,13	-	0,46

При сравнении концентраций ТМ в ДО водохранилища с их содержаниями в литосфере обнаружено превышение уровня кадмия, это объясняется адсорбцией ионов данного элемента осадками, которые зависят главным образом от кислотности среды [160,163]. В исследованиях [71], превышения кларков наблюдались также для кадмия. Установлено, что при меньших значениях pH, возрастают растворимость и подвижность токсикантов [164], и в работах некоторых авторов [108,109], pH исследуемой среды имеет очень важную роль на уровень содержания металлов в ДО.

Как видно из табл. 2.8, концентрация остальных элементов (меди, цинка, свинца) значительно ниже собственных кларков, что указывает на их невысокую миграционную способность в ДО водохранилища и малой интенсивностью процесса выщелачивания [162]. Содержание ТМ в ДО располагаются в следующем порядке, в соответствии с их уменьшением: $Zn > Pb > Cd > Cu$.

Уровень аккумуляции ТМ в ДО водохранилища был оценен коэффициентом аккумуляции (Ka), т.е. отношением содержания ТМ в ДО к их содержанию в

почвах. Для расчета нами использованы значения кларков, расположенные в следующем порядке: $Cd (3,53) > Zn (0,40) > Pb (0,32) > Cu (0,0048)$. Из чего следует, что аккумуляция кадмия в ДО водохранилища больше, чем в литосфере [160,163], что обусловлено высокой способностью к миграции данного элемента, аккумуляция же остальных элементов характеризуется малой подвижностью.

Сравнение полученных данных с нормативами зарубежных стран [165,166], приведены ниже (в мг/кг):

Свинец (Pb)	Медь (Cu)	Цинк (Zn)	Кадмий (Cd)
10	21	30	0,16

то кадмий в ДО водохранилища превышает ПДК в 3,0 раза, цинк 1,1 раза, а содержание меди и свинца – в пределах ПДК.

2.4 Тяжелые металлы в промысловых видах рыб

В жизненном цикле рыб микроэлементы из водной среды и их питания поступают в организм и накапливаются в различных органах и тканях, отражая тем самым загрязнение водных объектов [88]. Содержание ТМ в рыбах отрицательно сказывается на их жизнеспособности, являясь промежуточным звеном между содержанием загрязнителей в воде и изменениями, происходящими в организме. В связи с этим, если содержание или отсутствие токсикантов в воде является основополагающим фактором изменений в организмах и популяциях, то их накопление в организме – следствием загрязнения воды [92].

Значительную опасность для водного биоценоза представляют ТМ, как цинк (Zn), медь (Cu), кадмий (Cd) и свинец (Pb). Некоторые металлы необходимы в работе жизненно важных ферментов, но в больших количествах они токсичны, что приводит к снижению темпа роста и плодовитости не только рыб, но и к процессам замедления роста большинства водных растений [71].

Кадмий – высокотоксичный кумулятивный яд, блокирующий работу ферментов и поражающий почки и печень. Вместе с тем соединения кадмия

играют немаловажную роль в ряде ферментных процессов в животных организмах и стимулируют рост некоторых растений. Гидробионтами свинец извлекается совместно с другими металлами и имеет склонность к накоплению в организмах, вследствие чего наблюдаются острые и хронические отравления при длительном потреблении вод даже при низком содержании этого элемента [92].

Как уже известно, вследствие загрязнения воды и ДО водохранилища, является кумуляция токсикантов в органах и тканях рыб. Кумуляция токсикантов в первую очередь происходит во внутренних жирах, печени, жабрах, а затем в мышцах. Для изучения накопления ТМ в мышцах рыб, выбраны три промысловых вида, рассмотренные как биоиндикаторы водохранилища. В рассматриваемые годы объектами исследования были лещ (лат. *Abramis brama*), бентофаг, жерех (лат. *Aspius aspius*) и судак (лат. *Sander lucioperca*), хищники, т.е. виды рыб различных экологических групп.

Как видно из табл. 2.9, средние значения ТМ в мышечной ткани рыб в 2013 г. были выше, чем в 2015 г., уровень кумуляции кадмия в мышечной ткани леща одного порядка, жереха и судака выше в 4 раза.

Таблица 2.9 – Среднее содержание ТМ в мышечной ткани рыб в 2013 и 2015 гг., в мг/кг

Год	Вид рыбы	Zn	Cu	Pb	Cd
2013	Лещ	0,85	0,061	0,032	0,003
	Судак	0,83	0,057	0,052	0,001
	Жерех	0,90	0,110	0,050	0,001
2015	Лещ	0,19	0,033	0,004	0,003
	Судак	0,14	0,017	0,002	0,005
	Жерех	0,22	0,036	0,004	0,005

В мышечной ткани леща цинк содержится в среднем 0,85 мг/кг, тогда как в 2015 г. этот уровень снижается до 0,19 мг/кг. В мышцах хищных рыб (судак и жерех) в среднем от 0,86 мг/кг, наблюдается снижение до 6 раз, т.е. до 0,18 мг/кг.

В целом для цинка, меди и свинца было характерно снижение его содержания в мышечных тканях рыб.

Содержание кадмия по сравнению с 2013 г. увеличено от 0,001 мг/кг до 0,005 мг/кг в тканях судака и жереха, а для леща остается стабильным – 0,003 мг/кг (табл. 2.9).

Незначительное снижение средней концентрации ТМ вероятно обусловлено снижением их концентрации в воде в последние годы.

Коэффициенты накопления (Кн) металлов в мышцах рыб неравномерны (табл. 2.10). Также прослеживается некоторое различие уровня накопления разных металлов в мышцах рыб в зависимости от их содержания в воде. Наибольшее накопление в тканях рыб характерно для цинка и меди в 2013 г., со значениями в среднем 79,6 и 26,6 соответственно. В 2015 г. значения коэффициента накопления для меди (7,54) и цинка (11,9) снижается. Значения кадмия в 2015 г. в мышцах судака и жереха были накоплены в 3 раза больше, чем в 2013 году.

Как видно из табл. 2.10, по накоплению в мышцах рыб металлов по классификации К. К. Врочинского, умеренный уровень был характерен для леща, судака и жереха в 2013 г., однако этот уровень в 2015 г. изменился в сторону слабой. В целом в исследуемые периоды по всем видам рыб степень накопления металлов отмечена слабого уровня, т.е. до ≤ 50 .

Таблица 2.10 – Коэффициенты накопления ТМ в мышцах рыб Капшагайского водохранилища в 2013 и 2015 гг.

Год	Вид	Zn	Cu	Pb	Cd
2013	Лещ	78,7	21,0	1,0	1,4
	Судак	76,9	19,7	1,6	0,5
	Жерех	83,3	37,9	1,5	0,5
2015	Лещ	7,82	13,8	0,3	2,1
	Судак	5,76	7,1	0,1	3,6
	Жерех	9,05	15,0	0,3	3,6

Таким образом, учитывая характер и различную способность ТМ аккумулироваться в органах и тканях рыб, можно составить следующий ряд в порядке возрастания их концентрации:

	2013 г.	2015 г.
Лещ:	$Zn < Cu < Cd < Pb$	$Cu < Zn < Cd < Pb$
Судак:	$Zn < Cu < Pb < Cd$	$Cu < Zn < Cd < Pb$
Жерех:	$Zn < Cu < Pb < Cd$	$Cu < Zn < Cd < Pb$

Как видно из составленного ряда, в 2013 г. для судака и жереха характерен одинаковый порядок накопления металлов, а для леща несколько иной. В 2015 г. для всех видов рыб уровень накопления ТМ был одинаковым, с преобладанием меди, цинка, кадмия и свинца, что главным образом зависит от межгодовых колебаний их концентрации в воде.

ГЛАВА 3 РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ «КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ КАЧЕСТВА ВОДЫ КАК ФАКТОР ОЦЕНКИ ГИДРОЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДОХРАНИЛИЩА»

3.1 Пространственная дифференциация Капшагайского водохранилища по источникам антропогенного загрязнения

Капшагайское водохранилище условно разделено на три зоны: верховье, центральная и приплотинная, которые отличаются разными гидрологическими, гидрохимическими и гидробиологическими показателями, также рыбопродуктивностью (см. Глава 2, рис. 2.1). Такая пространственная дифференциация применима и для учета антропогенной нагрузки на экосистему водохранилища.

При изучении характера пространственного распределения ТМ по отдельным зонам водохранилища показанного на рис. 3.1, концентрация цинка заметно повышена в воде верховья и приплотинной зоны. По результатам анализов превышение нормативов в воде водохранилища обнаружены по цинку от 1,5 до 5,5 раза и меди до 58 раза. В зоне влияния стока р. Каскелен и некоторых других южных притоков также отмечены повышенные концентрации цинка, меди и кадмия.

В 2013 и 2014 гг. более высокие концентрации по свинцу были обнаружены в приплотинной и центральной зоне водохранилища до 39,8 и 42,3 мкг/дм³ (3,9-4,2 ПДК). В 2015 г. концентрация всех рассматриваемых тяжелых металлов на порядок ниже, чем в предыдущие годы, лишь концентрация свинца в верховье водохранилища составляла 2,7 ПДК.

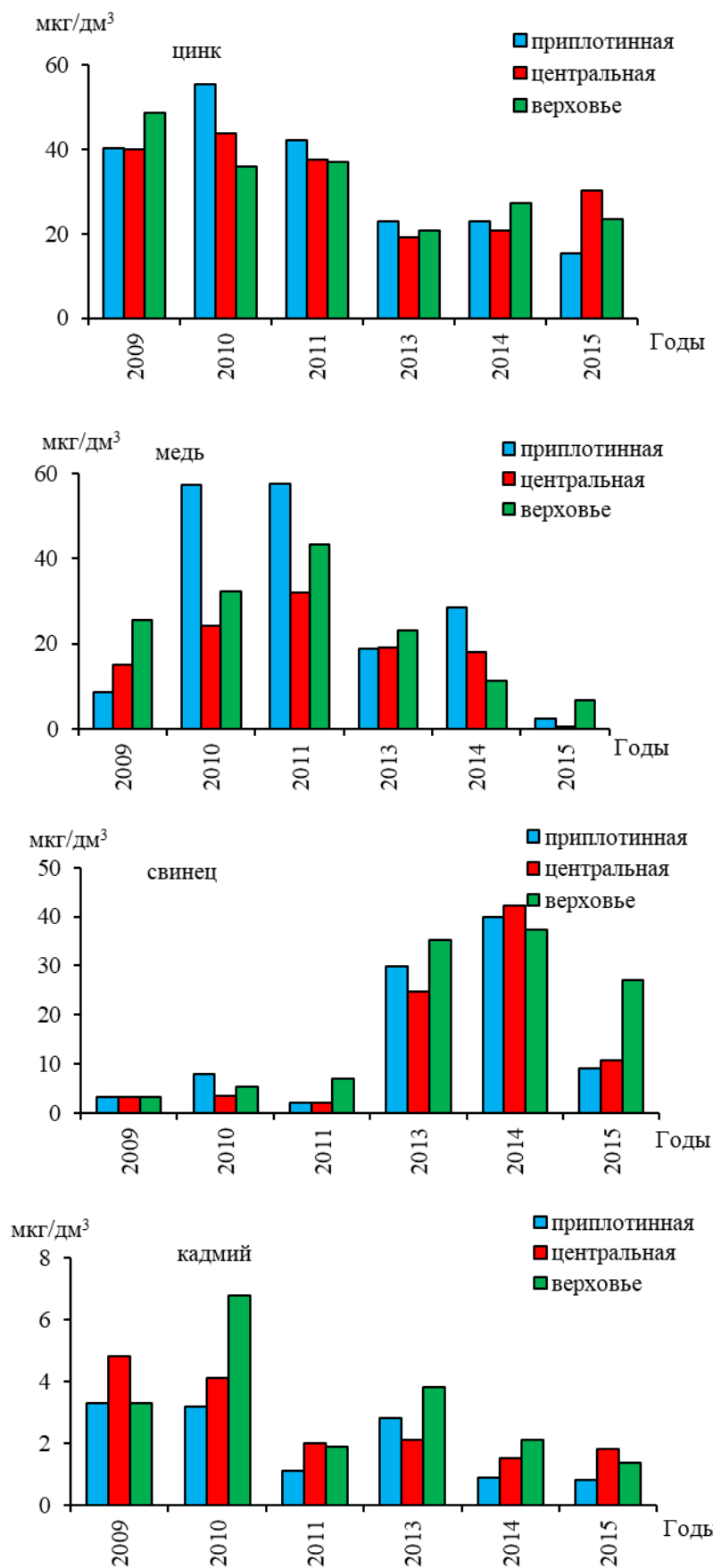


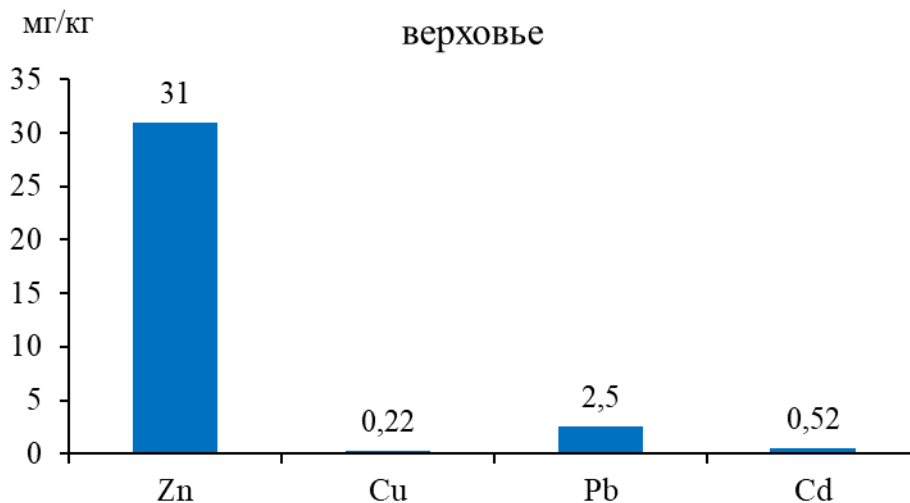
Рис. 3.1 – Средние значения концентрации металлов по зонам Капшагайского водохранилища, мкг/дм³

