

**НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК ТАДЖИКИСТАНА  
ХУДЖАНДСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР**

**УДК 628.89:551.584.2**

*На правах рукописи*



**РАХМОНЗОДА НИГОРА НОРАЛИ**

**ОЦЕНКА АГРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ И ИНДЕКСОВ  
ПРИМЕНИМОСТИ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ДЛЯ ОРОШЕНИЯ В ТАДЖИКСКОЙ  
ЧАСТИ БАССЕЙНА РЕКИ СЫРДАРЬЯ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА**

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени

кандидата технических наук по специальности

2.2. Астрофизика, физика, электроника, фотоника, приборостроение  
и связь (2.2.46 Метеорология, климатология, агрометеорология)

**Душанбе – 2026**

Работа выполнена в лаборатории физики Худжандского научного центра Национальной Академии наук Таджикистана

**Научный руководитель:** **Норматов Ином Шерович** доктор химических наук, профессор, член корреспондент Национальной Академии наук Таджикистана, зав кафедрой метеорологии и климатологии

**Официальные оппоненты:** **Икрамова Малика Рахимбердиевна** доктор технических наук, профессор, зав. лабораторией Комплексного использования водных ресурсов Научно-исследовательского института ирригации и водных проблем при Министерстве водного хозяйства Республики Узбекистан

**Гулаёзов Маджид Шоназарович** кандидат географических наук, исполнитель директора Центральноазиатского научно исследовательского центра экологии и окружающей среды

**Ведущая организация:** Института географии и водной безопасности Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан

Защита состоится « 25 » июня 2026 г. в 14<sup>00</sup> на заседании диссертационного совета 6D.KOA-055 при Физико-техническом институте им. С.У. Умарова Национальной Академии наук Таджикистана, по адресу: 734063, Республика Таджикистан, город Душанбе, проспект Айни, 299/1, факс (+992-372) 25-79-14. Зал заседаний Ученого совета ФТИ им. С.У. Умарова НАНТ. E-mail: [shuro.ift@gmail.com](mailto:shuro.ift@gmail.com)

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке Физико-технического института им. С.У. Умарова Национальной академии наук Таджикистана и на сайте [www.phti.tj](http://www.phti.tj).

Автореферат разослан «     » \_\_\_\_\_ 2026 г.

**Ученый секретарь**  
диссертационного совета 6D.KOA-055,  
доктор философии (PhD)



**М.М. Каюмов**

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность темы исследования.** Ныне в регионе Центральной Азии наряду с продолжающейся обострением проблемы изменения климата и дефицита воды актуальной проблемой является демографические факторы и продовольственная безопасность. К 2025 году ожидается рост населения региона на более 90 % по сравнению с 1990 годом. Естественно для выполнения стратегических планов по обеспечению продовольственной безопасности, принятые во всех странах региона предстоит расширение площадей сельскохозяйственных земель и соответственно увеличение забора воды из водных артерий для орошения. Неэффективное функционирование водохозяйственного комплекса региона будет также способствовать ухудшению качества водных ресурсов, связанных со сбросами в поверхностные водотоки коллекторно-дренажных вод, минеральных и химических удобрений, промышленных стоков. Сохранится угроза попадания в поверхностные воды выносимых с паводковыми и селевыми потоками содержимого хвостохранилищ горнорудных предприятий с высоким содержанием токсичных и радиоактивных отходов, тяжелых металлов. Согласно данным ООН, в целом в мире 70% пресной воды используется в сельскохозяйственных целях. Однако половина этой воды либо испаряется, либо остаётся неиспользованной и стекает в реки, поскольку оросительные системы работают неэффективно. Сельское хозяйство является основным загрязнителем (до 90% источников загрязнения) реки. На отдельных участках в средней и нижней части течения реки Сырдарья превышение ПДК составляет по нитритам - в два раза, по сульфатам - в 4 раза. Коллекторно - дренажные воды, поступающие в реку Сырдарья от Токтогульского гидроузла в Кыргызстане до Кайраккумского водохранилища, ныне составляет 8680 млн. м<sup>3</sup> в год. Развитие ирригации привело к изменению ионного состава воды реки Сырдарья с карбонатно - кальциевого на натриевого - магниевого и сульфатно-хлоридного. В общей сложности 20 миллионов тонн соли в год попадает в реку Сырдарья с помощью дренированного обратного потока, что увеличивает содержание соли в реке с 300–600 мг/л в верхнем течении до 3000 мг/л в нижнем течении Ферганской долины.

В бассейне реки Сырдарья насчитывается более 60 хвостохранилищ и влияние более половины из них имеет трансграничный характер. В последние годы участились проявления чрезвычайных природных явлений, таких как землетрясение, наводнение и сели которые с большой вероятностью становятся факторами возникновения техногенных аварий. В Кыргызстане многие хвостохранилища с радиоактивными элементами расположены в бассейнах притоков реки Сырдарья и не отвечает соответствующим природоохранным требованиям. Известно, что с начала сооружения хвостохранилищ прошло достаточно долгое время, и они подвергались постепенной деградации. Следовательно, при таком состоянии хвостохранилищ велика вероятность просачивание хвостовых вод из ограждающих дамб попадания в притоках и далее в реку Сырдарья. С глобальным изменением климата и многократного увеличения частоты природных чрезвычайных явлений процессы загрязнения водных артерий и окружающей среды бассейна реки Сырдарья усугубляется. Транспирация тяжелых и радиоактивных элементов в организм человека и других компонентов экосистемы происходит по общепризнанным международным агентством по атомной энергии путем “вода - почва - растение - человек”.

Известно, что Республика Таджикистан не располагает обширными территориями орошаемых земель, и данная проблема стимулирует эффективное использование каждой единицы пахотных земель, а также освоение новых орошаемых земель и восстановлению вышедших из сельскохозяйственного оборота земель. В этом плане особо следует отметить важность и своевременность Постановления Правительства Республики Таджикистан от 01 марта 2022 года за номером №90 “Государственная программа по освоению новых орошаемых земель и восстановлению вышедших из сельскохозяйственного оборота земель в Республике Таджикистан на 2022-2027 годы”.

В настоящее время на территории северного Таджикистана накопилось более 200 млн. тонн отходов в 13 хвостохранилищах с общей площадью 200 га. Рекультивация территорий

хвостохранилищ с передачей в хозяйственное пользование внесет вклад в решении проблемы охраны здоровья населения и экологического благополучия и расширению площади сельскохозяйственных земель для производства продуктов питания населения. В этом аспекте проведение систематических научных исследований по установлению состояния металлов, их миграции и участия в физико-химических процессах в почве может послужить основой для разработки технологии обеззараживания территорий.

Ныне в условиях нарастания влияния изменения климата на жизнедеятельности компонентов экосистемы наблюдается увеличение частоты возникновения засухи, которая негативно и более ощутимо влияет на сельское хозяйство. Актуальность данной проблемы обосновывается тем, что Правительством Республики Таджикистан приняты более 50 законов и подзаконных актов в области изменения климата и охраны окружающей среды. К настоящему времени реализуются более десяти государственных программ и планов действий: Национальная программа действий по опустыниванию в Таджикистане, Национальная стратегия Республики Таджикистан по снижению риска стихийных бедствий на 2019-2030 годы, Национальная стратегия адаптации к изменению климата Республики Таджикистан на период до 2030 года.

Для разработки сценариев по прогнозу возникновения засухи возникает необходимость создания банк многолетних данных включающих результатов функциональных зависимостей возникновения засухи от климатических, гидрологических и экологических параметров. С этой точки зрения мониторинг возникновения засухи в конкретно взятой географической территории является актуальным.

**Степень изученности научной темы.** Сырдарья является одной из двух великих рек Центральной Азии, которая протекает по более десяти областей республик Казахстана, Кыргызстана, Таджикистана и Узбекистана в бассейне которой проживают более 25 миллионов населения. Основные водные ресурсы реки Сырдарья используются для орошения, а также для обеспечения населения питьевой водой. Благодаря наличию богатого гидроэнергетического потенциала в бассейне реки были возведены мощные гидроэлектростанции с водохранилищами.

Благодаря интенсивному и широкому использованию водных ресурсов реки Сырдарья в орошении сельскохозяйственных земель появлялась и обострилась проблема качества воды. Ухудшение качество воды представляет серьезную опасность для здоровья многомиллионных жителей бассейна реки Сырдарья [1-5].

Наряду с качеством вод трансграничных рек региона обострилась проблема количества оросительной воды в регионе Центральной Азии [6-11].

Однако, в этих работах основное внимание уделялись вопросам минерализации реки Сырдарья за счет коллекторно-дренажных вод из сельскохозяйственных земель и ограничивались лишь констатацией показателей химического состава речного стока [2-4,9]. Не рассматривались вопросы гидрохимических процессов в водной среде, формирования комплексных соединений катионов с лигандами состава воды, миграционная подвижность катионов металлов и выявление факторов, способствующих улучшения миграционной подвижности комплексных соединений.

Известно, что в бассейнах притоков реки Сырдарья на территории Кыргызстана расположен ряд хвостохранилищ с радиоактивными и тяжелыми металлами советского периода. Очевидно вероятность просачивания вод из таких объектов и попадания с ней различных радиоактивных и тяжелых металлов в сток реки Сырдарья [5]

Очевидно, что все компоненты экосистемы находятся в тесном взаимодействии и для получения всеобъемлющей информации и полной картины, протекающих в них процессов необходимо рассмотрение их в едином комплексе и в связи с этим внедрение интегрированного подхода в исследуемых природных объектов является актуальным [12-14].

**Связь исследования с программами (проектами) или научными темами** Тема диссертационной работы по своему содержанию соответствует научным и/или научно-фундаментальным исследованиям, которые являются приоритетными исследованиями,

утвержденными в “Стратегии Республики Таджикистан в сферах науки, технологий и инноваций на период до 2030 года” (Решение Правительства Республики Таджикистан от 30 июня 2021 г., № 263) такими, как «Национальная стратегия адаптации к изменению климата Республики Таджикистан на период до 2030 года» от 2 октября 2019 года Постановлением Правительства Республики Таджикистан за №482.

