



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра Геоэкологии, природопользования и экологической безопасности

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**  
**магистерская диссертация**

На тему: «Экологические проблемы Айдар-Арнасайской системы озёр  
Республики Узбекистан и возможные пути их решения»

Исполнитель: Мухаметзянова Альбина Маратовна  
(фамилия, имя, отчество)

Научный руководитель: кандидат географических наук, доцент  
(ученая степень, ученое звание)  
Дроздов Владимир Владимирович  
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»  
Заведующий кафедрой

(подпись)

Кандидат географических наук, доцент  
(ученая степень, ученое звание)  
Дроздов Владимир Владимирович  
(фамилия, имя, отчество)

«    » июня 2023 г.

Санкт-Петербург  
2023

## СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

ВВЕДЕНИЕ .....	3
1. Исторические сведения о возникновении и развитии Айдар-Арнасайской системы озер .....	5
2. Климатическая характеристика района расположения Айдар-Арнасайской системы озер.....	16
3. Гидрологический режим и сток коллекторов, впадающих в озеро Тузкан Айдар-Арнасайской системы озер .....	18
4. Режим минерализации коллекторов и поступление солей в Айдар-Арнасайскую систему озер.....	24
5. Изменение уровня режима Айдар-Арнасайской системы озер.....	36
5.1 Характеристика изменения многолетнего уровня режима Айдар-Арнасайской системы озер .....	36
5.2 Характеристика изменения внутригодового режима Айдар-Арнасайской системы озер.....	42
6. Определение качественных характеристик компонентов экосистемы Айдар-Арнасайской системы озер.....	52
6.1 Приборы и оборудование, используемые при проведении оценки качества компонентов Айдар-Арнасайской системы озер.....	53
6.2 Основные показатели качества, определяемые в компонентах экосистемы ААСО.....	56
6.3 Данные по качеству воды озера Тузкан в зоне впадения коллекторов ЦГК, Акбулака и реки Клы.....	62
6.4 Донные отложения – важный компонент экосистемы водного объекта .....	67
6.5 Результаты определения пестицидов в донных отложениях озера Тузкан в зоне впадения коллекторов.....	75
7. Практические рекомендации.....	78
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	80
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	85

## ВВЕДЕНИЕ

Развитие орошаемого земледелия в Узбекистане и создание разветвленной ирригационной сети в значительной степени изменили водные ресурсы бассейна Аральского моря и качество вод. В конце 20-го века практически исчезло большинство ранее существовавших пресных озер в поймах и дельтах Амударьи и Сырдарьи. Вместе с тем по периферии орошаемых массивов стали возникать солоноватые ирригационно-сбросовые озера, питаемые коллекторно-дренажными и сбросными водами.

Экологические проблемы возникают в связи с образованием больших объемов этих вод, которые несут различные почвенные соли, вымываемые с сельхозугодий, а также загрязняющие вещества, в том числе и тяжелые металлы.

Одним из крупнейших водоемов подобного типа в Узбекистане является бессточная Айдар-Арнасайская система озер (ААСО), имеющая важное народнохозяйственное значение, площадь которой составляет около 3200 км<sup>2</sup>, а объем превышает 34 км<sup>3</sup>. Основное питание этого водоема осуществляется по основным коллекторам с прилегающей к водоему орошаемой территории и сбросами Сырдарьинских вод из Чардаринского водохранилища.

Многие годы Арнасайские озера являлись основной базой развития рыбного хозяйства Республики. Однако снижение уровня воды и рост минерализации подрывает рыбопродуктивность водоема. Минерализация воды в настоящее время приблизилась к критическим значениям для развития рыбоводства, что является экологической проблемой для эффективного использования водоема.

Лимитирующим показателем для использования подобных водоемов в народнохозяйственной деятельности является качество воды. Постоянный сброс в них коллекторно-дренажных вод, стоков с сельхозугодий способствует увеличению степени ее химического и бактериального загрязнения.

Необходимость поддержания экологического состояния ААСО определяется также обязательствами Узбекистана по выполнению Рамсарской Конвенции после включения в 2008 году ААСО в список водоемов Конвенции по сохранению и поддержанию водно-болотных угодий. Статья 3 данной Конвенции обязует всех участников предоставлять информацию о любых изменениях экологического состояния водоема.

**Целью работы** является оценка степени и характера влияния природных и антропогенных процессов на экологическое состояние Айдар-Арнасайской системы озер (ААСО) и обоснование практических рекомендаций по обеспечению экологической безопасности региона.

**Основными задачами исследования являются следующие:**

- изучение исторических сведений о развитии Айдар-Арнасайской системы озер;
- изучение роли и оценка влияния естественных и антропогенных факторов в формировании гидролого-гидрохимического режима водоемов Айдар-Арнасайской системы озер;
- проведение анализа многолетнего и годового гидрологического режима ААСО;
- изучение изменения минерализации воды коллекторов и поступления солей в ААСО;
- изучение данных по качеству компонентов водной системы ААСО;
- обоснование практических рекомендаций по обеспечению экологической безопасности и рациональному природопользованию.

**Научная новизна заключается в следующем:**

проведении комплексной оценки гидрологического и гидрохимического режимов, их количественных характеристик для разработки возможных способов стабилизации экологического состояния ирригационно-сбросовых озер на территории Республик Узбекистан.

## **1 Исторические сведения о возникновении и развитии Айдар-Арнасайской системы озер**

Озера являются важнейшим компонентом природной среды региона, обеспечивающим устойчивое социально-экономическое развитие, сохранение биоразнообразия и противостоящим опустыниванию.

Айдар-Арнасайская система озер одно из молодых образований в Средней Азии (рисунок 1.1). В 2005 году оно достигло площади 3702 км<sup>2</sup> и стало 40 по площади озером планеты, 9 в Азии и крупнейшим в Узбекистане. Это ставит большие задачи по более рациональному использованию её водных ресурсов и необходимости поддержания благоприятных гидроэкологических условий на водоеме.

Арнасайские озера расположены в среднем течении реки Сырдарья, юго-западнее Чардаринского водохранилища, на стыке Голодностепского плато с пустыней Кызылкум, на территории Джизакского и Навоийского вилоятов Республики Узбекистан. Котловина наиболее крупного, из входящих в озерную систему, озера Айдаркуль простирается в восточном и юго-восточном направлении вдоль предгорной части Нуратинского хребта более чем на 130 км, переходя затем в котловину озера Тузкан. С юга она ограничена Фаришской степью, которая представляет собой предгорную равнину северных склонов хребта Нуратау и его отрогов. Северо-западной границей Арнасайской впадины являются пески Кызылкум, с востока располагается Голодностепское плато [17]. Согласно географических карт высотные отметки Арнасайского понижения колеблются в пределах 212,9-250,0 м. и более. От Чардаринского водохранилища в юго-западном направлении к ним примыкает цепочка Восточно-Арнасайских озер, протянувшихся почти на 60 км и собирающих воду основных коллекторов Голодной степи (рисунок 1.1).

Эта водная система в своем развитии прошла ряд периодов, особенности которых определялись направлением и уровнем хозяйственной деятельности на их водосборе [17].

До начала освоения Голодной степи только котловина озера Тузкан, подпитываемая рекой Клы, ежегодно заполнялась водой. Дно огромного Айдар-Арнасайского понижения занимали высохшие солончаки и шоры. По сведениям, относящимся к 1885 году, озеро Тузкан ежегодного пересыхало, в 20-е годы XX столетия озеро разливалось в весенний период до 100 км и сокращало свои размеры к осени до 10 км. С его дна производилась добыча соли. Начиная с 1957 года, за счет возрастающего подпитывания озера, садка и добыча соли на озере прекратились [3, 17].

Основные изменения в режиме озер связаны с развитием орошаемого земледелия. Строительство Центрального Голодностепского коллектора (ЦГК) (1957 год), перебросившего воду из Сардобинского понижения в Восточный Арнасай, дало начало постоянному подпитыванию озер и по условиям питания трансформировало их из степных эфемеров в ирригационно-сбросовые [17].

Во время строительства Чардаринского водохранилища и увеличения его емкости был возведен Арнасайский гидроузел, отделяющий водохранилище от Арнасайского понижения. Проектным заданием был предусмотрен сброс воды через гидроузел с пропускной способностью 2100 м<sup>3</sup>/с при катастрофических паводках на реке Сырдарье. Это сделало возможным регулирование режима озер в весьма широких пределах, что дало начало новому этапу в их режиме. Увеличение коллекторно-дренажного притока и пробные сбросы из водохранилища привели к тому, что во второй половине 60-х годов XX века Восточно-Арнасайские озера стали проточными, сбрасывающими избыток дренажных вод в Айдарскую котловину. К этому времени общая площадь водоемов, вошедших впоследствии в озерную систему, составила, по нашим данным, 110 км<sup>2</sup>, а их объем - 300 млн.м<sup>3</sup> [6, 17].

В 1969 году при срезке пика катастрофического половодья на реке Сырдарье из Чардаринского водохранилища в Арнасайское понижение было сброшено более 21 км<sup>3</sup> воды [3]. При этом произошла перестройка гидрографической сети Восточно-Арнасайских озер, заполнение котловины

озера Айдар, которое после прорыва перемычки соединилось с озером Тузкан, образовав единую озерную систему площадью около 2400 км<sup>2</sup> [6, 17].

Озеро Тузкан представляет собой достаточно крупный (320 км<sup>2</sup>) мелководный водоем, несколько вытянутый в юго-восточном направлении. Главная ось водоема делит озеро на две части: южную, выходящую к горам Писталитау, занятую относительно слабо расчлененными плесами, и северную - островную зону. Большинство островов имеют юго-западную ориентацию. Это направление является доминирующим также для межостровных ложбин и большого количества шоров, расположенных в северо-восточной периферии озера. Больше половины затопленной в 1969 году территории в районе озера Тузкан занимали солончаки и шоры с выровненной поверхностью. Максимальные глубины приурочивались к центру озера и изменялись от 11 м в 1970 году до 7 м. - в 1978 году. Наиболее сложный рельеф дна - в островной зоне, где наряду с островами, встречается большое количество затопленных возвышенностей и замкнутых котловин с перепадом глубин в 2-5 м. В этой зоне одинаково часто встречаются как пологие берега с широкой отмелью, так и крутые с уклонами в 20-30°.

Озеро Айдаркуль - наиболее крупное из входящих в озерную систему. Котловина озера представляет собой плоскую впадину, выделяющуюся на фоне бугристо-грядового рельефа прилегающей пустыни Кызылкум и как бы разделенную на две относительно равные части - восточную и западную, на границе которых ширина озера не превышала 5 км.

Длина озера при отметке 237 м - 128 км. Максимальная ширина восточной части - 12 км, западной - 9 км. Максимальная глубина отмечается в центрах обоих плесов и составляет для восточного -18 м и для западного 24,1 м. Отличительной чертой большей части береговой линии является сложное сочетание островов, мысов, заливов и замкнутых озерков, имеющих временную связь с основным плесом. Ширина этой зоны варьирует на различных участках от 1 до 5 км, создавая своеобразные морфометрические черты прибрежной зоны озера [17].



Рисунок 1.1 - Айдар-Арнасайская система озер

Северо-восточный берег так же, как и у озера Тузкан значительно изрезан крупными плесами. Отдельные заливы северо-восточной ориентации достигают длины 10-15 км и являются, по большей части, затопленными солончаками.

Система Восточно-Арнасайских озер расположена выше бессточных котловин озер Тузкан и Айдаркуль и имеет перепад высот на участке от Чардаринского водохранилища до впадения в озеро Айдаркуль около 8 м. Основные изменения в гидрографической сети произошли в 1969 году, когда во время попусков из Чардаринского водохранилища, доходивших до 2000 м<sup>3</sup>/с, произошел прорыв части перемычек, вызвавший объединение большей части озер и врез русел основных протоков. Аналогичные изменения происходили и в 1993-2001 годах при возобновлении сбросов из Чардаринского водохранилища. В это время Восточно-Арнасайские озера представляли собой цепочку водоемов, соединенных протоками, по которым осуществлялось поступление основного объема коллекторно-дренажных вод, сформировавшихся в Голодной степи, в озеро Айдаркуль. Ниже впадения Центрального Голодностепского коллектора (ЦГК) сток осуществлялся по единой протоке, шириной 50-250 м и с уклоном 20 ‰ [17].

Возникший водоем характеризовался высокой биологической продуктивностью. Минерализация воды колебалась от 2 до 4 г/дм<sup>3</sup>. Озера стали использоваться как рыбохозяйственный водоем.

Попуски осуществлялись также в марте-апреле 1971 и 1972 годов, 400 и 580 млн. м<sup>3</sup> соответственно. В последующие годы, при отсутствии сбросов, происходило постоянное сокращение озер.

Трансгрессивная фаза развития озер 1969 года сменилась длительной регрессивной фазой. В этой фазе наблюдалось сокращение объема и площади озер, шло прогрессирующее увеличение их солености.

Для сохранения экологической устойчивости были предприняты меры по стабилизации возрастающей минерализации водных масс. Между озерами Айдаркуль и Тузкан была построена дамба, снабженная регулируемым

водовыпуском. Тем самым удалось изменить структуру водного баланса озера Тузкан. Путем подъема уровня воды в озере и сброса через водовыпуски в озеро Айдаркуль части минерализованных вод достигли стабилизации солевого баланса в озере Тузкан.

В озере Айдаркуль продолжался рост минерализации воды, ее значения к концу 80-х годов достигли 10-14 г/л.

Постепенное увеличение орошаемых площадей на территории Голодной и Джизакской степей во второй половине 80 годов привело к увеличению объемов коллекторно-дренажного стока и постепенному подъему уровня воды в системе озер, к началу 90-х годов он уже находился на отметке около 237 м.абс.

Новое трансгрессивное развитие водоема началось с 1993 года, с возобновлением попусков воды из Чардаринского водохранилища.

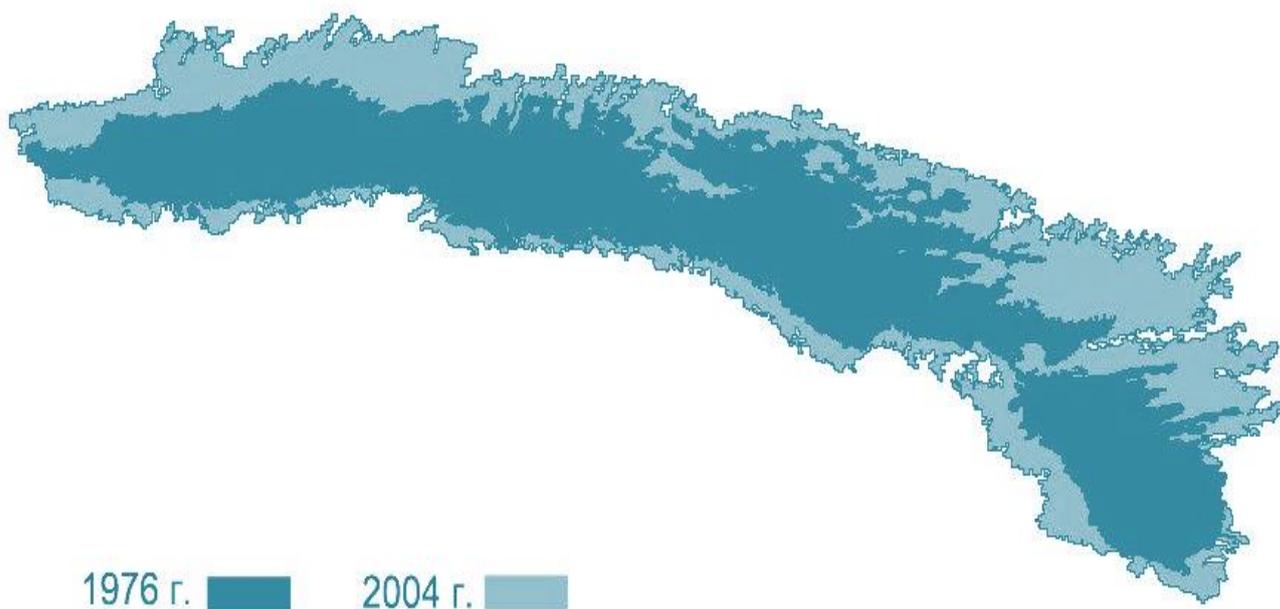
В результате перехода эксплуатации Токтогульского водохранилища на энергетический режим изменились гидрологические условия среднего течения реки Сырдарья, что повлияло на особенности эксплуатации каскада водохранилищ.

Ранее наполнение водохранилищ и повышенный приток в зимние месяцы, а также недостаточная пропускная способность русла Сырдарьи в ее нижнем течении стали причиной возобновления регулярных сбросов из Чардаринского водохранилища в Айдар-Арнасайскую систему озер [17].

За период с 1993 по 2005 год в Арнасайскую систему озер поступил огромный объем пресных Сырдарьинских вод, уровень воды поднялся более чем на 10 м, что вызвало существенные изменения его морфометрических характеристик. В сравнение с 1969 годом площадь затопленных земель составила 1597 км<sup>2</sup>. Площадь водоема возросла до 3702 км<sup>2</sup>, а объем заключенных в нем вод оценивался в 44,17 км<sup>3</sup>.

Приращение площадей происходило по всему периметру водоема. Наиболее значительным оно было по северному, северо-восточному и восточному берегам озерной системы. Сократились, либо полностью исчезли

под водой сильно вдающиеся мысы в центральной части северного берега Айдаракуля. Часть из них, отшнуровавшись от берега, образовала группы разных по величине островов. В свою очередь, чередование сильно вдающихся мысов и заливов стало характерным для северо-восточной и восточной части озерной системы. Сравнительные контуры береговой линии за 1976 и 2006 годы отображены на рисунке 1.2 [17].



**Рисунок 1.2** – Изменение площади ААСО с 1976 по 2004 годы

На протяжении 13 лет продолжался рост уровня воды в Айдар-Арнасайской системе озер.

Попуски пресной воды из Чардаринского водохранилища сильно варьировали год от года, изменяясь от 0,3 до 9 км<sup>3</sup>. В этот период наблюдалась наибольшая внутригодовая амплитуда колебания уровня воды 0,74-3,21 м. Это приводило к большим практическим трудностям в регулировании режима системы озер.

Значительная перестройка гидрографической сети произошла и в недалеком прошлом. В 2001 году в восточной части Арнасайского понижения начались крупномасштабные водохозяйственные мероприятия [17].

Для аккумуляции части зимне-весенних сбросов из Чардаринского водохранилища и дальнейшего их использования в увеличении водообеспеченности орошаемых массивов части Голодной степи приступили к строительству Верхне-Арнасайского водохранилища.

В 2005 году Верхне-Арнасайское водохранилище выведено на нормальный эксплуатационный режим.

Под чашу водохранилища используется большая часть цепочки Восточно-Арнасайских озер, протянувшихся от Чардаринского водохранилища до озера Айдаркуль и собирающих воду основных коллекторов Голодной степи. В целях улучшения качества поливной воды проектным заданием была предусмотрена переориентация стока коллекторов с Верхне-Арнасайских озер в озеро Тузкан.

Увеличение используемой емкости водохранилища достигалось путем перекрытия пониженных участков местности 24-мя земляными дамбами и тремя плотинными узлами. Плотинные узлы № 1 и № 2 снабжены донными и саморегулирующимися водовыпусками (рисунок 1.3) [17].



**Рисунок 1.3** – Саморегулируемый и донный водовыпуск плотинного узла №2

Водохранилище мелководно. Максимальные глубины приурочены к плотинному узлу № 2 и составляют 10 м, средняя глубина 4,3м. Регулирующаяся сработка водохранилища – 4 м (245,0 – 249,0 м.). Расчетный

катастрофический подпертый уровень – 251,8 м.абс. Полная амплитуда колебания уровня – 5,8 м. Береговая линия достаточно изрезана с большим количеством прибрежных островов.

Забор воды из водохранилища на народнохозяйственные нужды осуществляется отводящим каналом пропускной способностью в 40 м<sup>3</sup>/с, на котором для подъема воды расположены две крупные насосные установки [17].

Начиная с 2006 года, попуски воды из Чардаринского водохранилища сократились и Айдар-Арнасайская система озер вступила в новую фазу регрессивного развития.

К 1 января 2022 года уровень воды в ААСО понизился на 3,12 метра, от максимальных отметок уровня воды 2005 года и достиг отметки 244,30 м.абс. При этом горизонте воды площадь водоема составляет 3147 км<sup>2</sup>, а объем – 33,60 км<sup>3</sup>.

Наряду с многолетними изменениями уровня воды в Айдар-Арнасайской системе озер происходят и внутригодовые его колебания.

В регрессивный период падения уровня внутригодовая амплитуда колебания уровня воды уменьшилась до 0,56-1,17 м.

Изменение уровня внутри года связано с перераспределением приходно-расходных компонентов водного баланса бессточных территорий аридной зоны.

Наполнение водоема происходит в зимне-весенние месяцы и имеет максимальное значение весной вследствие аккумуляции сбросных и возвратных вод, талого стока и атмосферных осадков. В летние месяцы в водном балансе начинает превалировать испарение с водной поверхности, и в режиме уровня отмечается падение вплоть до конца осенних месяцев, когда испарение резко сокращается и водный баланс стабилизируется.

Берега озер почти всюду террасированы. Формированию террас способствовали как легко размываемые песчаные берега, так и особенности уровня режима, при котором наряду с падением уровня в летне-осенний

период, отмечается непродолжительное осеннее стояние и подъем его в зимне-весенний период.

Берега всех водоемов зарастают растительностью. На озерах встречается большой диапазон растений – от влаголюбивых (тростник, рогоз), произрастающих на урезе, до пустынных солончаковых ассоциаций. Интенсивное переформирование песчаных берегов требует постоянной корректировки морфологических характеристик (рисунок 1.4) [17].



**Рисунок 1.4** – Переформирование берегов на озерной системе

Негативные последствия проявляются при падении уровня воды, оголяются тысячи гектаров земель, трудно поддающихся рекультивации, которые становятся источником солепылепереноса на окультуренные земли прилегающих к озеру областей, с отрицательными последствиями для экономики и населения.

Снижение уровня воды приводит к неуклонному росту минерализации воды Арнасайской системы озер, что в дальнейшем может привести к непригодности их использования в любых сферах народного хозяйства.

Современное гидрологическое и экологическое состояние Айдар-Арнасайской озерной системы остается нестабильным.

На территории Республики Узбекистан образовалась определенная экосистема с соответствующими условиями и требованиями по ее сохранению.

В конце 2008 года Айдар-Арнасайская система озер и прилегающая к ней территория включены в Рамсарский список водно-болотных угодий, и придан данной территории статус международного значения, что определяет необходимость контроля экологического состояния данной водной системы.

## **2 Климатическая характеристика района расположения Айдар-Арнасайской системы озер**

Район Айдар-Арнасайской системы озер, составляющий небольшую территорию, представляет довольно однородную по климатическому режиму область. Относительно небольшая протяженность всей озерной системы (100 км по широте и до 250 км по долготе) приводит к тому, что основные синоптические процессы охватывают сразу всю площадь рассматриваемого региона. Ход метеорологических элементов на различных станциях, расположенных в пределах рассматриваемой территории, идентичен. Только при некоторых синоптических процессах наблюдается запаздывание прохождения воздушной массы на 1-2 дня. Основные различия в климатические условия района вносит неоднородность подстилающей поверхности, которая представлена здесь песками, солончаками, сельскохозяйственными угодьями и водной поверхностью. Освоение территории, связанное с искусственным орошением, посадкой культурной растительности изменяет метеорологический режим, но эти изменения касаются, в основном, только приземного слоя и относятся к категории микроклиматических. Общий же характер климата по территории остается однородным.

Средняя многолетняя продолжительность солнечного сияния за год составляет 2889 часов. В летний период число ясных дней достигает 26-29 за месяц, продолжительность солнечного сияния 360-395 часов.

На Айдар-Арнасайской озерной системе характерны ветры западно-северо-западной ориентации. На их долю приходится 42% всех случаев за безледоставный период. Снижение интенсивности ветра этого направления происходит весной и осенью. Для зимних месяцев преобладающим является северо-восточное направление ветра. Максимальная скорость ветра может достигать 28-30 м/с. Повторяемость ветра с такой скоростью не превышает 0,4%.

Основной объем осадков отмечается в зимне-весенний период. Летом количество осадков минимальное или полностью отсутствует. На прилегающей территории снежный покров неустойчив, устанавливается в начале января, держится до середины февраля. Годовые суммы осадков колеблются от 463 (1969 г.) до 130 мм. (1971 г.).

### **3 Гидрологический режим и сток коллекторов, впадающих в озеро Тузкан Айдар-Арнасайской системы озер**

Коллекторно-дренажные системы являются неотъемлемой частью оросительных систем и вместе с оросительной сетью представляют единый взаимосвязанный комплекс гидромелиоративных сооружений для осуществления водообеспеченности и регулирования в почве оптимального водного, питательного и солевого режимов.

Сток коллекторных вод в Айдар-Арнасайскую систему озер осуществляется из Джизакского и Сырдарьинского вилоятов Республики Узбекистан, и Шимкентской области Республики Казахстан. Общая протяженность коллекторно-дренажной сети превышает 2500 км.

Гидрографическая сеть водосбора представлена магистральными, межрайонными каналами и коллекторами. Наиболее крупные коллекторы – Центрально-Голодногостепский коллектор (ЦГК), Акбуллак, река Клы и Пограничный, кроме того, в южной и юго-восточных частях располагаются коллекторы с меньшими расходами - ЦК-9, ЦК-11, АРК-1. Сток коллекторов формируется за счет подземной и поверхностной составляющей.