Распределение кадмия по отдельным зонам водохранилища в целом равномерное. Средняя концентрация кадмия не превышает уровень рыбохозяйственных ПДК. Наблюдается заметная пространственная неоднородность в распределении меди и цинка с максимальными средними концентрациями в южной части приплотинной зоны, в районе распространения стока р. Каскелен. Наибольшая аккумуляция меди и цинка приходится на приплотинную зону водохранилища.

Рост концентрации свинца в районе Каскеленского залива, Шенгелдинского острова и в левобережье водохранилища достигал в среднем до $60,0 \text{ мкг/дм}^3$, что свидетельствует о превышении рыбохозяйственных ПДК до 6,0 раз.

В пространственном распределении повышенное накопление металлов было характерно для центральной и приплотинной части водохранилища, также прослеживается заметное различие в аккумуляровании элементов по акватории (рис. 3.2).

Одинаковы уровни накопления цинка ($34,0 \text{ мг/кг}$) в осадках центральной и приплотинной частей, а меди ($0,22 \text{ мг/кг}$) – в осадках верховья и центральной зоны. Отмечается, неравномерное распространение свинца в осадках по зонам водохранилища, с нарастающей аккумуляцией – $2,5 \text{ мг/кг}$ от верховья до $6,5 \text{ мг/кг}$ к приплотинной зоне. Распределение кадмия ($0,35 \text{ мг/кг}$) отличается меньшим накоплением, как в центральной части, так и по всей акватории.



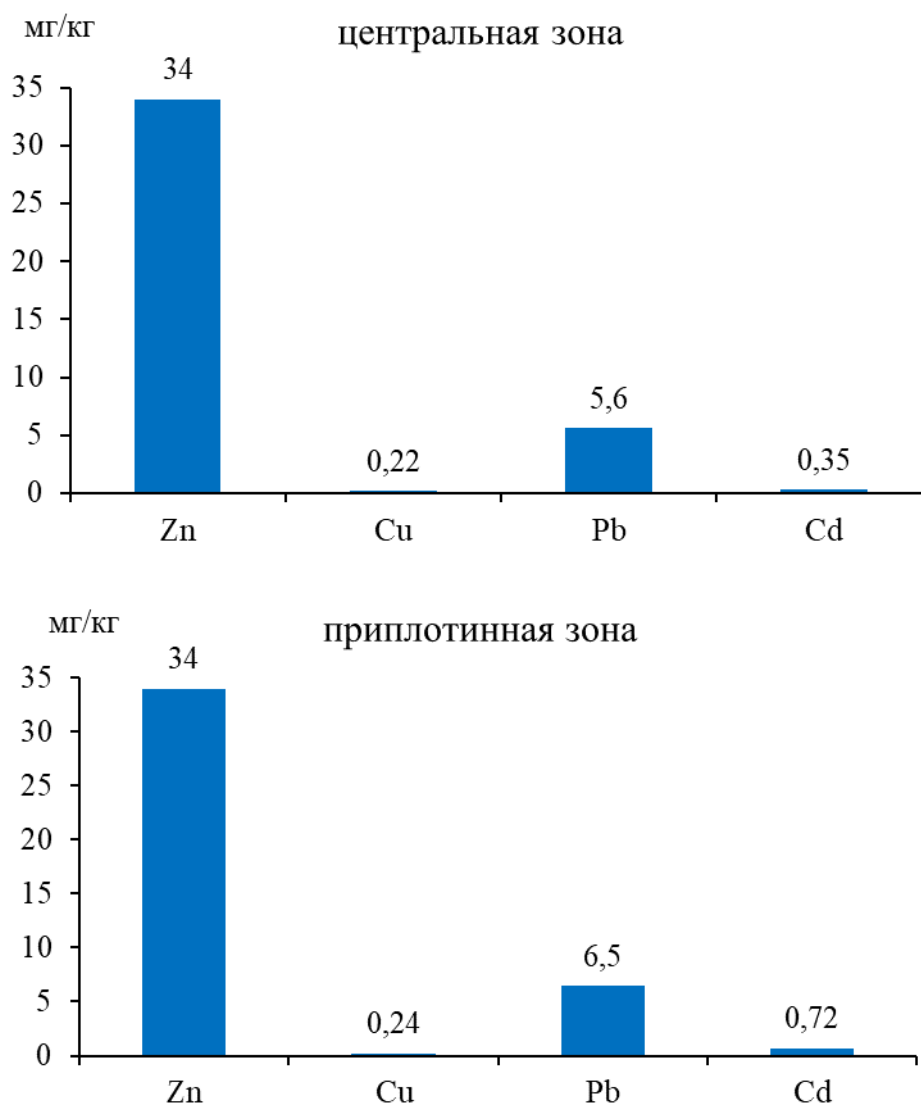


Рис. 3.2 – Пространственное распределение ТМ в ДО
Капшагайского водохранилища

В ходе исследования были получены данные пространственного распределения ТМ в воде и ДО, послужившие основой для визуализации и создания карт, с использованием программных продуктов ArcGIS 10.5 и Surfer.

При изучении миграции ТМ в системе «вода – донные отложения», имеющих значительную роль при оценке экологического состояния водохранилища, было выявлено повышенное содержание меди от 0,36 до 0,38 мг/кг в ДО в устьях рек Каскелен и Тургень, а в воде до 4,4 и 4,7 мкг/дм³ в верховье водохранилища (рис. 3.3, 3.4). Взаимосвязь в системе Си-вода и Си-донные отложения достаточно тесная, так, корреляционная зависимость $r=0,85$,

что может вполне указывать на регрессию загрязнения ДО от загрязнения водохранилища металлами.

Осаждение меди в ДО прослеживается в устьях рек, т.е. от северного берега и приплотинной части водохранилища к южному берегу наблюдается снижение загрязняющей активности металла. Концентрация этого металла повышена в верховье водохранилища от 4,7 мкг/дм³, и в направлении к приплотинной части постепенно снижается до 0,6 мкг/дм³, видимо уже осаждаюсь в ДО, т.к. седиментация основной массы наносов, приносимых рекой, происходит по мере продвижения водной массы к центральной и приплотинной частях водохранилища.

В ДО по всей акватории водохранилища концентрация цинка варьировала в пределах от 30 до 37 мг/кг, осаждение которого происходило в районе впадения р. Тургень (рис. 3.5, 3.6). В зонах распространения стока рек Каскелен и Шенгелды осаждение цинка в донных осадках также высокого уровня до 34-35 мг/кг соответственно. В воде водохранилища высокое содержание цинка прослеживается в зоне впадения р. Каскелен и приплотинной части.

В целом содержание цинка в ДО Капшагайского водохранилища невысокое, кларки в литосфере по А. В. Виноградову [167] – 83 мг/кг, что указывает на высокую миграционную активность этого металла и способности его выщелачиванию и выносу в растворенной форме [168].

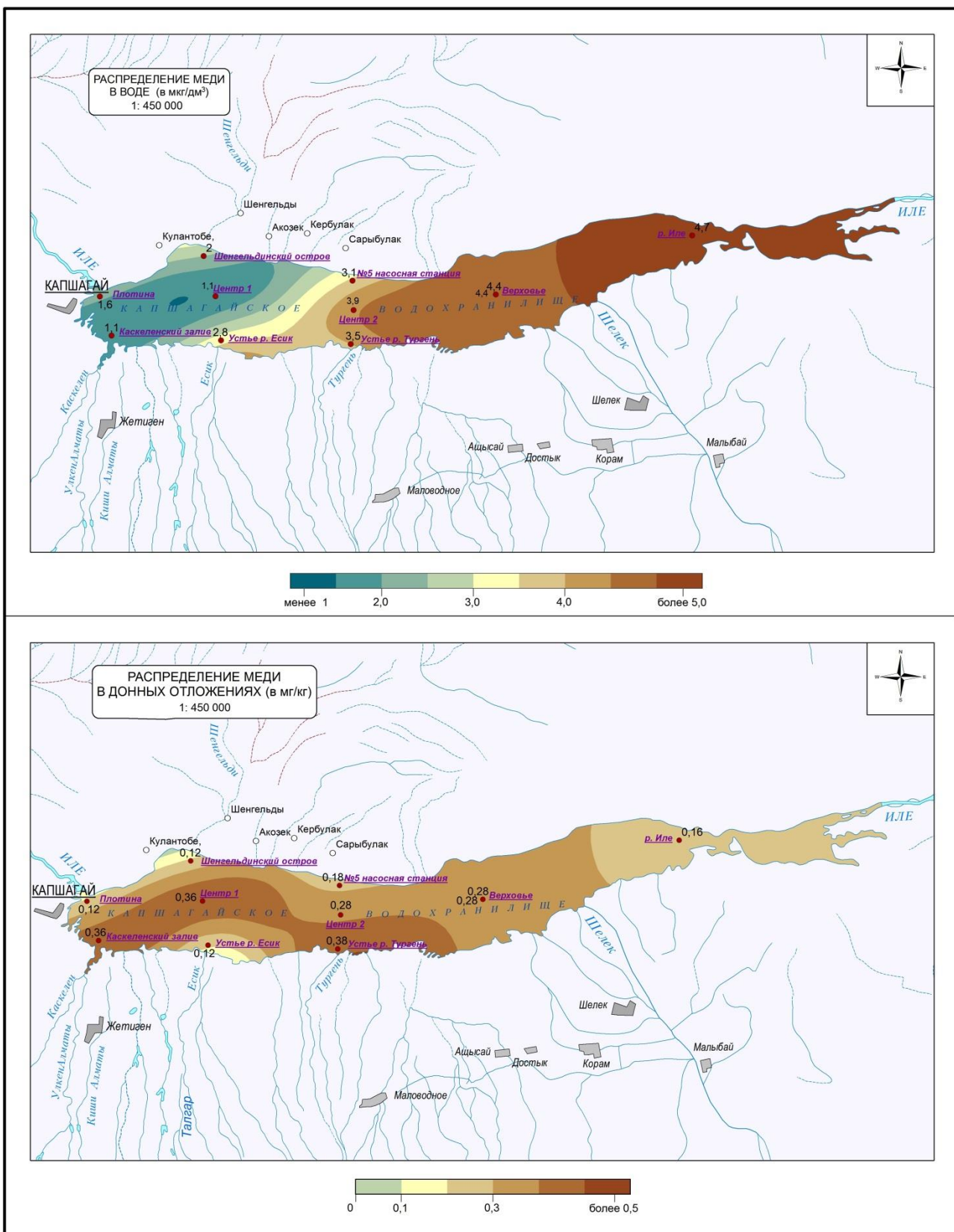


Рис. 3.3 – Пространственное распределение меди в системе «вода-донные отложения» Капшагайского водохранилища