Также исследование соответствует программе по реализации объявленной 2020-2040 гг.” Двадцатилетием изучения и развития естественных, точных и математических наук в сфере образования и науки”, утверждённого Постановлением Правительства Республики Таджикистан за номером 427 от 30.07.2020 г. и теме научно-исследовательских работ Худжандского научного центра Национальной Академии наук Таджикистана по исследованию влияния климата на метеорологические условия Согдийской области.

#### **Общее описание исследования:**

**Цель исследования.** Оценка химического состава и применимости реки Сырдарья (таджикская часть) и канала Ходжабакирган для орошения, содержания и перехода тяжелых металлов к растениям в хвостохранилищах, и мониторинг метеорологической засухи в сельскохозяйственных районах Согдийской области.

#### **Задачи исследования:**

- Физико-химический анализ состав воды реки Сырдарья и изучение динамики их изменения вдоль русла реки на территории Республики Таджикистан;
- Оценка степени применимости вод реки Сырдарья в орошении сельскохозяйственных земель определением индексов рекомендованных ФАО по пригодности вод для ирригации;
- Комплекс физико-химических анализов химического состава вод канала Ходжабакирган для оценки пригодности канала в орошении сельскохозяйственных земель;
- Изучение Динамики концентрации тяжелых металлов вдоль реки Сырдарья и возможности накопления их в Кайраккумском водохранилище;
- Анализ содержания тяжелых металлов в почвах Чкаловском и Гафуровском хвостохранилищах, выявление механизмов миграции тяжелых металлов в растения;
- Мониторинг засухи в сельскохозяйственных районах согдийской области Республики Таджикистан.

**Объект исследования** диссертационной работы являются гидрохимия реки Сырдарья, геоэкология хвостохранилищ в Чкаловске и Гафурове и агрометеорология сельскохозяйственных районов бассейна реки Сырдарья.

**Предмет исследования.** Пробы воды из русла реки Сырдарья, пробы почвы из хвостохранилищ, стандартизированные индексы засухи, метеорологические параметры сельскохозяйственных районов Согдийской области.

#### **Научная новизна исследования:**

- Методом химического анализа проб воды отбора в пяти пунктах реки Сырдарья установлено, что концентрация химических элементов вдоль русла реки меняются благодаря физико-химическим превращениям и влиянием внешних антропогенным факторам.
- Определением основных индексов пригодности воды для полива (доля адсорбированного, растворимого, обменного и процентного натрия и доли адсорбированного калия) установлено пригодность реки Сырдарья и канала Ходжабакирган для орошения сельскохозяйственных земель.
- Обнаружено отсутствие определенной закономерности динамики изменения концентрации тяжелых металлов (As, Cd, Cr, Cu, Pb, Zn) вдоль русла реки Сырдарья. Установлено, что основными факторами определяющие процессы миграции и осаждения, тяжелых металлов является кислотно-основные и окислительно-восстановительные условия водной среды.
- Установлено, что почва хвостохранилищ Чкаловское и Гафуровское по содержаниям тяжелых металлов (As, Co, Cr, Cu, Cr, Sr, V, Zn) характеризуются низким показателем

экологического риска (RI) значительно ниже нижнего предела среднего уровня экологического риска ( $90 \leq RI \leq 180$ ).

- Использование коэффициента биологического поглощения (БПК) для описания степени переноса тяжелых металлов (As, Co, Cr, Cu, Ni, Sr, V, Zn) установлено, что As, Co, V и Zn аккумулируются, а Cu, Ni, Cr, Cu и Sr захватываются растениями.
- Установлено, что районы Дж. Расулова и Б. Гафурова, несмотря на небольшое расстояние (25 км по прямой) относятся к разным климатическим зонам. Корреляционные зависимости метеорологических параметров районов характеризуются низкими значениями коэффициентов корреляции, динамика эвапотранспирации в двух районах имеют противоположный характер изменения.

#### ***Теоретическая, научно-практическая значимость исследования***

- Результаты диссертации могут использоваться:
- в обогащении научных представлений о механизмах химических превращений и динамики миграции химических ингредиентов вдоль русла рек;
- для описания основных процессов выветривания геологических пород водой и обогащения рек химическими элементами;
- в создании сценарии миграции тяжелых металлов по руслу водных артерий, процессов комплексообразования тяжелых металлов с анионами и органическими лигандами и влияния типа комплексов на скорости миграции тяжелых металлов;
- в исследовании процессов влияния химических элементов на корневую систему растений, их развитию и продуктивности. Могут использоваться в развитии теории обмена катионов почвы и корневой системы растений;
- для развития теории причинно-последственных механизмов возникновения засухи и сценарии принимаемых мер по значительному сокращению очагов проявления засухи.

Результаты диссертации в практическом плане могут использоваться Комитетом охраны окружающей среды при Правительстве Республики Таджикистан для оценки экологического состояния побережий реки Сырдарья и канала Ходжабакирган, выявлению стационарных источников загрязнения, а также для разработки действенных мер по сохранению подводного биоразнообразия водотоков. В принятии мер по обеззараживанию территорий водохранилищ от тяжелых металлов селекцией растений с высокой аккумулирующей способности тяжелых металлов. В Академии сельскохозяйственных наук Таджикистана для разработки рекомендаций по значительному повышению производительности и эффективности сельскохозяйственных земель путем строгого контроля химического состава оросительной воды.

#### ***Положение выносимые на защиту:***

- Результаты физико-химических исследований химического состава воды реки Сырдарья, динамики концентрации химических элементов вдоль русла реки, расчеты значений индексов и степени применимости вод реки Сырдарья и канала Ходжабакирган в орошении сельскохозяйственных земель.
- Результаты мониторинга динамики концентрации тяжелых металлов вдоль реки Сырдарья и концентрации тяжелых металлов в почвах хвостохранилищ района Б. Гафурова и Чкаловска (Бустон) и механизмы их переноса в растения.
- Расчетные значения стандартизированного индекса осадков (SPI) и стандартизированного индекса осадков (SPEI) и эвапотранспирации и результаты мониторинга засухи в сельскохозяйственных районах Согдийской области Республики Таджикистан.

***Степень достоверности результатов.*** Использование данных Агентства по гидрометеорологии, корреляционных зависимостей и применение традиционных и широко применяемых методов анализа тяжелых металлов в почвах и в золах растений, интерпретация результатов в рамках традиционных и современных теоретических концепций.

***Соответствие диссертации научному паспорту (с описанием и областью исследования).*** Диссертация соответствует паспорту номенклатуры специальностей Высшей ат-

тестационной комиссии при Президенте Республики Таджикистан по специальности 2.2. Астрофизика, физика, электроника, фотоника, приборостроение и связь (2.2.46. Метеорология, климатология, агрометеорология), пункт 6: Вычислительные методы и геоинформационные системы в метеорологии, климатологии и агрометеорологии.

**Личный вклад заявителя на получение научной степени в исследовании.** Сбор, анализ и систематизация информации по теме диссертации из опубликованных в отечественной и зарубежной литературы материалов и электронных ресурсов, разработка методологии. Участие в полевых работах по отбору проб, проведение химических анализов. Применение компьютерных программ для обработки метеорологических данных, результатов химических анализов и представление их в графическом виде и таблиц. Формулирование закономерностей миграции тяжелых металлов по руслу реки, механизмов переноса тяжелых металлов в растения и выводов и рекомендаций по практическому использованию результатов.

**Утверждение и реализация результатов диссертации (представление основных положений диссертации на конференциях, встречах, семинарах и других научных собраниях).** Основные результаты диссертации представлялись для доклада на международной научно-практической конференции “Изменение климата и его влияние на окружающую среду: проблемы и их решение”. 28 октября 2024 г., Ташкент, Узбекистан; International Conference.” Fundamental and applied research in physics”. 16-17 May 2025, Tashkent, Uzbekistan; международной научно-практической конференции “Основные направления гидрологических исследований в условиях изменения климата: современные подходы и технологии”. 23-24-мая 2025 г., Ташкент, Республика Узбекистан; международной научно-практической конференции «Проблемы и перспективы развития физики», Худжанд, Таджикистан, 11-12 марта 2025 года

**Публикации по теме диссертации.** Основные результаты диссертации опубликованы 9 печатных работ из них 3 статьи в рецензируемых журналах ВАК при Президенте Таджикистана и 2 статьи в международных рецензируемых журналах и 4 тезисы докладов в материалах международных конференций.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из Введения, 4-х глав, заключения, выводов, списка литературы и глоссария, рекомендации по практическому использованию результатов диссертации. Диссертационная работа изложена на 165 странице компьютерного текста, из них 21 таблиц, 47 рисунка и 223 библиографических ссылок.

### **Основное содержание диссертации**

**Во введении** комплексным анализом существующих проблем бассейна реки Сырдарья всесторонне обоснована актуальность темы, кратко изложены предмет и объект исследований, структура диссертации, сформулированы цели и задачи работы, определена научная и практическая значимость проведенных исследований, приведены основные положения, выносимые на защиту, а также описан личный вклад автора.

**В первой главе** представлены физико-географические особенности, современное экологическое состояние бассейна реки Сырдарья, гидрологические и гидрохимические характеристики реки. Указано о жизненно важной миссии реки Сырдарья в обеспечении продовольственной безопасности населения региона Центральной Азии орошением широких территорий сельскохозяйственных земель и обеспечением электроэнергией генерацией мощностей гидротехнических сооружений бассейна. Особое внимание и описанию уделяется проблеме качество воды реки Сырдарья и антропогенным факторам влияния на изменение гидрохимическим показателям реки. Отмечено, что основным потребителем водных ресурсов реки Сырдарья является сельское хозяйство и из-за несовершенства и изношенности ирригационных и мелиоративных систем происходит потеря больших объемов воды и поступление коллекторно-дренажных вод, содержащих широкий класс химических реагентов в реку.