С 2002 года, в результате строительства Верхне-Арнасайского водохранилища встал вопрос об отводе минерализованных коллекторных вод от вновь созданного водохранилища. В связи с этим, началась реконструкция коллекторно-дренажной сети и отвода ее вод в озеро Тузкан по созданному участку русла ЦГК.

Информация о коллекторном стоке (среднемесячные расходы воды) приводится по данным Управления Мелиорации Министерства водного хозяйства Республики Узбекистан.

Выбор данных о расходах воды производился по замыкающим створам, расположенным на этих водотоках.

По полученным среднемесячным расходам воды исследуемых водотоков произведен расчет и получены объемные величины месячного и годового стока.

Расчет месячных объемов стока производился путем умножения среднего месячного расхода воды на количество секунд в этом месяце. Годовой сток получен путем сложения месячных объемов стока.

В динамике стока коллекторов в имеющемся ряде данных прослеживается многолетняя цикличность и выделяется несколько характерных отрезков лет в колебаниях стока (рисунок 3.1). Каждый цикл состоит из периода увеличения и периода уменьшения стока. На стыке циклов наблюдаются года с наименьшим стоком, а на стыке периодов - с наибольшим стоком. Продолжительность и амплитуда среднегодовых расходов в циклах различна. Отличается продолжительность периодов увеличения и уменьшения расходов в циклах.

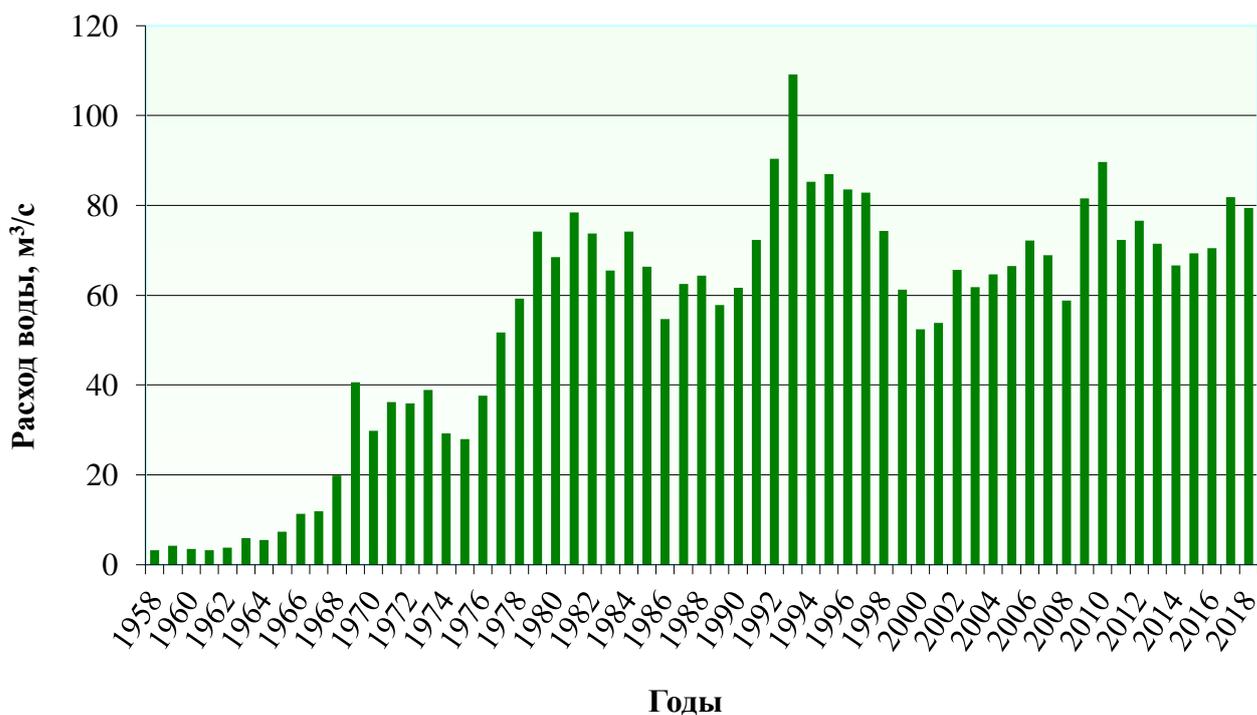
В начальный период освоения Голодной степи (1958-1965 гг.) коллекторный сток характеризовался малыми значениями расходов воды и колебался в пределах 3,2-7,3 м<sup>3</sup>/с. Годовой сток при таких среднегодовых расходах составлял 100,9-230,2 млн.м<sup>3</sup>.

К первому выделенному циклу, отнесен отрезок времени продолжавшийся с 1966 по 1975 годы.

Начиная с 1966 года, по мере увеличения освоения новых площадей происходило увеличение коллекторного стока, который в 1971-1973 годах достиг средних годовых значений в 35-38 м<sup>3</sup>/с, что соответствует объему стока в 1140-1277 млн.м<sup>3</sup>. С 1973 года среднегодовые расходы снижались, достигнув в 1975 году значений в 27,9 м<sup>3</sup>/с.

Второй цикл продолжался с 1976 по 1986 год. Период увеличения стока в этом цикле характеризовался резким ростом расходов воды год от года, достигнув в 1981 году максимальных значений в 78 м<sup>3</sup>/с, а сток в этот год составил 2474 млн.м<sup>3</sup>.

С 1981 по 1986 год наблюдался период уменьшения среднегодовых расходов, на фоне межгодовых колебаний стока. В 1986 году значения расходов уменьшились до 54 м<sup>3</sup>/с (1724 млн.м<sup>3</sup>).



**Рисунок 3.1** – Многолетние изменения суммы среднегодовых расходов коллекторов, поступающих в Айдар-Арнасайскую систему озер

Третий цикл, более продолжительный по времени длился с 1986 по 2001 год. Период увеличения стока продолжался до достижения в 1993 году максимальных значений в этом цикле. Суммарный сток коллекторов в этом году составил 3441 млн.м<sup>3</sup>, при среднегодовом расходе в 109 м<sup>3</sup>/с. С 1994 по 2000 год наблюдался период уменьшения суммарного стока коллекторов.

Средний годовой сток этого цикла составил 2353 млн.м<sup>3</sup>. Следует отметить, что максимальные величины стока в этом цикле, являются наибольшими за все годы наблюдений.

Следующий, четвертый цикл продолжался с 2002 по 2014 год. Так же, как и в предшествующих циклах, в нем четко определяется период подъема и спада стока.

Период увеличения стока характеризовался небольшими межгодовыми колебаниями стока. В этом периоде из общего хода стока выпадает 2008 год, в котором наблюдалось резкое снижение стока. Уменьшение коллекторного стока в этот год было вызвано маловодьем на реке Сырдарье.

Закончился период увеличения стока в 2010 году, с достижением максимального стока цикла. Среднегодовой суммарный расход коллекторов в этом году достиг значений в  $89,7 \text{ м}^3/\text{с}$ , а сток составил  $2828 \text{ млн. м}^3$ .

Период уменьшения стока продолжался по 2014 год. Среднегодовые расходы в этом году снизились до значений в  $66,7 \text{ м}^3/\text{с}$ .

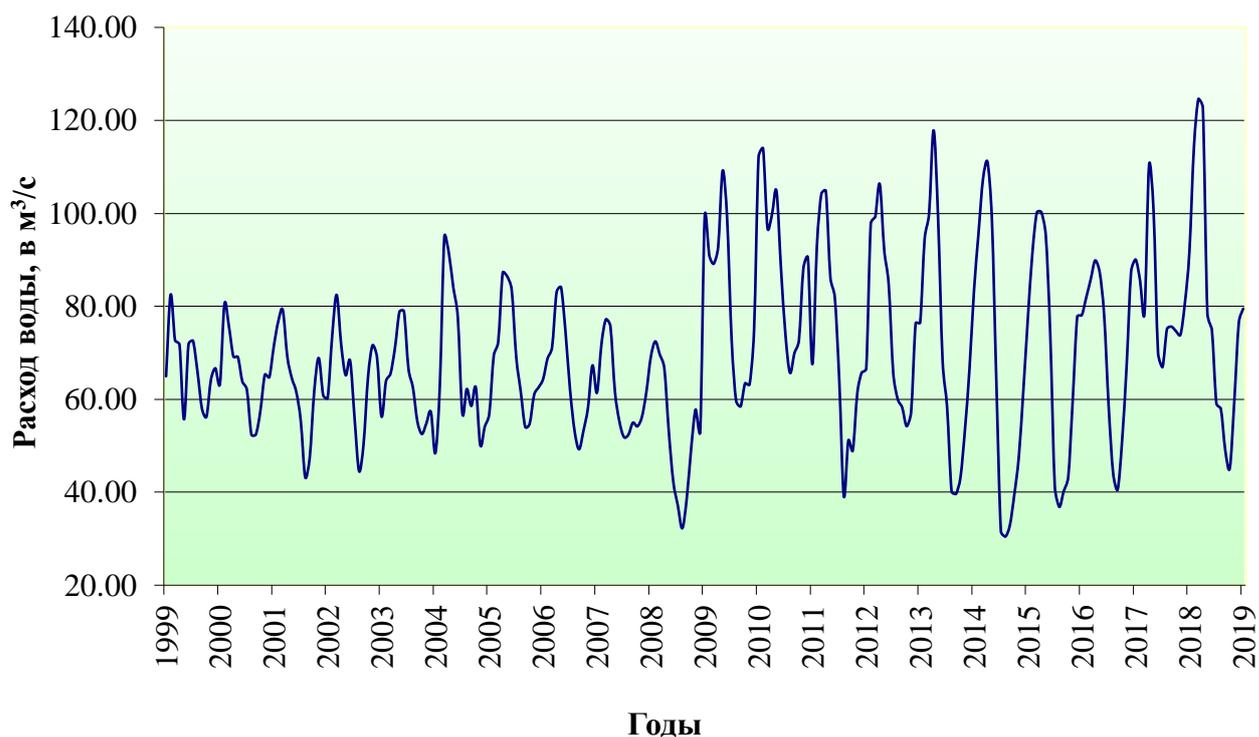
Среднегодовой сток в четвертом цикле составил  $2224 \text{ млн. м}^3$ .

Судя по возобновившейся тенденции увеличения среднегодовых расходов в 2015 году, начался новый цикл в многолетнем ходе коллекторного стока. В последние три года наблюдается плавный рост стока коллекторов, поступающих в озерную систему. Так, в 2016 году среднегодовой расход суммы коллекторов, впадающих в озерную систему, составил  $70,8 \text{ м}^3/\text{с}$ , а в 2017 году увеличился до  $81,9 \text{ м}^3/\text{с}$ , что в объемах составляет  $2220$  и  $2580 \text{ млн. м}^3$  соответственно. В 2018 году среднегодовой расход суммы коллекторов оказался несколько ниже предшествующего года и был равен  $79,5 \text{ м}^3/\text{с}$ , а сток составил  $2499,48 \text{ млн. м}^3$ .

Наряду с многолетними изменениями годовых величин стока, коллекторный сток подвержен значительным внутригодовым колебаниям (рисунок 3.2).

Из хода многолетних среднемесячных расходов воды следует, что внутригодовое распределение стока коллектора не остается постоянным и подвержено значительным изменениям во времени. Так, в период с 1999 по 2008 год максимальные среднемесячные расходы воды суммы коллекторов находились в пределах  $72,4 - 95 \text{ м}^3/\text{с}$ , а минимальные изменялись от  $32,2$  до  $55,7 \text{ м}^3/\text{с}$ . В этот период внутригодовая амплитуда колебаний средних месячных расходов суммы коллекторов составляла  $25,3 - 46,7 \text{ м}^3/\text{с}$ .

В последнем десятилетии (2009-2018 гг.) отмечалось увеличение среднемесячных максимальных расходов притока коллекторных вод до  $100 - 124 \text{ м}^3/\text{с}$ , минимальные расходы находились в пределах  $30,4 - 66,9 \text{ м}^3/\text{с}$ . Внутригодовая амплитуда при этом увеличилась до  $43,5 - 80,7 \text{ м}^3/\text{с}$ .



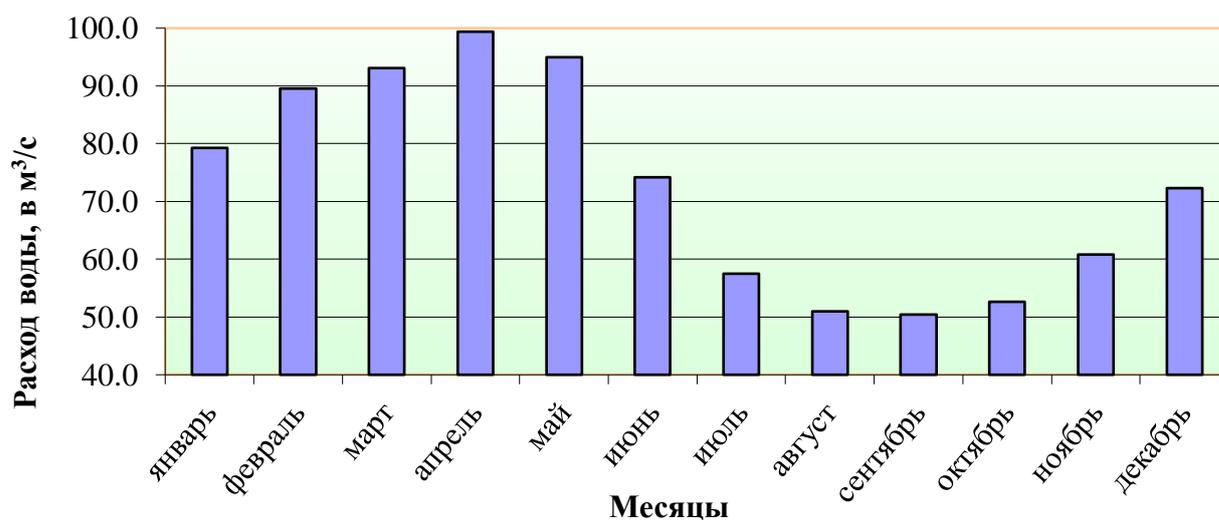
**Рисунок 3.2** – Многолетние изменения среднемесячных расходов воды суммы коллекторов, выпадающих в Айдар-Арнасайскую систему озер

Выявлено, что внутригодовой ход стока коллекторов в современный период по-прежнему имеет ярко выраженный паводковый характер.

Устойчивый сток коллекторов наблюдается во все сезоны года.

На рисунке 3.3 представлено внутригодовое распределение средних многолетних месячных расходов суммы коллекторов за 2005-2020 гг. Анализ среднемесячных расходов воды коллекторов показал, что в этом периоде установилось внутригодовое распределение коллекторного стока.

Внутригодовой ход расходов коллекторов, год от года отличается временем наступления максимумов и минимумов в расходах воды, сдвигом их на соседние месяцы, абсолютными значениями расходов, сохраняя лишь общую тенденцию изменения внутри года. В связи с этим распределение стока внутри года, дается по средним многолетним месячным значениям.



**Рисунок 3.3** – Внутригодовое распределение среднего многолетнего стока коллекторов за 2005-2020 гг.

Внутригодовой режим коллекторного стока воды в этом периоде характеризуется высокими значениями в первом полугодии, достигая максимума в марте-мае, резким уменьшением их в летний период, вплоть до минимума в августе-сентябре и, затем, ростом в осенне-зимние месяцы.

Месячные значения коллекторного стока за последние шестнадцать лет, поступающего в Айдар-Арнасайскую систему озер приведены в таблице 3.1.

**Таблица 3.1-** Среднемесячные суммарные расходы воды коллекторов, впадающих в систему озер за 2005 – 2020 годы

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Ср.год
2005	56,8	69,3	72,4	87,2	86,4	83,6	69,2	61,7	54,1	54,7	61,0	62,6	68,3
2006	64,4	68,8	71,2	83,0	84,1	74,4	62,1	53,3	49,2	53,3	58,2	67,3	65,8
2007	61,4	71,9	77,2	75,7	61,7	55,2	51,9	52,4	55,0	54,2	56,1	61,5	61,2
2008	69,1	72,4	69,6	66,7	53,1	42,3	37,2	32,2	38,6	49,5	57,8	53,1	53,5
2009	99,2	91,1	89,1	92,8	109,2	98,8	72,8	59,7	58,5	63,5	63,2	74,9	81,1
2010	112,1	114,0	96,8	99,8	104,8	88,2	73,8	65,7	70,0	72,7	88,2	90,4	89,7
2011	67,5	92,9	104,2	104,8	86,3	81,8	63,8	39,2	51,1	49,0	61,3	65,8	72,3
2012	66,6	97,8	99,2	106,3	92,1	84,7	65,7	60,1	58,2	54,2	57,3	76,4	76,5
2013	76,5	94,4	100,1	117,9	98,9	68,4	58,4	40,2	39,6	43,3	53,6	66,5	71,5
2014	83,4	95,6	107,3	111,1	98,6	63,2	31,6	30,4	32,9	39,6	47,7	61,9	66,9
2015	77,4	91,3	100,1	100,3	95,2	73,8	41,3	36,8	40,3	43,3	59,8	77,8	69,8
2016	78,0	81,9	85,8	89,9	87,3	78,0	58,5	44,1	40,6	51,1	67,1	87,4	70,8
2017	90,1	85,5	78,6	110,4	100,7	70,1	66,9	75,1	75,6	74,7	73,9	80,8	81,9
2018	91,8	114,2	124,6	122,7	78,6	75,0	59,2	58,0	48,9	45,2	59,6	76,5	79,5
2019	78,7	92,1	103,7	109,6	117,2	70,1	59,9	63,3	55,2	55,4	64,3	91,4	80,1
2020	96,2	100,1	109,3	112,1	165,0	79,8	46,7	44,2	39,6	39,1	44,4	63,4	78,3
Ср.	79,3	89,6	93,1	99,4	94,9	74,2	57,4	51,0	50,5	52,7	60,9	72,3	72,9

#### **4 Режим минерализации коллекторов и поступление солей в Айдар-Арнасайскую систему озер**

Из всех показателей качества воды коллекторно-дренажных вод, поступающих в озерную систему, минерализация воды имеет наиболее длинные ряды наблюдений, что позволяет анализировать их внутригодовые и многолетние изменения.

В разные годы в периоды проведения экспедиционных исследований наблюдения за гидрохимическим режимом проводились САНИИ, Средазгипроводхлопком, САНИИРИ, Институтом Зоологии АН РУз. В основном систематическая информация о минерализации воды коллекторного стока за последние годы накоплена по данным Управления Мелиорации Министерства Водного хозяйства Республики Узбекистан. Минерализация коллекторных вод определяется химическим составом и минерализацией оросительной воды, которая, выщелачивая легкорастворимые соли из почвы, вступая в обменные реакции с поглощающим комплексом почв и смешиваясь с грунтовыми водами, образует коллекторные воды.

С орошаемых площадей Голодной и Джизакской степей с коллекторным стоком выносятся огромное количество солей, аккумулирующихся в Айдар-Арнасайской системе озер.

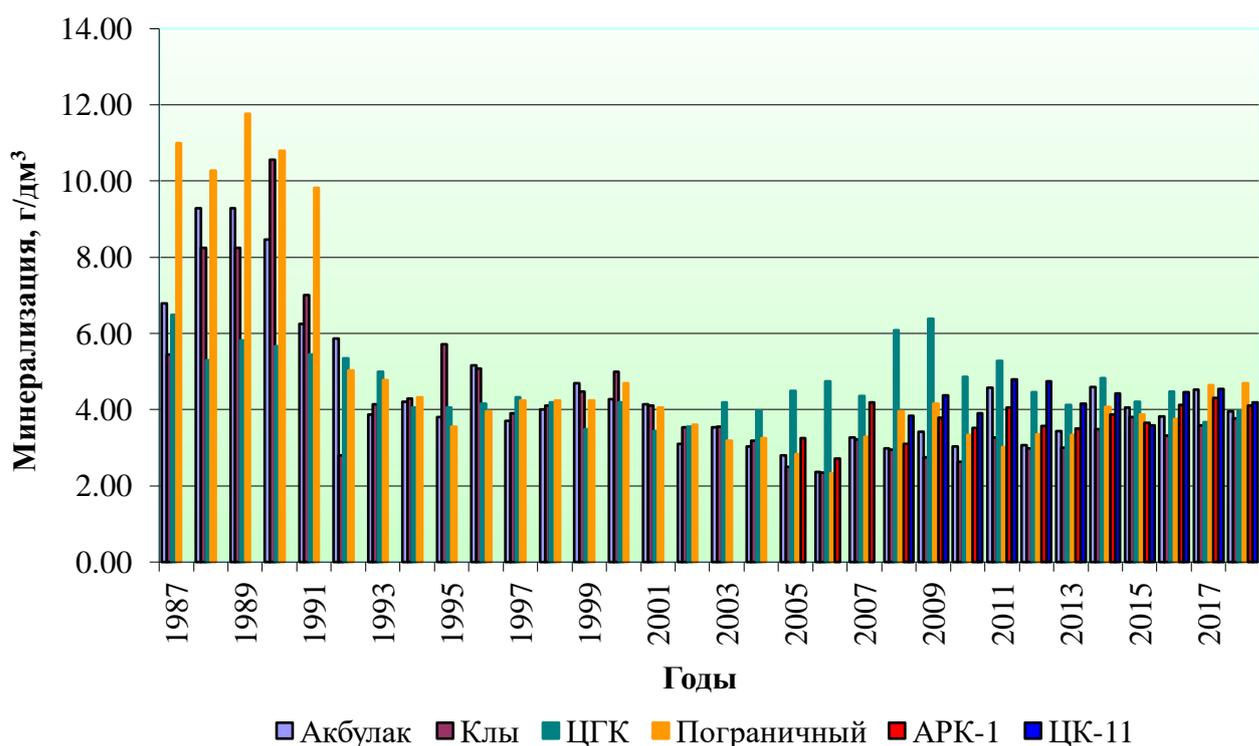
Гидрохимический режим коллекторно-дренажного стока не постоянен во времени и изменяется в зависимости от сочетания многих факторов, как в многолетии, так и внутри года.

В начальный период освоения Голодной степи коллекторный сток характеризовался малыми расходами воды и довольно высокой минерализацией.

В процессе эксплуатации коллекторно-дренажной сети зоны Голодной и Джизакской степи происходит постепенное изменение гидрохимических характеристик сбросных вод.

На рисунке 4.1 представлен многолетний ход среднегодовых значений минерализации коллекторов ЦГК (Центральный Голодностепский коллектор), Пограничный, Акбуллак и реки Клы, имеющие наиболее длительные ряды наблюдений.

По нашим расчетам сумма солевого стока основных коллекторов по отношению к суммарному годовому стоку всех коллекторов составляет в маловодные 99,5%, а в многоводные годы 98,9%.

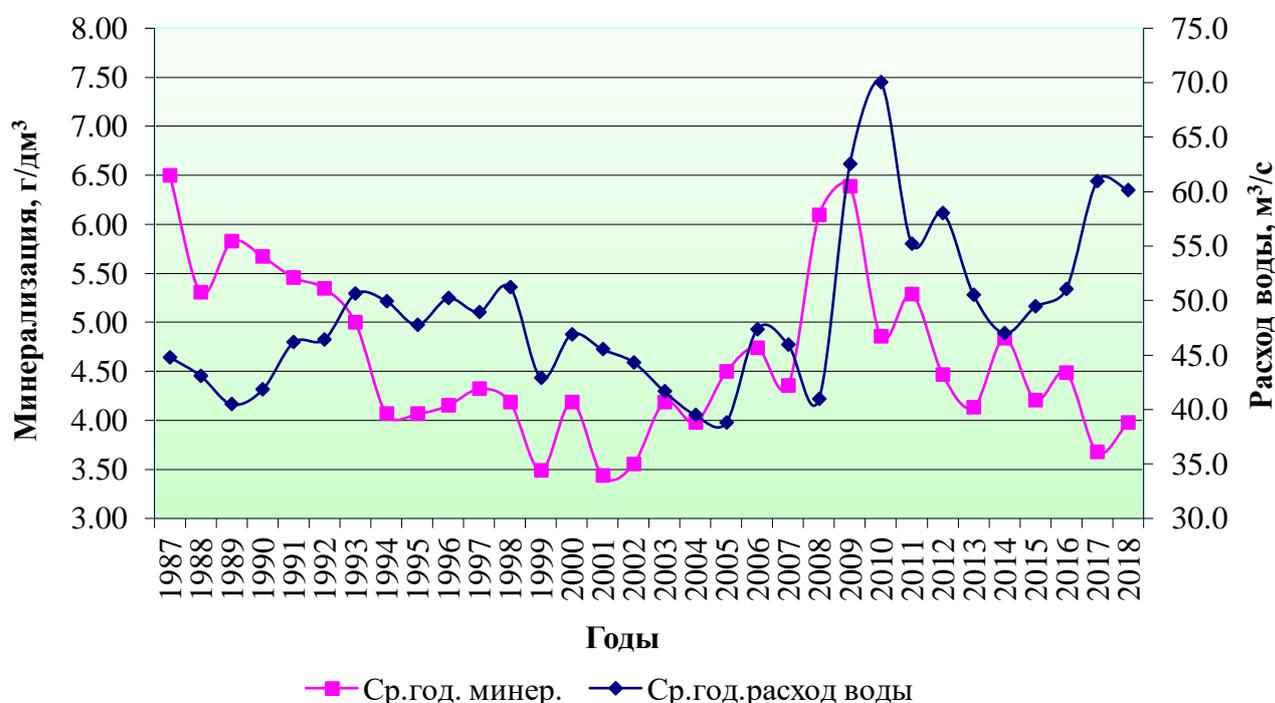


**Рисунок 4.1** – Изменение среднегодовых значений минерализации коллекторов с 1987 по 2019 годы

Из выше перечисленных коллекторов, впадающих в Айдар-Арнасайскую систему озер, самым крупным является ЦГК, играющий первостепенную роль, как в водном, так и в солевом стоке. Поэтому освещение его гидрохимического режима становится необходимой задачей.