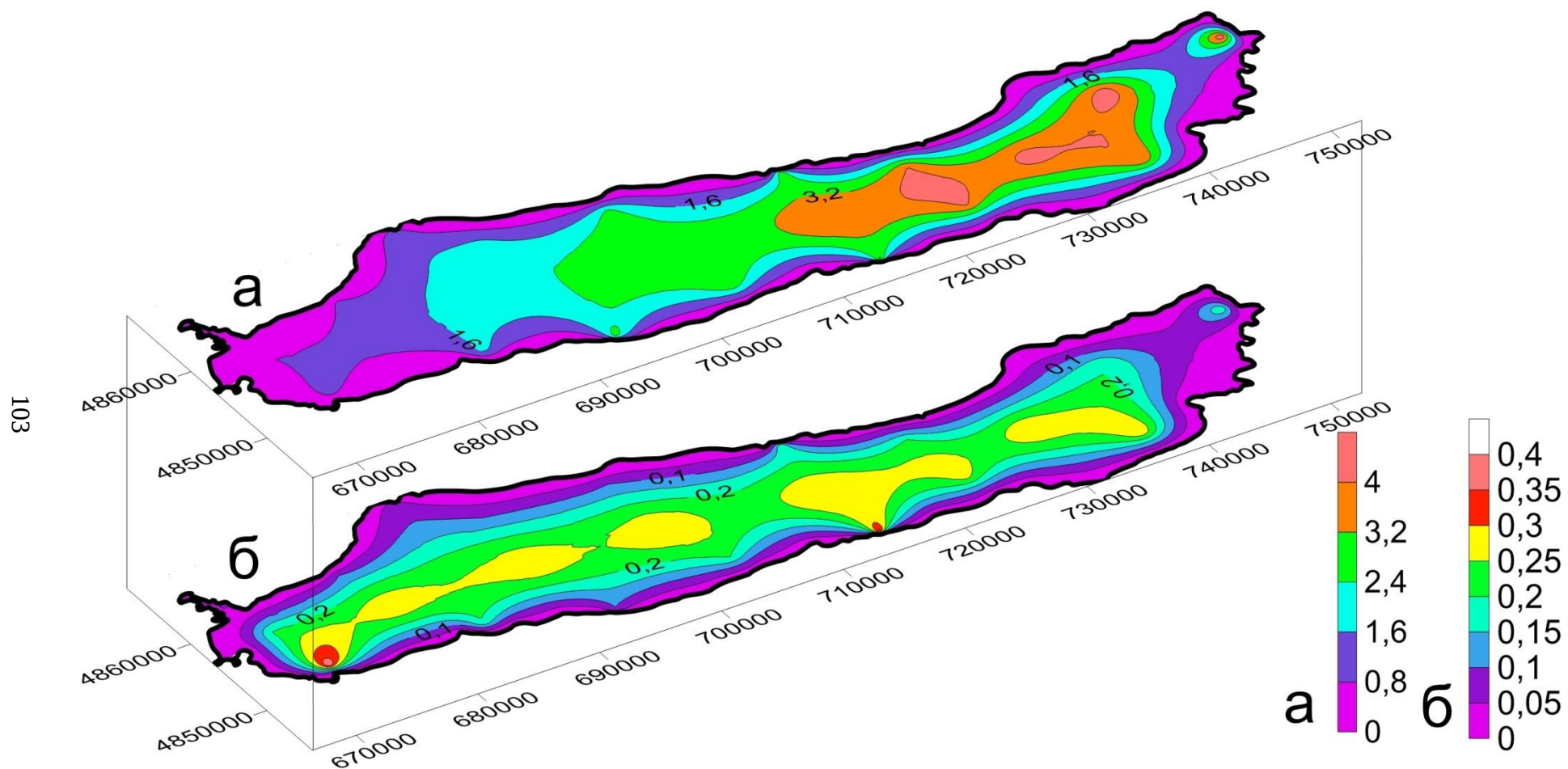


Рис. 3.4 – Визуализация пространственного распределение меди с использованием программного продукта Surfer
 а) вода – мкг/дм³, б) донные отложения – мг/кг

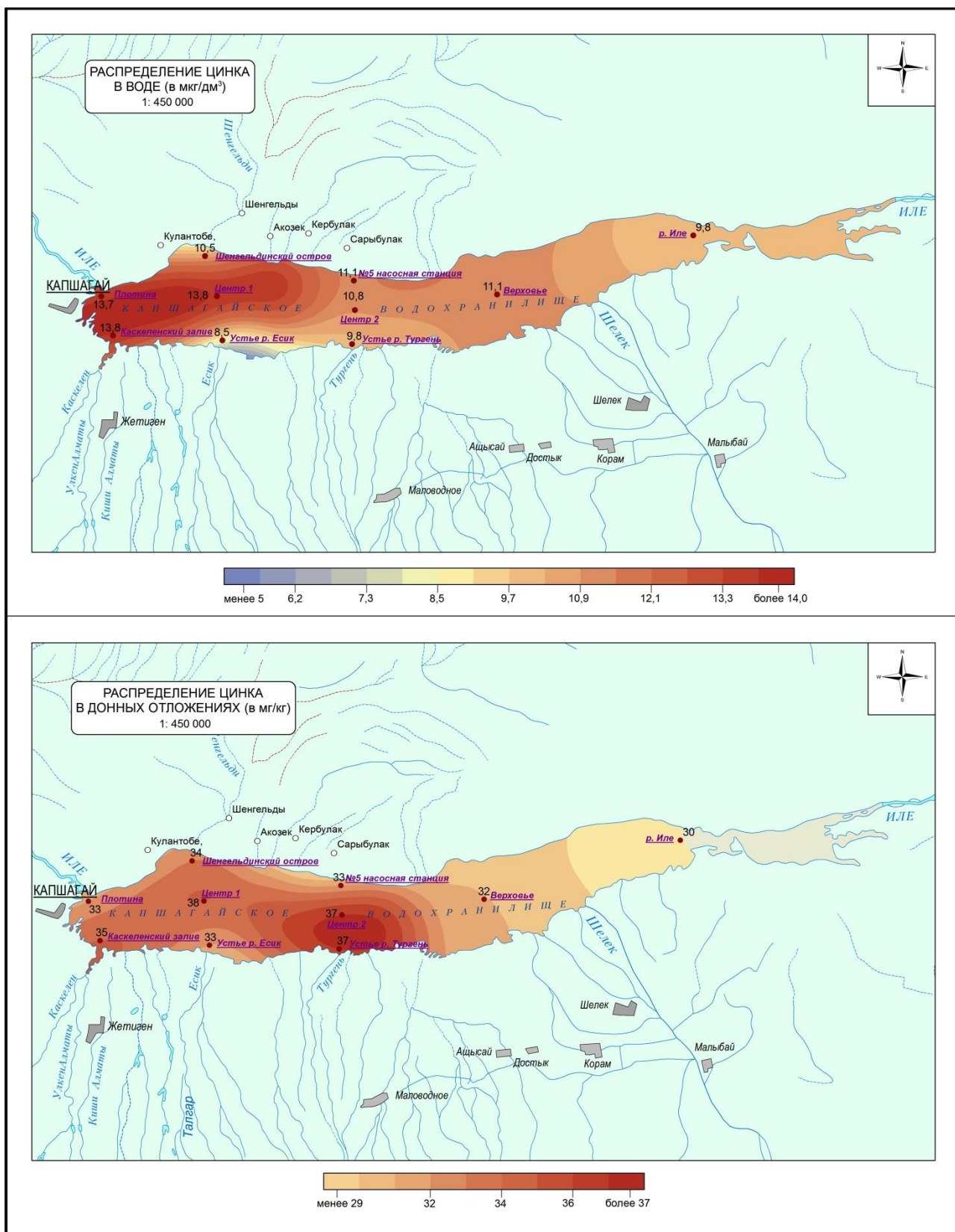


Рис. 3.5 – Пространственное распределение цинка в системе «вода-донные отложения» Капшагайского водохранилища

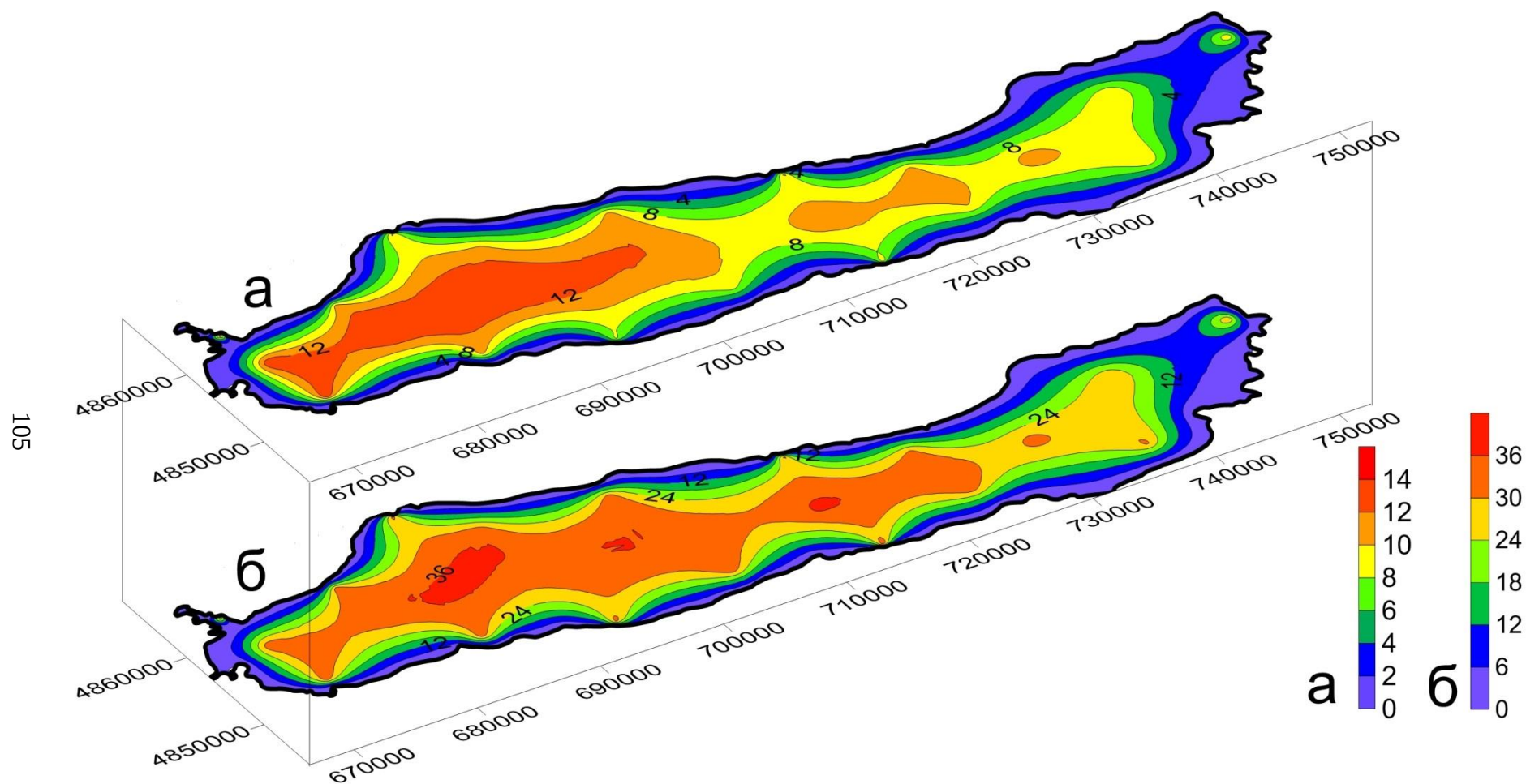


Рис. 3.6 – Визуализация пространственного распределение цинка с использованием программного продукта Surfer

а) вода – мкг/дм³, б) донные отложения – мг/кг

В пространственном распределении содержание свинца в ДО водохранилища регистрируется в центральной и приплотинной зонах до 8,8 мг/кг, а также на побережьях водохранилища, видимо конус выноса рек Есик, Тургень и Шенгелды влияет на характер седиментационных процессов для свинца в осадках (рис. 3.7, 3.8). Аккумуляция в ДО акватории водохранилища свинца, привносимого трансграничным стоком р. Иле происходит ближе к центральной и приплотинной зоне. Повышенное содержание свинца в воде водохранилища наблюдается в зонах впадения рек, продвигаясь от верховья к приплотинной зоне, постепенно осаждаясь в донных осадках. Такой характер распространения в воде свинца также наблюдается в устьях рек Каскелен и Есик.

Как видно из рис. 3.9, 3.10, загрязненная кадмием водная масса стока р. Иле до 6,4 мкг/дм³ продвигается от верховья к центральной части водохранилища, осаждаясь к приплотинной зоне до 0,5 мг/кг в донных осадках, также в районах впадения рек Каскелен до 1,0 мг/кг и Тургень – 0,6 мг/кг.

Такой характер распределения и осаждения кадмия, указывает на значительный уровень антропогенной нагрузки, создаваемой данными реками, на экологическое состояние Капшагайского водохранилища. Как известно, в повышенных концентрациях кадмий токсичен, особенно в сочетании с другими токсичными металлами, что в свою очередь негативно влияет на водные организмы, тем самым являясь начальным звеном в трофической цепи.