Показано, что с бурным развитием водного хозяйства и чрезмерным увеличением водозаборов возрастает ионный сток. В целом в бассейне реки Сырдарья формируется более 13,0 км<sup>3</sup> сточных вод ежегодно, из них около 8,0 км<sup>3</sup> поступают обратно в речную систему без дополнительной очистки. Причем минерализация сточных вод (ирригационных, КДВ) достигает от 1,0–2,0 до 4,5 мг/дм<sup>3</sup>, а в отдельные годы – и более высоких пределов.

Формирование химического состава природных поверхностных вод отражает взаимодействие осадков, испарения и процессов выветривания, а также взаимодействие подземных и поверхностных вод. Природные поверхностные воды моментально реагируют на воздействие человеческой деятельности на их гидрохимию.

Ионный состав (анионы и катионы) в водах из верхнего течения реки Сырдарья и ее притоков в основном обусловлены процессами вымывания горных пород стоком реки, о чем свидетельствуют достаточное содержание карбонатных и силикатных массивов. На образцах вод из верховья реки наблюдаются высокие значения соотношения  $Ca^{2+}/Na^+$ , которые свидетельствуют о преобладании растворения карбонатных пород, чем силикатных.

Приведено, что для анализа пригодности воды для орошения используются четыре показателя. Одной из них доля адсорбированного натрия (SAR) представляет собой относительную активность  $Na^+$  в реакциях почвенного обмена и используется для оценки степени подщелачивания оросительной воды. По значениям SAR пригодность воды для орошения классифицируются на отличную (<10), хорошую (10-18), сомнительную (19-26) и непригодную (> 26).  $Na\%$  представляет собой натриевую опасность: впитывание в почву оросительной воды с высокой концентрацией  $Na^+$  приводит к снижению проницаемости почвы. Пригодность оросительной воды на основе  $Na\%$  была классифицирована как отличная (<20%), хорошая (20-40%), сомнительная (40-60%) или непригодная (60-80%). Еще два показателя являются доли растворенного (SSP) и обменного натрия (ESP).

Указано на негативное влияние тяжелых металлов вызывающую особую тревогу мировой общественности благодаря их свойствам к генерации и развитию многих заболеваний. Развитие горнодобывающей отрасли и промышленности соответственно привели к нарастанию промышленных отходов, содержащих наряду с другими элементами и тяжелых металлов, которые в большинстве случаев накапливаются в открытом пространстве. Распространение тяжелых металлов также обусловлено природными явлениями. Ныне в мире, по данным Всемирной организации здравоохранения, более 2 миллиардов человек потребляют воду не соответствующую установленным стандартам.

Отмечено, что преобладающей формой нахождения тяжелых металлов в почве является ионной и их металлоорганические соединения могут вызывать серьезные последствия при попадании в организм.

Нанесением необратимых ущербов живым организмам тяжелые металлы (Hg, As, Cu, Zn, Pb, Cr, Cd и Ni) могут генерировать в организме человека ряд биохимических превращений. Поэтому они Агентством по охране окружающей среды США (USEPA, 1998), государственным управлением охраны окружающей среды Китая перечислены в перечень опасных загрязнителей, подлежащих усиленному контролю. Для оценки степени загрязнения территорий тяжелыми металлами широко используется индекс геоаккумуляции. Для получения более полной информации о степени загрязненности территорий индекс геоаккумуляции часто сочетается с индексом экологического риска.

Отмечается, что степень миграции тяжелых металлов и их переход из почвы в растения зависит от их концентрации в почве. Местом накопления тяжелых металлов является верхние слои почвы, обогащенные органическими соединениями, где протекают многие биохимические реакции. Следует отметить, что подвижность тяжелых металлов в основном определяется кислотно-щелочным показателем почвы.

Обнаружено, что долгие и продолжительные исследования миграции тяжелых металлов в различных природных системах и в особенности в системе почва – растения привели к появлению и развитию нового технологического направления - фиторемедиацией. Основ-

ным назначением данного направления заключается в удалении тяжелых металлов из загрязненной территории путем переноса их в растения.

Установлено, что в кислых почвах увеличивается растворимость тяжелых металлов и их превращение в форму легкодоступным для поглощения растениями. Различные виды растений обладают разной способностью к поглощению тяжелых металлов, на, что влияют их корневая структура, особенности роста и физиологические механизмы.

Ныне человечество переживает период потепления климата, которое продолжает внести существенное влияние на жизнедеятельности всех компонентов экосистемы. Только за предыдущее столетие увеличение температуры в среднем составило 1.2°C. Очевидно, что с увеличением температуры нарастает количество чрезвычайных природных явлений, сопровождаемых колоссальными экономическими ущербами. Засуха является одной из распространенных в аридных и полуаридных климатических зонах представителем чрезвычайных природных явлений, возникновение которой связано с большим экономическим ущербом для народного хозяйства и резким снижением продуктивности сельскохозяйственных культур.

Таким образом, в результате глубоко анализа отечественных и иностранных литератур установлено, что в условиях продолжающегося изменения климата проблема качества водных артерий, экологическое состояние бассейнов рек, возникновение природных чрезвычайных явлений рациональное использование водных ресурсов, существенное повышение эффективности сельскохозяйственных земель приобретают особую актуальность и их решение требует проведения систематических комплексных научных и прикладных исследований.

*Во второй главе* диссертации представлены результаты исследований динамики химического состава реки Сырдарья, начиная с пункта пересечения границы Таджикистана и по всему стволу до пункта перехода на территорию соседнего Узбекистана. С использованием результатов химических анализов проб воды, сделана попытка оценки применимости воды р. Сырдарья для орошения.

Для оценки степени применимости вод в оросительных целях Продовольственной и сельскохозяйственной организацией (ФАО) рекомендовано следующие индексы: доля адсорбированного натрия (SAR), процентное содержание натрия (Na%), процент растворимого натрия (SSP), доля обменного натрия (ESP), доля адсорбированного калия (PAR) и коэффициент структурной

Пробы воды из р. Сырдарья отбирали в пунктах, координаты, которых приведены в табл.1.

**Таблица 1.**– Географические координаты пунктов отбора проб воды из реки Сырдарья

№	Пункты отбора проб воды	Широта	Долгота
1	Акджар	37°50'41" N	69°33'42" E
2	Булок	40°36'55" N	70°27'09" E
3	г. Канибадам	40°17'12" N	70°25'26" E
4	Кайраккумское водохранилище	40°17'33" N	69°49'54" E
5	Кызылкишлак	39°29'39" N	45°36'29" E

Усредненные результаты физико-химических анализов проб воды р. Сырдарья за период 2022-2024 гг. приведены в табл.2.

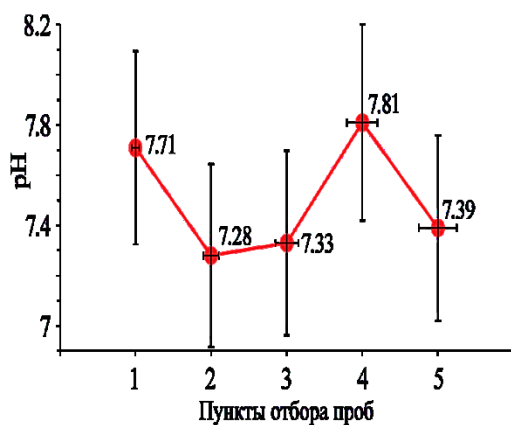
Из таблицы 2 видно, что концентрация растворенного кислорода варьируется от 4,06 до 6,58 мг/дм<sup>3</sup>, что свидетельствует о ненасыщенности речной воды кислородом. Средние концентрации основных катионов и анионов в воде р. Сырдарья располагаются в таком порядке: Na<sup>+</sup> > Ca<sup>2+</sup> > Mg<sup>2+</sup> > K<sup>+</sup> и SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> > HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> > Cl<sup>-</sup> > NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. Уровень pH является важным показателем воды для полива. Высокий уровень pH воды для орошения указывает на возможность осаждения соли карбоната кальция, которая может привести к закупорке источников в капельной системе.

Допустимая норма рН, установленная ФАО для ирригационной воды 6,8-8,4. Во всех пробах рН был слабощелочным и колебался от 7,28 до 7,81.

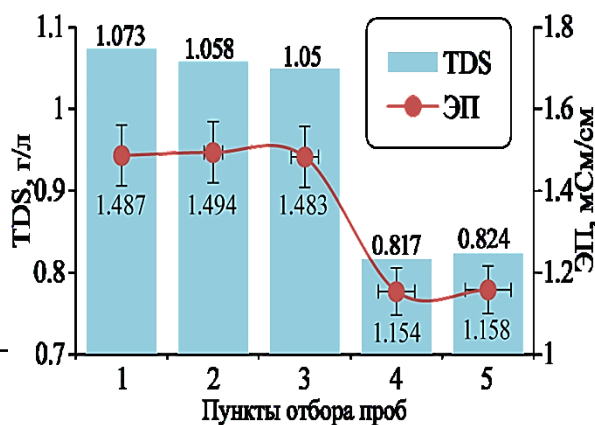
**Таблица 2.** - Результаты анализов проб воды из пунктов отбора

Показатели	Единица измерения	Пункты отбора проб				
		1	2	3	4	5
рН	–	7,71	7,28	7,33	7,81	7,39
ЭП	мСм/см	1,487	1,494	1,483	1,154	1,158
Na <sup>+</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	90,77	86,15	83,08	70,77	76,92
K <sup>+</sup>		6,54	5,09	4,72	3,64	2,91
Ca <sup>2+</sup>		68,2	76,0	72,1	56,4	52,3
Mg <sup>2+</sup>		33,6	38,4	38,4	26,4	28,8
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>		164,7	207,4	176,9	134,2	137,9
(O <sub>2</sub> )раств.		5,38	4,06	6,58	6,27	6,57
Cl <sup>-</sup>		39,7	22,6	34,0	19,8	19,7
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>		340	386	386	370	266
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>		4,37	3,11	3,12	0,42	0,97
Минерализация		1488	1487	1476	1134	1141
TDS		1073	1058	1050	817	824

Из рис.1 видно, что, таджикская часть реки характеризуется более высоким значением рН, но в пределах допустимого ФАО порога воды для орошения от 6,80 до 8,40. Максимальное значение рН воды после Кайраккумского водохранилища свидетельствует о накоплении в нем достаточно большого количества катионов и анионов. Значения общего количества растворенных твердых веществ (TDS) указывает на то, что соленость р. Сырдарья на территории Таджикистана составляет 817-1073 мг/дм<sup>3</sup> при среднем значении 964,4 мг/дм<sup>3</sup> (>500 мг/дм<sup>3</sup>) который свидетельствует о наличии незначительной солености (рис.2).