Общий предварительный статистический анализ всех имеющихся месячных значений минерализации воды коллектора ЦГК показал высокую изменчивость элементов ряда. Все значения минерализации находятся в диапазоне от 2,17 г/дм<sup>3</sup> до 9,58 г/дм<sup>3</sup> при среднем значении 4,65 г/дм<sup>3</sup>.

Многолетний режим минерализации воды коллектора ЦГК характеризуется чередованием периодов повышенной и пониженной минерализации воды. Четкая периодичность этих изменений не прослеживается (рисунок 4.2).



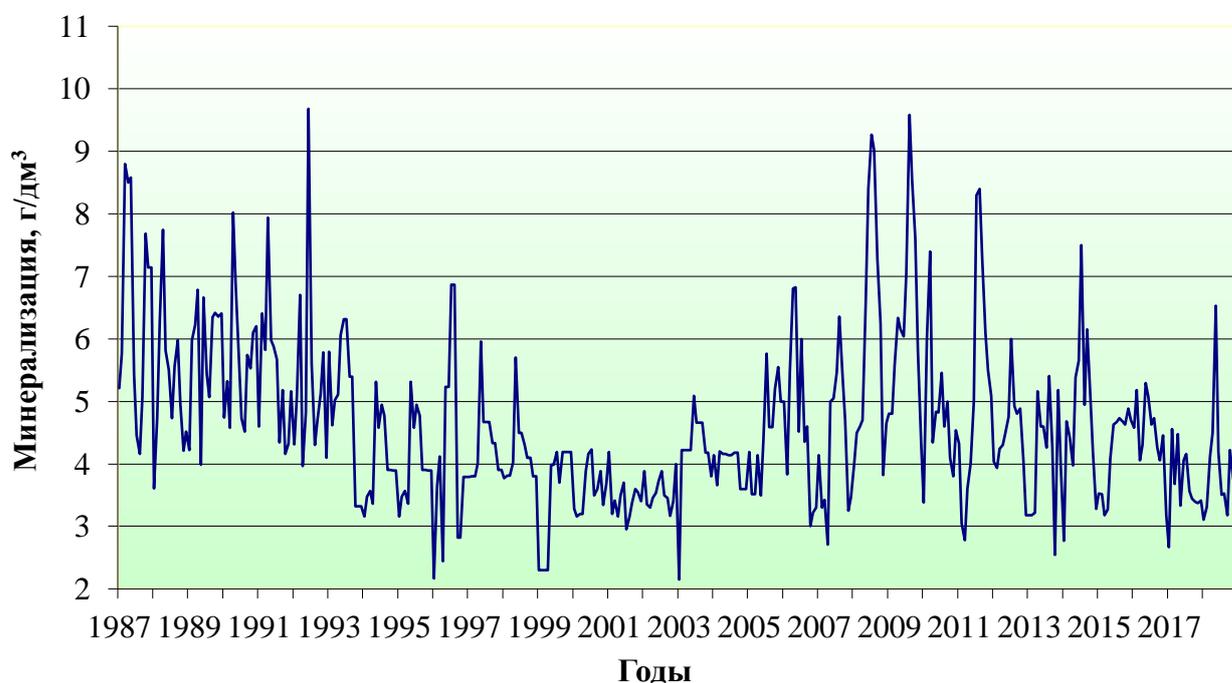
**Рисунок 4.2** – Совмещенный график средних годовых расходов и минерализации Центрального Голодностепского коллектора

Анализ среднегодовых значений минерализации выявил, что в многолетнем ходе коллектора ЦГК отмечается период с 1987 по 1993 гг., характеризующийся довольно высокими значениями минерализации. Среднегодовая минерализация коллекторных вод в это время колебалась в пределах 5,0 – 6,5 г/дм<sup>3</sup>. В следующем, более длительном периоде, продолжавшемся с 1994 по 2007 годы, наблюдается снижение и некоторая стабилизация значений минерализации. Среднегодовые значения минерализации этого периода изменялись в пределах 3,43 – 4,74 г/дм<sup>3</sup>. В последующие четыре года (с 2008 по 2011 гг.) отмечается рост этих значений до 4,86 – 6,39 г/дм<sup>3</sup>. Учитывая, что минимальные значения (4,86 г/дм<sup>3</sup>) минерализации относятся к 2010 году, когда наблюдался наибольший за весь период наблюдений сток по коллектору.

Увеличение средней годовой минерализации вод ЦГК в эти годы, скорее всего, связано с проводимыми крупномасштабными работами по очистке, реконструкции и промывке дренажной сети, что в результате могло увеличить долю грунтовой составляющей в стоке.

Начиная с 2012 года и по 2018 год, среднегодовая минерализация воды снизилась, и ее значения колебались от 3,68 до 4,84 г/дм<sup>3</sup>.

Амплитуда колебания минерализации внутри года значительно отличается в разные годы во всех периодах наблюдений, как и время наступления ее минимумов и максимумов (рисунок 4.3).



**Рисунок 4.3** – Многолетний ход среднемесячной минерализации Центрального Голодностепского коллектора

ЦГК дренирует огромные орошаемые площади с разной структурой земель и степенью их засоления, уровнем залегания грунтовых вод и их минерализацией. В разные годы промывке подвергаются разные площади дренируемой территории и сдвигаются сроки ее проведения, кроме того, одновременный полив происходит на разных площадях в разные годы, меняется соотношение площадей посевных культур и соответственно режим орошения.

В результате меняются доли того или иного компонента в формировании стока коллектора, которые вызывают изменение минерализации вод коллектора внутри года.

При высокой изменчивости месячных значений минерализации воды, для оценки их многолетних изменений, целесообразно анализировать осредненные их значения по месяцам в периоде [11].

Амплитуда колебания осредненных среднемесячных значений минерализации внутри года за период с 1987 по 1993 год находилась в пределах  $4,64 \text{ г/дм}^3 - 6,86 \text{ г/дм}^3$ .

На фоне общего снижения и некоторой стабилизации среднегодовых значений минерализации следующего периода (1994-2007 гг.) отмечается снижение амплитуды среднемесячных значений, которые изменялись от 3,53 до  $4,85 \text{ г/дм}^3$ .

Анализ среднемесячной минерализации 2008-2011 годов показал резкое увеличение внутригодовой амплитуды значений. Внутригодовая амплитуда осредненных значений минерализации в эти годы колебалась в пределах  $4,13 - 7,90 \text{ г/дм}^3$ . Минимальная амплитуда среднемесячных значений минерализации этого периода относится, как уже отмечалось, к самому многоводному (2010 г.) году всего периода наблюдений.

В период с 2012 по 2018 год отмечалось снижение среднемесячных значений минерализации, по отношению к предшествующему периоду и сокращение внутригодовой амплитуды колебаний. Амплитуда среднемесячных значений минерализации варьировала от 3,41 до  $4,96 \text{ г/дм}^3$ .

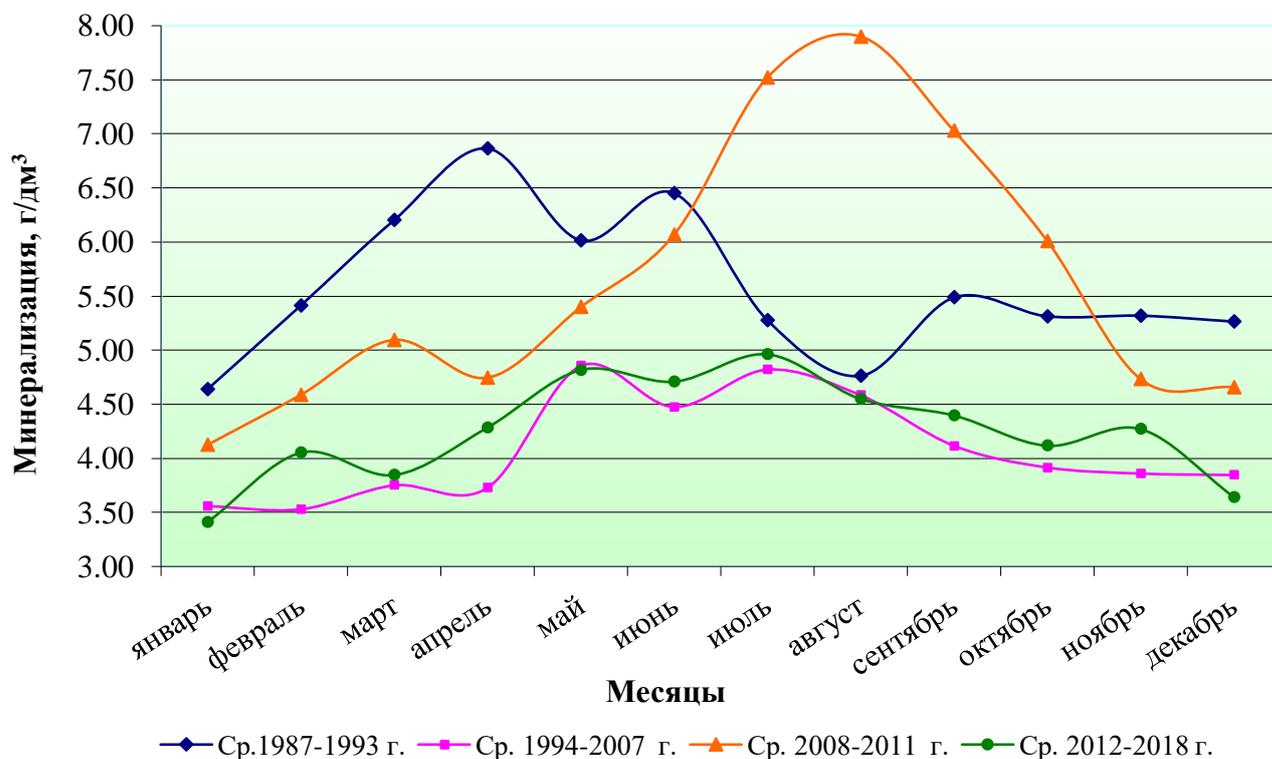
Внутригодовой ход минерализации осредненный по периодам представлен на рисунке 4.4.

Максимальные значения минерализации периода 1987-1993 гг. отмечались с марта по июнь, минимальные в январе и августе.

Период 1994-2007 годов характеризовался уменьшением значений минерализации и сокращением амплитуды ее колебаний, смещением

максимальных значений на май-август. Минимальные значения отмечались с января по март.

Наибольшие значения минерализации, и ее внутригодовая амплитуда за весь имеющийся ряд наблюдений отмечены в период 2008-2011 годы.



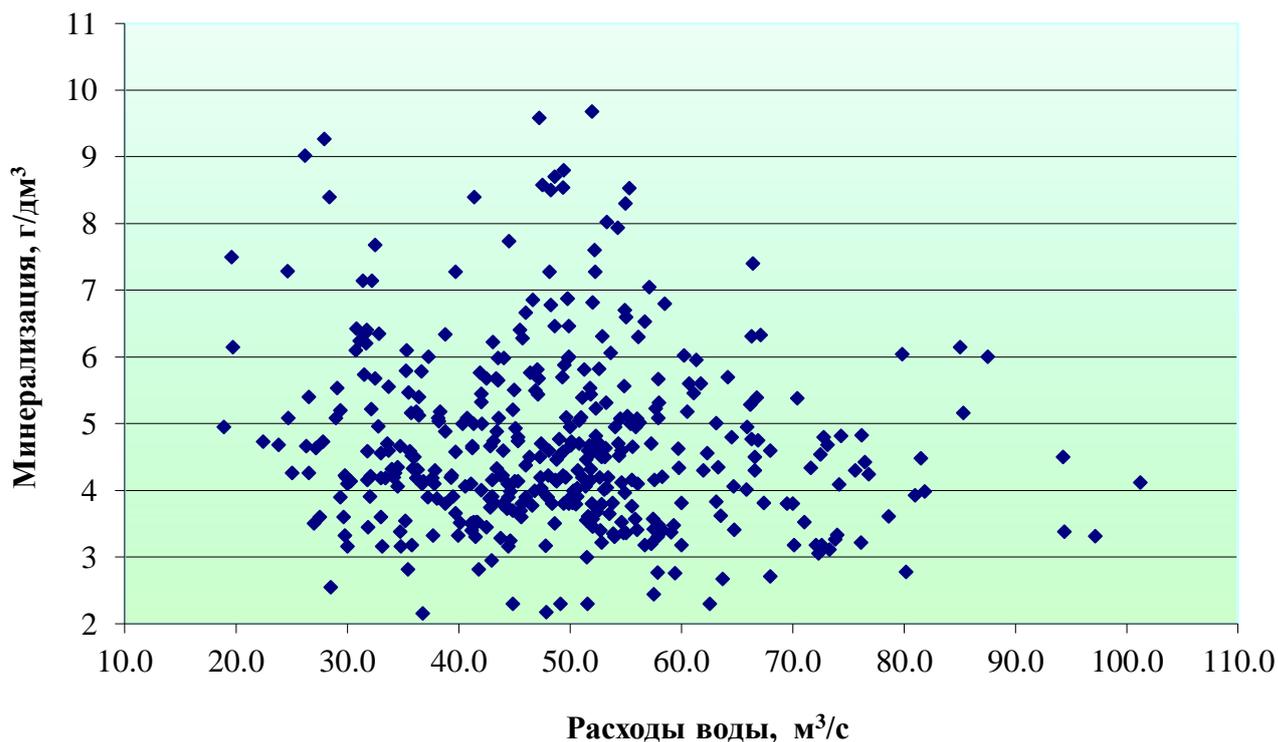
**Рисунок 4.4** – Осредненный по периодам внутригодовой ход минерализации Центрального Голодностепского коллектора

Максимальные значения этого ряда лет смещаются на июль-сентябрь, с максимальным значением в августе. Минимальные значения приходились на январь и февраль.

Внутригодовое распределение минерализации в последнем периоде (2012-2018 гг.) очень схоже с периодом 1994-2007 гг. Максимальные значения минерализации так же приходятся на летние месяцы, а минимальные на зимние. За счет некоторого увеличения абсолютных значений среднемесячной минерализации в летнее время и уменьшения в январе и декабре последнего периода, увеличивается внутригодовая амплитуда ее колебаний по отношению к периоду 1994-2007 гг.

Что касается общеизвестных положений, что минерализация воды зависит от водного режима, то для вод коллектора ЦГК эта зависимость оказалась крайне расплывчатая.

На рисунке 4.5 представлен график, включающий имеющиеся среднемесячные данные за период с 1987 по 2018 годы, на котором соотношение расходов воды и минерализации представляет собой поле точек.



**Рисунок 4.5** – Общее соотношение расходов воды и минерализации Центрального Голодностепского коллектора

В разные периоды на огромном водосборе ЦГК происходит доминирование тех или иных гидромелиоративных и гидрохимических процессов, формирующих своеобразный водный режим и режим минерализации.

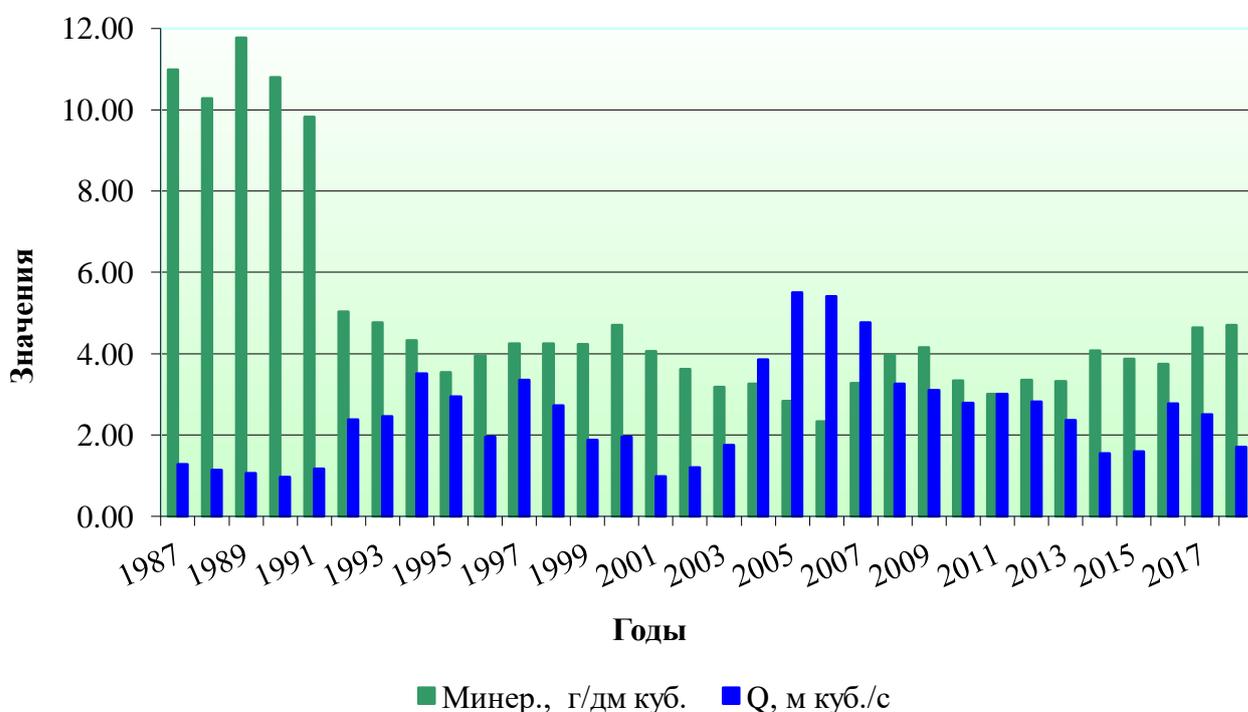
В связи с этим, зависимость минерализации от расходов воды коллектора ЦГК не устойчива, хотя в отдельные периоды и фазы режима она оказывается достаточно тесной.

Еще один водоток, входящий в четверку наиболее значимых по водности коллекторов, впадающих в Айдар-Арнасайскую систему озер, является коллектор Пограничный. Коллектор дренирует северо-западные орошаемые районы Джизакской степи.

Анализ ряда средних месячных значений минерализации выявил, что в периоде с 1987 по 2018 годы все значения находятся в пределах 1,3-13 г/дм<sup>3</sup>, при среднем значении 4,95 г/дм<sup>3</sup>.

В многолетнем ходе изменения минерализации коллектора Пограничный, как и у всех остальных коллекторов, характеризуется периодами повышенной и пониженной минерализации воды.

Многолетняя изменчивость минерализации во многом определяется фазами гидрологического режима водотока. Так, при снижении расходов воды наблюдается определенное увеличение минерализации. При увеличении расходов воды, как правило, уменьшается величина общей минерализации (рисунок 4.6).



**Рисунок 4.6** – Многолетние изменения годовых значений минерализации воды и среднегодовых расходов воды коллектора Пограничный

Анализ ряда средних годовых значений минерализации выявил, что годовые значения периода с 1987 по 1991 года, характеризуются наибольшими значениями за весь имеющийся ряд наблюдений и колебались в пределах 9,83-11,77 г/дм<sup>3</sup>. Следует отметить, что в этот период на большинстве коллекторов, выпадающих в ААСО, наблюдались повышенные значения минерализации воды.

Изменение среднегодовой минерализации с 1993 по 2000 год характеризуется снижением по отношению к предыдущему периоду и некоторой её стабилизацией на уровне значений 3,55-4,77 г/дм<sup>3</sup>.

В 2001-2007 годах следующего периода продолжалось снижение среднегодовых значений минерализации, которая колебалась в пределах 2,34-4,06 г/дм<sup>3</sup>.

Снижение минерализации воды в эти годы определялось возрастающими расходами воды в коллекторе, достигшими в 2005 году максимальных среднегодовых значений в 5,5 м<sup>3</sup>/с, наибольшими за весь период наблюдений.

В последнем периоде (2008-2018 годы) среднегодовые значения минерализации несколько увеличились и колебались от 3,01 до 4,7 г/дм<sup>3</sup>. Увеличение минерализации происходило на фоне общего снижения водности коллектора.

Амплитуда колебания средних месячных значений минерализации воды внутри года значительно отличается в разные годы во всех периодах, как и время наступления её минимумов и максимумов.

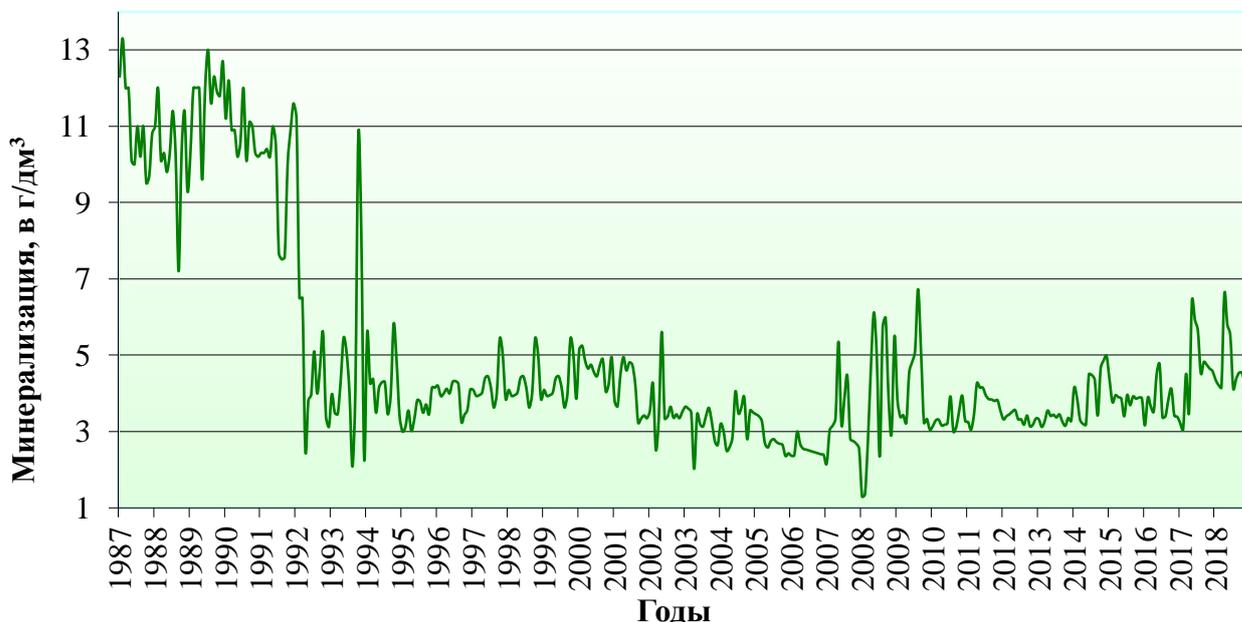
Многолетний ход среднемесячных значений минерализации коллектора Пограничный представлен на рисунке 4.7.

Учитывая высокую изменчивость месячных значений минерализации воды, для оценки их изменений в многолетии, использовались осредненные значения по месяцам в каждом выделенном периоде.

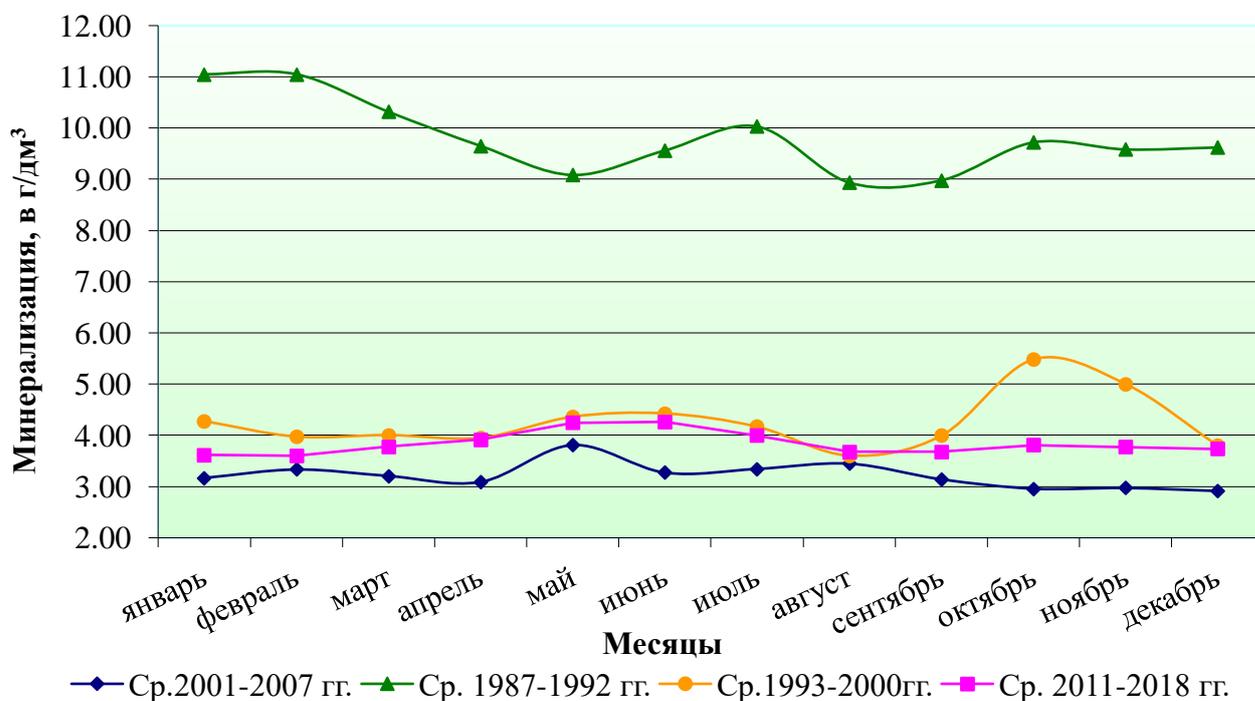
Внутригодовой ход минерализации коллектора Пограничный осредненный по периодам представлен на рисунке 4.8.