Следовательно, представленный материал раскрывает общую картину распространения ТМ в поверхностном слое и донных осадках акватории водохранилища, наглядно показывая очаги их распределения. Полученные результаты, свидетельствуют о существенном влиянии малых рек на экологическое состояние водохранилища и позволяют оценить характер загрязнения воды этих водотоков. Существенным фактором природного характера в пространственном распределении донных осадков в водных объектах, являются седиментационные процессы, зависящие от ряда факторов и прослеживающиеся в распределении металлов в ДО водохранилища.

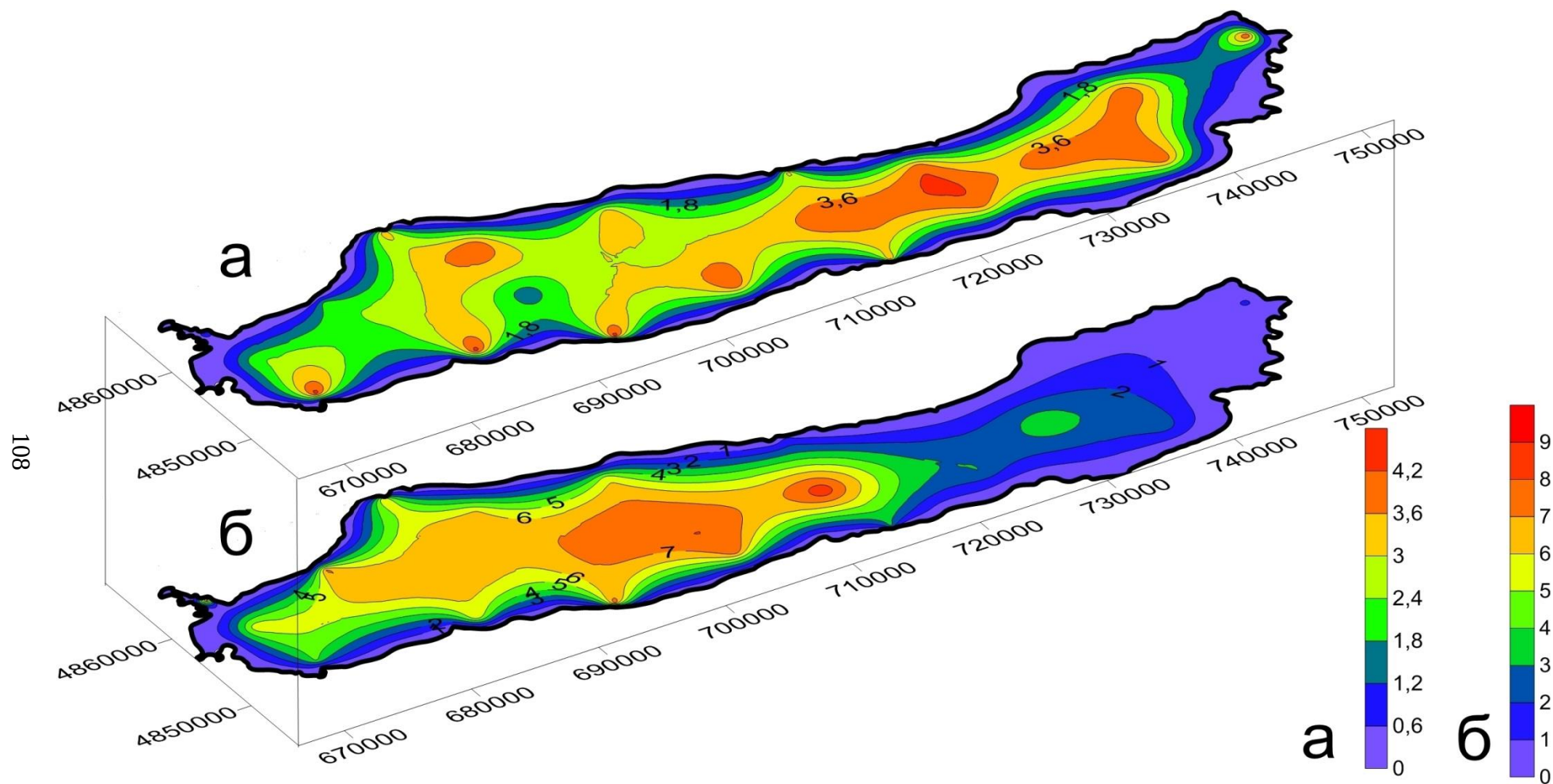


Рис. 3.8 – Визуализация пространственного распределения свинца с использованием программного продукта Surfer

а) вода – мкг/дм^3 , б) донные отложения – мг/кг

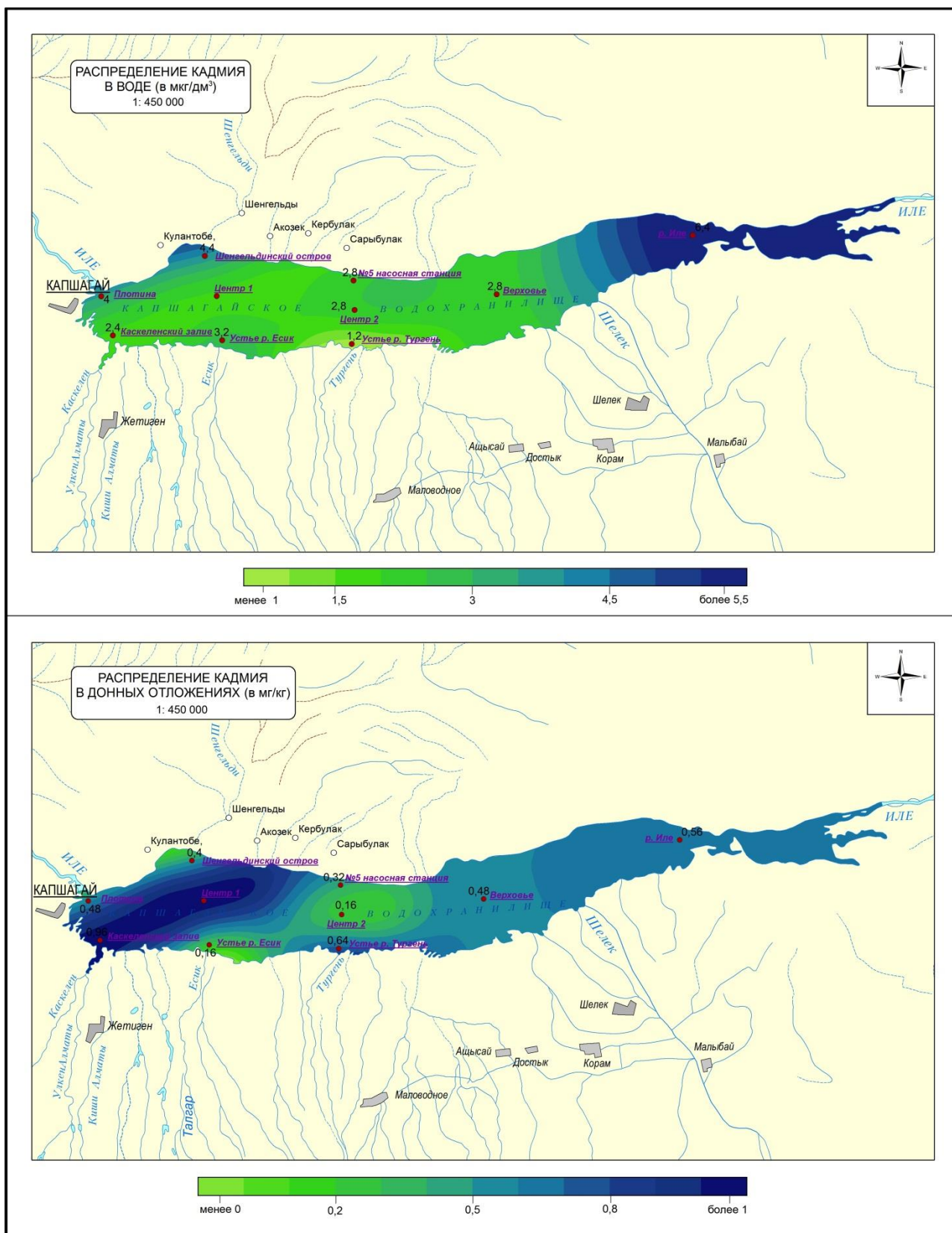


Рис.3.9 – Пространственное распределение кадмия в системе «вода-донные отложения» Капшагайского водохранилища

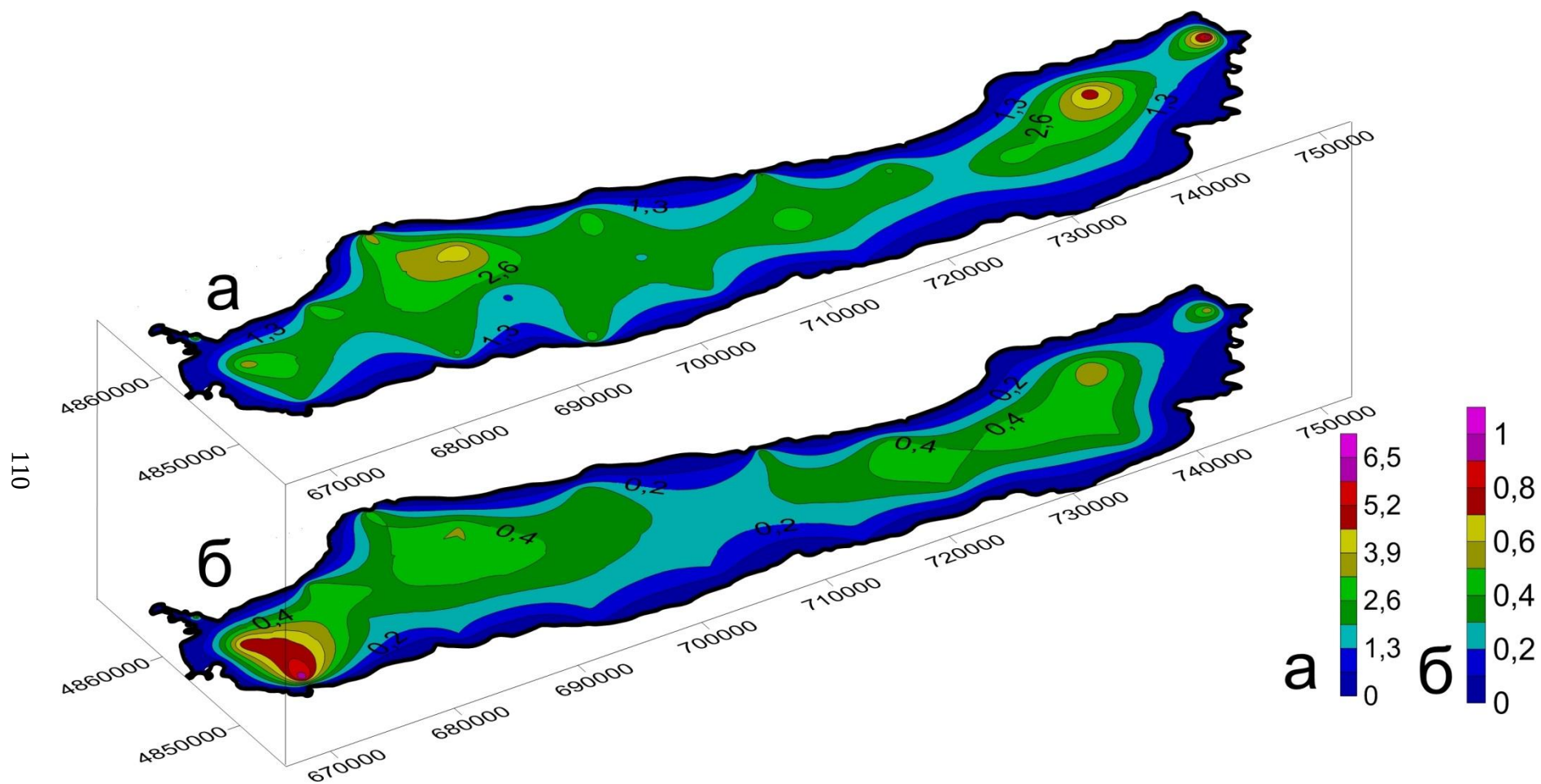


Рис. 3.10 – Визуализация пространственного распределения кадмия с использованием программного продукта Surfer

а) вода – мг/дм³, б) донные отложения – мг/кг

Как следует из работы [68], во всех исследованных водоемах Казахстана доминантом по содержанию в мышцах рыб является цинк. Несколько в меньших концентрациях содержатся медь и свинец. В зависимости от типа питания основным накопителем цинка во всех бассейнах являются бентофаги. Концентрация меди в мышечной ткани рыб от типа питания не зависит.