**Рисунок 1.** –Значения рН воды по стволу реки Сырдарья

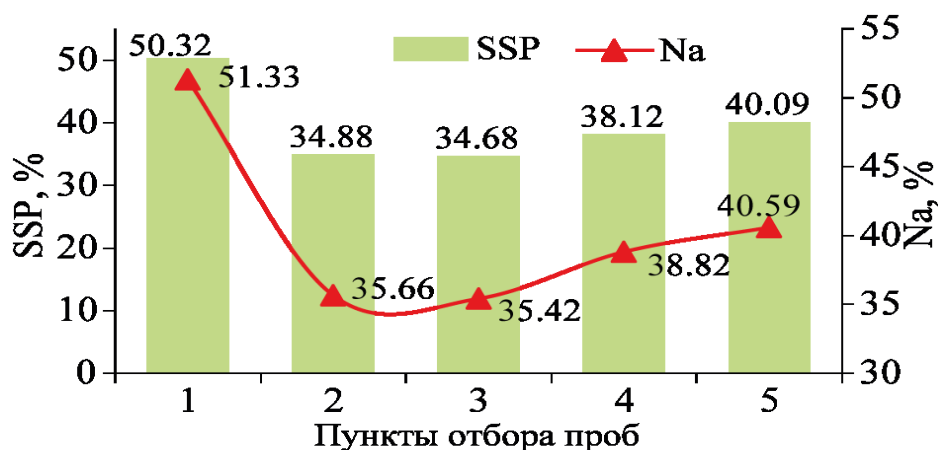


**Рисунок 2.** – Динамика изменения ЭП и TDS реки Сырдарья на территории Таджикистана

Сток реки Сырдарья вступает на территорию Таджикистана с ощутимыми степенями солености и минерализации и характеризуется более высокими значениями ЭП, которая после Кайраккумского водохранилища существенно уменьшается благодаря процессам седиментации катионов и их осаждения. Электропроводность таджикской части р. Сырдарья изменяется в пределах от 1154 до 1490 мкСм/см, что превышает предел (1000 мкСм/см), установленный ФАО для оросительных вод (рис.2).

Один из индексов определяющий степени риска присутствия натрия в оросительных водах является доля растворимого натрия (SSP) в зависимости от ее величины зависит физические свойства почвы.

На рисунке 3 представлен тренд SSP и %Na русла реки Сырдарья на территории Согдийской области Республики Таджикистан. Из рис. 3 видно, что тренд изменения доли растворимого натрия и процентное содержание натрия характеризуются двумя динамикой: уменьшающийся доводохранилище Кайраккум и после него возрастающей.

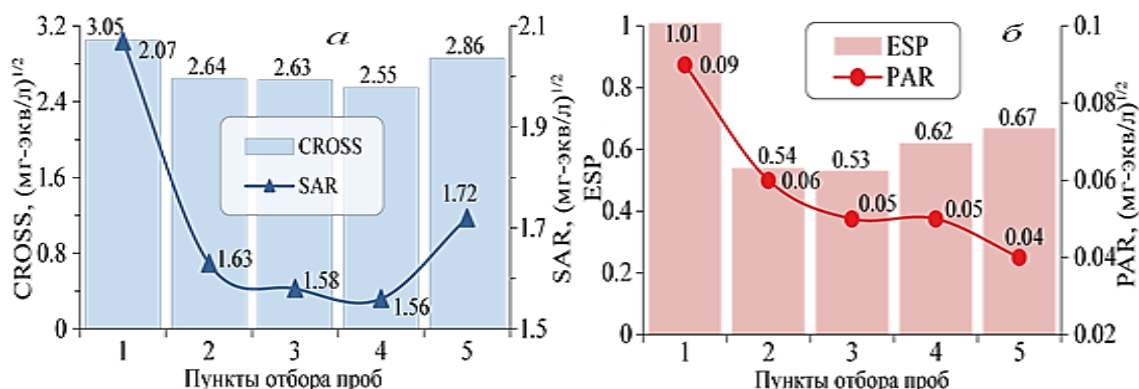


**Рисунок 3. – Изменение SSP и %Na вдоль русла реки Сырдарья на территории Таджикистана**

Накопление щелочного элемента натрия в почве инициирует протекания обменных реакций, в результате которой столь важные для развития растений щелочноземельные элементы Ca и Mg вытесняются из корневой системы, а также существенно уменьшается проницаемость почвы. В избегание и контроля протекания подобных процессов разработан индекс доля адсорбированного натрия (SAR) определяющий степень участия оросительной воды в реакциях катионообмена.

Химический показатель, позволяющий установить наименование катионов способные значительно улучшить агрегацию и катионов ответственных за диспергирование частиц почвы. Этот показатель называется коэффициент структурной стабильности почвы (CROSS) который нашел широкое применение в гидрохимии и агрохимии

На рисунке 4, а б представлены тренды изменения CROSS, SAR, ESP (содержание обменного натрия) и доля адсорбируемого калия (PAR) по реке Сырдарья.



**Рисунок 4.– Значений показателей CROSS,SAR (а) и ESP,PAR (б) в пунктах отбора воды из реки Сырдарья**

Было установлено, что содержание щелочного элемента калия в реке Сырдарья незначительное, вероятно связанное с вымыванием пород (рис.4, б).

Таким образом, в результате проведения комплексных исследований гидрохимии реки Сырдарья на территории Республики Таджикистан было установлено, что река по основным показателям применимости воды для орошения соответствует стандартам Международной продовольственной и сельскохозяйственной организации. Исследованием динамики изменения концентрации химических элементов вдоль русла реки Сырдарья на территории Таджикистана установлено, что в Кайраккумское водохранилище происходит накопление химических элементов и веществ.

Для орошения сельскохозяйственных земель Б. Гафуровского и Дж. Расуловских районов в Согдийской области с общей площадью более 8000 га важное место занимает Ходжабакирганский канал на одноименной реке. Канал Ходжабакирган с плотинным водозабором и протяженностью 23 км и водопрускаемостью 32м<sup>3</sup>/ч функционирует с 50-годов двадцатого века на реке Ходжа-Бакирган с плотинным водозабором.

Качество воды канала ухудшается в результате размещения твердо - бытовых отходов на водоохраной зоне канала. По всей протяженности канала, со стороны Кыргызской Республики и Республики Таджикистан вдоль берегов местным населением размещены различные твердо бытовые и промышленные отходы. Особенно большой объем мусора наблюдается по левому берегу со стороны Кыргызской Республики.

В таблице 3 представлены пределы изменения концентрации некоторых химических составляющих канала Ходжабакирган за последние пять лет.

Для определения степени применимости и определения катионного и ионного состава проводились отбор проб из канала Ходжабакирган в период вегетации в течение 2023-2024 гг., результаты которых обобщены в таблице 4.

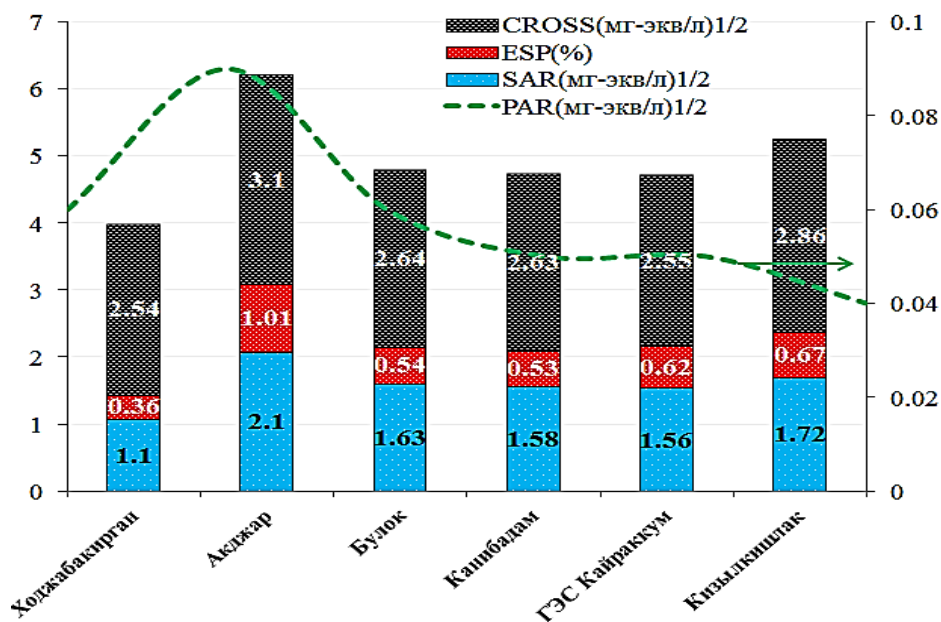
**Таблица 3.** – Изменение концентрации химических элементов в канале Ходжабакирган за период 2020–2024 гг

Химические ингредиенты	Ед. изм.	Концентрации
Азот аммонийный	мг/л	от 0.2 до 7.4
Азот нитритный		от 0.11 до 0.04
Азот нитратный		от 2.1 до 5.1
Растворенный кислород		от 11.4 до 7.9
Фосфаты		от 0.02 до 0.44
Хлориды		от 89.1 до 102
БПК 5		от 2.8 до 3.2

**Таблица 4.** – Катионный и анионный состав воды канала Ходжабакирган

Ионный состав	Единица измерения	Концентрация
Ca <sup>2+</sup>	мг-экв/дм <sup>3</sup>	0.95
Mg <sup>2+</sup>		4.08
Na <sup>+</sup>		1.66
K <sup>+</sup>		0.09
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>		5.25
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>		0.01
Cl <sup>-</sup>		0.39
NCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>		1.84

На рисунке 5 представлено значений основных показателей пригодности воды канала Ходжабакирган сравнительно к значениям проб из реки Сырдарья в пяти пунктах ( Акджар, Булок, Канибадам, Кайраккумская ГЭС, Кызылкишлак).