На фоне общей высокой минерализации воды коллектора периода 1987-1992 гг. амплитуда колебаний осредненных средних месячных значений внутри

года находилась в пределах 8,94-11,05 г/дм<sup>3</sup>. Максимальные значения минерализации в этом периоде наблюдаются в январе-марте, минимальные в мае и августе-сентябре, вновь увеличиваясь в октябре-декабре.



**Рисунок 4.7** – Многолетний ход средних месячных значений минерализации коллектора Пограничный



**Рисунок 4.8** – Осредненный по периодам внутригодовой ход минерализации коллектора Пограничный

Внутригодовой ход осредненных значений минерализации воды периода 1993-2000 годов свидетельствует о коренном изменении гидрохимического режима коллектора. В этом периоде осредненные значения минерализации понизилась до 3,61-5,48 г/дм<sup>3</sup>. Во внутригодовом распределении наибольшие осредненные значения минерализации сдвинулись на осенние месяцы - октябрь и ноябрь, а минимальные на август.

Следующий период 2001-2007 гг. характеризуется наименьшими осредненными значениями минерализации. В этом периоде наблюдается сокращение внутригодовой амплитуды колебаний минерализации воды, которая находилась в пределах 2,91-3,81 г/дм<sup>3</sup>. Максимальные значения минерализации сместились на май, а минимальные на декабрь.

В последнем периоде, включающем ряд лет с 2011 по 2018 год, вновь проявляются изменения внутригодового распределения минерализации. Наряду с общим небольшим увеличением внутригодовых значений минерализации в сравнении с предшествующим периодом, уменьшается амплитуда внутригодовых изменений и сглаживается её внутригодовой ход.

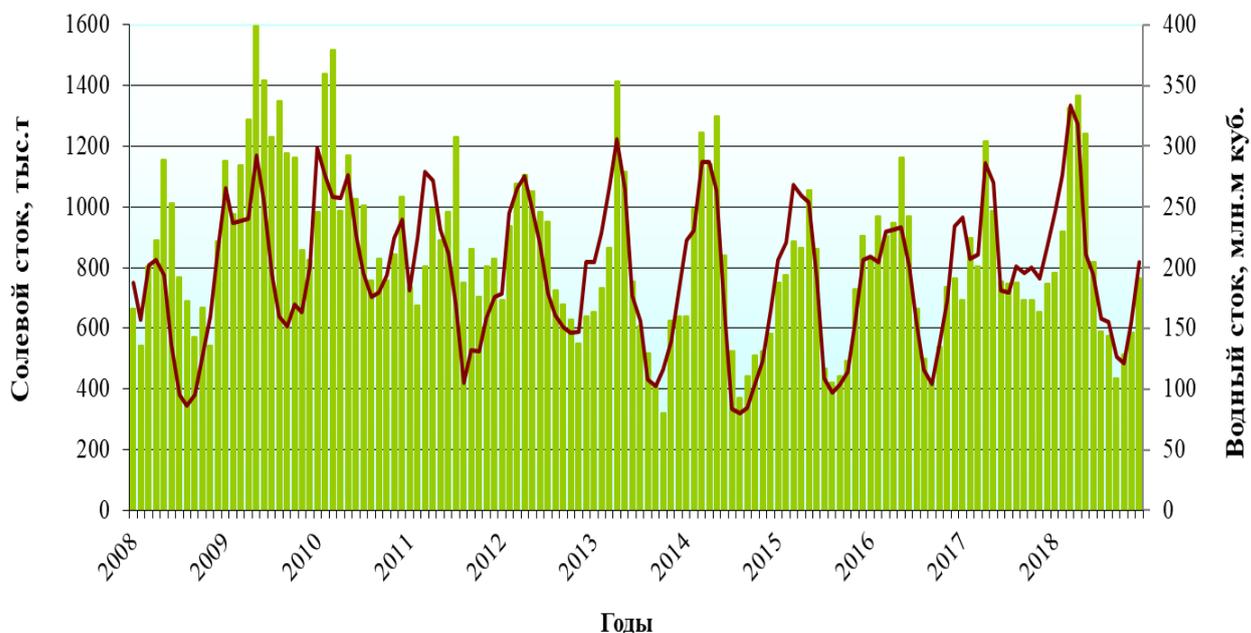
Зависимости измеренных значений минерализации и расходов воды, так же, как и для коллектора ЦГК неустойчивы во времени

С водами коллекторов в систему озер поступает большое количество солей, что непосредственно влияет на качество воды и экологическое состояние водоема.

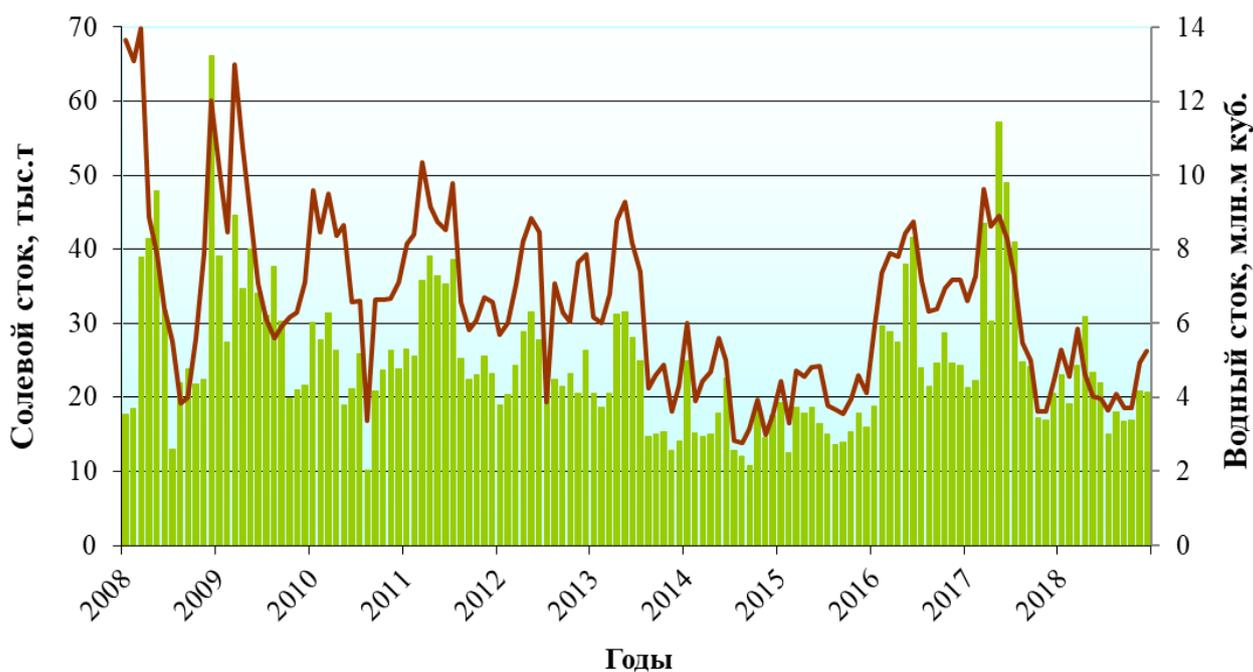
Объем поступающих солей определяется водным стоком и минерализацией воды.

Многолетний режим поступления солей характеризуется, также как и водный режим, и режим минерализации, постепенным снижением и стабилизацией значений солевого стока.

Внутригодовой ход величин солевого стока ближе к режиму водного стока, а не минерализации воды, и характеризуется минимальными значениями в летний период и наибольшими значениями в зимне-весенний период (рисунки 4.9, 4.10).



**Рисунок 4.9** – Изменения внутригодичного солевого и водного стока Центрального Голодностепского коллектора



**Рисунок 4.10** – Изменения внутригодичного солевого и водного стока коллектора Пограничный

Согласно экспертных оценок, общее поступление солей с водами всех коллекторов за период с момента образования единой Айдар-Арнасайской системы озер (1969 г.) оценивается величиной порядка 468 миллиона тонн [11].

## **5 Изменение уровня режима Айдар-Арнасайской системы озер**

Характер изменения уровня воды в озерах отражает основную направленность структуры водного баланса, особенности строения котловины и водообмена между водоемами. Если для естественных испарительно-приточных озер многолетние колебания уровня являются интегральной характеристикой увлажненности территории, то для ирригационно-сбросовых озер, возникающих в результате перераспределения и переброски стока, уровень режим, особенно в период заполнения озер, в основном отражает характер хозяйственной деятельности [6].

Имеющаяся база данных по гидрологическим характеристикам Айдар-Арнасайской системы озер позволяет проанализировать изменение уровня режима за длительный период существования водоема.

### **5.1 Характеристика изменения многолетнего уровня режима Айдар-Арнасайской системы озер**

В начале освоения Голодной Степи только котловина озера Тузкан, подпитываемая рекой Клы, ежегодно заполнялась водой. Дно огромного Айдаро-Арнасайского понижения занимали высохшие солончаки и шоры. По сведениям, относящимся к 1885 году озеро Тузкан ежегодного пересыхало, в 20-годы прошлого столетия озеро разливалось в весенний период до 100 км и сокращало свои размеры к осени до 10 км, и с его дна производилась добыча соли. Начиная с 1957 года, за счет возрастающего подпитывания озера, садка и добыча соли на озере прекратились [6, 17].

Основные изменения в режиме озер связаны с развитием орошаемого земледелия. Строительство Центрального Голодностепского коллектора (ЦГК) (1957 г), перебросившего воду из Сардобинского понижения в Восточный Арнасай, дало начало постоянному подпитыванию озер и по условиям питания трансформировало их из степных эфемеров в ирригационно-сбросовые [17].

С 1957 по 1968гг. происходило постепенное заполнение котловин озер коллекторно-дренажными и сбросными водами. Уже во второй половине 60-х

годов в Восточно-Арнасайских озерах уровень поднялся на 3 м и избыток воды поступал в котловину солончака Айдарсор и Содобасор.

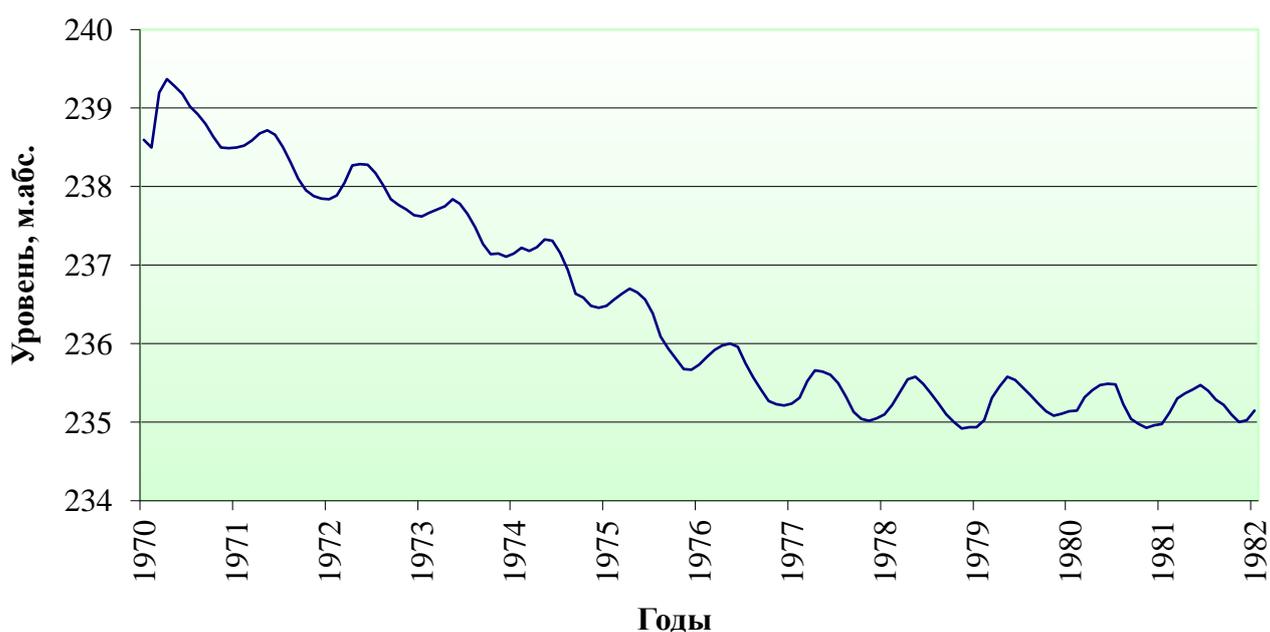
Окончание строительства Чардаринского водохранилища (1965 г.) с Арнасайким гидроузлом, пропускная способность которого составляет 2100 м<sup>3</sup>/с, сделало возможным регулирование режима озер в весьма широких пределах, что дало начало новому этапу в режиме озер. Увеличение коллекторно-дренажного притока и пробные сбросы из водохранилища привели к тому, что во второй половине 60-х годов Восточно-Арнасайские озера стали проточными, сбрасывающими избыток дренажных вод в Айдарскую котловину. К этому времени общая площадь водоемов, вошедших впоследствии в озерную систему, оценивается, по нашим данным, в 110 км<sup>2</sup>, а их объем - в 300 млн.м<sup>3</sup>.

Основные изменения в режиме озер произошли в 1969 году. При срезке пика половодья на реке Сырдарье из Чардаринского водохранилища в Арнасайские озера было сброшено более 21 км<sup>3</sup> воды. При этом произошла перестройка гидрографической сети Восточно-Арнасайских озер, заполнение котловины озера Айдар, которое после прорыва перемычки, соединилось с озером Тузкан, образовав единую озерную систему площадью порядка 2400 км<sup>2</sup> [17]. Общий подъем уровня воды за год составил более 20 метров.

Трансгрессивная фаза развития водоема 1969 года, сменилась в 1970 году длительной регрессивной фазой. В отсутствие сбросов из Чардаринского водохранилища, с максимальной отметки уровня 1970 года по 1 января 1978 года уровень воды в системе озер понизился на 4,27 метра. Падение уровня воды, в этот период было вызвано преобладанием расходного компонента баланса – испарения, над приходными компонентами – коллекторно-дренажного стока и атмосферных осадков. Годовое падение уровня достигало 75 см, с приближением водного баланса к равновесным условиям падение уровня сократилось до 14 см.

Последующие пять лет, с 1977 по 1982 год состояние водного баланса водоема было близким к равновесным, а уровень находился на отметках близких к 235 м.абс.

Этот период можно отнести к относительной стабилизации уровня. Годовые изменения уровня колебались от -16 до + 20 см. Период регрессии и стабилизации развития системы озер с 1970 по 1982 гг. представлен на рисунке 5.1.

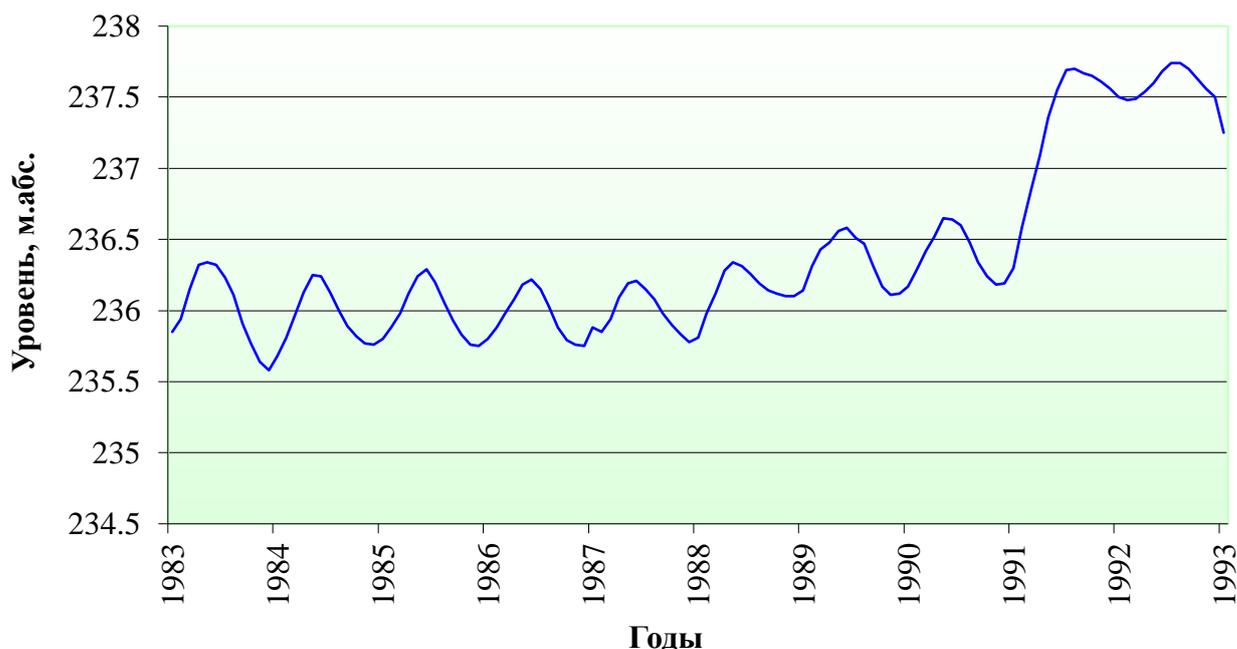


**Рисунок 5.1** – Период регрессии и стабилизации в развитии озерной системы с 1970 по 1982 гг.

Возрастающий приток коллекторно-дренажных вод в период с 1983 по 1993 года, вызванный ростом орошаемых площадей Голодной степи, привел к плавному повышению уровня воды в озерной системе (рисунок 5.2).

Новое трансгрессивное развитие водоема началось в 1993 году с возобновлением попусков воды из Чардаринского водохранилища.

В результате перехода эксплуатации Токтогульского водохранилища на энергетический режим изменились гидрологические условия среднего течения реки Сырдарьи, что повлияло на особенности эксплуатации каскада водохранилищ.



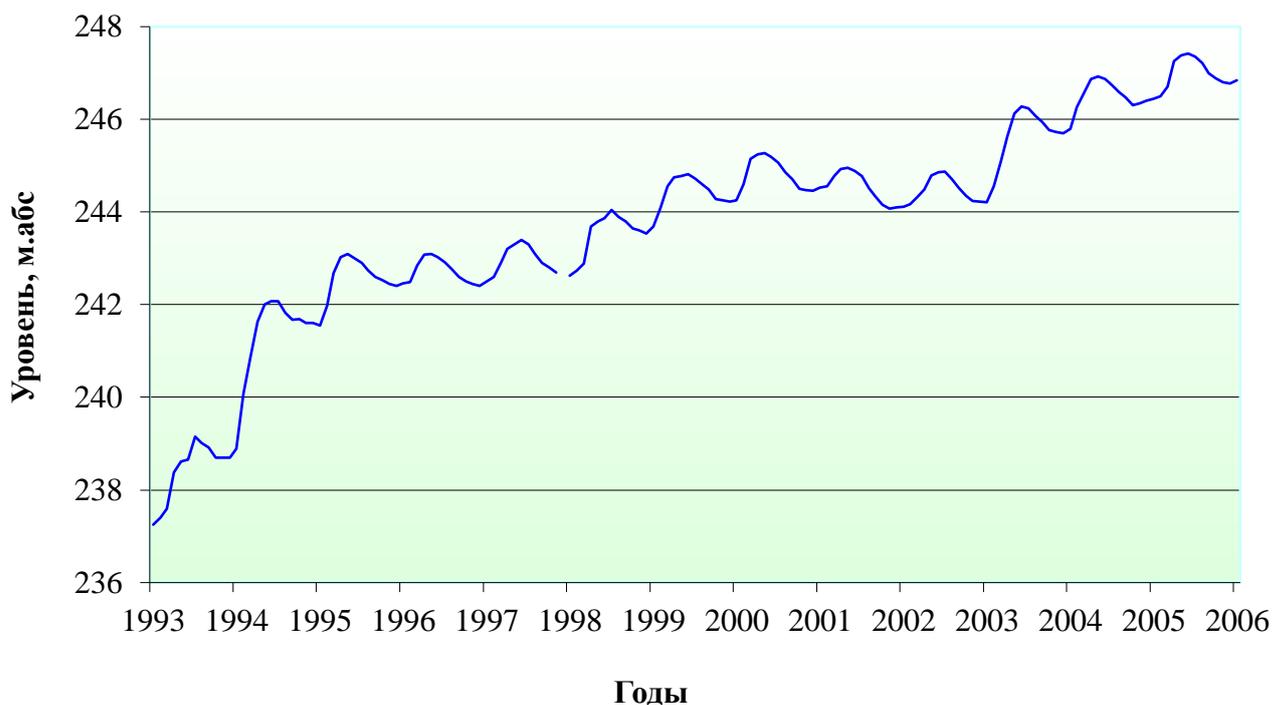
**Рисунок 5.2** – Изменение уровня воды с 1983 по 1993 годы

Изменение времени наполнения Токтогульского водохранилища и увеличение объема вод в зимний период, недостаточная пропускная способность Сырдарьи в нижнем течении обусловили возобновление регулярных сбросов из Чардаринского водохранилища в Айдар-Арнасайскую систему озер.

Попуски воды осуществлялись практически ежегодно. За период с 1993 по 2005 год в Арнасайскую систему озер поступил огромный объем пресных Сырдарьинских вод – 38,34 км<sup>3</sup>.

Трансгрессивный период развития водоема продолжался 13 лет, уровень воды в системе озер поднялся на 10,9 м. и вызвал существенные изменения его морфометрических характеристик. В 2005 году он достиг максимальной отметки за весь период существования озер – 247,42 м. абс. Ход уровня воды в этом периоде отображен на рисунке 5.3.

Часть сбросов из Чардаринского водохранилища аккумулируется в Верхне-Арнасайском водохранилище 0,5 км<sup>3</sup>, остальная часть воды поступает в Айдар-Арнасайскую систему озер через водовыпуски плотины.



**Рисунок 5.3** – Изменение уровня воды в 1993-2005 гг.

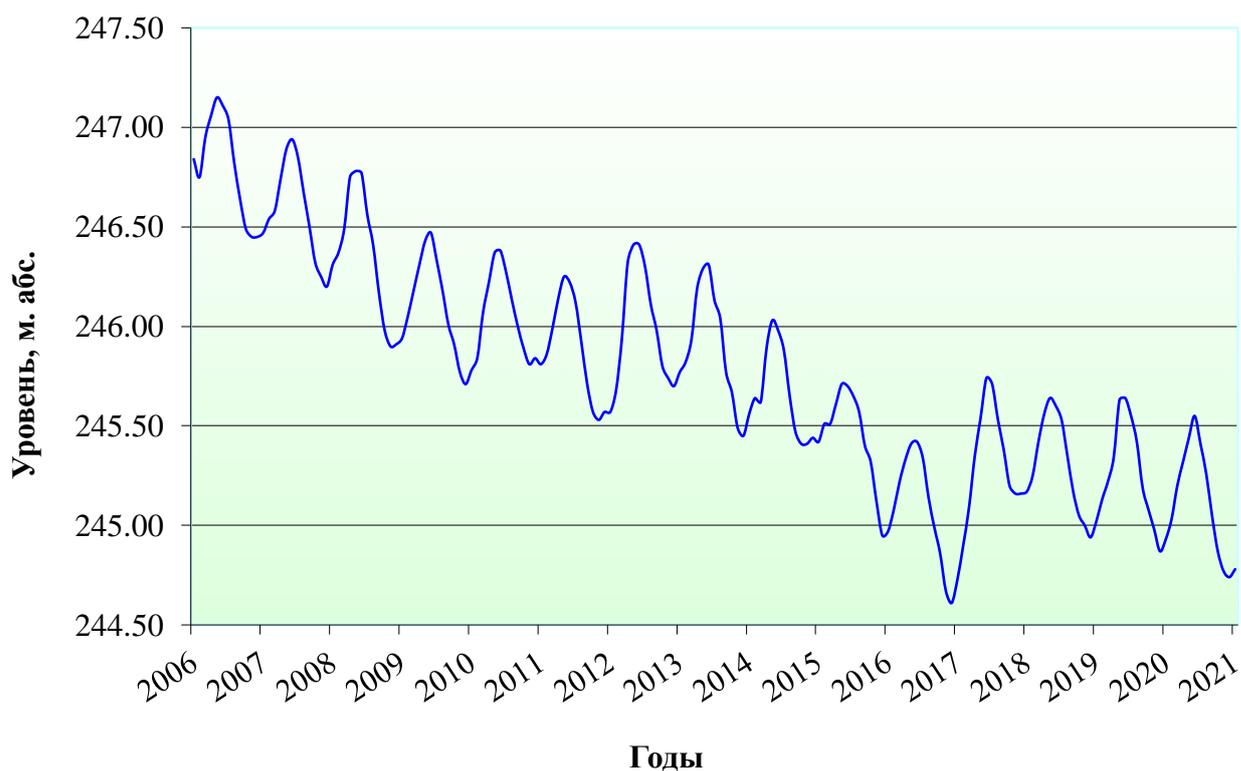
Начиная, с 2006 года объемы попусков воды из Чардаринского водохранилища сократились, а в некоторые годы не проводились вообще.