Сравнительная характеристика бентофагов и хищных видов рыб (табл. 3.1), показала незначительные различия в накоплениях металлов, лишь по содержанию меди и свинца в хищных рыбах заметно некоторое повышение. Как указано выше [68], в зависимости от типа питания основным накопителем ТМ являются бентофаги. С точки зрения хозяйственного использования и санитарно-токсикологической характеристики рыбной продукции полученные аналитические материалы по концентрации токсикантов в мышцах рыб сравниваются с нормативами максимально-допустимого уровня (МДУ). В действующих нормативных документах [154,169] значения МДУ имеются только для меди, цинка, свинца, кадмия и кобальта. Сопоставление этих нормативных уровней с данными табл. 3.1 показывает, что найденные нами концентрации металлов не превышают значений МДУ, т.е. соответствует нормативным требованиям.

Таблица 3.1 – Среднее содержание ТМ в мышечных тканях, мг/кг

Вид	Zn	Cu	Pb	Cd
Бентофаги	0,85	0,061	0,032	0,003
Хищники	0,87	0,084	0,051	0,001
МДУ, мг/кг	40	10	1	0,2

При обработке экспериментальных данных (за 2013 г.) методом статистического анализа выявлена тесная положительная корреляционная зависимость между содержанием металлов в воде и донных отложениях ($R = 0,82$), а зависимости между накоплением токсикантов в мышцах рыб и ДО не выявлена.

Корреляционная зависимость между бентофагами и ДО построена без учета содержания свинца в бентосе. Как указывает Н. А. Черных [156], основная часть свинца (98-99 %) находится во взвешенной форме, тем самым объясняя характер его содержания в бентофагах.

В своих исследованиях, Е. А. Галатова рассматривает вопросы изучения особенностей накопления и распределения ТМ в системе «вода-донные отложения-водоросли-гидробионты» на участке реки Уй [170]. ТМ поступающие в водоемы претерпевают различные физико-химические изменения. Некоторые из них оседают на дно или улетучиваются, другие образуют комплексоны или разлагаются под воздействием микроорганизмов [171]. Многие микроэлементы сохраняются в воде, аккумулируются в донных отложениях и гидробионтах, могут мигрировать по пищевой цепи, накапливаясь в возрастающих количествах от низшего звена к высшему звену, т.е. подвергается вторичному загрязнению, которое возникает вследствие отмирания животных и растений или резорбции токсикантов из грунта [172].

Таким образом, при изучении вопросов влияния физико-химических и биологических факторов, необходимых при выборе и обоснований мероприятий по предотвращению неблагоприятного воздействия на экосистему водохранилища, которое имеет тесную связь в условных системах «вода-донные отложения-водные организмы». Полученные нами данные уровня накопления ТМ в воде и ДО Капшагайского водохранилища превышают нормативы, предъявляемые для рыбохозяйственных водоемов по меди, цинку и свинцу, а в мышечных тканях рыб соответствуют нормативным требованиям [154]. Но учитывая факт длительного сохранения токсичных веществ в воде и донных отложениях и их миграцию по трофической цепи, нельзя исключать кумуляцию токсикантов в рыбах в будущем, что в свою очередь имеет важную роль при обеспечении населения экологически чистой рыбной продукцией.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполненных исследований получено следующее:

1) Установленные уровни трансграничного загрязнения водохранилища позволили рассчитать количество привносимых минеральных солей и токсичных соединений. Трансграничный сток р. Иле характеризуется повышенным содержанием меди до 60 %, цинка до 41 % и свинца до 45 % превышающим уровень ПДК, что свидетельствует о наличии антропогенного загрязнения в бассейне р. Иле;

2) Гидрохимический режим и минерализация воды Капшагайского водохранилища и р. Иле удовлетворяют рыбохозяйственным нормативным требованиям. В многолетнем аспекте они остаются стабильными, подвергаясь незначительным изменениям. Органические и биогенные соединения в воде водохранилища изменяются в значительных пределах под воздействием стока р. Иле и южных притоков;

3) Результаты анализа показывают превышение нормативных уровней по цинку – 6,5 ПДК, меди – 48,0 ПДК и свинца – 4,5 ПДК. Локальное проявление повышенных концентрации этих металлов, приводят к определенным нежелательным последствиям для водных организмов водоема, которое происходит в результате колебания стока р. Иле в годовом и внутригодовом аспекте, а также влиянием некоторых факторов антропогенного характера. Результаты комплексной оценки качества воды водохранилища классифицируются в 2009, 2014-2019 гг. была нормативно чистого уровня, «умеренный уровень» зарегистрирован в 2013 и 2020 гг. и «высокий уровень» с 2010 по 2012 гг.;

4) В ДО Капшагайского водохранилища высокое содержание было характерно для свинца и цинка до 5,18 и 33,6 мг/кг соответственно. При сравнении содержания металлов в ДО водохранилища с их фоновыми показателями в литосфере было обнаружено превышение нормативов по

кадмию. Высокие концентрации металлов в ДО обнаружены в устьях рек Каскелен и Тургень, что указывает на значительность влияния антропогенной нагрузки, создаваемой этими реками, на экологическое состояние Капшагайского водохранилища. Полученные результаты свидетельствуют также о характере загрязнения воды этих водотоков, поступающих в водохранилище;

5) ТМ обнаружены в мышцах всех исследуемых видах рыб. По накоплению металлов в мышцах рыб, умеренный уровень был характерен для леща, судака и жерева в 2013 г., однако этот уровень в 2015 г. изменился в сторону слабого. В целом в исследуемые периоды по всем видам рыб степень накопления металлов был слабого уровня, т.е. до ≤ 50 .

Следует отметить, что выявленные концентрации этих элементов ниже нормативных пределов, но встречаются во всех исследованных видах рыб.

6) При обработке экспериментальных данных методом статистического анализа выявлена тесная положительная корреляционная зависимость между содержанием металлов в воде и донных отложениях ($R = 0,82$). Антропогенная нагрузка, которой подвергается вся экосистема водохранилища, имеет очень тесную связь в условных системах «вода-донные отложения-водные организмы» и учитывая факт длительного сохранения токсичных веществ в воде и донных отложениях и их миграцию по трофической цепи, нельзя исключать кумуляцию токсикантов в рыбах в будущем, что в свою очередь имеет важную роль при обеспечении населения экологически чистой рыбной продукцией.

Результаты вышеизложенного показывают существенную роль стока р. Иле и ряда других водотоков в загрязнении Капшагайского водохранилища ТМ. Также, по результатам полученных анализов, во всех пробах промысловых видов рыб, являющихся биоиндикаторами водохранилища, обнаружены ТМ. Это дает основание полагать, что водохранилище подвергается антропогенной нагрузке, как с трансграничными стоками с сопредельной территории КНР, так и внутри страны, что в свою очередь оказывает воздействие на качество нижнего течения р. Иле и водную экосистему оз. Балкаш.

В глобальном масштабе экологическое состояние Капшагайского водохранилища оказывает огромное влияние на изменение экосистемы Иле-Балкашского бассейна, развитие новых очагов экологической нестабильности и проблем использования водных ресурсов трансграничных рек. В региональном масштабе негативные экологические нагрузки, представленные в исследовании, свидетельствуют об ухудшении условий проживания населения региона, замедлении темпов социально-экономического развития республики.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

Вышеизложенное показывает существенную роль стока р. Иле и ряда малых водотоков в загрязнении Капшагайского водохранилища ТМ. По имеющимся данным эти и некоторые другие загрязняющие вещества, также оказывают воздействие на качество воды в нижнем течении р. Иле и оз. Балкаш.

Освоение водных ресурсов и реализация крупных водохозяйственных мероприятий на территории КНР по оценке казахстанских экспертов в ближайшее десятилетие приведут к еще большему сокращению трансграничного притока воды занимаемое значительную долю в водном балансе Капшагайского водохранилища в частности и в целом реки Иле и оз. Балкаш, которое приведет к росту антропогенной нагрузки как количественному, так и к качественному состоянию воды. По всем признакам антропогенный характер будет иметь тенденцию к росту. Поэтому разработка эффективных мер по рациональному использованию и регулированию численности рыб является необходимым механизмом для решения многих экологических и экономических проблем региона.

По результатам проведенных исследований, могут быть предложены следующие рекомендации:

а) принять природоохранные меры по прекращению привноса токсичных соединений по малым рекам на территории страны;

б) разработать и реализовать совместную комплексную Межгосударственную программу, в рамках которой осуществить:

- усовершенствование казахстанско-китайского сотрудничества на основе разработки и реализации нормативных показателей, т.е. оценки по единой методологии при оценке качества воды;

- усовершенствование мониторинговой сети в изучении гидрологического, гидрохимического режима и токсикологического состояния воды р. Иле,

биологических ресурсов, миграции рыб путем проведения совместных и единовременных экспедиционных исследований;

- обязательный взаимообмен научно-обоснованными данными.

Этим обусловлена необходимость повышенного внимания к экологическому состоянию водоемов и мероприятиям, обеспечивающим безопасность водных и биологических ресурсов, озвученных в Концепции «Экологической безопасности Республики Казахстан на 2004-2015 гг.», в государственной программе «Здоровье народа», направленных на решение важных социально-экономических задач и, в частности, обеспечения населения здоровой рыбной продукцией [71].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Водохранилища. История строительства водохранилищ [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.geo-site.ru/index.php/2011-01-11-14-44-21/85/308-2011-01-10-19-50-16.html>
2. Авакян, А. Б. Водохранилища и окружающая среда / А. Б. Авакян. – М., 1982. – 173 с.
3. Амиргалиев, Н. А. Утоление жажды / Н. А. Амиргалиев. – Алма-Ата, 1987. – 236 с.
4. РГП Казгидромет «О состоянии ресурсов поверхностных вод Казахстана». – Алматы. 2006. – 69 с.
5. [Электронный ресурс] – 45 водохранилищ Казахстана находятся в аварийном состоянии — минсельхоз Режим доступа: <https://365info.kz/2016/10/45-vodohranilishh-kazahstana-nahodyatsya-v-avariynom-sostoyanii-minselhoz/>
6. [Электронный ресурс] – Общая информация о водохранилищах Кыргызстана. Режим доступа: <https://www.open.kg/about-kyrgyzstan/nature/water-resources/reservoir/1403-obschaya-informaciya-o-vodohranilischah-kyrgyzstana.html>
7. [Электронный ресурс] – Крупнейшие водохранилища Кыргызстана. Режим доступа: <https://www.advantour.com/rus/kyrgyzstan/nature/reservoirs.htm>
8. [Электронный ресурс] – Конституционный строй и основы государственного управления. Режим доступа: https://tengrinews.kz/zakon/prezident_respubliki_kazahstan/konstitutsionnyiy_stroy_i_osnovyi_gosudarstvennogo_upravleniya/id-U1600000205/
9. Малиновская, А. С. Гидрофауна водохранилищ Казахстана / А. С. Малиновская, В. А. Тэн. – Алма-Ата: Наука, 1983. – 208 с.
10. Утешев, А. С. Климат Казахстана / А. С. Утешев. – Л.: Гидрометеиздат, 1959. – 425 с.
11. «Интегрированное управление водными ресурсами и повышение эффективности водопользования» по научно-практической работе

«Трансграничные реки Казахстана» Кн.1: отчет о НИР по программе 093 / ТОО «Институт географии» МОН РК. – Алматы, 2011. – 365 с.

12. Чодураев, Т. М. Изучение влияния водохранилищ Кыргызстана на изменения характеристик климата, прилегающих территорий / Т. М. Чодураев, Р. Т. Акматов // Материалы международной научно-практической конференции «Водные ресурсы Центральной Азии и их использование», посвященной подведению итогов объявленного ООН десятилетия «Вода для жизни» (22-24 сентября 2016 г.). – Алматы, 2016. – Кн. 1. – С. 480-484.

13. Амиргалиев, Н.А. Характеристика химического состава воды канала Иртыш-Караганда и его водохранилищ в первые годы наполнения и эксплуатации. – В кн.: Гидробиология каналов СССР и биологические помехи в их эксплуатации. – Киев, 1976. – С. 254-259.

14. Гидрологический ежегодник, 1968-1969 гг.

15. Джабасов, М. Х. Геолого-гидрогеологические условия Южно-Прибалхашской впадины в сети новых данных / М. Х. Джабасов, П. Ф. Карогидин, Г. Г. Ошлаков // Региональные гидрологические исследования в Казахстане. – Алма-Ата, 1971. – С. 51-57.

16. Оганисян, К. Оценка величины экологических попусков в трансграничных реках / К. Оганисян, А. Григорян // ЭКВАТЭК. – 2004. – Ч. 1. – С. 99-100.