**Рисунок 5. – Значение показателей применимости воды для орошения канала Ходжабакирган и проб воды из реки Сырдарья**

Из рисунка 5 видно, что все показатели применимости воды реки Ходжабакирган для орошения значительно ниже соответствующих значений для вод реки Сырдарья, т.е. она вполне соответствует требованиям ФАО к оросительным водам. Как следует из рисунка 5, показатели пригодности воды в орошении сельскохозяйственных земель характеризуются максимальными значениями у пробы воды, отобранной в пункте Акдзар. Акдзар расположен в непосредственной близости к границам республик Таджикистана и Кыргызстана. Максимальные значения показателей в этом пункте отбора свидетельствует поступления воды реки Сырдарья с достаточной концентрации катионов натрия, т.е. соленоватой.

С учетом схемы миграции тяжелых металлов от почвы в растения и далее в организм человека предложенной Международным агентством по атомной энергии (МАГАТЭ) в 1982 можно ожидать, что радиоактивные и тяжелые металлы хвостовых вод из хвостохранилищ будет распространяться по руслу реки и станет очагом массовых заболеваний населения. Миграция радиоактивных элементов по руслу реки и их перенос в организм человека по схеме предложенной МАГАТЭ вполне реализуема и для других токсичных химических ингредиентов.

Степень и скорость переноса химических элементов из воды и почвы в компоненты биосферы характеризуется коэффициентом переноса. Состояние и агрохимия почв, pH, содержание щелочноземельных элементов и органического вещества состава почвы, химический состав оросительной воды и метеорологические условия местности являются основными факторами определяющие значений коэффициента переноса.

В настоящем разделе диссертации представлены результаты по исследованию процессов миграции тяжелых металлов по реки Сырдарья на территории Таджикистана.

На рисунке 6 приведена карта таджикской части ствола реки Сырдарья с указанием пунктов отбора воды. Анализы проб вод на содержание тяжелых металлов проводились на атомно-абсорбционном спектрометре “А Analyst 800”.

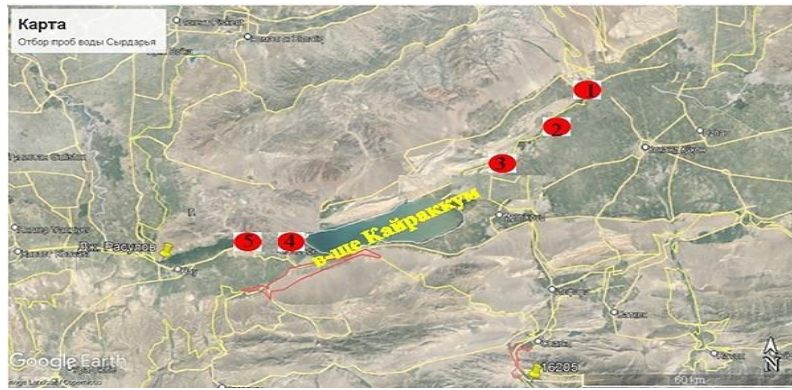
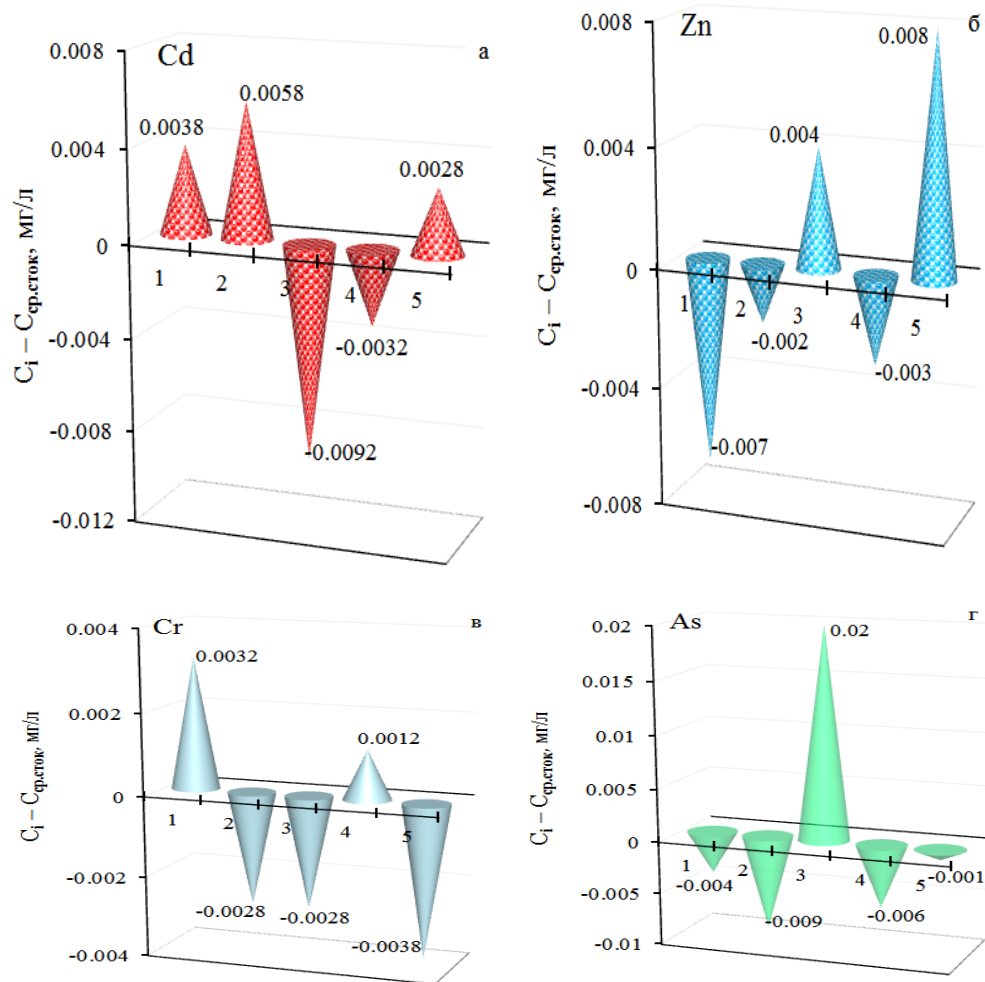
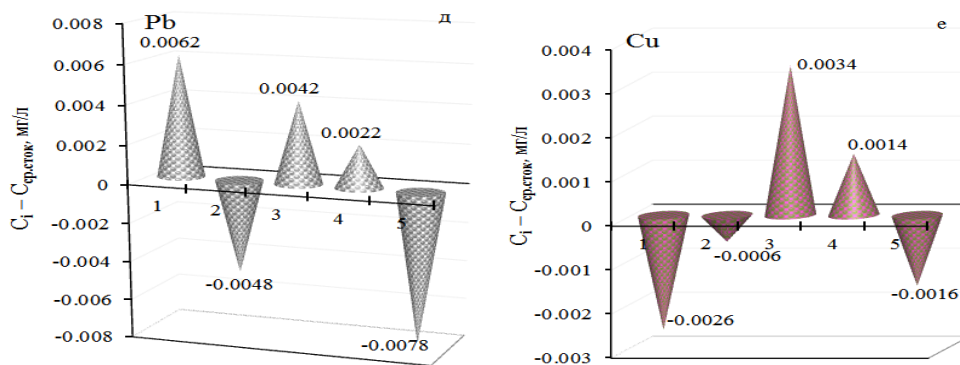


Рисунок 6. – Схема точки отбора проб воды из реки Сырдарья: 1–Ақджар; 2– Булок; 3– Канибадам; 4– Кайраққумская ГЭС; 5–Кызылқишлақ

Разностное значение концентрации тяжелых металлов (Cd, Zn, As, Pb, Cu и Cr) от среднего их значения в реке для пунктов отбора проб воду представлено на рисунке 7.





**Рисунок 7. – Разностное значение концентраций тяжелых металлов (Cd, Zn, As, Pb, Cu и Cr) от среднего их значения в реке для пунктов отбора проб воды**

Было обнаружено отсутствие определенной закономерности изменения содержания тяжелых металлов Zn и Cd вниз по течению реки Сырдарья (рис. 7).

Миграционная способность в водной среде тесно связано и определяется в зависимости от состояний нахождения тяжелых металлов в растворе, коллоидной форме и на взвешях в природных водах. Следует отметить, что распространенной формой нахождения тяжелых металлов в водной среде являются их комплексные соединения с неорганическими лигандами и растворенными органическими веществами (РОВ).