Сокращение притока привело к началу новой регрессивной фазы на Айдар-Арнасайской системе озер. За прошедшие девять лет, от максимальных отметок уровня 2005 года, и к началу 2015 года уровень воды в системе озер понизился на 2 метра.

Более плавное падение уровня воды в системе озер этого периода, связано с периодическим поступлением воды из Верхнее-Арнасайского водохранилища.

При сохранении существующей ситуации с притоком воды, водный баланс озерной системы будет стремиться к равновесным условиям, соответственно уровень воды будет продолжать снижаться.

Регрессивное развитие водоема в период с 2006 по 2015 год показано на рисунке 5.4.



**Рисунок 5.4** – Регрессивная фаза развития водоема

Таким образом, анализ данных материалов наблюдений за уровнем воды за многолетний период позволил выделить следующие характерные периоды существования водоема:

1. Период эфемерного существования озер до 1957 года, характеризующийся появлением их многоводные годы и полным пересыханием в маловодные.

2. Переходный период с 1957 по 1968 год, в котором происходило постепенное заполнение котловин озер коллекторно-дренажными и сбросными водами и происходила трансформация их из степных эфемеров в ирригационно-сбросовые.

3. Период трансгрессивного развития (1969-1970 гг.) водоема, в результате сбросов воды из Чардаринского водохранилища в период катастрофического половодья на р.Сырдарье, при котором произошло заполнение их котловин и объединение озер Айдар, Арнасай и Тузкан в

единую озерную систему. Подъем уровня воды в этот период значительно превысил 20 м.

4. Период регрессивного развития водоема, продолжавшийся с 1970 по 1977 год, характеризующийся падением уровня воды, вызванным преобладанием потерь объемов воды на испарение над объемом поступления коллекторно-дренажного стока и атмосферных осадков.

5. Период относительной стабилизации уровня воды в системе озер наблюдавшийся с 1977 по 1982 год.

6. Период плавного роста уровня воды в системе озер, установившийся с 1982 по 1993 год. Рост уровня воды в этом периоде вызвано увеличением орошаемых площадей на территории Голодной степи.

7. Новый, более продолжительный период трансгрессивного развития отмечается с 1993 по 2005 год. Возобновившиеся, ежегодные попуски воды из Чардаринского водохранилища привели к большому увеличению озерной системы, которая в 2005 году достигла максимальных размеров за весь период существования. Уровень воды поднялся на 10,9 метра, при этом горизонт воды возрос до отметки в 247,42 м.абс.

8. Последний, регрессивный период, начавшийся с 2006 года, продолжается и по настоящее время. Падение уровня в системе озер связано с сокращением сбросов из Чардаринского водохранилища и аккумуляции их части в Верхнее-Арнасайском водохранилище. За девять лет уровень воды в системе озер понизился на 2 м.

## **5.2 Характеристика изменения внутригодового режима Айдар-Арнасайской системы озер**

Наряду с многолетними колебаниями уровня воды в системе ААСО наблюдаются внутригодовые его изменения, связанные с перераспределением приходно-расходных компонентов водного баланса бессточных территорий аридной зоны.

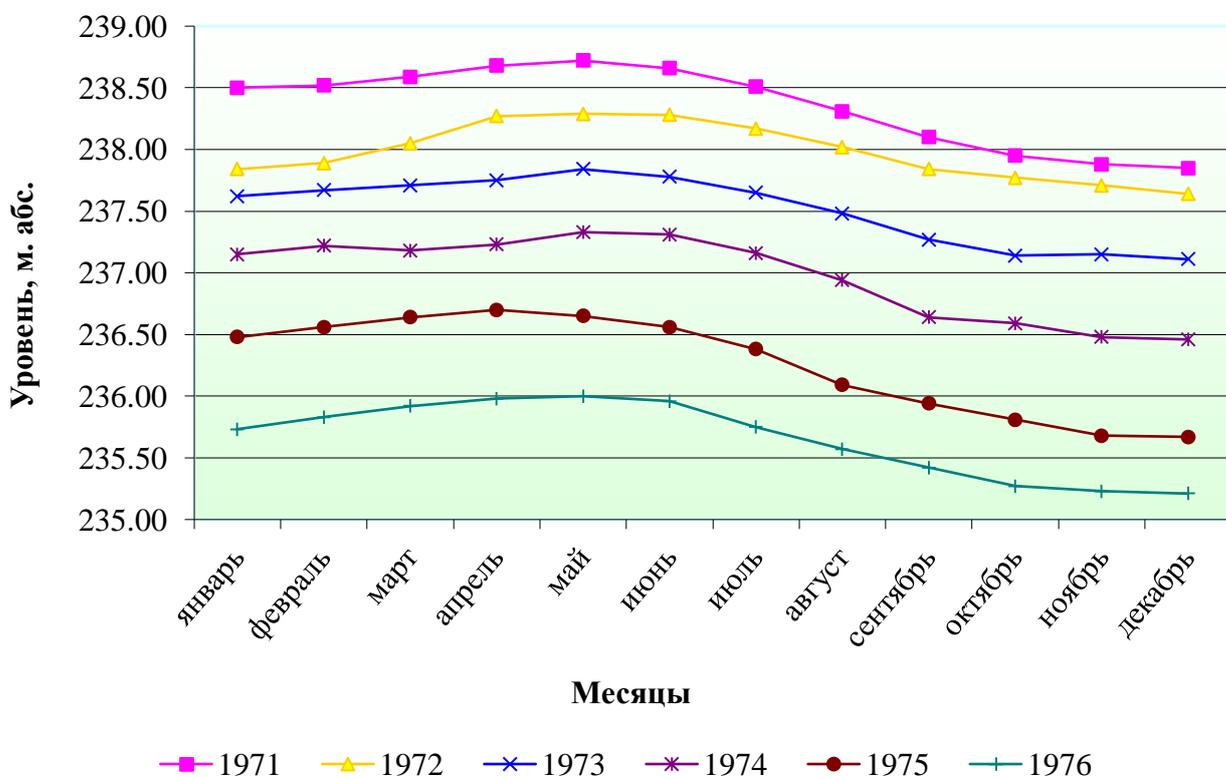
Наполнение водоема происходит в зимне-весенние месяцы и имеет максимальное значение в весенне-летний период вследствие аккумуляции

сбросных и возвратных вод, талого стока и атмосферных осадков. В летние месяцы в водном балансе начинает превалировать испарение с водной поверхности, и в режиме уровня отмечается падение вплоть до конца осенних месяцев, когда испарение резко сокращается и водный баланс стабилизируется.

Внутригодовому ходу уровня воды Айдар-Арнасайской системы озер присущи четыре основные фазы колебания: наполнение, высокое стояние уровня, опорожнение, низкое стояние уровня.

При наличии общих черт внутригодового уровенного режима год от года, колебания уровня воды различны по амплитуде, срокам наступления и продолжительности фаз и экстремальных значений уровня.

В первый регрессивный период развития водоема, фаза наполнения водоема начиналась в январе и заканчивалась, как правило, в мае-июне. Подъем уровня воды в эту фазу колебался от 18 до 45 см. Внутригодовой ход уровня воды этого периода отображен на рисунке 5.5 .



**Рисунок 5.5** – Внутригодовой ход уровня воды в ААСО в 1971-1976 годах

Более значительный подъем уровня 1971 и 1972 года связан с проводимыми повторными сбросами из Чардаринского водохранилища в объеме 400 и 580 млн. м<sup>3</sup> соответственно. В условиях отсутствия сбросов из Чардаринского водохранилища подъем уровня воды в фазу наполнения, более плавный.

Фаза высокого стояния уровня воды короткая, слабо выраженная, продолжительностью 5-10 дней и достигается при равновесии приходных и расходных компонентов водного баланса.

Увеличивающееся в летние месяцы испарение – отрицательный компонент водного баланса, выводит баланс из равновесия, и водоем вступает в следующую фазу режима – падения уровня воды. В регрессивный период фаза опорожнения характеризуется большей интенсивностью хода уровня воды, чем фаза наполнения.

Падение уровня воды от максимальных значений в этой фазе первого регрессивного периода колебалось от 62 до 1,02 м.

Фаза низкого стояния уровня воды менее продолжительная, чем наполнения и опорожнения. Начинается фаза в ноябре и продолжается до января следующего года. В водоеме в это время между компонентами водного баланса вновь устанавливаются условия близкие к равновесным. Колебания уровня в этой фазе не превышают 4 см. В отдельные годы продолжительность фазы сокращается до 15-20 дней.

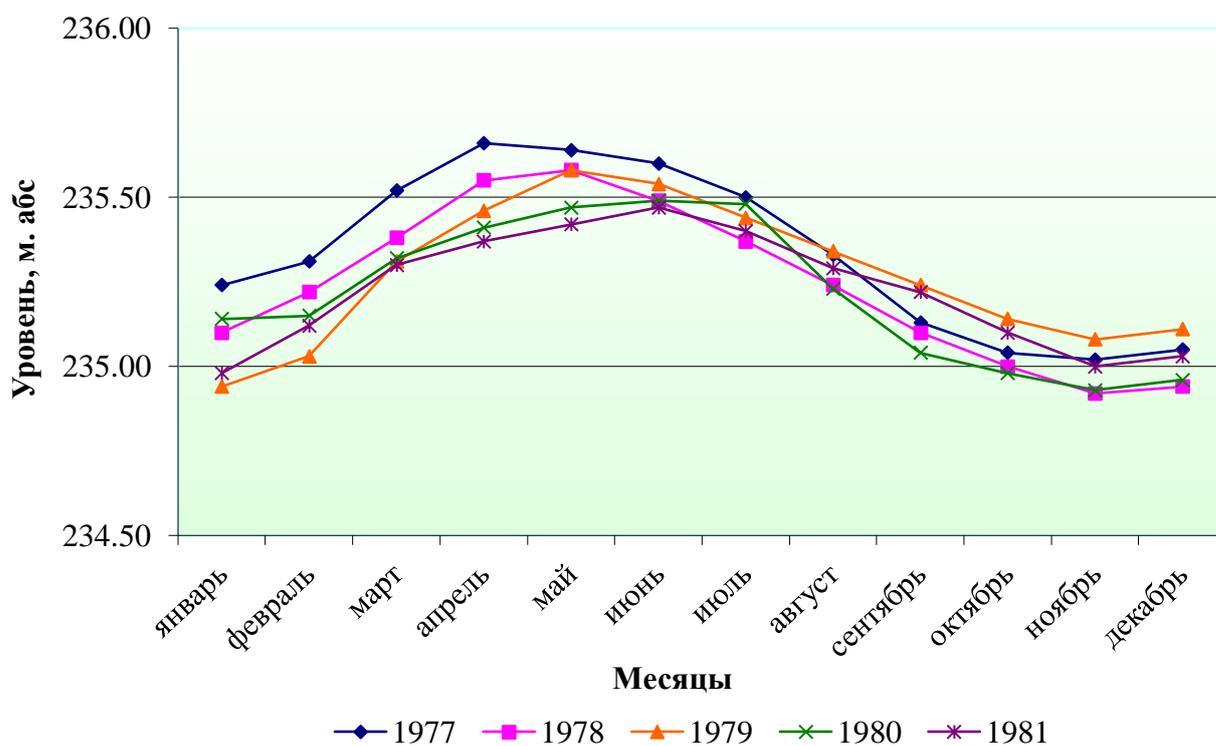
В период многолетней стабилизации режима системы озер, колебания значений уровня между годами во всех фазах внутригодового режима значительно уменьшаются.

Хотя продолжительность фаз наполнения и соответственно опорожнения может довольно значительно отличаться. Так, в 1977 году фаза наполнения продолжалась до апреля, в 1978 и 1979 году до мая, а 1980 и 1981 году до июня. Подъем уровня в эту фазу колебался от 35 до 49 см. Выделяется из них 1979 год, рост уровня в нем составил 64 см, что связано с резким увеличением объема притока коллекторных вод.

Как в регрессивном периоде, так и в периоде стабилизации водного режима системы озер, фаза высокого стояния уровня воды не продолжительна. Фаза опорожнения или падения уровня рассматриваемого периода имеет разную продолжительность, в связи с неодинаковой продолжительностью фазы наполнения в эти годы. Падение уровня, в разные годы колебалось от 47 до 66 см.

Фаза низкого стояния уровня воды, как и в регрессивном периоде, начинается в ноябре, но продолжительность её меньше. Уже в декабре начинается плавный рост уровня воды.

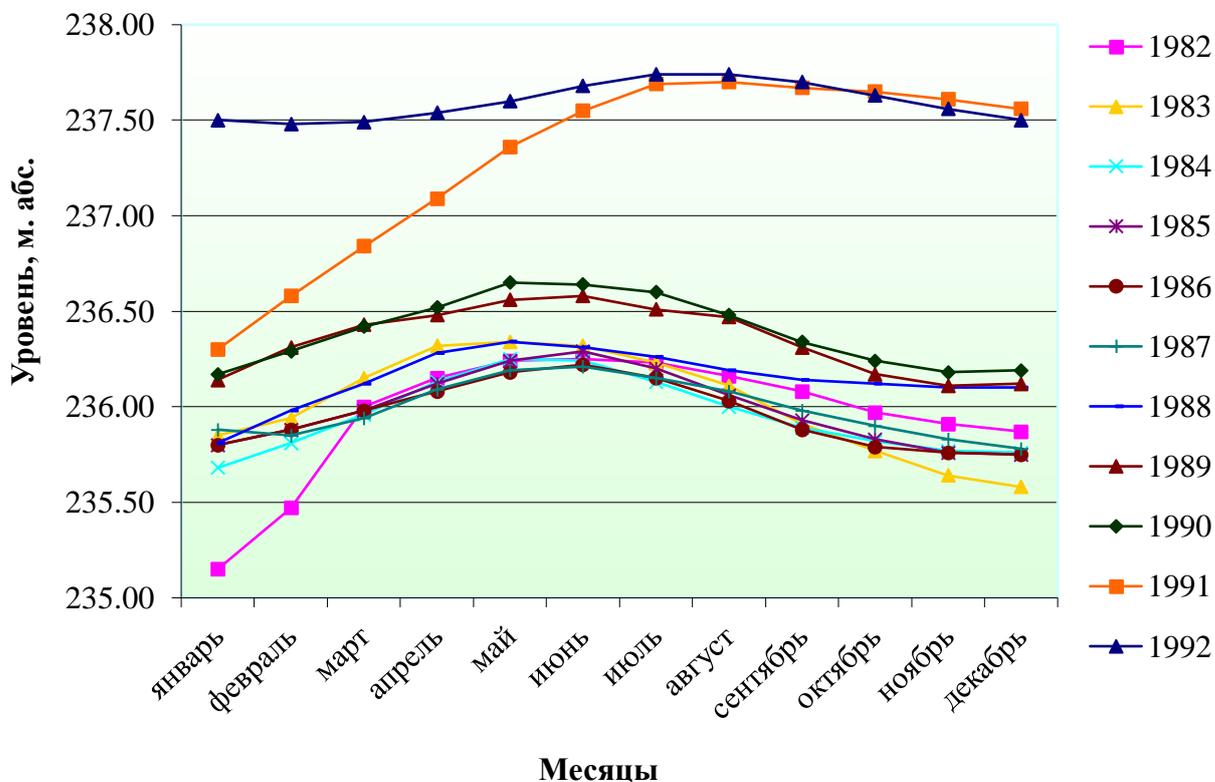
Внутригодовые колебания уровня воды, периода стабилизации режима водоема, представлены на рисунке 5.6 .



**Рисунок 5.6** – Внутригодовое изменение уровня в период 1977-81 годы

Следующий период в режиме системы озер длившейся с 1982 по 1992 год был нами охарактеризован как “плавный” подъем уровня, вызванный ростом объемов коллекторного стока в результате увеличения орошаемых площадей на территории Голодной степи. В многолетнем ходе уровня этого периода

выделяются два года, с достаточно интенсивным ростом уровня водоема – 1982 и 1991 годы и отличиями внутригодовых фаз режима. Для наглядности внутригодовой ход уровня всего периода показан на рисунке 5.7.



**Рисунок 5.7** – Внутригодовые изменения уровня в период 1982 – 1992 годы

Фаза наполнения системы озер в 1982 году более интенсивно проходила в январе, феврале и марте и продолжалась июня, но уже с меньшей интенсивностью. Подъем уровня в системе озер в эту фазу составил 1,1 м.

Фаза высокого стояния уровня воды была значительно продолжительнее, чем в период стабилизации водного режима системы озер, что было связано с повышенным стоком коллекторов, продолжавшимся по август, включительно. Тем не менее, возрастающие потери на испарение в летние месяцы, оказались выше притока, и в июле началась фаза опорожнения водоема.

Падение уровня в фазу опорожнения протекало плавно и продолжалось до января следующего года. Снижение уровня водоема за фазу опорожнения составило всего 40 см.

В ходе уровня 1982 года, фаза низкого стояния уровня не прослеживалась, она сместилась на январь следующего года и была непродолжительной.

В следующем многолетнем периоде, длившемся с 1983 по 1991 год, в водном режиме системы озер наблюдалась некоторая стабилизация, с небольшими межгодовыми колебаниями. В этот период происходит упорядочивание сроков начала и окончания фаз во внутригодовом ходе уровня водоема.

Аналогичная 1982 году ситуация произошла и в 1991 году, когда увеличение коллекторного стока вновь изменило внутригодовой ход уровня воды. В этот год фаза наполнения продолжалась до августа и характеризовалась большой интенсивностью. Подъем уровня за эту фазу составил 1,4 м.

Большой приток коллекторных вод в августе увеличил продолжительность фазы максимального стояния уровня воды, которая длилась почти весь август.

Следующая фаза снижения уровня воды продлилась до февраля следующего года. Отличалась она малой интенсивностью падения уровня. Снижение уровня за фазу составило всего 20 см.

Фазы низкого стояния уровня в этот год не наблюдалось, она сместилась на февраль следующего года.

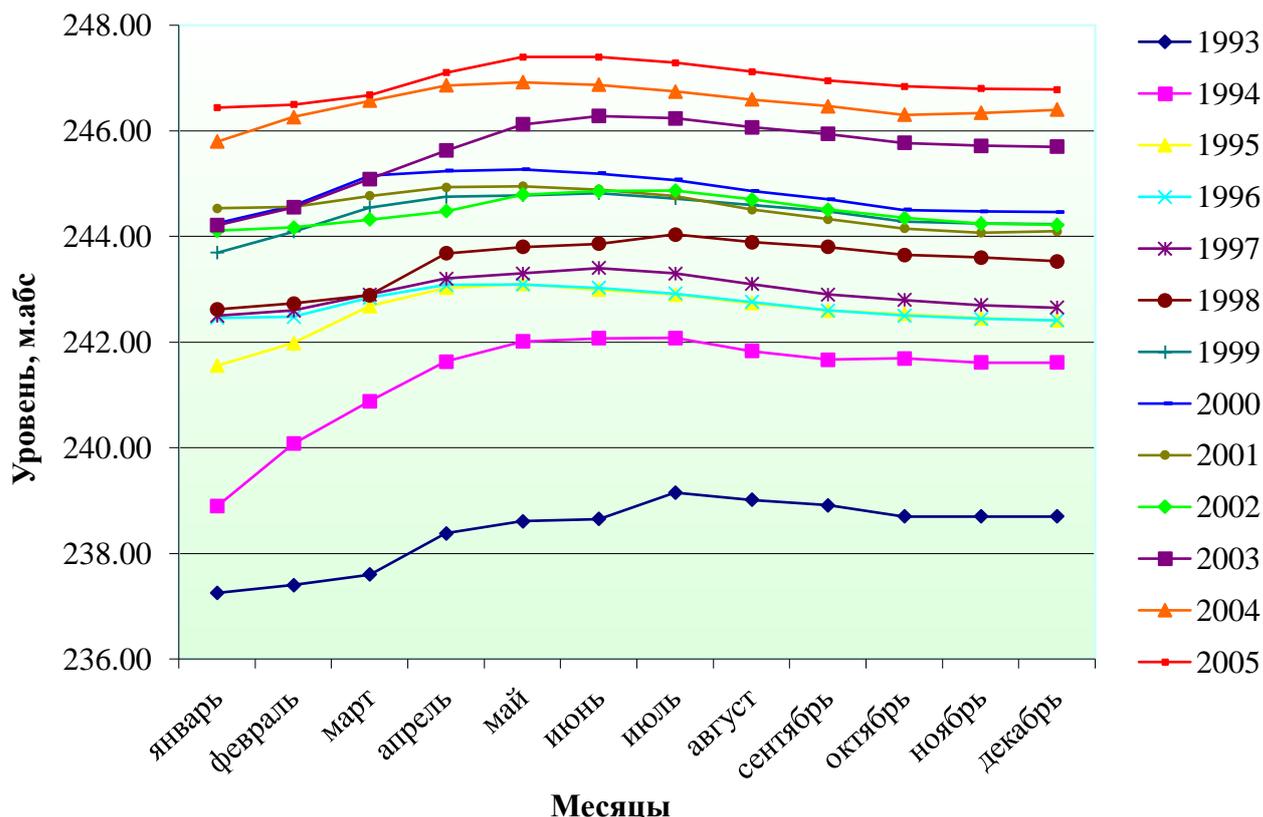
Возобновившиеся в 1993 году попуски из Чардаринского водохранилища, изменили внутригодовое соотношение компонентов водного баланса водоема, что незамедлительно отразилось на внутригодовом ходе уровня воды в системе озер.

Попуски осуществлялись в зимне-весенний период и отличались год от года объемами, продолжительностью и сроками их проведения.

Характерной чертой трансгрессивного периода развития системы озер является интенсивность фазы наполнения, которая в большей мере зависит от поступления воды из Чардаринского водохранилища. Внутригодовой ход уровня системы озер трансгрессивного периода показан на рисунке 5.8.

На графике внутригодового хода уровня трансгрессивного периода хорошо прослеживается наибольшая интенсивность фазы наполнения для 1993, 1994, 1995, 1998 и 2003 годов, когда объем сбросов из Чардаринского водохранилища соответственно составлял 2,65, 9,28, 4,0, 3,4 и 4,76 км<sup>3</sup>.

Скачкообразный ход уровня фазы наполнения в 1993 году объясняется режимом сбросов, которые проводились в марте, апреле и июне этого года.



**Рисунок 5.8** – Внутригодовой ход уровня системы озер в период 1993-2005 гг.

Максимальная интенсивность фазы наполнения присуща 1994 году, максимальному по объему сбросов, которые продолжались с января по май. Подъем уровня воды в системе озер в фазу наполнения был больше 3 метров.

С уменьшением объемов сбросов из Чардаринского водохранилища интенсивность подъема уровня фазы наполнения снижается.

Обращает на себя внимание тот факт, что с увеличением объемов сбросов и их продолжительности, либо смещением сроков сбросов в сторону летних месяцев увеличивается продолжительность фазы высокого стояния уровня воды.

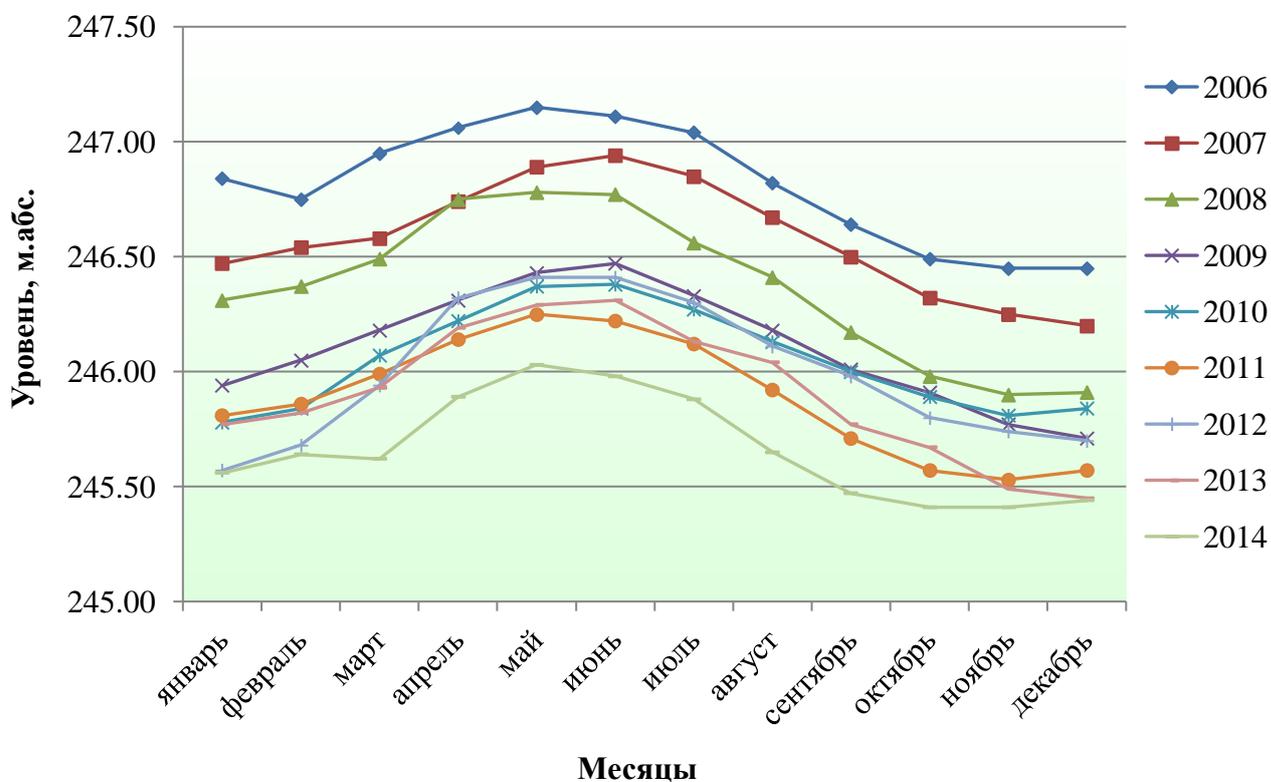
Максимальные значения уровня наблюдались, как правило, в мае-июне и лишь в отдельные годы этого периода смещались на июль. Так, в 1993,1998 и 2002 годах повторные сбросы проводились в июне, сдвинув тем самым достижение максимума уровня на июль.