17. Шлыгина, В. Ф. Формирование подземных вод конусов выноса предгорной равнины Заилийского Алатау: дис. ... канд. геол.-мин. наук / В. Ф. Шлыгина. – Алма-Ата, 1979. – 230 с.

18. Современное экологическое состояние бассейна озера Балхаш / Под ред. Т. К. Кудекова. – Алматы: Каганат, 2002. – 388 с.

19. Смоляр, В. А. Гидрогеология бассейна озера Балхаш / В. А. Смоляр, С. Т. Мустафаев. – Алматы: Ғылым, 2007. – 352 с.

20. Схема комплексного использования и охраны водных ресурсов бассейна реки Или с притоками: сводная записка Том II. Книга 1. // Комитет по водным

ресурсам МСХ РК. Производственный кооператив «Институт Казгипроводхоз». – Алматы, 2008. – 120 с.

21. Ресурсы поверхностных вод СССР. Центральный и Южный Казахстан // Под ред. В.А. Семенова и Р.Д. Курдина. – Т. 13, Вып. 2. Бассейн оз. Балхаш. – Л.: Гидрометеиздат, 1970. – 646 с.

22. Амиргалиев, Н. А. К характеристике химического состава воды водоемов зоны затопления Капшагайского водохранилища на р. Или / Н. А. Амиргалиев // Сб. «Рыбные ресурсы водоемов Казахстана и их исследование». – Алма-Ата: Наука, 1970. – Вып.6. – С.124-129.

23. [Электронный ресурс] – Нагиева, О. Б. Природные опасности прибрежной зоны Капшагайского водохранилищ. Режим доступа: <http://nbilib.library.kz/elib/library.kz/journal/Nagieva.pdf>

24. Проблемы гидроэкологической устойчивости в бассейне озера Балхаш / Под ред. Самаковой А. Б. – Алматы: Каганат, 2003. – 584 с.

25. Илийская долина, ее природа и ресурсы // под ред. М.И. Ломоновича. – Алма-Ата, 1963. – 339 с.

26. Соколов, А. А. Природные зоны Казахстана /А. А. Соколов // Агрохимическая характеристика почв СССР. Казахстан и Челябинская область. – М.: Наука, 1968. – С. 9-24.

27. Курмангалиев, А. Б. Сероземы. Характеристика почв республики / А. Б. Курмангалиев // Агрохимическая характеристика почв СССР. Казахстан и Челябинская область. – М.: Наука, 1968. – С. 82-99.

28. Достай, Ж. Д. Научные и прикладные основы управления гидроэкологическим состоянием бассейна оз. Балхаш: диссер. ... д-ра геогр. наук: 25.00.27, 25.00.36. – Алматы, 1999. – 305 с.

29. Достай, Ж. Д., Сарсенбаев, М. Х., Баймырзаев, К. М. Водопотребление в бассейне р. Или и мероприятия по спасению оз. Балхаш // Современные проблемы Гидроэкологии внутриконтинентальных бессточных бассейнов Центральной Азии: материалы межд. научно-практ. конф... – Алматы: Каганат, 2003. – С. 87-93.

30. Оценить водные ресурсы реки Или с учетом климатических изменений и разработать принципы их охраны и совместного использования: Отчет о НИР / МОН РК, Институт географии: рук-ли А. А. Турсунов, Ж. Д. Достай. – ч.1. – № гос.рег. 0100РК00308. – Алматы, 2002. – 237 с.

31. Гусев А. Г. Охрана рыбохозяйственных водоемов от загрязнения. – М.: Пищевая промышленность, 1975. – 179 с.

32. «Прикладные научные исследования в области рыбного хозяйства для сохранения биоразнообразия и восстановления рыбных ресурсов и других гидробионтов в водоемах международного и республиканского значения Республики Казахстан». Проект «Исследования степени накопления токсикантов в тканях промысловых видов рыб и кормовых объектов рыбохозяйственных водоемов Республики Казахстан и разработка рекомендаций по сохранению биологического разнообразия» (промежуточный): отчет о НИР по научно-технической программе / ТОО «КазНИИ рыбного хозяйства» МСХ РК. – Алматы, 2015. – 153 с. Основание для реализации: договор № 45 от 22 мая 2015 г.

33. Турсунов, А. А. К пересмотру проектной отметки НПУ Капшагайского водохранилища / А. А. Турсунов, И. М. Мальковский, Ж. Д. Достай // Сборник научных статей. – Алма-Ата: КазГУ им. С. М. Кирова, 1986. – С. 16-20.

34. Турсунов, А. А. От Арала до Лобнора / А. А. Турсунов. – Алматы: «Каганат», 2002. – 384 с.

35. Кипшакбаев, Н. К. Системный анализ Или-Балхашской проблемы и концепция равновесного природопользования / Н. К. Кипшакбаев, Ж. Е. Байгисиев, А. А. Турсунов, И. М. Мальковский // Проблема комплексного использования водных ресурсов Или-Балхашского бассейна. – Алматы: КазГУ, 1985. – С. 3-16.

36. Достай, Ж. Д. Научные и прикладные основы управления гидроэкологическим состоянием бассейна оз. Балхаш: дис. ... д-ра геогр. наук: 25.00.27, 25.00.36 / Достай Ж. Д. – Алматы, 1999. – 305 с.

37. Турсунов, Э. А. Современные батиграфические характеристики Капшагайского водохранилища / Э. А. Турсунов, А. С. Мадиеков, С. У. Ранова, Л. В. Галаева // Гидрометеорология и экология. – Алматы, 2014. – № 2 (73). – С. 105-110.

38. Россинский, К. Н. Термический режим водохранилищ / К. Н. Россинский. – М., 1975. – 165 с.

39. Амиргалиев, Н. А. К вопросу формирования химического состава воды Чардаринского водохранилища на реке Сыр-Дарье / Н. А. Амиргалиев, Т. Я. Лопарева // Материалы XXII гидрохимического совещания. – Новочеркасск, 1968. – Вып.1. – С. 16-17.

40. [Электронный ресурс] – Толстихин, Г. М. Гидрохимические условия формирования состава воды в Токтогульском водохранилище / Г. М. Толстихин, И. В. Токарев, В. Н. Шило, А. А. Самсонова, Б. М. Жакеев. Режим доступа: <http://docplayer.ru/61619138-Gidrohimicheskie-usloviya-formirovaniya-sostava-vody-v-toktogulskom-vodohranilishche.html>

41. Амиргалиев, Н. А. Об уровне пестицидного загрязнения экосистемы Капшагайского водохранилища / Н. А. Амиргалиев, Х. Т. Супиева и др. // Рыбные ресурсы водоемов Казахстана и их использование. – Алматы, 1993. – С. 83-87.

42. Амиргалиев, Н. А. Оценка уровня кумуляции пестицидов в органах и тканях представителей промысловой ихтиофауны Капшагайского водохранилища / Н. А. Амиргалиев, Е. Г. Крупа, Ш. Ч. Канагатова // Современные проблемы водной токсикологии. Тез. докл. Всероссийской конференции с участием специалистов из стран ближнего и дальнего зарубежья. – 2002. – С. 6-7.

43. Амиргалиев, Н. А. Тяжелые металлы в воде Капшагайского водохранилища на р. Или / Н. А. Амиргалиев // Материалы XI Международной конференции по научному обеспечению АПК азиатских территории (Казахстан, Сибирь, Монголия). – Новосибирск. – 2008.

44. Амиргалиев, Н. А. Гидрохимические показатели и уровень пестицидного загрязнения водной среды Бухтарминского водохранилища / Н. А. Амиргалиев //

Сб. науч. тр. КазНИИРХ. Экосистема и рыбные ресурсы водоемов Казахстана. – Алматы, 1997. – С. 176-182.

45. Бурлибаев, М. Ж. Проблемы загрязнения основных трансграничных рек Казахстана / М. Ж. Бурлибаев, Н. А. Амиргалиев, И. В. Шенбергер и др. – Алматы: Каганат, 2014. – Т.1. – 742 с.

46. Пильгук, В. Я. Физико-химия воды р. Иртыш в условиях создания водохранилищ: автореф. дис. ... канд. хим. наук: 02.00.01 / В. Я. Пильгук – Алма-Ата, 1975. – 20 с.

47. Амиргалиев, Н. А. Характеристика гидрохимического режима Шардаринского водохранилища / Н. А. Амиргалиев, Т. Я. Лопарева // Тезисы докладов конференции «Биологические основы рыбного хозяйства республик Средней Азии и Казахстана». – Фрунзе: Илим, 1968. – С. 10-12.

48. Амиргалиев, Н. А. Гидрохимические показатели и уровень пестицидного загрязнения экосистемы Шардаринского водохранилища / Н. А. Амиргалиев, Ф. Е. Тагаева и др. // Рыбные ресурсы водоемов Казахстана и их использование. – 1995. – С. 60-69.

49. Лопарева, Т. Я. Ионно-солевой состав и некоторые технические свойства воды Шардаринского водохранилища / Т. Я. Лопарева, Н. А. Амиргалиев // Сб. «Рыбные ресурсы водоемов Казахстана и их использование». – Алма-Ата: Кайнар, 1974. – Вып. 8. – С. 37-42.

50. Амиргалиев, Н. А. Динамика микроэлементов в воде и донных отложениях Вячеславского и Сергеевского водохранилищ и питающих их рек / Н. А. Амиргалиев, Т. Я. Лопарева, Б. А. Беремжанов // Сб. МВ и ССО КазССР «Химия и химическая технология». – Алма-Ата, 1974. – Вып. 16. – С. 32-36.

51. Амиргалиев, Н. А. Искусственные водные объекты Северного и Центрального Казахстана (гидрохимия и качество воды) / Н. А. Амиргалиев. – Алматы: Бастау, 1999. – 191 с.

52. Амиргалиев, Н. А. Мониторинг динамики тяжелых металлов в воде р. Или и Капшагайского водохранилища / Н. А. Амиргалиев, Л. Т. Туралыкова, Т. К. Василина // Материалы XII Междун. научно-практ. конф. «Аграрная наука –

с/х производству Казахстана, Сибири и Монголии». – Алматы, 2009. – Т. 1. – С. 394-396.

53. Амиргалиев, Н. А. Динамика гидрохимических параметров р. Или в трансграничной зоне / Н. А. Амиргалиев, Ш. Ч. Канагатова, Е. Жексенбай // Экология и гидрофауна водоемов трансграничных бассейнов Казахстана. – Алматы: Бастау, 2008.

54. Исмуханова, Л. Т. Гидрохимические показатели Капшагайского водохранилища / Л. Т. Исмуханова // Междун. конф. студентов и молодых ученых «Мир науки», Актуальные проблемы экологии. – Алматы, 2012. – С. 122-123.

55. Амиргалиев, Н. А. Трансграничный приток минеральных солей и токсичных соединений по р. Иле / Н. А. Амиргалиев, Л. Т. Исмуханова // Вопросы географии и геоэкологии. – Алматы, 2012. – С. 20-28.

56. Амиргалиев, Н. А. Уровень биокумуляции тяжелых металлов в тканях рыб Капшагайского водохранилища / Н. А. Амиргалиев, Л. Т. Исмуханова // Межд. конф. посвященной 80-летию В. П. Митрофанова. Вестник КазНУ. Серия экологическая. – Алматы, 2012. – № 1 (33). – С. 30-32.

57. Амиргалиев, Н. А. Гидрохимические параметры и уровень антропогенных воздействий на качество воды Капшагайского водохранилища / Н. А. Амиргалиев, Д. К. Джусупбеков, Л. Т. Исмуханова // Вестник КНУ (Казахстанско-Немецкий университет). «Водные ресурсы Казахстана: современное состояние, проблемы, пути их решения». – Алматы, 2014. – С. 138-147.

58. Ismukhanova, L. Monitoring quality parameters of the transboundary outflow in the Ili River / L. Ismukhanova, N. Amirgaliev, K. Bektursunov // IWA 6-я Европейская конференция молодых специалистов водного сектора «Восток+Запад». – Стамбул, 2014. – С. 132-137.

59. Алмазов, А. М. Гидрохимия Днепра, его водохранилищ и притоков / А. М. Алмазов, А. И. Денисова, Ю. Г. Майстеренко, Е. П. Нахшина. – Киев: Наукова думка, 1967. – 316 с.

60. Денисова, А. И. Формирование гидрохимического режима водохранилищ Днепра и методы его прогнозирования / А. И. Денисова. – Киев: Наукова думка, 1979. – 290 с.

61. Денисова, А. И. Влияние каскадного расположения водохранилищ на их гидрохимический режим / А. И. Денисова // Гидробиологический журнал. – 1971. – Т. 7, № 5. – С.15-24.