Математическая модель для определения содержания и описания динамики тяжелых металлов на основе уравнения конвекции – диффузии ныне приобрела широкое применение:

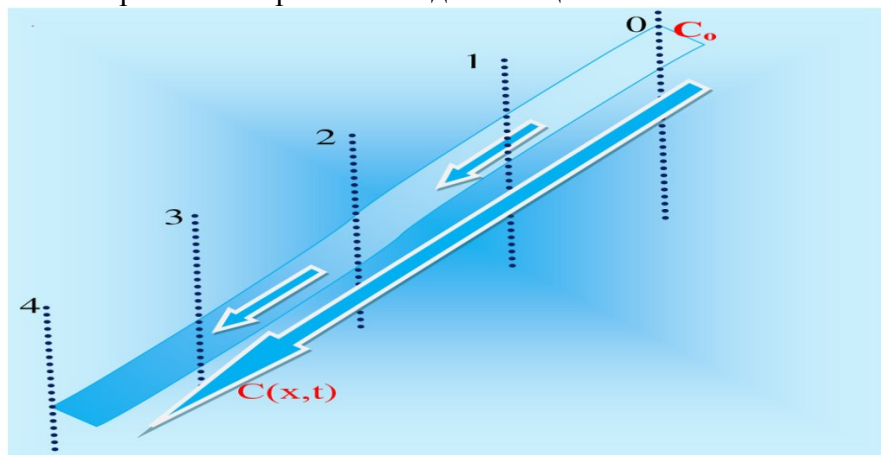
$$u \cdot \frac{\partial C(x,t)}{\partial x} + \frac{\partial C(x,t)}{\partial t} = -k \cdot C(x,t) \quad (1)$$

где  $u$  – средняя скорость течения в живом сечении (м/с);  $C(x,t)$ - концентрация тяжелого металла, мг/л;  $k$  – скорость осаждения (1/с);  $x$  –длина пути миграции, м;  $t$  – продолжительность миграции (с).

При заданных значениях содержания тяжелых металлов скорость их осаждения можно вычислить с помощью уравнения (1):

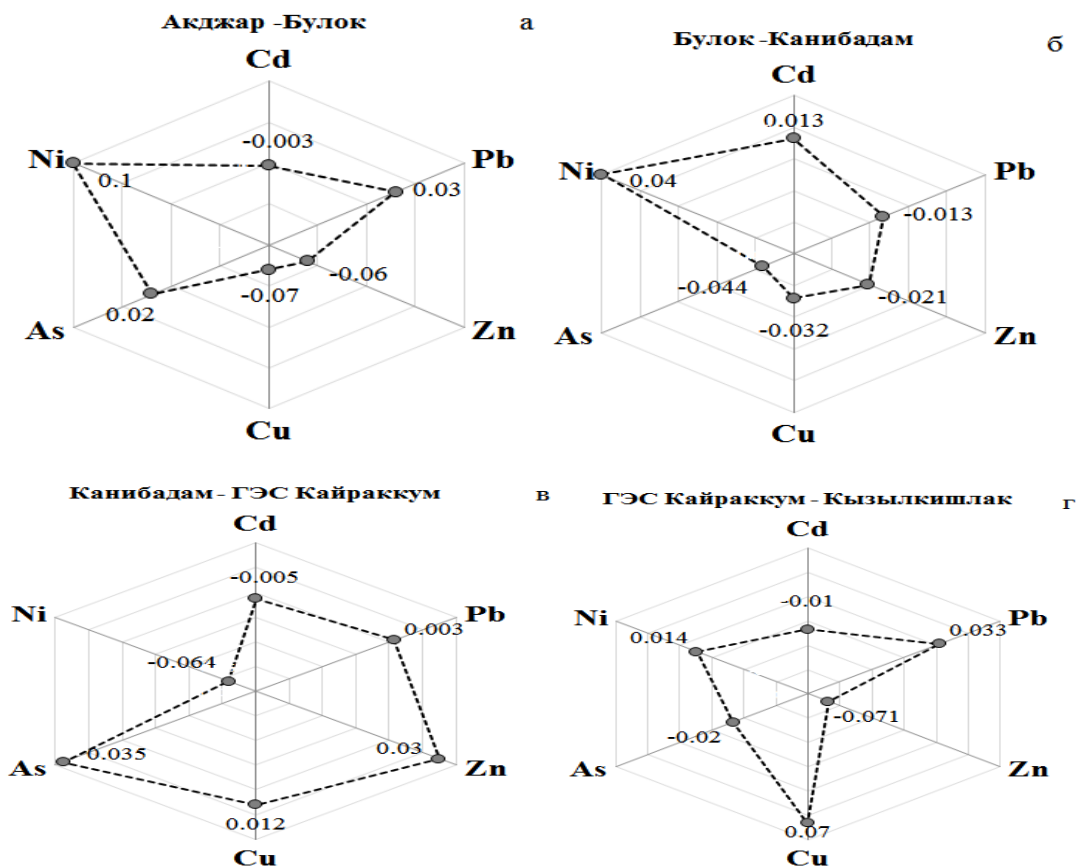
$$k = \frac{u}{x_{n+1} - x_n} \cdot \ln\left(\frac{C_n}{C_{n+1}}\right) \quad (2)$$

Формальная схема миграции тяжелых металлов представлена на рисунке 8, которая может показать этапы расчета скорости их седиментации.



**Рисунок 8. - Формальная схема миграции тяжелых металлов**

На рисунке 9 представлены значений скорости осаждения тяжелых металлов в водной среде между точками отбора проб воды реки Сырдарья



**Рисунок 9. – Значений скорости осаждения металлов (As, Cd, Cu, Ni, Pb, Zn) в водной среде между точками отбора проб воды из реки Сырдарья**

С учетом значений скорости осаждения тяжелых металлов на рисунке 9 можно утверждать, что основная форма образования комплексов изученных тяжелых металлов в водной среде является гидроксиды. В участке реки Сырдарья между точками отбора проб Канибадам ГЭС Кайраккум pH водной среды равно 7.57, что благоприятствует процессу гидролиза комплексов Zn с образованием  $[Zn(OH)]^+$ . С другой стороны, в отличие от исследуемых тяжелых металлов в среде с высокими значениями pH Zn находится в свободной форме. В отличие от цинка медь проявляет высокую склонность к адсорбции к различным взвешенным частицам. Наблюдаемая осаждение цинка и меди только в низовьях реки на участке Канибадам – ГЭС Кайраккум вероятно связано именно с увеличением гумуса и наличием различных взвешенных веществ как следствие антропогенного влияния и уменьшением значение скорости потока.

Из рисунка 9 видно, что осаждение свинца происходит в участке реки Сырдарья между точками отбора проб Акджар-Булок, Канибадам-ГЭС Кайраккум и ГЭС Кайраккум-Кызылкишлак характеризуемые соответственно pH 7.50, 7.57 и 7.60, т.е. высокими значениями по всему руслу реки на территории Таджикистана. При pH >7 основной формой существования свинца является его карбонатные комплексы  $[Pb(CO_3)]^0$  и  $[Pb(CO_3)_2]^{2-}$ . Однако нестабильность данных комплексов приводят к тому, что в стоке поверхностных вод свинец обнаруживается в составе взвесей.

**В третьей главе** представлены результаты комплексной оценки содержания тяжелых металлов в почвах хвосторанилищ с радиоактивными отходами г.Чкаловска (ныне Бустон), в районе Б. Гафурова и индексов загрязнения окружающей среды.

Из объекта исследований осуществлялось отбор почвы в пяти точках из глубины 10-30 см методом почвенных ключей при строгом соблюдении требований ГОСТу 17.4.3.01-83. После осушки, измельчения отбирались фракции не более 1 мм с использованием лабораторной сити. На спектрометре «Спектроскан МАКС G» (ООО «СПЕКТРОН», Россия) методом рентгенофлуоресцентного анализа определялись концентрация тяжелых металлов.

Для исследования процессов миграции тяжелых металлов использовались растение Мята азиатская (лат. *Mentha asiatica*) — вид растений рода Мята (*Mentha*) семейства Яснотковые (*Lamiaceae*) и Верблюжья колючка (*Alhagi*) растущие соответственно в почвах Чкаловского и Гафуровского хвостохранилищ (рис.10, рис 11).



**Рисунок 10. - Мята азиатская (*Alhagi*) (*Mentha asiatica*) вид растений Яснотковые (*Lamiaceae*)**



**Рисунок 11. - Верблюжья колючка рода Мята (*Mentha*) семейства**

Для оценки состояния загрязненных тяжелыми металлами почв и оценки степени риска в функционировании компонентов биосферы, а также для выявления степени перехода тяжелых металлов к растениям, в настоящее время разработаны ряд индексов. Основными индексами являются индивидуальный индекс загрязнения (PI), общий индекс загрязнения (PLI), показатель потенциального экологического риска (RI), индекс загрязнения Nemerow (NPI) и индекс геоаккумуляции (*Igeo*).

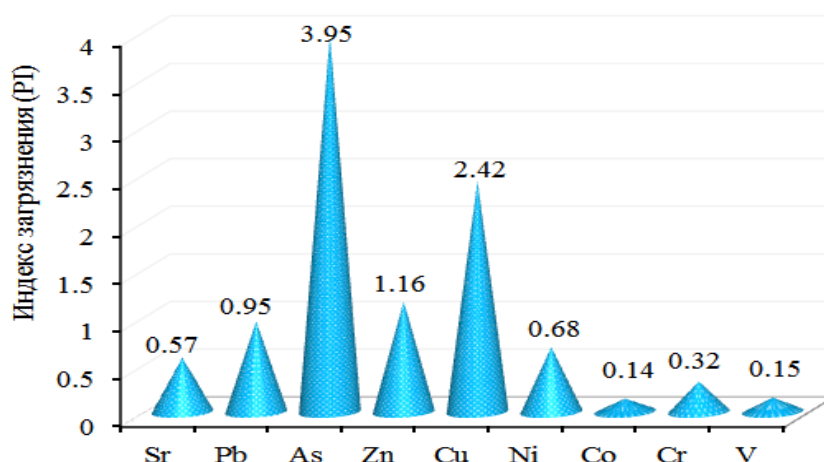
Следует отметить определение количественных значений выше перечисленных индексов важно в планирование мероприятий по обеззараживанию территорий с вовлечением их для производства сельскохозяйственных продукции.

Для идентификации видов тяжелых металлов в составе почв загрязненных территорий, широко применяется единый индекс загрязнения (PI):

$$PI = C_n / GB$$

где,  $C_n$  – содержание металла в верхнем горизонте;  $GB$  – фоновое содержание тяжелого элемента.

На рисунке 12 представлено значение индивидуального индекса загрязнения (PI) тяжелых металлов Sr, Pb, As, Zn, Cu, Ni, Co, Cr, V в почве хвостохранилища Чкаловск.