В трансгрессивный период развития водоема интенсивность снижения уровня фазы опорожнения водоема значительно ниже, чем подъема уровня в фазу наполнения.

Фаза низкого стояния уровня воды в период трансгрессивного развития системы озер наблюдается, в основном в ноябре-декабре. Редко смещается на январь следующего года.

Начиная с 2006 года, с сокращением сбросов из Чардаринского водохранилища на Айдар-Арнасайской системе озер начался регрессивный период развития водоема.

Внутригодовой ход уровня воды системы озер этого периода по годам отражен на рисунке 5.9.



**Рисунок 5.9** - Внутригодовой ход уровня воды, регрессивного периода развития системы озер

Внутригодовой ход современного регрессивного периода в целом сохраняет черты такого же периода 1970-77 гг.

Фаза наполнения в этом периоде имеет меньшую интенсивность, чем в фазу опорожнения. Длится фаза наполнения с января по май-июнь. Подъем уровня в фазу наполнения в регрессивном периоде составлял от 31 до 60 см., а падения уровня в фазу опорожнения от 44 до 87 см. Исключением является 2012 год, в котором объемы сбросов из Чардаринского водохранилища составили 1,62 км<sup>3</sup>. В этот год подъем уровня в фазу наполнения был больше падения уровня в фазу опорожнения.

Фаза высокого стояния уровня воды непродолжительна, а в отдельные годы слабо выражена. По сути, окончание фазы наполнения для испарительно-приточных озер является началом фазы опорожнения. На стыке фаз уровень воды достигает своих максимальных значений.

В летние месяцы в водном балансе системы озер начинает превалировать испарение, и уровень в водоеме снижается. Понижение уровня в летне-осенние месяцы зависят от складывающихся метеорологических условий конкретного года определяющих испарение. Фаза опорожнения длится до ноября- декабря.

Фаза низкого стояния уровня воды достигается в конце осени – начале зимы, при некоторой стабилизации водного баланса, за счет уменьшения испарения в это время года.

Достаточно информативной характеристикой уровня режима системы озер является годовая амплитуда их уровня, характеризующая условия наполнения и опорожнения в данном году и являющаяся косвенным показателем морфометрических особенностей водоема.

Годовое изменение уровня, его максимальные и минимальные отметки, амплитуда колебания и объемы сбросов из Чардаринского водохранилища по годам в последние трансгрессивный и регрессивный периоды представлены в таблице 5.1.

**Таблица 5.1 – Динамика изменения уровня воды и объемов сбросов из Чардаринского водохранилища за 1993-2017 годах**

Год	Уровень, в м.абс. на 1 января	Годовое изменение уровня, м	Макс. годовой уровень, м.абс.	Мин. годовой уровень, м.абс.	Годовая амплитуда уровня, м	Сброс воды из Чардаринского водохранилища, км <sup>3</sup>
1993	237,25	1,64	239,52	237,15	2,37	2,650
1994	238,89	2,66	242,10	238,89	3,21	9,286
1995	241,55	0,91	243,10	241,59	1,51	4,003
1996	242,46	0,00	243,15	242,41	0,74	1,208
1997	242,46	0,16	243,39	242,46	0,93	1,244
1998	242,62	1,07	244,08	242,62	1,46	3,135
1999	243,69	0,56	244,83	243,62	1,21	3,098
2000	244,25	0,28	245,51	244,25	1,26	2,793
2001	244,53	-0,42	244,95	244,07	0,88	0,351
2002	244,11	0,10	244,87	244,11	0,76	1,207
2003	244,21	1,58	246,28	244,21	2,07	4,757
2004	245,79	0,65	246,92	245,79	1,13	2,865
2005	246,44	0,40	247,44	246,27	1,17	2,279
2006	246,84	-0,37	247,15	246,42	0,73	0,337
2007	246,47	-0,16	246,96	246,24	0,72	0,818
2008	246,31	-0,37	246,78	245,89	0,89	0,956
2009	245,94	-0,16	246,46	245,71	0,75	0,192
2010	245,78	0,03	246,37	245,81	0,56	0,840
2011	245,81	-0,24	246,25	245,49	0,76	0,250
2012	245,57	0,20	246,42	245,73	0,69	1,623
2013	245,77	-0,21	246,30	245,44	0,86	0
2014	245,56	-0,12	246,06	245,40	0,66	0,124
2015	245,42	-0,14	245,74	244,70	1,04	0,343
2016	244,97	-0,45	245,45	244,61	0,84	0,025
2017	244,73	0,43	245,75	244,73	1,02	0,958

Из приведенной таблицы следует, что годовое изменение уровня воды с положительным числом характеризует трансгрессивное развитие системы озер, с отрицательным числом регрессивное.

Наибольшим годовым изменениям уровня соответствуют и наибольшие объемы сбросов из Чардаринского водохранилища, и присуща максимальная внутригодовая амплитуда уровня воды. Так в период с 1993 по 2005 год внутригодовая амплитуда колебания уровня изменялась от 0,74 до 3,21 метра, а в период регрессивного развития с 2006 по 2017 год сократилась и находилась в пределах 0,56-1,04 метра.

## **6 Определение качественных характеристик компонентов экосистемы**

### **Айдар-Арнасайской системы озер**

Узбекистан является страной с максимальным использованием орошаемых земель, и как следствие, образуется огромное количество коллекторно-дренажных вод, направляемых в ирригационно-сбросовые озера. Подобным крупным водоемом является Айдар-Арнасайская система озер (ААСО), объединяющая озера Айдаркуль и Тузкан. Одним из приоритетных направлений является использование ее в рыбохозяйственной деятельности, что требует постоянного контроля за экологической ситуацией в водоеме. Необходимость экологического контроля экосистемы ААСО определяется также обязательствами Узбекистана по выполнению Рамсарской Конвенции после включения в 2008 году ААСО в список водоемов Конвенции по сохранению и поддержанию водно-болотных угодий.

В настоящее время одной из актуальных проблем охраны окружающей среды является защита рыбохозяйственных водоемов от загрязнения. Известно, что состояние пресноводных экосистем находится в прямой зависимости от уровня антропогенной освоенности бассейна. Поэтому экологический контроль состояния водных объектов рыбохозяйственного назначения является важной и актуальной проблемой и для Узбекистана.

Основываясь на требованиях продовольственной безопасности, нормативы качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения по ПДК ряда вредных веществ являются значительно более высокими по своим показателям, чем нормативы качества воды водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования [1].

Условия существования рыбы и ее воспроизводство не только связано с характером водоемов, но и зависит от качества воды. Показателями качества являются – физические, химические, биологические. Физические показатели это вкус, запах, цветность, прозрачность. Изменение этих показателей может оказывать негативное влияние на экосистему водного объекта.

Химические компоненты природных вод подразделяются на следующие группы: растворенные газы, главные ионы, биогенные вещества, микроэлементы, органические вещества. Наиболее важными составными частями вод являются анионы ( $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ) и катионы ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ), газы ( $\text{O}_2$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ).

Из растворенных газов в воде наибольшее значение имеют кислород  $\text{O}_2$  и двуокись углерода  $\text{CO}_2$ .

### **6.1 Приборы и оборудование, используемые при проведении оценки качества компонентов Айдар-Арнасайской системы озер**

Оценка качества компонентов экосистемы ААСО состоит из двух видов работ. Первое – это ежемесячное получение и проведение анализа проб воды с гидрометеорологического поста Узгидромета «Западный Арнасай». Второе – это проведение экспедиционного обследования различных зон Айдар-Арнасайской системы озер. Целью этих работ является определение основных гидрохимических показателей, а также содержания загрязняющих веществ – токсикантов в воде, донных отложениях, макрофитах, водорослях.

При проведении исследовательских работ по акватории озерной системы определяли створы и точки отбора проб в соответствии с поставленными задачами.

В выбранных точках проводили гидрологические, гидрохимические наблюдения, отбирали пробы воды, донных отложений на последующий химический анализ. Измерения гидролого-гидрохимических параметров водных масс по глубине проводили с шагом в 1 метр. Работы выполняли с моторной лодки типа “Прогресс-2” с установленной на ней гидрологической лебедкой, снабженной счетчиком С-52 (рисунок 6.1).

Важным условием для стабильного развития рыбохозяйственных водоемов является определение основных гидрохимических показателей непосредственно в водоемах.



**Рисунок 6.1** – Моторная лодка типа “Прогресс-2” с установленной на ней гидрологической лебедкой, снабженной счетчиком С-52

Измерения в выбранных точках наблюдений проводили зондом “Hydrolab” (рисунок 6.2) с длиной шнура 30 м и регистрировали прибором “Servior”. Зонд “Hydrolab” снабжен сенсорами для одновременного измерения температуры воды, концентрации кислорода, насыщенности кислородом, электропроводимости, минерализации, TDS (полностью растворенные твердые вещества), величины рН, окислительно-восстановительного потенциала, глубины погружения зонда.

Позиционирование точек наблюдений по акватории водной системы осуществляется прибором GPS, с точностью определения координат на местности до 4-6 м.

Прозрачность воды определялась по диску Секки, цвет - по шкале Фореля-Уле.



**Рисунок 6.2 – Зонд “Hydrolab”**

Наблюдения за цветом и прозрачностью озерных вод входят в комплекс стандартных гидрологических работ. Эти оптические показатели определяются только в светлое время суток при волнении высотой не более 1 м. Показателем прозрачности водных масс служит условная прозрачность, под которой понимается предельная глубина видимости белого стандартного диска диаметром 30 см. (диск Секки) в водной толще, равномерно освещенной солнцем и небосводом. Цвет воды определяется в баллах по шкале цветности - набору из 21 пробирки с цветовыми растворами (шкала Фореля-Уле).

Отбор проб воды на полный химический анализ из придонных слоев производился батометром Молчанова, состоящего из двух одинаковых цилиндров из органического стекла по 2 литра каждый, связанных между собой металлической рамой. Цилиндры в точке взятия пробы закрываются специально устроенными крышками, удерживаемыми пружинами.

Донные отложения отбирались дночерпателем ДЧ-0.25, представляющим собой два соединенных шарнирно полых сегмента.

Количественные характеристики показателей качества объектов исследования проводили по известным методическим и нормативным документам [13, 16].

## **6.2 Основные показатели качества, определяемые в компонентах экосистемы ААСО**

Айдар-Арнасайская система озер относится к искусственным бессточным водоемам, питаемым коллекторно-дренажными водами с сельхозугодий. Эта водная система используется, главным образом, как рыбохозяйственный водоем. Поэтому контроль качества компонентов водной экосистемы является обязательным условием. Почвы сельхозугодий в районе ААСО с повышенным содержанием различных солей, которые по коллекторам попадают в водоем. Для таких водоемов предусмотрены наиболее строгие показатели качества воды. Основными гидрохимическими показателями, контролируемые в воде ААСО являются сульфаты, нитраты, кальций, магний, натрий. Все они подлежат обязательному контролю.

Повышенное содержание **сульфат-ионов** оказывает негативное влияние на все процессы, происходящие в озерах, особенно, если меняется насыщение воды кислородом.

**ПДК сульфатов для рыбохозяйственных водоемов составляет 100 мг/дм<sup>3</sup>.**

Определение сульфатов проводили по стандартной международной методике турбидиметрическим методом [18] на спектрофотометре JASCO V-530 (Япония).

Для коллекторно-дренажных вод, образующихся на засоленных территориях, характерно высокое содержание **хлоридов**. Хлоридные ионы обладают высокой миграционной способностью. В водах повышенной минерализации ионы хлора, так же, как и сульфатные ионы, по количественному содержанию занимают первое или второе место. Повышенное

содержание хлоридов является фактором, влияющим на биопродуктивность рыбохозяйственного водоема.

**ПДК хлоридов составляет 300 мг/дм<sup>3</sup>.**

Определение хлоридов в пробах воды проводили потенциометрическим методом с использованием ионселективного электрода на ион хлора Элит-261 на приборе рН-метр-иономер «Эксперт-001» (анализатор жидкости) [16].

Под пристальным вниманием при контроле воды рыбохозяйственных водоемов находятся биогенные соединения. Основное внимание нами было уделено содержанию нитратов и нитритов. Повышенные концентрации нитритов указывают на свежее загрязнение водоема, к ому же они являются переходной формой окисления азота, неустойчивы.

Санитарное состояние водоема можно оценивать по содержанию нитратов в воде, которые являются конечным продуктом минерализации органического вещества.

**ПДК нитратов для рыбохозяйственных водоемов составляет 40,0 мг/дм<sup>3</sup>.**

**ПДК нитратного азота составляет 10 мг/дм<sup>3</sup>**

Определение нитратов в пробах воды проводили потенциометрическим методом с использованием ионоселективного электрода на нитрат-ионы на приборе рН-метр-иономер «Эксперт-001» (анализатор жидкости) [16].

**ПДК нитритов составляет 0,08 мг/дм<sup>3</sup>, ПДК нитритного азота - 0,02 мг/дм<sup>3</sup>**

Определение нитритов проводили стандартной методикой с применением реактива Грисса спектрофотометрическим методом [16].

Токсичными компонентами вод, особенно рыбохозяйственных водоемов, являются ионы **аммония и аммиак**. Их концентрации зависят от таких факторов, как температура и рН. Аммиак и соли аммония тормозят биологические процессы в водоеме и высокотоксичны для рыб. Кроме того, аммониевые соли в результате биохимических процессов окисляются до нитратов [15].

**ПДК аммония составляет 2 мг/дм<sup>3</sup> по азоту или 2,6 мг/дм<sup>3</sup> в виде иона аммония.**

Определение ионов аммония проводили по стандартной методике с использованием реактива Несслера спектрофотометрическим методом [13].

**Концентрация ионов водорода (рН)** – показатель, который измеряется непосредственно в водоеме. Он характеризуется кислотностью среды, от которой зависят многие процессы, протекающие в воде. Контроль концентрации ионов водорода – обязательное условие при проведении оценки экологического состояния водного объекта.

Важным лимитирующим фактором нормального развития водной экосистемы является наличие в воде водоема **растворенного кислорода**. Кислород постоянно присутствует в поверхностных водах, являясь сильным окислителем, играет важную роль в формировании состава природных вод.

**ПДК кислорода для рыбохозяйственных водоемов не менее 4,0 (6,0) мг/дм<sup>3</sup>**

Непосредственно со значениями рН связаны показатели такой величины, как **окислительно-восстановительный потенциал (ОВП)**, играющий немаловажное значение во внутриводоемных процессах. Определение ОВП проводили непосредственно при отборе проб воды в водоеме.

К компонентам поверхностных вод, подлежащих обязательному контролю относятся ионы натрия, калия, магния, кальция.

Ионы натрия относятся к главным гидрохимическим показателям, характеризующим качество воды. По его содержанию определяют тип поверхностных вод.

**ПДК натрия составляет 120 мг/дм<sup>3</sup>.**

Определение натрия проводили потенциометрическим методом на приборе «Эксперт-001» с использованием натрийселективного электрода ЭСр-10101 [16].

**Калий** также является основным гидрохимическим показателем поверхностных вод. Однако, поведение его в водах отличается от натрия.

Основная часть калия по данным ряда исследователей находится в поверхностных водах в составе взвешенных веществ.

**ПДК калия составляет 50 мг/дм<sup>3</sup>.**

Определение содержания калия в водах проводили потенциометрическим методом с использованием ионселективного электрода на калий ЭЛИТ- на приборе «Эксперт-001» [16].

В число контролируемых показателей качества воды, особенно в рыбохозяйственных водоемах, включены такие ионы как **кальций и магний**. Их определение проводили комплексонометрическим методом по методике [12].

**ПДК магния для рыбохозяйственных водоемов составляет 40 мг/дм<sup>3</sup>.**

**ПДК кальция в водах составляет 180 мг/дм<sup>3</sup>.**

Устойчивость и экологическая стабильность водного объекта зависит от многих факторов, в том числе и от количественных характеристик таких загрязняющих веществ, как тяжелые металлы. Попадая в воду озерной системы в зависимости от условий (рН, ОВП) тяжелые металлы перераспределяются между водной фазой, донными отложениями, поглощаются водной растительностью. Их присутствие в воде оказывает негативное воздействие на биоту. Различные тяжелые металлы накапливаются в органах и тканях рыб. Они способны передаваться по трофическим цепям. Многие металлы проявляют высокие токсические свойства. К таким металлам можно отнести **свинец, ртуть, кадмий, цинк, висмут, кобальт, никель, медь, олово, ванадий, марганец, хром, молибден и мышьяк**.

Известно, что наиболее значимыми для жизнедеятельности водных организмов являются: **Zn**, входящий в состав фермента карбоксиангидразы, **Fe**, входящее в состав гемоглобина, **Cu**, входящая в состав гемоцианина, **Ni**, влияющий на рост и размножение организмов, т.е. металлы, окислы и гидроокислы которых прекрасные адсорбенты тяжелых металлов, поведение которых зависит от физико-химических условий окружающей среды.

Повышенные концентрации металлов, связанных с аморфными окислами и гидроксидными железами и марганца биологически наиболее токсичны.

**Мышьяк** и его соединения используются в некоторых инсектицидах, применяемых при обработке сельхозугодий. Сам мышьяк и его соединения являются сильными ядами. Поэтому его контроль в водных объектах – обязательное условие.

**ПДК мышьяка для рыбохозяйственных водоемов – 0,05 мг/дм<sup>3</sup>.**

К микроэлементам, обязательным при контроле качества вод рыбохозяйственных водоемов относятся ионы **меди**. Они участвуют во многих процессах, происходящих в водной экосистеме – это процесс фотосинтеза, влияния на усвоение азота. Недостаток или избыток ионов меди оказывает негативное воздействие на развитие водных животных и растений.

**ПДК меди для рыбохозяйственных водоемов составляет 0,001 мг/дм<sup>3</sup>.**

Развитие растительных и животных организмов требует присутствие в воде соединений **молибдена**, вместе с тем, в повышенных концентрациях он вреден, так как нарушает обмен веществ.

**ПДК молибдена для рыбохозяйственных водоемов составляет 0,0012 мг/дм<sup>3</sup>.**

**Кадмий** является одним из приоритетных загрязняющих веществ, за уровнем содержания которого в природных средах осуществляется постоянной контроль. Установлено, что насыщение кадмием рыбы при постоянном его содержании в воде достигается через два часа [12].

**ПДК кадмия для рыбохозяйственных водоемов составляет 0,005 мг/дм<sup>3</sup>.**

Роль **марганца** в жизни высших растений и водорослей водоемов весьма велика. Он способствует утилизации CO<sub>2</sub> растениями, чем повышает интенсивность фотосинтеза, участвует в процессах восстановления нитратов и ассимиляции азота растениями. Важная экологическая и физиологическая

роль марганца вызывает необходимость изучения его распределения в природных водах [4].

**ПДК марганца в рыбохозяйственных водоемах составляет 0,01 мг/дм<sup>3</sup>.**

Для получения более полной оценки качества воды на содержание тяжелых металлов нами были определены концентрации таких микроэлементов, как ртуть, свинец, никель, ванадий, хром и др.

Определение тяжелых металлов проводили на приборе JCP-MS (масс-спектрометре с индуктивно-связанной плазмой) AT7500 по методу «TEST.M». Калибровка прибора и количественный расчет проводились на основании мультиэлементного калибровочного стандарта фирмы «Agilent Technologist», 27 элементов [21].

Район расположения Айдар-Арнасайской системы озер это сельхозугодья, на которых выращиваются различные виды растений. Важным условием получения богатого урожая является борьба с вредителями и сорняками. Для этих целей используются вещества особого класса – пестициды, гербициды, инсектициды. В состав этих веществ входят особо токсичные компоненты, которые очень негативно влияют на животных и человека.

Многие пестициды обладают высокой стойкостью в природных средах, они медленно разрушаются. Возрастает опасность их накопления в различных объектах.

Коллекторные воды, дренирующие сельхозугодья попадают в бессточный накопитель этих вод – ААСО, и, как следствие, в водоеме, особенно в донных отложениях, макрофитах, водорослях накапливаются токсиканты, способные передаваться по трофическим цепям [5, 14].

Опасными для окружающей среды являются пестициды класса хлорорганических соединений [18]. Контроль за содержанием этих соединений наряду с тяжелыми металлами – обязательное условие при

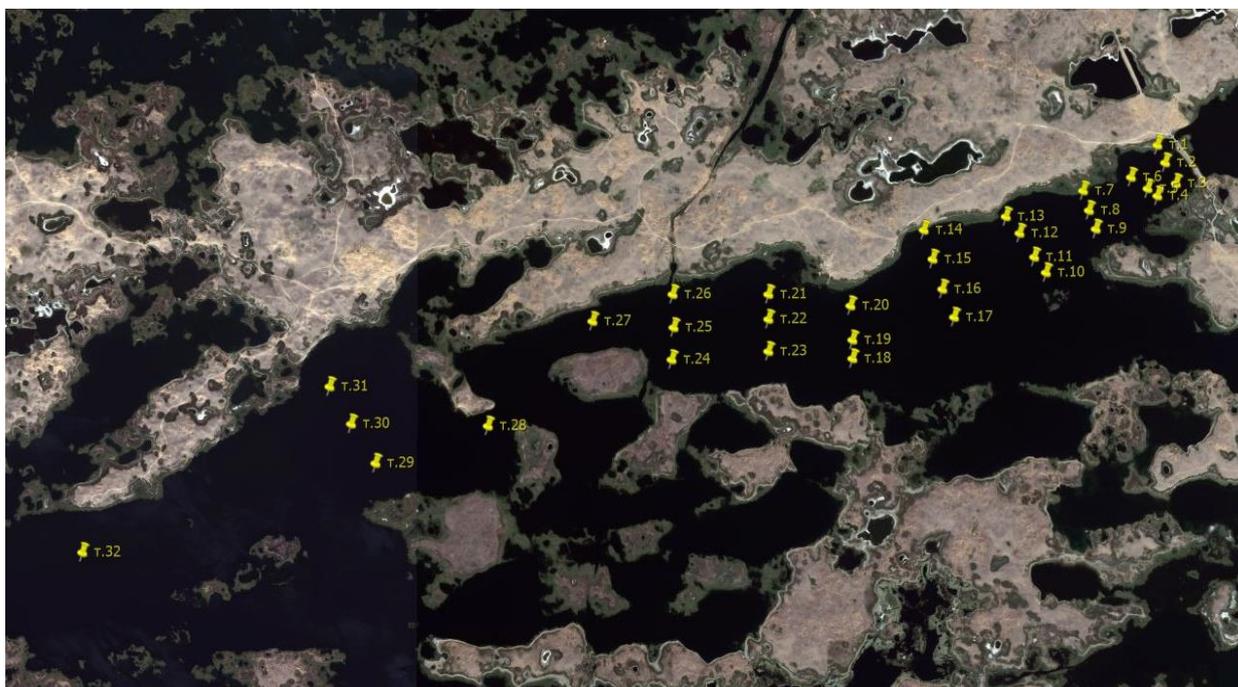
экологическом обследовании рыбохозяйственных водоемов. Они, как известно, попадают в водоем с коллекторно-дренажными водами.

В отобранных пробах донных отложений и макрофитов определяли содержание пестицидов на газовом хроматографе АТ (Agilent Technology) 6890 с детектором электронного захвата (ДЭЗ) по методу «RTLPESEC.M» с использованием капиллярной колонки ДВ 208 размером 30 м x 0,53 мм при температуре инжектора 280<sup>0</sup>С, величина пробы 2 мкл.

### **6.3 Данные по качеству воды озера Тузкан в зоне впадения коллекторов ЦГК, Акбулака и реки Клы**

Для определения зон влияния коллекторных вод на водные массы озера Тузкан были определены два участка с разными морфологическими особенностями приустьевых зон озера [9, 10].

Самый крупный Центральный Голодностепский коллектор (ЦГК) впадает в узкий длинный залив озера Тузкан. В результате промеров по длине залива были выбраны поперечные створы с точками проведения отбора проб и всех других видов наблюдений. Распределение створов и точек промеров по заливу показано на рисунке 6.3.



**Рисунок 6.3** – Распределение створов и точек промеров по заливу озера Тузкан в зоне впадения Центрального Голодностепского коллектора

Другим устьевым участком является зона впадения коллектора Акбуллак и реки Клы в юго-восточной части озера Тузкан непосредственно в открытую часть водоема.

Устьевые участки этих коллекторов расположены очень близко друг к другу. Поэтому в этом случае створы располагались по радиальным направлениям. Схема расположения створов и точек от бора в зоне впадения реки Клы и коллектора Акбуллак представлены на рисунке 6.4.



**Рисунок 6.4** – Расположение створов и пунктов наблюдений на озере Тузкан в зоне впадения реки Клы и коллектора Акбуллак

Поступление коллекторных вод Центрального Голодностепского коллектора происходит в восточной части озера Тузкан. По данным экспедиционных исследований это формирует изменения минерализации по длине от зоны впадения коллектора к западной части залива. Имея меньшую температуру и минерализацию коллекторные воды образуют верхний, довольно однородный двухметровый слой. Водные массы, расположенные ниже двухметрового горизонта имеют более высокую минерализацию.

Минерализация воды, как поверхностного слоя, так и ниже расположенных, высокоминерализованных водных масс имеют тенденцию к увеличению по длине залива от зоны впадения коллекторных вод к открытой части озера.