62. Зенин, А. А. Гидрохимия Волги и ее водохранилищ / А. А. Зенин. – Л.: Гидрометеиздат, 1956. – 258 с.

63. Амиргалиев, Н. А. Ихтиофауна и экология Алакольской системы озер / Н. А. Амиргалиев, С. Р. Тимирханов, Ш. А. Альпейсов. – Алматы: Бастау, 2006. – 368 с.

64. Амиргалиев, Н. А. К оценке уровня накопления металлов в рыбах и двустворчатых моллюсках в устьевой зоне р. Урал / Н. А. Амиргалиев // Материалы II-Междун. научно-практ. конф. «Человек и Животные». – Астрахань, 2004. – С. 40-42.

65. Амиргалиев, Н. А. О влиянии антропогенного загрязнения на состояние биологических объектов оз. Балхаш / Н. А. Амиргалиев, Т. Я. Лопарева, С. Т. Накыпбек, Б. К. Кенжебеков // Гидрометеорология и экология. – Алматы, 2003. – №1. – С. 99-114.

66. Амиргалиев, Н. А. Оценка уровня бионакопления токсикантов в рыбах Алакольской системы озер / Н. А. Амиргалиев // Гидрометеорология и экология. – Алматы, 2005. – №4. – С. 168-177.

67. Брагин, Б. И. Тяжелые металлы и хлорорганические пестициды в оз. Балхаш / Б. И. Брагин, В. И. Нилов // Проблемы сохранения оз. Балхаш и рационального использования его сырьевых ресурсов. – Балхаш, 1992. – С.21-22.

68. Лопарева, Т. Я. Уровень накопления токсикантов в мышечной ткани рыб в водных бассейнах Республики Казахстан / Т. Я. Лопарева, О. А. Шарипова, Л. В. Петрушенко // Физиология и биохимия гидробионтов. – 2015. – С. 115-122.

69. Амиргалиев, Н. А. Оценка уровня антропогенной загрязненности трансграничного стока р. Или / Н. А. Амиргалиев, Ш. А. Альпейсов // Экология

и гидрофауна водоемов трансграничных бассейнов Казахстана. – Алматы: Бастау, 2008. – С. 177-184.

70. Национальный доклад о состоянии окружающей среды в Республике Казахстан в 2010 году. – Алматы, 2011. – 241 с.

71. Амиргалиев, Н. А. Водные ресурсы Казахстана: оценка, прогноз, управление. Рыбное хозяйство Казахстана: состояние и перспективы (ДСП) / Н. А. Амиргалиев, С. Р. Тимирханов, К. Б. Исбеков. – Караганда: Арко, 2012. – Т. XIV. – 667 с.

72. Батоян, В. В. Микроэлементы в рыбах Куйбышевского водохранилища / В. В. Батоян, В. Н. Сорокин // Экология. – 1989. – № 6. – С. 81-83.

73. Акимова, Н. В. Морфологическое состояние репродуктивной системы рыб в водоемах Кольского полуострова / Н. В. Акимова, О. А. Попова, Ю. С. Решетников и др. // Вопросы ихтиологии. – 2000. – Т. 40, № 4. – С. 282-285.

74. Алабастер, Дж. Критерии качества воды для пресноводных рыб / Дж. Алабастер, Р. Ллойд. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. – 344 с.

75. Андреев, В. В. Содержание микроэлементов в раннем онтогенезе севрюги в зависимости от их уровня в окружающей среде / В. В. Андреев // Круговорот вещества и энергии в водоемах: Тезисные доклады IV Всесоюзного лимнологического совещания. Рыбы и нерпа. – Иркутск, 1985. – Вып. 4. – С. 6.

76. Богдановский, Г. А. Химическая экология / Г. А. Богдановский. – М.: МГУ, 1994. – 237 с.

77. Брагинский, Л. П. К методике токсикологического эксперимента с тяжелыми металлами на гидробионтах / Л. П. Брагинский, П. Н. Линник // Гидробиологический журнал. – 2003. – Т. 39, № 4. – С. 92-104.

78. Газина, И. А. Особенности распределения и накопления тяжелых металлов в органах и тканях рыб / И. А. Газина // Известия АлтГУ: серия Химия. География. Биология. – Барнаул: Изд-во Алтайского гос. ун-та, 2005. – № 3. – С. 90-93.

79. Грошева, Е. И. Кумуляция тяжелых металлов и микроэлементов в гидробионтах оз. Байкал / Е. И. Грошева, З. А. Климашевская, В. Е. Зайчик //

Проблемы экологической химии и токсикологии в охране природы. – Байкальск, 1990. – С. 64-65.

80. Добровольский, В. В. Тяжелые металлы: загрязнение окружающей среды и глобальная геохимия / В. В. Добровольский // Тяжелые металлы в окружающей среде. – М.: МГУ, 1980. – С. 3-12.

81. Евтушенко, Н. Ю. Особенности накопления тяжелых металлов в тканях рыб Кременчугского водохранилища / Н. Ю. Евтушенко, О. В. Данилко // Гидробиологический журнал. – 1996. – Т. 32, № 4. – С. 58-66.

82. Ершов, Ю. А. Механизмы токсического действия неорганических соединений / Ю. А. Ершов, Т. В. Плетнева. – М.: Медицина, 1989. – 272 с.

83. Касумян, А. О. Влияние тяжелых металлов на пищевую активность и вкусовые поведенческие ответы карпа *Syrpinus carpio*. Медь, кадмий, цинк и свинец / А. О. Касумян, А. М. Морей // Вопросы ихтиологии. – 1998. – Т. 38, № 3. – С. 393-409.

84. Кашулин, Н. А. Накопление и распределение никеля, меди и цинка в органах и тканях рыб в Субарктических водоемах / Н. А. Кашулин, Ю. С. Решетников // Вопросы ихтиологии. – 1995. – Т. 35, № 5. – С. 687-697.

85. Кудерский, Л. А. Рыбы как биологические индикаторы состояния водной среды / Л. А. Кудерский // Методы ихтиотоксикологических исследований: Тезисные доклады 1-го Всесоюзного симпозиума по методам ихтиотоксикологических исследований. – Л., 1987. – С. 71-73.

86. Нюкканов, А. Н. Содержание соединений ртути, свинца и кадмия в рыбах из пресноводных водоемов Якутии: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 16.00.04 / А. Н. Нюкканов. – Покров, 1996. – 20 с.

87. Попов, П. Л. Тяжелые металлы в рыбах реки Оби / П. Л. Попов // Тяжелые металлы и радионуклиды в окружающей среде. Сб. докладов 1-ой Международной научно-практ. конф. – Семипалатинск, 2002. – С. 316-320.

88. Лобанова, Т. А. Особенности накопления тяжелых металлов промысловыми видами рыб / Т. А. Лобанова // Вестник КГУ им. Н.А. Некрасова. – 2008. – № 1. – С. 18-21.

89. [Электронный ресурс] – Беляева, А. А. Тяжелые металлы в органах и тканях рыб реки Белой / А. А. Беляева, Н. Г. Кутлин // Современные проблемы науки и образования. – 2017. – № 6. Режим доступа: <https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=27245>

90. Ваганов, А. С. Содержание тяжелых металлов в тканях и органах промысловых рыб Куйбышевского водохранилища / А. С. Ваганов // Вестник Нижегородского университета им. Н. И. Лобачевского. – 2011. – № 2 (2). – С. 25-28.

91. Ваганов, А. С. Содержание тяжелых металлов в тканях и органах щуки Куйбышевского водохранилища / А. С. Ваганов, Е. С. Ваганова, Е. С. Климов // Тез. доклады международной конф. XXV-Любищевские чтения «Современные проблемы эволюции». – Ульяновск: Изд-во УлГПУ, 2011. – С. 279-282.

92. Глазунова, И. А. Содержание и особенности распределения тяжелых металлов в рыбах верховьев Оби: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.16 / И. А. Глазунова. – Барнаул, 2005. – 103 с.

93. Афанасьев, М. И. Фоновое содержание хлорорганических пестицидов в водоемах Северо-Запада / М. И. Афанасьев // Мониторинг фонового загрязнения природной среды. – М., 1987. – С. 51-55.

94. Манихин, В. И. Изучение перехода химических веществ в системе «вода-донные отложения» / В. И. Манихин, Г. С. Коновалов // Гидрохимические материалы. – 1984. – Вып. 92. – С. 58.

95. Нахшина, Е. П. Тяжелые металлы в системе «вода донные отложения» водоемов (обзор) // Гидробиол. журн. – 1985. – Т. 21, № 2. – С. 80-90.

96. Forstner, V. Metal concentration in Freshwater sediments – Natural effects / V. Forstner // Interaction between sediments and fresh water. Proc. Int. Conf. – Amsterdam: The Hague, 1977. – P. 94-103.

97. Глаголева, М. А. Закономерности распределения элементов в современных осадках Черного моря / М. А. Глаголева // Доклады АН СССР. – 1961. – Т. 136, № 1. – С. 195-198.

98. Hirst, D. M. The geochemistry of modern sediments from the gulf of Paria. 2. The location and distribution of trace elements / D. M. Hirst // *Geochim. et Cosmochim. Acta.* – 1962. – V. 26. – P. 1147-1187.

99. Гапеева, М. В. Тяжелые металлы в воде и донных отложениях Рыбинского водохранилища / М. В. Гапеева // *Вода: химия и экология. Вопросы экологии.* – М., 2013. – № 5. – С. 3-7.

100. Гапеева, М. В. Локализация и распределение тяжелых металлов в донных отложениях водохранилищ Верхней Волги / М. В. Гапеева, В. В. Законнов, А. А. Гапеев // *Водные ресурсы.* – 1997. – Т. 24, № 5. – С. 174-180.

101. Моисеенко, Т. И. Формирование качества поверхностных вод и донных отложений в условиях антропогенных нагрузок на водосборы арктического бассейна (на примере Кольского Севера) / Т. И. Моисеенко, И. В. Родюшкин, В. Даувальтер, Л. П. Кудрявцева. – Апатиты: Изд-во Кольского научн. центр, 1996. – 264 с.

102. Чухлебова, Л. М. Тяжелые металлы в воде, донных отложениях и мышцах рыб реки Амур / Л. М. Чухлебова, Н. В. Бердников, Н. М. Панасенко // *Гидробиологический журнал.* – 2011. – Т. 47, №3. – С. 110-120.

103. Мун, А. И. Распределение микроэлементов в водоемах Казахстана / А. И. Мун, А. Б. Бектуров. – Алма-Ата: Наука Казахской ССР, 1971. – 290 с.

104. Амиргалиев, Н. А. Динамика микроэлементов в воде и донных отложениях Вячеславского и Сергеевского водохранилищ и питающих их рек / Н. А. Амиргалиев, Т. Я. Лопарева, Б. А. Беремжанов // *Сб. МВ и ССО КазССР «Химия и химическая технология».* – Алма-Ата, 1974. – Вып. 16. – С. 32-36.

105. Амиргалиев, Н. А. Гидрохимия канала Иртыш-Караганда / Н. А. Амиргалиев. – Л.: Гидрометеиздат, 1981. – 200 с.

106. Амиргалиев, Н. А. Накопление токсикантов в водной экосистеме водохранилищ Казахстана / Н. А. Амиргалиев, С. Т. Накупбеков, З. Я. Байгонусова // *Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана.* – 1999. – № 7. – С. 72-78.

107. Дурасов, А. М. Почвы Казахстана / А. М. Дурасов, Т. Т. Тазабеков. – Алма-Ата: Кайнар, 1981. – 152 с.
108. Steell, K. F. Trace metal relationships in bottom sediments of freshwater stream the Buffalo River / K. F. Steell, G. H. Wagner // *Arkansas: J. Sediment Petrol.* – 1975. – V. 45, № 1. – P. 310-319.
109. Vasiliev, O. F. Suspended sediment and associated mercury transport – the case study on the Katun River / O. F. Vasiliev, T. S. Papina, Sh. R. Pozdnjakov // *Proc. 4 Int. Symp. on river sedimentation.* – China, Beijing: IRTCES, 1990. – P. 155-162.
110. Salomons, W. Biogeodynamics of pollutants in soils and sediments / W. Salomons // *Eds. Stigliani.* – Berlin: Springer-Verlag, 1995. – 353 p.
111. Нормативы качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в т.ч. нормативов предельно-допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения. – М., 2010.
112. Обобщенный перечень предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды рыбохозяйственных водоемов. № 408 от 18.08.1997 г.
113. Методические рекомендации по комплексной оценке качества поверхностных вод по гидрохимическим показателям / под ред. Бурлибаева М.Ж. – Астана, 2012. – 80 с.
114. Никаноров, А. М. Комплексная оценка качества поверхностных вод суши / А. М. Никаноров, В. П. Емельянова // *Водные ресурсы.* – 2001. – Т. 32, №1. – С. 61-69.
115. Методические рекомендации по проведению комплексных обследований и оценке загрязнения природной среды в районах, подверженных интенсивному антропогенному воздействию (ПР РК 52.5.06-00). Разработчик к.г.н. М.Ж. Бурлибаев. – Алматы, 2001. – 74 с.
116. Бурлибаев, М. Ж. Комплексная оценка качества поверхностных вод по гидрохимическим показателям / М. Ж. Бурлибаев, Ж. Н. Байманов, Е. А. Тажмагамбетов. – Алматы: Ғылым, 2007. – 95 с.