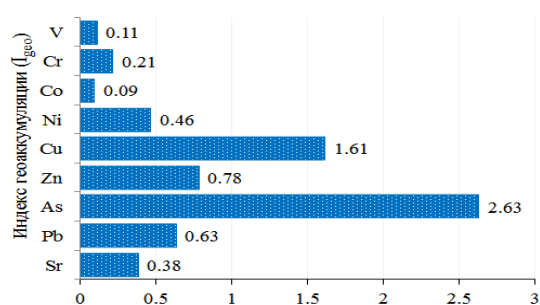


**Рисунок 12. – Значений единого индекса загрязнений почвы территории хвостохранилища Чкаловск**

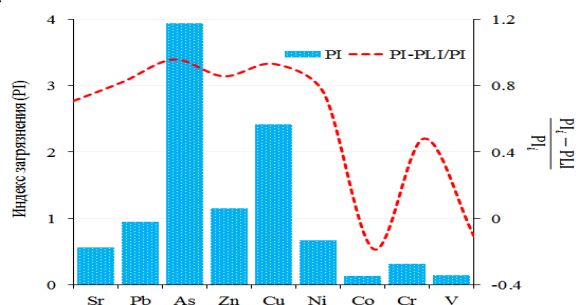
Индекс геоаккумуляции (*Igeo*) позволяет оценить загрязнение почвы тяжелыми металлами и определяется соотношением:

$$I_{geo} = C_n / 1.5GB$$

Количественное значение индекса геоаккумуляции тяжелых металлов хвостохранилища Чкаловска представлено на рисунке 13.



**Рисунок 13. - Значений индекса геоаккумуляции тяжелых металлов почвы хвостохранилища г.Чкаловска**

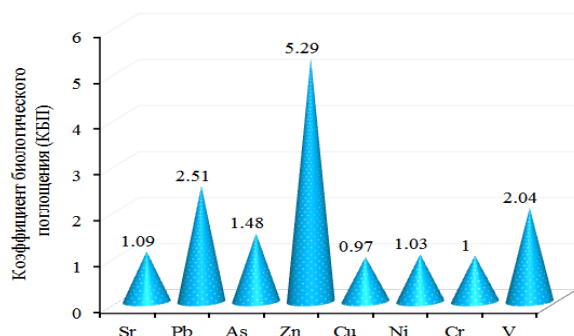


**Рисунок 14. – Индивидуальный индекс загрязнений тяжелых металлов и их вклад в общее состояние загрязнения почвы хвостохранилища**

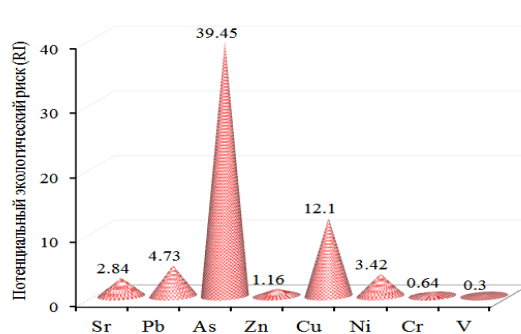
Вклад индивидуального индекса загрязнения каждого из металлов в общее состояние территории благодаря процессам обогащения тяжелыми металлами представлено на рисунке 14 в виде отношения разницы индивидуального индекса загрязнения и индекса нагрузки к индивидуальному индексу загрязнения металлов. Данное соотношение, как следует из рис. 14, имеет положительное значение только для As, Zn, Cu, Sr, и Ni, и почти нулевое значение для Pb, а для Co, Cr и V отрицательное значение. Это является свидетельством того что в почвах территории хвостохранилища Чкаловск преобладают As, Zn, Cu Sr, и Ni, и среди них наибольшую концентрацию имеет мышьяк (As).

На рис.15 представлены значений коэффициента биологического поглощения Sr, Pb, As, Zn, Cu, Ni, Cr и V. Из рис. 15 видно, что значений коэффициентов биологического поглощения для всех тяжелых металлов почвы хвостохранилища Чкаловск равны и больше единицы. Тяжелые металлы с коэффициентом биологического поглощения больше единицы накапливаются в растениях, металлы с коэффициентом биологического поглощения меньше единицы захватываются растениями.

На рис. 16 представлены значения показателя экологического риска для Sr, Pb, As, Zn, Cu, Ni, Cr и V почвы территории хвостохранилища Чкаловска, который показывает, что все они значительно ниже 90 при среднем значении RI по всей территории отбора проб равного 64.64. Следовательно, почва территории хвостохранилища Чкаловск, а именно почва место отбора проб характеризуется низким показателем экологического риска по перечисленным металлам.



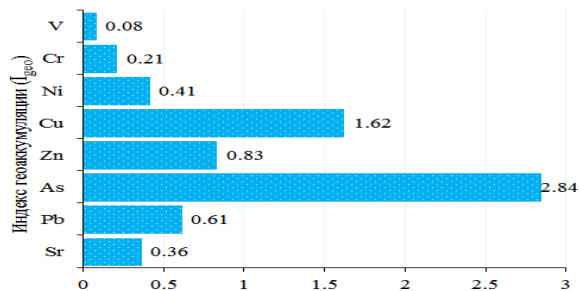
**Рисунок 15. - Значений коэффициента биологического поглощения тяжелых металлов**



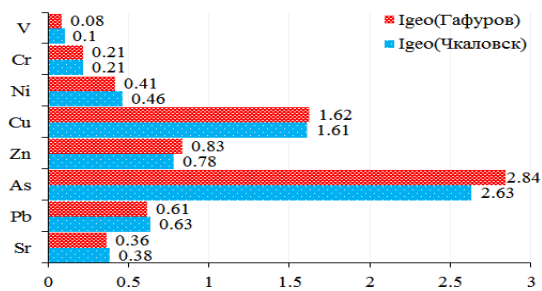
**Рисунок 16. – Значений экологического риска тяжелых металлов на территории хвостохранилища Чкаловска**

На рис. 17 представлено значений индекса геоаккумуляции стронция, свинца, мышьяка, цинка, меди, никеля, хрома и ванадия в почве Гафуровского хвостохранилища и на рисун-

ке 18 их значений в сравнение со значениями в хвостохранилище Чкаловск. Как следует из рис. 17, в почве Гафуровского хвостохранилища наиболее высокие значения индекса геоаккумуляции обладают мышьяк и медь и за ними следуют цинк и свинец. Как было показано выше, эти тяжелые металлы доминировали и по значениям единого индекса загрязнения.



**Рисунок 17.** - Индекса геоаккумуляции стронция, свинца, мышьяка, цинка, меди, никеля, хрома и ванадия в почве Гафуровского хвостохранилища



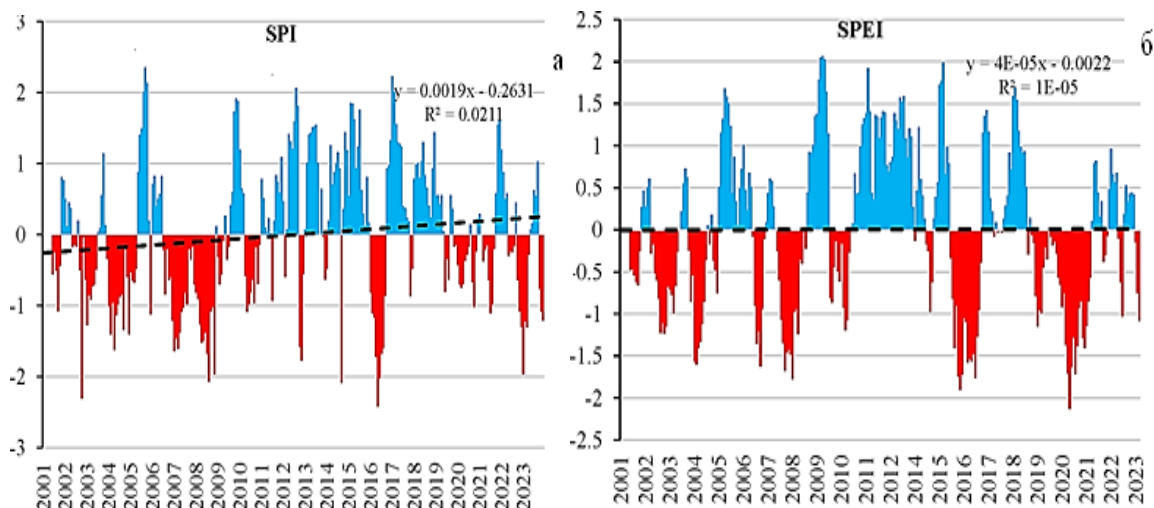
**Рисунок 18.** – Сравнение индексов геоаккумуляции тяжелых металлов Гафуровского и Чкаловских хвостохранилищ

Из сравнения значения индексов геоаккумуляции Sr, Pb, As, Zn, Cu, Ni, Cr и V почв Гафуровского и Чкаловского хвостохранилищ на рис. 18 видно, что они близки друг другу.

**В четвертой главе** представлены результаты мониторинга засухи в сельскохозяйственных районах Согдийской области Республики Таджикистан в зависимости от метеорологических условий.

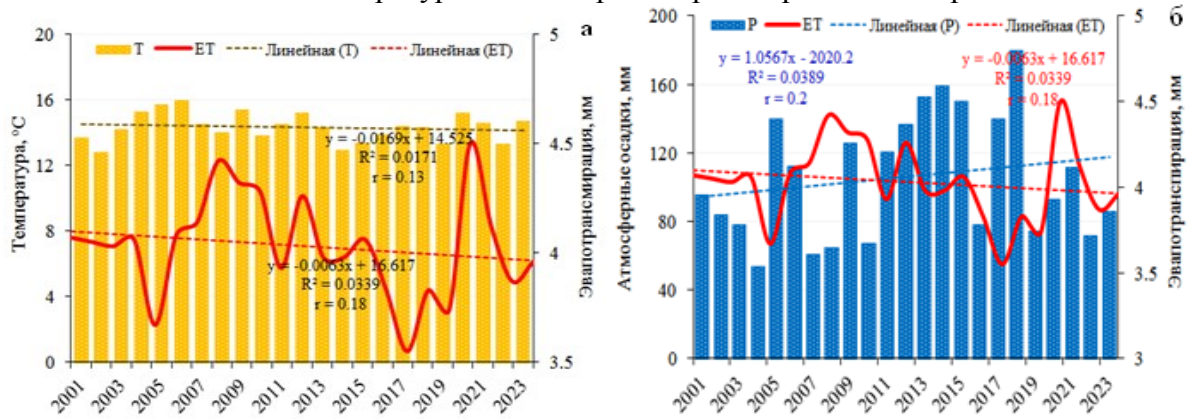
Графическое отображение изменения SPI и SPEI района Дж. Расулова за период 2001 – 2023 гг. представлены на рис. 19 (а, б). Красным цветом отображены отрицательные значения индексов, а положительные значения – синим цветом.