Важным показателем качества воды является наличие в ней органических веществ. Оценку их содержания проводили по показателю ХПК ( химическому потреблению кислорода ). Значения ХПК находятся в интервале от 20 до 38 мгО/дм<sup>3</sup>. Максимальные значения отмечены в поверхностной воде на 1 створе, характерной для ЦГК. Минимальное значение определено в точке 30 у дна (рисунок 6.3).

Определение содержания кальция и магния обязательное условие при проведении оценки качества вод, особенно рыбохозяйственных водоемов. Полученные данные о содержании кальция в воде показывают превышение его ПДК у поверхности почти в два раза. Значения находятся в интервале концентраций от 270 до 320 мг/дм<sup>3</sup>. Минимальное количество определено в точке 3 – 272,5 мг/дм<sup>3</sup>. У дна концентрации кальция выше – от 460 до 570 мг/дм<sup>3</sup> (рисунок 6.3). Наблюдается превышение ПДК от 2,5 до 3 раз. Содержание магния в воде достаточно высокое, ненамного отличается от содержания кальция. У поверхности концентрация находится в пределах от 212 до 270 мг/дм<sup>3</sup>, что превышает ПДК от 5 до 6,7 раз. У дна концентрации магния находятся в пределах от 456 до 520 мг/дм<sup>3</sup>. Превышение ПДК от 11 до 13 раз для рыбохозяйственных водоемов.

Проведенный анализ вод показал значительное превышение ПДК для сульфатных ионов как у поверхности, так и у дна. У поверхности их содержание варьирует от 2500 до 3440 мг/дм<sup>3</sup>, что превышает ПДК от 25 до 34 раз. У дна концентрация этих ионов выше – от 5020 до 5700 мг/дм<sup>3</sup>, превышение ПДК рыбохозяйственных водоемов от 50 до 57 раз

В водах отмечено высокое содержание хлоридов. У поверхности концентрации ионов хлора находятся в пределах от 894 до 1022 мг/дм<sup>3</sup>. У дна

концентрации хлоридов выше – от 1504 до 1560 мг/дм<sup>3</sup>. Наблюдается превышение ПДК хлоридов в воде зоны впадения ЦГК от 3 до 5 раз.

Для ионов натрия также отмечено значительное превышение ПДК как для вод у поверхности, так и у дна. Полученные значения концентраций находятся в интервале от 500 до 1067 мг/дм<sup>3</sup>, что превышает ПДК от 4 до 9 раз. Анализ полученных данных показывает, что содержание калия не превышает ПДК.

Для оценки общей минерализации воды мы определяли сухой остаток. Из полученных данных видно, что наблюдается значительная разница в значении минерализации у поверхности и у дна. У поверхности она находится в пределах от 4,48 до 5,10 г/дм<sup>3</sup>, а у дна ее значения находятся в интервале от 9,0 до 9,7 г/дм<sup>3</sup>.

В содержании карбонатных ионов не отмечено больших отличий между поверхностью и дном. Их концентрации находятся в интервале от 180 до 244 мг/дм<sup>3</sup>.

При рассмотрении данных о концентрациях ионов азотной группы не отмечено превышения их содержания в пробах воды. Концентрации ионов аммония, нитритного и нитратного азота находятся ниже ПДК.

По результатам проведенных исследований выявлено отсутствие превышения ПДК для вод рыбохозяйственных водоемов у элементов – свинца, кобальта, марганца, мышьяка. Для таких элементов, как кадмий, цинк, никель превышение ПДК в некоторых точках незначительное. Наибольшее превышение ПДК отмечено для меди – от 15 до 40 раз; ванадия – от 16 до 23 раз; хрома – от 42 до 64 раз [7].

В анионном составе вод озера Тузкан в зоне впадения реки Клы и коллектора Акбуллак также наблюдается явное доминирование сульфат-ионов. Максимальные количества сульфатов характерны для створа с точками 18-22 (рисунок 30). Их содержание находится в интервале 2820,0 - 4104,56 мг/дм<sup>3</sup>, а также створа с точками 10 - 13 (2929,35 – 3695,91 мг/дм<sup>3</sup>). Для створа с точками 5 – 8 содержание сульфатов несколько ниже – 2327,05 – 2965,85 мг/дм<sup>3</sup>.

Минимальное количество сульфатов характерно для вод Клы (1939,24 мг/дм<sup>3</sup>) и коллектора Акбулак (1825,14 мг/дм<sup>3</sup>). Для вод этой акватории наблюдается значительное превышение сульфат-ионов в воде. В воде озера Тузкан в зоне впадения Клы и Акбулака отмечено высокое содержание хлоридов. Интервал определяемых концентраций находится в пределах 1565 – 1793 мг/дм<sup>3</sup>, что значительно превышает ПДК. Минимальные концентрации хлоридов присущи водам Клы и Акбулака 332,66 и 557,70 мг/дм<sup>3</sup> соответственно.

Для ионов азотной группы, таких как аммоний и нитраты не обнаружено превышения ПДК. Наблюдается превышение ПДК для нитритов в некоторых точках.

Важным показателем оценки качества вод рыбохозяйственных водоемов является жесткость воды, определяемая суммарным содержанием в воде ионов кальция и магния. Определенная жесткость воды в водоеме находится в интервале 69 - 74 мг-экв/дм<sup>3</sup>. Минимальные ее значения характерны для вод Клы (35,20) и Акбулака (38,00).

Количественные характеристики концентраций кальция и магния отличаются незначительно и находятся в интервале 400 – 590 мг/дм<sup>3</sup>. Однако в точках 18, 19, 20 и 21 (рисунок 6.4) наблюдается превышение содержания ионов магния над ионами кальция.

Для ионов натрия отмечено значительное превышение ПДК во всех точках, как у дна, так и у поверхности. Полученные значения находятся в интервале от 1100 до 1600 мг/дм<sup>3</sup>. Максимальное значение зафиксировано в точке 8 в придонном слое воды (1888,0 мг/дм<sup>3</sup>).

Анализ полученных данных показывает, что содержание калия не превышает ПДК.

По результатам проведенных исследований в зоне впадения реки Клы и коллектора Акбулак выявлено отсутствие превышения ПДК для вод рыбохозяйственных водоемов у элементов – свинца, кадмия, кобальта, марганца, мышьяка, алюминия. Превышение ПДК в некоторых точках зафиксировано для цинка в 2,6 -6 раз; ванадия и железа в 30 - 80 раз; хрома в 10

– 17 раз, марганца в 26 – 49 раз, меди в 2,6 5 раз. По требованиям к рыбохозяйственным водоемам в воде не должно содержаться ртути. Полученные результаты показывают содержание ртути практически по всем точкам отбора проб.

#### **6.4 Донные отложения – важный компонент экосистемы водного объекта**

При оценке экологического состояния водного объекта необходимо уделять внимание состоянию донных отложений, которые формируются за счет поступления в водоем с водосбора с поверхностным стоком взвешенных веществ. Состав этих веществ различен и отражает антропогенную нагрузку на природные объекты в данном регионе.

Донные отложения характеризуются как депонирующая среда куда в конечном итоге попадают все загрязняющие вещества и накапливаются. Это отрицательно сказывается на развитии бентосных организмов с последующей передачей по трофическим цепям доходя до человека.

Донные отложения являются достаточно стабильным компонентом в отличие от водных масс. Необходимо учитывать процессы, которые происходят в донных отложениях и придонном слое воды, приводящие к изменению качественного и количественного состава воды. Другим влиянием донных отложений на экосистемы и здоровье человека, это так называемое вторичное загрязнение.

Учитывая многие факторы, оценка донных отложений приобретает первостепенное значение при проведении экологического обследования водного объекта, особенно рыбохозяйственного назначения.

В работе приводятся результаты экспедиционных работ нашего отдела по оценке качественных и количественных характеристик донных отложений в зоне впадения коллекторов в озеро Тузкан [2, 9, 10].

В донных отложениях обычно определяются те же тяжелые металлы, которые анализировались в воде, а также биогенные элементы и пестициды.

На рисунке 6.5 представлена гистограмма содержания железа в пробах донных отложений от зоны впадения коллектора ЦГК до фоновой 33 точки залива озера Тузкан.

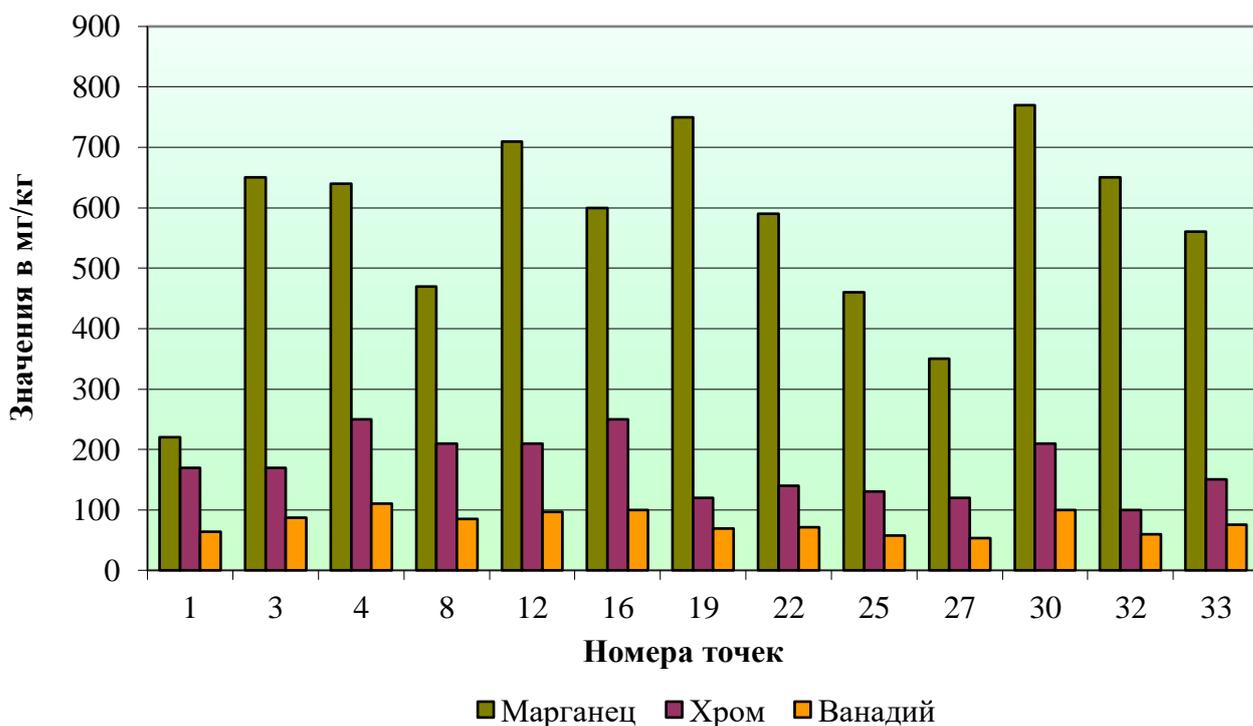
Наименьшая концентрация железа (10000 мг/кг) отмечается в 1 точке, расположенной на конусе выноса коллектора ЦГК, где еще велики гидродинамические свойства потока коллекторных вод и в точке 27, на узком участке залива, что связано с увеличением скорости движения водных масс, препятствующих осадконакоплению в этой части залива. В более глубоких точках 3 и 4 первой котловины концентрация железа в пробах донных отложений возрастает практически в два раза, составляя 20000 и 19000 мг/кг.



**Рисунок 6.5** – Содержание железа в донных отложениях по точкам отбора проб в акватории залива оз. Тузкан

Наибольшие значения концентрации железа (21000 мг/кг) наблюдались в самой большой и глубокой третьей котловине (точка 30). В фоновой точке (33) концентрация железа снижается до 16000 мг/кг.

Распределение концентраций марганца, хрома и ванадия по точкам представлены на рисунке 6.6.



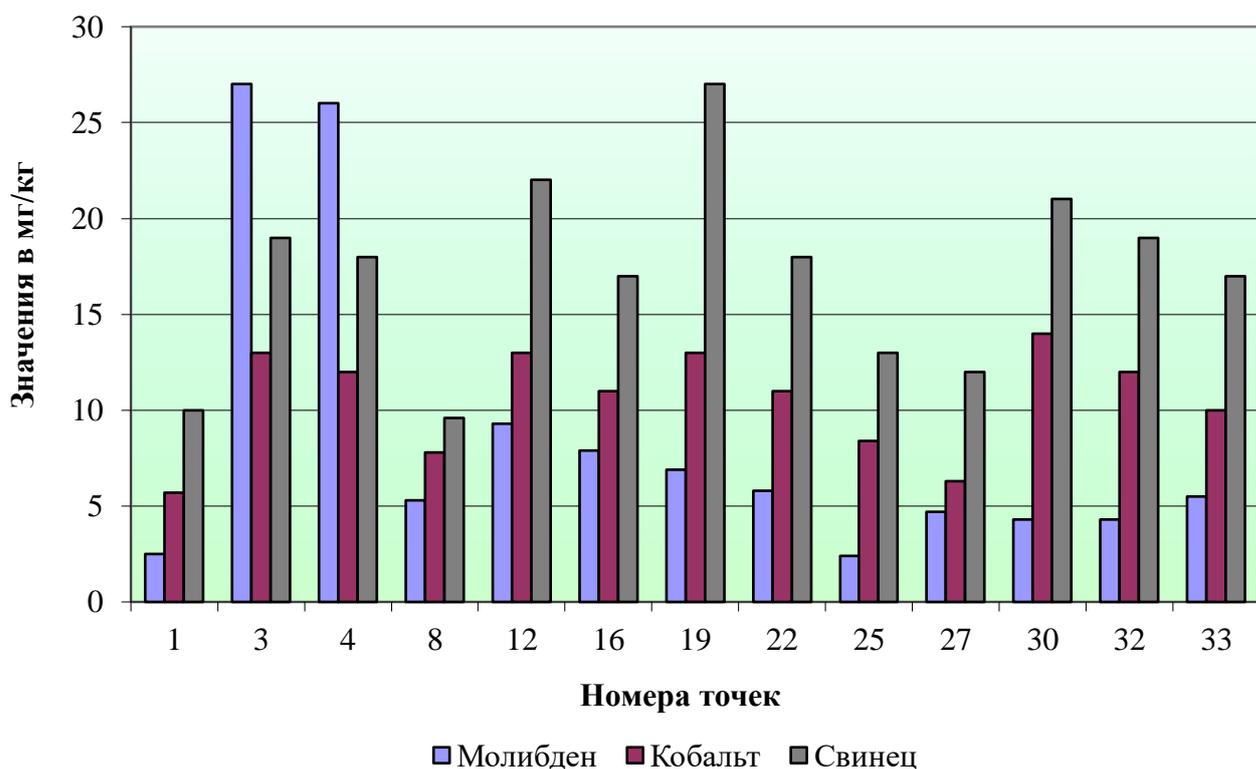
**Рисунок 6.6** – Содержание марганца, хрома и ванадия в донных отложениях по точкам отбора проб в акватории залива оз. Тузкан

Изменение содержания марганца в донных отложениях по акватории залива практически полностью повторяет распределение железа. Наименьшие концентрации отмечены в 1 точке – 220 мг/кг, почти в три раза увеличиваясь в точках 3 и 4 (650 и 640 мг/кг соответственно). На межкотловинном поднятии дна (точка 8) концентрация марганца уменьшается до 470 мг/кг.

Распределение содержания хрома в донных отложениях залива озера несколько отличается от железа и марганца. Концентрация хрома в точках 1 и 3 одинаковая - 170 мг/кг, увеличиваясь в четвертой точке до 250 мг/кг.

Характер распределения концентраций ванадия, схож с распределением хрома, лишь в 3 точке концентрация его выше (87 мг/кг), чем в 1 точке (64 мг/кг), а максимум определен в 4 точке первой котловины (110 мг/кг).

На следующей гистограмме, изображенной на рисунке 6.7 представлено содержание молибдена, кобальта и свинца, и их изменения по котловинам залива озера.



**Рисунок 6.7** - Содержание молибдена, кобальта и свинца в донных отложениях по точкам отбора проб в акватории залива оз. Тузкан

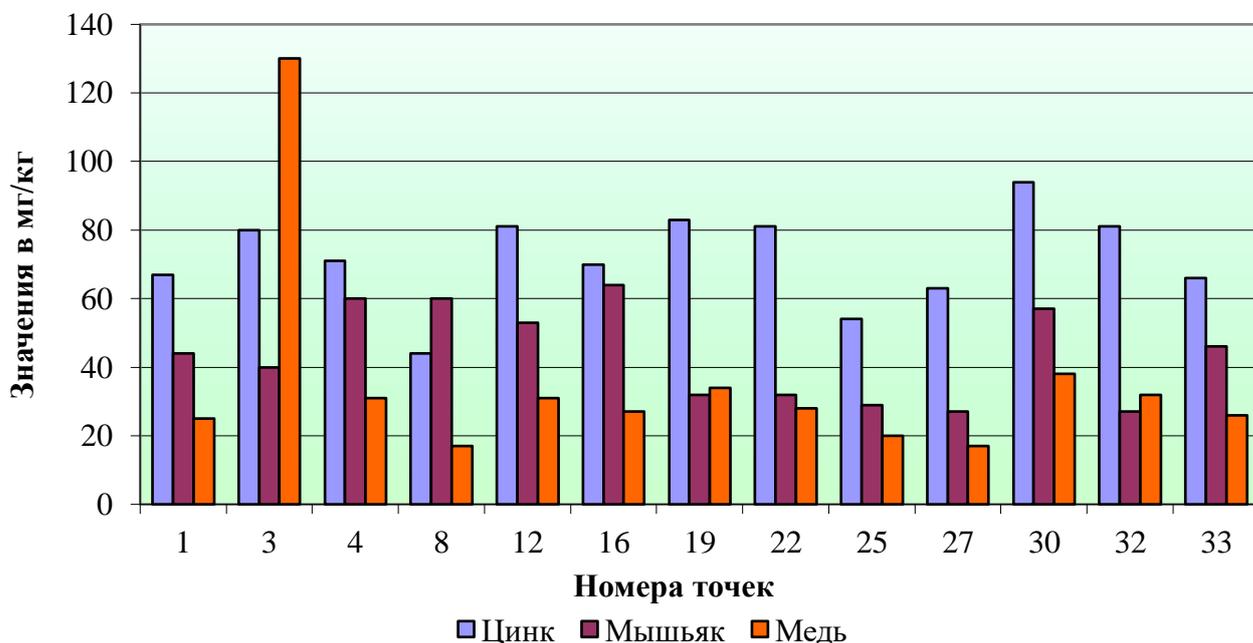
Общий характер распределения концентраций кобальта и свинца по точкам залива очень схож. Минимальные значения концентраций наблюдаются в точке 1, резко возрастают в 3 и 4 точке первой котловины. В фоновой (33) точке концентрации кобальта и свинца уменьшаются.

Несколько иной характер распределения по точкам концентраций молибдена. Наименьшие его концентрации определены в 1 точке (2,5 мг/кг), в наиболее глубоких точках 3 и 4 концентрация увеличивается более, чем в 10 раз и достигает значений 27 и 26 мг/кг, что является максимальными значениями для всех точек исследуемого залива озера. В восьмой точке концентрация молибдена резко снижается до 5,3 мг/кг.

В фоновой точке концентрация молибдена в донных отложениях составила 5,5 мг/кг.

Распределение концентраций цинка, мышьяка и меди по точкам отбора в акватории залива оз. Тузкан представлено на рисунке 6.8.

Характер распределения концентраций цинка по котловинам залива озера и точкам отбора проб аналогичен кобальту, с той лишь разницей, что минимальные его концентрации смещены с 27 точки на 25 точку.



**Рисунок 6.8** - Содержание цинка, мышьяка и меди свинца в донных отложениях по точкам отбора проб в акватории залива оз. Тузкан

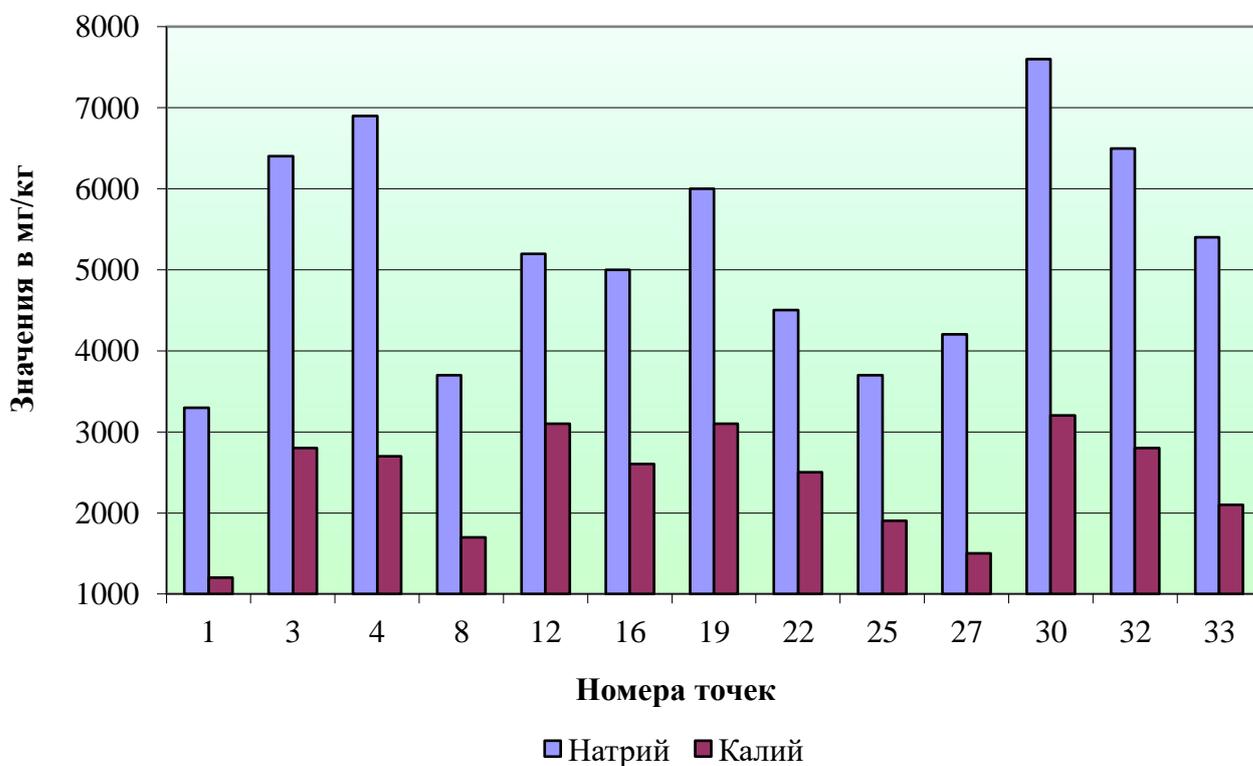
Максимальные значения концентрации (94 мг/кг) отмечаются в 30 точке. Концентрации цинка в донных отложениях в фоновой точке (33) составляет 66 мг/кг.

Наибольшие концентрации мышьяка (60 мг/кг) обнаружены в точке 4, в точке 16 (64 мг/кг), в точке 30 (57 мг/кг). Минимальные значения концентраций выявлены в 27 и 32 точке - 27 мг/кг. В фоновой точке концентрация мышьяка составляла 46 мг/кг.

Наибольшая концентрация меди среди значений всех точек залива определена в в точке 3 (130 мг/кг). Наибольшие значения концентраций определены в точке 19 (34 мг/кг и в точке 30 (38 мг/кг). В фоновой точке значение концентрации меди составило 26 мг/кг.

Переходя к анализу распределения концентраций биогенных элементов в донных отложениях по котловинам залива озера Тузкан нужно заметить, что

общий характер их распределения остается почти тот же, что и у тяжелых металлов. К примеру, на рисунке 6.9 отображена гистограмма распределения содержания биогенных элементов натрия и калия в донных отложениях залива озера.