117. Тиленова, Д. К. О методиках оценки качества поверхностных вод по гидрохимическим показателям / Д. К. Тиленова // Известия ВУЗов (Кыргызстан). – 2014. – № 3. – С. 43-49.
118. Амиргалиев, Н. А. К оценке качества вод Алакольской системы озер / Н. А. Амиргалиев, Л. Т. Туралыкова // «Некоторые аспекты гидроэкологических проблем Казахстана». – Алматы, «Каганат», 2011. – С. 166-175.
119. Амиргалиев, Н. А. Қапшагай су қоймасының су сапасын бағалау нәтижелері / Н. А. Амиргалиев, Л. Т. Исмуханова, А. У. Турсумбаев // «Жаршы». – Алматы, 2012. – №1. – С. 64-68.
120. Амиргалиев, Н. А. Оценка качества воды реки Елек / Н. А. Амиргалиев, Л. Т. Исмуханова // «Вопросы географии и геоэкологии». – Алматы, 2013. – №1. – С. 19-22.
121. Амиргалиев, Н. А. Комплексная оценка качества воды Капшагайского водохранилища на р. Или / Н. А. Амиргалиев, Л. Т. Исмуханова, К. Е. Бектурсунов // Вестник КРСУ (Кыргызско-славянский университет). – Бишкек, 2017. – Том 17, № 1. – С. 109-113.
122. Болезни рыб. Справочник (под редакцией В. С. Осетрова). [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.zooclub.ru/>
123. Соседов, И. С. Гидрохимическая характеристика верховьев рек Тобол и Аят / И. С. Соседов, Ц. И. Слуцкая // Известия АН КазССР. Серия энергетическая. – 1956. – Вып. 11. – С. 3-12.
124. Амиргалиев, Н. А. Ионный сток реки Урал в солевом балансе Каспийского моря / Н. А. Амиргалиев // Известия АН КазССР. Серия химическая. – 1966. – № 3. – С. 35-40.
125. Амиргалиев, Н. А. Биогенный сток рек в оз. Балхаш / Н. А. Амиргалиев, Э. Н. Григорьева, Л. С. Шильниковская // Водные ресурсы. – 1984. – № 6. – С. 97-103.
126. Амиргалиев, Н. А. Биогенный сток реки Или, его трансформация по течению и вынос в озеро Балхаш / Н. А. Амиргалиев, Л. Т. Исмуханова, Кулбекова Р.А., А. С. Мадиеков, А. Мусакулкызы // Труды VI Всероссийского

симпозиума «Органическое вещество и биогенные элементы во внутренних водоемах и морских водах» (28 августа-1 сентября 2017 г.). – Барнаул, 2017. – С. 8-12.

127. Амиргалиев, Н. А. Антропогенная составляющая биогенного стока рек как главный элемент экологического мониторинга поверхностных вод бассейна оз. Балхаш / Н. А. Амиргалиев, Э. Н. Григорьева // Состояние и перспективы развития методологических основ химического и биологического мониторинга поверхностных вод суши. – Ростов на Дону: Гидрометеиздат, 1987. – Т. 111. – С. 16-17.

128. Вампилов, В. Г. Поверхностный химический сток на территории Казахстана / В. Г. Вампилов, И. С. Желваков, М. И. Ковин, Ж. С. Сыдыков // Вестник АН Каз ССР. – 1975. – № 1. – С. 16-24.

129. Степанова, К. М. Вещества, сбрасываемые водой рек Амударьи и Сырдарьи в Аральское море / К. М. Степанова // Докл. АН УзбССР. – 1948. – № 2. – С. 47-58.

130. Соловьева, Н. Ф. Солевой и биогенный сток р. Сырдарьи / Н. Ф. Соловьева // Тр. лаборатории озероведения. – М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1959. – Т. 8. – С. 84-111.

131. Алекин, О. А. Методы расчета ионного стока / О. А. Алекин, Л. В. Бражникова // Гидрохимические материалы. – 1963. – Т. 35. – С. 135-148.

132. Алекин, О. А. Сток растворенных веществ с территории СССР / О. А. Алекин, Л. В. Бражникова. – М.: Наука, 1964. – 143 с.

133. Никаноров, А. М. Вынос минеральных компонентов стоком рек Амударьи и Сырдарьи / А. М. Никаноров, В. И. Коренева, Е. С. Павленко // Мониторинг природной среды в бассейне Аральского моря. – СПб: Гидрометеиздат, 1991. – С. 58-66.

134. Амиргалиев, Н. А. Гидрохимия и качество водной среды водоемов бассейна Аральского моря в условиях его экологической деградации / Н. А. Амиргалиев, Н. Елибаев. – Алматы, 1995. – 71 с. Деп. КазГосИНТИ 5.09.95, №6351-Ка95.

135. Амиргалиев, Н. А. Арало-Сырдарьинский бассейн: гидрохимия, проблемы водной токсикологии / Н. А. Амиргалиев. – Алматы: Бастау, 2007. – 223 с.
136. Ежедневный гидрологический бюллетень. РГП Казгидромет. Филиал по г. Алматы. – Алматы, 2015.
137. Воробьев, А. Е. Ионный сток рек Южного Кыргызстана / А. Е. Воробьев, Д. К. Тиленова // Научно-технический производственный журнал «Горный вестник Узбекистана». – 2010. – №3. – С. 120-123.
138. [Электронный ресурс] – Чодураев, Т. М. Охрана и рациональное использование водных ресурсов Кыргызстана / Т. М. Чодураев, К. О. Молдошев. Режим доступа: journals.manas.edu.kg/reforma/oldarchives/2002-1-13/10_805-3458-1-PB.pdf
139. Амиргалиев, Н. А. Особенности изменения ионного стока р. Сырдарьи в условиях усиления антропогенных воздействий в бассейне / Н. А. Амиргалиев // Материалы Межд. симпозиума «Современные проблемы экологически чистых технологий и материалов». – Алматы, 1996. – С. 13-14.
140. Программа развития малых городов Алматинской области.
141. Схема комплексного использования и охраны водных ресурсов бассейна реки Или с притоками: сводная записка Том III. Книга 3. // Комитет по водным ресурсам МСХ РК. Производственный кооператив «Институт Казгипроводхоз». – Алматы, 2008. – 78 с.
142. Региональная программа устойчивого развития агропромышленного комплекса Алматинской области на 2006-2010 годы, Талдыкорган, 2006 г.
143. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 541 с.
144. МУ 08-47/008 «Методика количественного химического анализа проб природных, питьевых технологически чистых и очищенных сточных вод на содержание цинка, кадмия, свинца и меди методом инверсионной вольтамперметрии». – Томск, 2002.

145. ГОСТ 17.1.3.08-82 Охрана природы. Гидросфера. Правила контроля качества морских вод.
146. ГОСТ 27384-2002 Вода. Нормы погрешности измерений показателей состава и свойств.
147. ГОСТ 18826-73 Вода питьевая. Методы измерения массовой концентрации нитратов.
148. Руководство по контролю загрязнения атмосферы. РД 52.04.186-89. Часть III (действует с 01.07.1991). – М.: Госкомгидромет, 1991. – 124 с.
149. Сборник санитарно-гигиенических нормативов и методов контроля вредных веществ в объектах окружающей среды. – М., 1991.
150. Обобщенный перечень ПДК и ориентировочно безопасных уровней воздействий (ОБВУ) вредных веществ для воды рыбохозяйственных водоемов. – М., 1990.
151. Гигиенические нормативы содержания пестицидов в объектах окружающей среды (перечень); 1.1.546-96 (6.02.001.97 РК) / Утв. гл. Гос. Врачом РК Дурумбетовым Е. Е. от 15.12.97 г. № 11. – Алматы, 1997. – 36 с.
152. Медико-биологические требования и санитарные нормы качества продовольственного сырья и пищевых продуктов. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 79 с.
153. Санитарно-гигиенические нормы: «Максимально-допустимые уровни содержания пестицидов в пищевых продуктах и методы их определения» СанПиН 42-123-4540-87. – М.: 1987. – 110 с.
154. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. СанПиН 2.3.2 1078-01» Утв. гл. гос. сан. врачом РФ. – М.: 2001. – 31 с.
155. Курляндский, Б. А. Стратегические подходы к обеспечению безопасности производства и использования химических веществ для здоровья человека / Б. А. Курляндский // Российский химический журнал. – 2004. – Т. XLVIII, № 2. – С. 8-15.

156. Черных, Н. А. Экологический мониторинг токсикантов в биосфере: монография / Н. А. Черных, С. Н. Сидоренко. – М.: Изд-во РУДН, 2003. – 430 с.
157. Бессонов, Н. М. Рыбохозяйственная гидрохимия / Н. М. Бессонов, Ю. А. Привезенцев. – М.: Агропромиздат, 1987. – 159 с.
158. Алекин, О. А. Основы гидрохимии / О. А. Алекин. – Л., 1970. – 120 с.
159. Лопарева, Т. Я. Гидрохимия Вячеславского, Сергеевского водохранилищ и питающей их р. Ишим: автореф. дисс. ... канд. геогр. наук / Т. Я. Лопарева. – Ростов на Дону, 1979. – 19 с.
160. Амиргалиев, Н. А. Накопление тяжелых металлов в донных отложениях Капшагайского водохранилища на реке Иле / Н. А. Амиргалиев, Л. Т. Исмуханова // Международная научно-практическая конференция «Водные ресурсы Центральной Азии и их использование», посв. подведению итогов объявленного ООН десятилетия «Вода для жизни», 22-24 сентября, 2016 г. Алматы, Казахстан. – Алматы, 2016. – Кн.1. – С. 235-239.
161. Перельман, А. И. Миграционные ряды элементов в коре выветривания / А. И. Перельман, С. Г. Батулин // В кн.: Кора выветривания. – М.: Изд-во АН СССР, 1962. – Вып. 4. – 288 с.
162. Перельман, А. И. Геохимия ландшафта / А. И. Перельман. – М.: Высшая школа, 1975. – 341 с.
163. Будников, Г. К. Тяжелые металлы в экологическом мониторинге водных систем / Г. К. Будников // Соровский образовательный журнал. – 1998. – № 5. – С. 23-29.
164. Прохорова, Н. В. Тяжелые металлы в почвах и растениях в условиях техногенеза / Н. В. Прохорова, Н. М. Матвеев // Вестник СамГУ. Спец. выпуск. – 1996. – С. 125-147.
165. MacDonald, D. D. Development and evaluation of consensus-based quality guidenlines for freshwater ecosystem / D. D. MacDonald, C. G. Ingersol, T. A. Berger // Arch. Environ. Contam. Toxicol. – 2000. – V. 39. – P. 20.
166. Guchte, C. Ecological risk assessment of polluted sediments / C. Guchte // European Warwe Pollution Control. – 1995. – V. 5, № 5. – P. 16-24.

167. Виноградов, А. П. Редкие и рассеянные элементы в почвах / А. П. Виноградов. – М.: Изд-во АН СССР, 1957. – 237 с.

168. Селиванова, Д. А. Пространственное распределение тяжелых металлов в донных отложениях приполярного и северного Урала (в пределах ХМАО-Югры) / Д. А. Селиванова // Вестник Тюменского государственного университета. Науки о Земле. – 2014. – № 4. – С. 49-58.

169. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. Санитарные правила и нормы СанПиН № 4.01.01.03 (Утв. 11.06.2003 г. № 447). – Алматы, 2006. – 322 с.

170. Галатова, Е. А. Особенности накопления и распределения тяжелых металлов в системе вода-донные отложения-гидробионты: на примере реки Уй / Е. А. Галатова: диссертация на соискание кандидата биологических наук ВАК 03.00.16. – Троицк, 2007. – 191 с.

171. Трапезников, А. В. Радиоэкология пресноводных экосистем (на примере Уральского региона): автореф. дис.... докт. биол. наук / А. В. Трапезников. – Екатеринбург, 2001. – 48 с.

172. Уразаев, Н. А. Сельскохозяйственная экология / Н. А. Уразаев, А. А. Вакулин, А. В. Никитин. – М.: Колос, 2000. – С. 267-268.