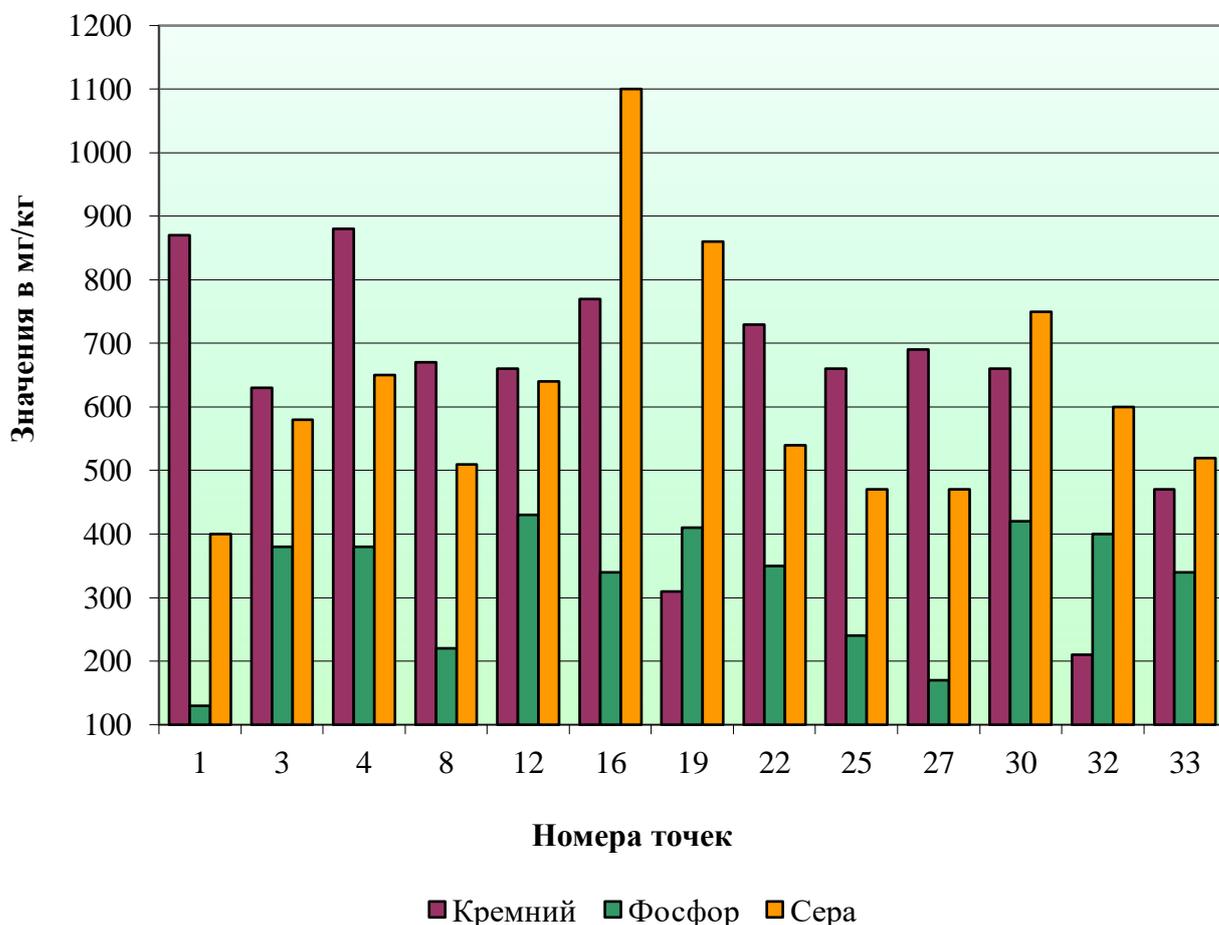
**Рисунок 6.9** - Содержание натрия и калия в донных отложениях по точкам отбора проб в акватории залива озера Тузкан

Как и у тяжелых металлов, небольшие значения концентраций натрия и калия в донных отложениях отмечаются в точке 1. В точках 3 и 4 происходит резкое увеличение их значений.

Максимальное значение концентрации натрия достигается в точке 19 (6000 мг/кг), калия держится примерно на одном уровне концентрации (3100 мг/кг). Минимальное значение концентрации натрия достигает в точке 25 (3700 мг/кг), а калия в точке 27 (1500 мг/кг).

Наибольшие концентрации натрия и калия отмечены в точке 30 (7600 и 3200 мг/кг соответственно). В фоновой 33 точке значение концентраций снижается: у натрия до 5400 мг/кг, а у калия до 2100 мг/кг.

Распределение концентраций следующих биогенных элементов кремния, фосфора и серы в пробах донных отложений залива оз. Тузкан отражено на гистограмме рисунка 6.10.



**Рисунок 6.10** – Содержание кремния, фосфора и серы в донных отложениях по точкам отбора проб в акватории залива озера Тузкан

Характер распределения фосфора и серы в достаточной степени хорошо повторяет общую динамику распределения концентраций уже рассмотренных элементов.

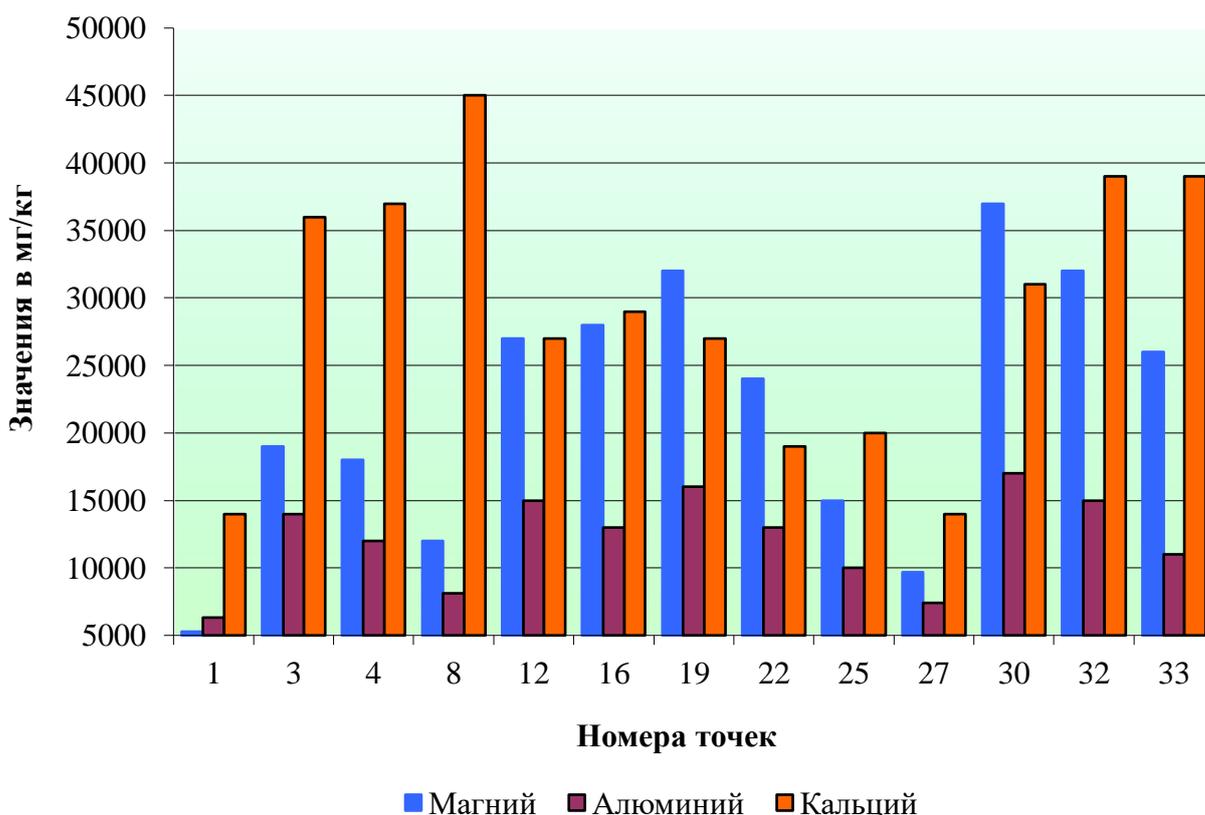
Для фосфора максимум концентрации наблюдается в точке 12 (430 мг/кг), а серы в точке 16 (1100 мг/кг).

В фоновой точке (33) отмечается снижение концентраций фосфора и серы. Несколько иной характер распределения концентраций в донных отложениях по точкам у кремния. Зафиксированы не свойственные для

других элементов, высокие концентрации серы в точке 1 (870 мг/кг) и низкая концентрация в точке 19 (310 мг/кг), и минимальные в точке 32 (210 мг/кг).

Распределение концентраций магния, алюминия и кальция в донных отложениях залива оз. Тузкан представлено на рисунке 6.11.

Распределение концентраций магния в донных отложениях залива озера Тузкан по точкам достаточно хорошо повторяет динамику изменений таких элементов как натрий, цинк и др.



**Рисунок 6.11** - Содержание магния, алюминия и кальция в донных отложениях по точкам отбора проб в акватории залива озера Тузкан

Минимальные значения концентрации наблюдаются в точке 1 (5300 мг/кг), максимальные в точке 3 (19000 мг/кг). Содержания магния в фоновой 33 точке уменьшается до 26000 мг/кг.

Распределение концентраций алюминия в донных отложениях по котловинам практически совпадает с распределением магния, разнясь только в уровне концентраций.

В распределении концентраций кальция по котловинам залива наблюдается другая картина. Концентрация кальция резко возрастает от 1 точки (14000 мг/кг) к 3 и 4 (36000 и 37000 мг/кг соответственно), достигая максимума (45000 мг/кг) в 8 точке, тогда как концентрации других рассматриваемых нами элементов в этой точке резко снижались.

В точке 30 концентрация кальция возрастает до 31000 мг/кг, увеличиваясь в 32 и фоновой 33 точке до 39000 мг/кг.

При оценке качества донных отложений озера Тузкан в зоне впадения Клы и Акбуллака выявлено, что максимальные концентрации характерны для таких элементов как железо (12-20 г/кг), алюминий (7-15 г/кг), марганец (280-770 мг/кг), медь (14-40 мг/кг). Характерно, что максимальные количества меди присутствуют в донных отложениях Клы (95, мг/кг) и Акбулака (130,0 мг/кг) в устье. Хром присутствует в донных отложениях по акватории озера Тузкан в интервале 110-170 мг/кг; максимальные количества зафиксированы в точке 12 (250 мг/кг).

Анализ данных по оценке уровня содержания биогенных элементов в донных отложениях на исследуемой территории показал, что максимальное количество характерно для магния (17-30 г/кг), минимальное его количества зафиксировано в устье Клы (9,1 г/кг).

Для кальция наблюдаются высокие концентрации в точке 12 (42 г/кг) и в устье коллектора Акбулак (36 г/кг). Содержание калия колеблется от 1,5 до 2,0 г/кг в акватории озера, в зоне смешения коллекторных вод с озерными в устье Акбулака определено 2,8 г/кг, в устье Клы 1,9 г/кг.

#### **6.5 Результаты определения пестицидов в донных отложениях озера Тузкан в зоне впадения коллекторов**

Для оценки экологического состояния водоема-накопителя коллекторно-дренажного стока, каким является Айдар-Арнасайская система озер, используемого в рыболовстве, необходим контроль содержания пестицидов, применяемых при сельхозработах. Особенно важно контролировать их в донных отложениях, являющихся депонирующей

средой водного объекта. Пробы донных отложений отбирались в точках, согласно выбранным створам на разном удалении от места впадения коллекторов (рисунки 6.3, 6.4).

Анализ донных отложений на содержание ХОС проводили высокоэффективным методом на газовом хроматографе АТ (Agilent Technology) 6890 с детектором электронного захвата (ДЭЗ), обладающим высокой чувствительностью по отношению к хлор- и фосфорорганическим пестицидам.

В пробах донных отложений в акватории залива оз. Тузкан в зоне впадения ЦГК обнаружены ХОС, наибольшее их число и в количественном отношении характерно для точки 1 створа 1 – точка впадения ЦГК в залив озера Тузкан.

Это первая точка исследуемого участка, которая характеризует качество компонентов экосистемы залива после впадения ЦГК.

Значительные количества пестицидов обнаружены также в точках 3 и 4, расположенных по руслу залива (рисунок 6.3). Пестициды представлены, в основном, различными формами НСН (д, в, гексахлорциклогексана), обнаружены такие инсектициды, как альдрин, гептахлор. В пробах присутствует метоксихлор.

По длине залива в точках 8 – 27 обнаружено наличие в донных отложениях, в основном, НСН. С 22 точки по 33 во всех пробах присутствует метоксихлор.

Точка 30 створа 9 характеризуется также повышенным содержанием пестицидов, чуть меньше их в точках 32 и 33. Эти точки характеризуются более продолжительным накоплением донных отложений в конце залива озера Тузкан. В них присутствует альдрин и во всех пробах метоксихлор – хлорпроизводное ароматических углеводородов такого же действия, как ДДТ; применяется в качестве инсектицида.

Особо следует отметить, что изменение гидрологических условий в водоеме может привести к вторичному загрязнению компонентов водной

экосистемы, а также биоты. Опасность таких процессов состоит в возможности их накопления в трофических цепях, особенно в рыбохозяйственных объектах. При поступлении ХОС в любой организм даже в небольшом количестве могут накапливаться, и при определенных условиях нарушать физиологическую деятельность организма, а в больших дозах вызывать острое и подострое отравление. Поэтому контроль содержания стойких органических соединений – пестицидов, применяемых в сельском хозяйстве для водных объектов рыбохозяйственного значения является необходимой и актуальной задачей.

Результаты анализа проб донных отложений зоны впадения коллектора Акебуллак и реки Клы показали, что во всех пробах присутствуют пестициды, представленные различными формами НСН (гексахлорциклогексана), а также гептахлор оксид, р.р – ДДЕ, эндосульфат сульфат.

Максимальное количество пестицидов присутствует в пробе донных отложений в точке 10, которая характеризует устоявшуюся структуру донных отложений старой дельты озера Тузкан (1969–1992 гг.) с более продолжительным накоплением загрязняющих веществ.

## 7 Практические рекомендации

Серьезные проблемы на Айдар-Арнасайской системе озер привлекли внимание исполнительных органов Республики Узбекистан. Было опубликовано Поручение за № 10-2102 от 08.08.2022 г. Администрации Президента Республики Узбекистан о создании рабочей группы, в которую вошли ведущие научные институты Республики Узбекистан. Цель рабочей группы: «Проведение научных исследований по оценке состояния Айдар-Арнасайской системы озер и определение направлений исследований по улучшению ситуации в течение 2023-2027гг., подробно изучить проблемы озерной системы и разработать соответствующий программный проект для его решения».

Моя работа соответствует целям и задачам научных исследований, указанных в данном документе.

На основе изучения существующей информации по гидрологическим и гидрохимическим характеристикам Айдар-Арнасайской системы озер можно сделать следующие рекомендации для обеспечения экологической безопасности:

1. Анализ существующей информации как природных, так и антропогенных факторов показал высокую изменчивость этих компонентов в многолетии. Гидролого-гидрохимическое состояние водоема нестабильно, что связано с бессточностью возникшего громадного водоема (площадь – 3174 км<sup>2</sup>, объемом свыше 34 км<sup>3</sup>). Необходимо увеличение наблюдательной сети для получения более точной гидрометеорологической и гидрохимической информации о состоянии водоема.

2. Выявлено, что изменение коллекторно-дренажного стока зависит от водности конкретного года. Это определяет объем воды на орошение. Соответственно, меняется объем коллекторного притока и его минерализация, что сказывается на экологическом состоянии системы.

3. Стабилизация гидрологического режима (уровень) возможна путем подачи дополнительных объемов пресных вод. Однако стабилизация гидрологического режима не приводит к стабилизации гидрохимического режима. При существующем большом испарении (среднее многолетнее значение 1200 мм) будет происходить накопление солей в водоеме и увеличение минерализации воды.

4. Более эффективным способом стабилизации гидролого-гидрохимического режима является искусственное создание проточности водоема. Это позволит осуществить отток солей из водоема и прекратить их накопление.

Примером может служить Малое Аральское море (Казахстан), где удалось снизить минерализацию за счет поступления Сырдарьинской воды и отвода соленых вод через плотину в Большой Арал.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе обобщения и анализа собранных материалов и данных сформулированы следующие основные выводы:

1. Айдар-Арнасайская система озер является бессточным водоемом, водоемом-накопителем коллекторно-дренажных вод, или так называемым конечным водоемом. Благодаря этому ААСО обладает особыми специфическими характеристиками, характеризующими экологическое состояние системы озер.

Озерная система была образована в 1969 году в результате сброса воды из Чардаринского водохранилища в Арнасайское понижение при срезке пика катастрофического паводка на реке Сырдарье.

2. Современное состояние ААСО требует выработки мер по стабилизации состояния водоема и его экологических характеристик. С учетом гидролого-гидрохимического режима, а также уровня существующих нагрузок биогенных и загрязняющих веществ на водную экосистему.

3. Необходимо отметить, что питание системы озер происходит речным и коллекторно-дренажным стоком, различным по химическому составу. Отличается объем и режим приточных вод, что способствует формированию отличительных черт гидрологического режима отдельных зон этой водной системы.

Сток коллекторных вод в Айдар-Арнасайскую систему озер осуществляется из Джизакского и Сырдарьинского вилоятов Республики Узбекистан и Шимкентской области Республики Казахстан. Общая протяженность коллекторно-дренажной сети превышает 2500 км.

Гидрографическая сеть водосбора представлена магистральными, межрайонными каналами и коллекторами. Наиболее крупные коллекторы – Центральный Голодностепский коллектор (ЦГК), Акбуллак, река Клы и Пограничный, кроме того, в южной и юго-восточных частях располагаются

коллекторы с меньшими расходами - ЦК-9, ЦК-11, АРК-1. Сток коллекторов формируется за счет подземной и поверхностной составляющей.

4. Анализ имеющейся информации по гидрологическим характеристикам водной системы позволил выявить в многолетнем ряде коллекторного стока цикличность его колебаний. Всего в имеющемся ряде наблюдений выделяется четыре цикла колебаний стока, минимальный сток наблюдается на стыке циклов, а максимальный в каждом цикле на стыке периодов.

Судя по возобновившейся тенденции увеличения среднегодовых расходов в 2015 году, начался новый цикл в многолетнем ходе коллекторного стока. В последние три года наблюдается плавный рост стока коллекторов, поступающих в озерную систему.

Наряду с многолетними изменениями годовых величин стока, коллекторный сток подвержен значительным внутригодовым колебаниям.

Из хода многолетних среднемесячных расходов воды следует, что внутригодовое распределение стока коллекторов не остается постоянным и подвержено значительным изменениям во времени. В период с 2005 по 2018 год отмечено установление внутригодового распределения коллекторного стока. Максимальный коллекторный сток наблюдается в марте-апреле, минимальный в августе-сентябре.

5. Проведенный анализ многолетних изменений минерализации воды показал, что в процессе орошения Голодной и Джизакской степей, улучшения мелиоративного состояния земель, совершенствования технологий водопользования произошло некоторое снижение минерализации коллекторно-дренажных вод.

Известно, что водный и гидрохимический режим коллекторов взаимосвязаны. С ростом расходов воды минерализация, как правило, снижается. Однако непосредственные зависимости этих элементов неустойчивы. Это связано с разнообразием дополнительных факторов, влияющих на процесс формирования качества воды. В частности, характера

мелиоративных мероприятий в данный момент, наличия сбросных вод, состояния дренажной сети и т.д. Многолетний режим поступления солей характеризуется, также как и водный режим, и режим минерализации, постепенным снижением и стабилизацией значений солевого стока.

Водоемы Айдаро-Арнасайской озерной системы по своей природе характеризуются высокой изменчивостью гидролого-гидрохимического режима с общей тенденцией повышения минерализации воды, приводящей к деградации экологической ситуации на водоемах. Известно, что минерализация является одним из основных лимитирующих факторов стабильного развития рыбохозяйственного водоема.

6. Для стабильного развития водоема и прилегающих территорий значительную роль играет такой показатель как уровенный режим.

Если для естественных испарительно-приточных озер многолетние колебания уровня являются интегральной характеристикой увлажненности территории, то для ирригационно-сбросовых озер, возникающих в результате перераспределения и переброски стока, уровенный режим, особенно в период заполнения озер, в основном отражает характер хозяйственной деятельности.

Анализ многолетнего уровенного режима водоема выявил, что за время существования система озер прошла ряд трансгрессивных и регрессивных периодов своего развития. На современном этапе, начиная с 2006 года, система озер находится в регрессивном периоде развития. В этом периоде происходит ежегодное снижение уровня воды в системе озер, нарушаемое в отдельные годы существенными сбросами воды из Чардаринского водохранилища, приводящими к кратковременному подъему уровня. В годы отсутствия сбросов процесс снижения уровня возобновляется.

Таким образом, состояние озерной системы характеризуется не стабильным состоянием. Дальнейший режим водоемов во многом будет определяться характером регулирования гидрологического режима реки Сырдарьи, и в частности, попусками из Чардаринского водохранилища.

Негативные последствия проявляются при падении уровня воды, оголяются тысячи гектаров земель, трудно поддающихся рекультивации, которые становятся источником солепылепереноса на окультуренные земли прилегающих к озеру областей, с отрицательными последствиями для экономики и населения.

Снижение уровня воды приводит к неуклонному росту минерализации воды Айдар-Арнасайской системы озер, что в дальнейшем может привести к непригодности её использования в любых сферах народного хозяйства.

7. Вопросы контроля качества компонентов экосистемы Айдар-Арнасайской системы озер имеют большое значение.

Проблемой для стабильного развития этого водоема является высокое содержание в воде сульфатов, хлоридов, ионов натрия, кальция и магния, что отрицательно сказывается на развитии биоты, особенно рыбы в водоеме.

В донных отложениях водоема, особенно в зоне впадения коллекторов отмечается повышенное содержание меди, ванадия, железа, хрома, марганца, цинка.

Результаты анализа проб донных отложений показали, что во всех пробах присутствуют пестициды, представленные различными формами НСН (гексахлорциклогексана), а также гептахлор оксид, р.р – ДДЕ, эндосульфат сульфат.

8. В нынешней ситуации бессточности водоема повлиять на состояние экосистемы очень сложно без использования радикальных методов, которые требуют значительных средств и времени. Таким образом, только создание управляемой системой может привести к положительным результатам. Единственным фактором стабилизации гидролого-гидрохимического режима является создание его проточности.

По результатам проведенной работы была опубликована статья:

Н.Г.Верещагина, Т.В.Кудышкин, А.М. Мухаметзянова. Оценка качества водных масс озера Тузкан в зоне впадения реки Клы и коллектора Акбулак//

Гидрометеорология и мониторинг окружающей среды. – 2022. – Ташкент. - № 1. – С. 83-93.

Подготовлена статья к печати:

Т.В. Кудышкин, Н.Г.Верещагина<sup>1\*</sup>, А.М. Мухаметзянова. Исследование содержания загрязняющих веществ в донных отложениях в зоне впадения реки Клы и коллектора Акбуллак в акваторию озера Тузкан Айдар-Арнасайской системы озер // Гидрометеорология и мониторинг окружающей среды. – 2023. – Ташкент. - (в печати).

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Федеральное Агентство по рыболовству. Приказ «Об утверждении нормативов качества водных объектов рыбохозяйственного назначения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного назначения». М.: 12 января 2010 г.
2. Верещагина Н.Г., Кудышкин Т.В. Исследование содержания загрязняющих веществ в донных отложениях в зоне впадения коллектора ЦГК в акваторию оз. Тузкан АйдарАрнасайской системы озер // Известия географического общества Узбекистана. – 2020. – Ташкент. – № 58. – С. 198-208.
3. Горелкин Н.Е., Никитин А.М. Водный баланс Арнасайской озерной системы. // Труды САРНИГМИ – 1976. – Вып.39 (120). – С.76-93.
4. Зенин А.А., Белоусова Н.В. Гидрохимический словарь / Под ред. Д-ра гел.-минер.наук А.М.Никанорова. – Л.: Гидрометеиздат, 1988. – С.195.
5. Мельников Н.И. и др. Справочник по пестицидам / Н.Н.Мельников, С.Р.Белан, К.В.Новожилов, Т.Н.Пилова. – М.: Химия, 1985. – 352 с.
6. Никитин А.М. Озера средней Азии // Гидрометеорологический режим озер и водохранилищ СССР.: Л. Гидрометеиздат, 1987. – 105 с.
7. Отчет по НИР «Сбор и анализ информации по многолетнему и внутригодовому гидрологическому режиму ААСО. Гидрографическое обследование территории с целью определения расположения створов в акватории зоны впадения коллектора ЦГК». Ташкент, НИГМИ, – 2015. – 39с.
8. Отчет по НИР «Исследование гидролого-гидрохимических характеристик водных масс залива озера Тузкан в зоне впадения коллектора ЦГК, отбор проб воды и водной растительности, донных отложений для определения в них уровня загрязняющих веществ». Ташкент, НИГМИ, – 2016. – 40 с.
9. Отчет по НИР «Исследование распределения загрязняющих веществ по акватории залива озера Тузкан в зоне впадения коллектора ЦГК в

компонентах экосистемы ААСО – донных отложениях, почвах новоосушки. Сравнение нормативных документов контроля объектов окружающей среды с международными стандартами». Ташкент, НИГМИ, – 2017. – 53 с.

10. Отчет по НИР «Распределение количественных характеристик химического состава водных масс и донных отложений в акватории озера Тузкан в зоне впадения реки Клы и коллектора Акбулак. Выбор имитационной модели расчета водно-солевого баланса водоема». Ташкент, НИГМИ, – 2019. – 60 с.

11. Отчет по НИР «Исследование и прогноз количественных и качественных характеристик компонентов экосистемы ААСО. Прогноз минерализации ААСО для ведения рыбохозяйственной деятельности». Ташкент, НИГМИ, – 2020. – 60 с.

12. Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. Т.2. – Л.: Гидрометеиздат, 1979. – 263 с.

13. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши / Под ред. А.Д.Семенова. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 540 с.

14. Справочник по пестицидам. Гигиена применения и токсикология. / Под ред. Л.И. Медведя. – Киев, Урожай, 1977. – 375 с.

15. Справочник эколога-эксперта / Государственный комитет по охране природы Республики Узбекистан. – Т., 1997. – С. 203.

16. Унифицированные методы исследования качества вод / Методы химического анализа вод. Основные методы, т. 1, 2. Издательский отдел Управления делами секретариата СЭВ. – М. – 1987. – 1250 с.

17. Экспедиционное обследование Айдаро-Арнасайской системы озер / в период с 21 сентября по 5 октября 2011 года. Ташкент 2011.

18. ABSTRAKT BOOK. 11<sup>th</sup> International HCN Pesticides Forum. – Gabala, Azerbaijan, 2011, 7-9 September. – 103 p.

19. ASTM D 516-95 Стандартный метод определения содержания сульфат ионов

20. ASTVD 1-03 Стандартный метод определения содержания кальция и магния в воде.

21. Standart methods for examination of water and wastewater / 21<sup>th</sup> ed. Washington. – APHA, AWWA, WET. – 2005.