Из рисунка 19 (а) следует, что SPI характеризуется возрастающим трендом, свидетельствующего о нарастания увлажнения территорий и уменьшения количество засухи. После 2014 года проявление экстремальной засухи в районе не обнаруживается.



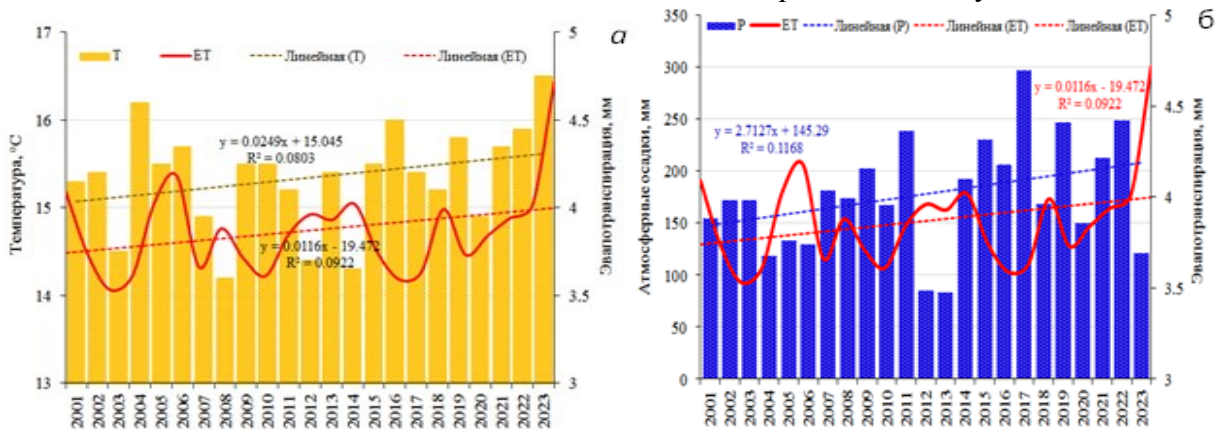
**Рисунок 19.**– Значений стандартизованного индекса осадков (SPI) (а) и стандартизованного индекса осадков и эвапотранспирации (SPEI) (б) района Дж. Расулова за период 2001-2023 гг

Для объяснения тренда изменения SPEI воспользуемся рисункой 20, где представлена динамика изменения температуры и эвапотранспирации района за период 2001–2023 гг.



**Рисунок 20. – Динамика изменения температуры и эвапотранспирации (а) и атмосферных осадков (б) в районе Дж. Расулова за период 2001–2023 гг.**

Из рисунка 20(а) видно, что за весь период 2001-2023 гг. температура сохраняла свое почти постоянное значение, а эвапотранспирация характеризовалась убывающим трендом, скорее всего благодаря возрастающей динамике изменения атмосферных осадков в районе Дж. Расулова (рис.20(б)). Возникновение сильных и экстремальных засух наблюдаемых на рис. 20 связано с локальными годовыми значениями метеорологических условий.

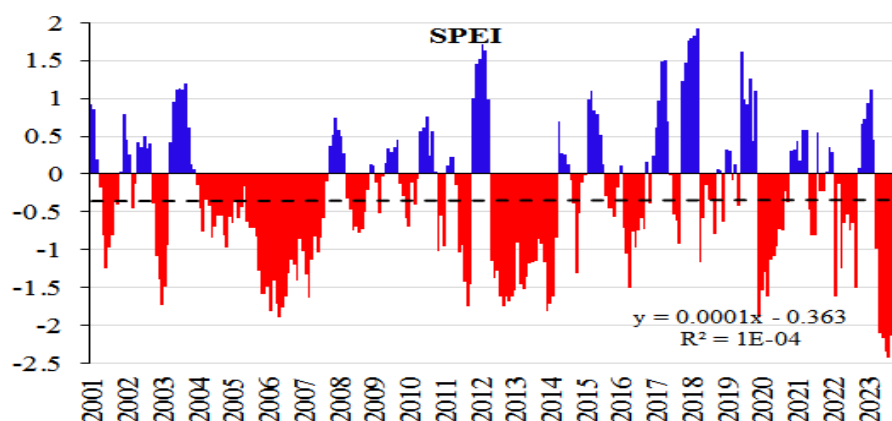


**Рисунок 21. – Динамика изменения температуры и эвапотранспирации (а) и атмосферных осадков (б) в районе Б. Гафурова за период 2001–2023 гг.**

Сравнение динамики изменения температуры, атмосферных осадков и эвапотранспирации района Б. Гафурова представленных на рис. 21 с динамиками изменения соответствующих параметров района Дж. Расулова показывает, что атмосферные осадки в двух районов имеют почти одинаковый тренд возрастания. Однако динамика изменения температуры и эвапотранспирации районов существенно отличаются. Если тренд изменения температуры за период 2001-2023 гг. в Дж. Районовском районе сохраняет почти постоянное значение, а в районе Б. Гафурова тренд температуры становится возрастающим. При этом убывающий тренд эвапотранспирации в Дж. Расуловском районе становится возрастающим в районе Б. Гафурова.

В районе Дж. Расулова за период 2001-2009 были зафиксированы 5 сильных засух и за период 2010-2023 гг 11 сильных и одна экстремальная засуха.

На рис. 22 видно, что значение стандартизованного индекса осадков и эвапотранспирации для района Б. Гафурова за период 2001-2023 гг. характеризуется отрицательным значением ( $SPEI = -0.48$ ) характеризующий распространения в районе засухи со слабой интенсивностью.



**Рисунок 22. – Значение стандартизованного индекса осадков и эвапотранспирации для района Б. Гафурова за период 2001-2023 гг.**

## ВЫВОДЫ

1. Определением основных индексов пригодности воды для полива (доля адсорбированного, растворимого, обменного и процентного натрия и доли адсорбированного калия) установлено пригодность реки Сырдарья и канала Ходжабакирган для орошения сельскохозяйственных земель [3-А, 4-А, 8-А].

2. Обнаружено отсутствие определенной закономерности динамики изменения концентрации тяжелых металлов (As, Cd, Cr, Cu, Pb, Zn) вдоль русла реки Сырдарья. Установлено, что основными факторами определяющие процессы миграции и осаждения тяжелых металлов является кислотно-основные и окислительно-восстановительные условия водной среды [2-А, 5-А, 7-А, 9-А].

3. Установлено, что почва хвостохранилище Чкаловска (Бустон) по содержанию цинка (Zn) слабо загрязненной, по меди (Cu) средне загрязненной, а по тяжелым металлам Sr, Pb, Ni, Co, Cr, V соответствует незагрязненному классу почв. По значениям индекса геоаккумуляции тяжелых металлов V, Cr, Co, Ni, Zn, Pb и Sr относится к классу от слабого до средней, по меди (Cu) средней степени и по мышьяку (As) к классу от среднего до сильного загрязнения. Коэффициент загрязнения почвы Гафуровского хвостохранилища составляет 0.394 и почти 2.4 раза выше, чем в Чкаловском хвостохранилище [1-А, 6-А].

4. Использование коэффициента биологического поглощения (БПК) для описания степени переноса тяжелых металлов (As, Co, Cr, Cu, Ni, Sr, V, Zn) установлено, что As, Co, V и Zn аккумулируются, а Cu, Ni, Cr, Cu и Sr захватываются растениями [1-А, 6-А].

5. Установлено, что корреляционные зависимости метеорологических параметров районов Дж. Расулова и Б. Гафурова характеризуются низкими значениями коэффициентов корреляции, динамика эвапотранспирации в двух районов имеют противоположный характер изменения. Районы Дж. Расулова и Б. Гафурова относятся к разным климатическим зонам и возникновение засухи в них определяется местным климатическим условием [1-А, 6-А].

## Рекомендации по практическому использованию результатов

Результаты диссертации могут быть использованы для разработки стандартов по оценке экологического состояния прибрежных территорий рек и дифференцированный подход для оценки антропогенной нагрузки отдельных участков береговой части реки. Позволяют корректно установить баланс тяжелых металлов в реке Сырдарья и установить наименований и концентраций тяжелых металлов, поступающих водной артерией на территории Республики Таджикистан. Предложенные в работе основные механизмы переноса тяжелых металлов в растения могут лежать в основу разработки современного метода обеззараживания территорий хвостохранилищ от тяжелых и радиоактивных элементов. Пред-

ставленные в диссертации результаты по мониторингу засухи могут быть использованы для создания банка многолетних данных возникновения засухи в каждом из районов Республики Таджикистан и тем самым способствовать созданию сценариев по предупреждению возникновения засухи.

**Научные статьи, опубликованные в ведущих рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК при Президенте Республики Таджикистан и международных журналах:**

[1-А]. **Бозорова, Н.Н.** Применение индексов экологического риска для оценки загрязненности территории хвостохранилищ / И.Ш. Норматов, Н.С. Хакимзода, **Н.Н. Бозорова**, Авази Мирзо // -Вестник таджикского национального университета, Серия естественных наук. - 2025. -№.2. - С. 141-150. -ISSN 2413-452X

[2-А]. **Бозорова, Н.Н.** Динамика концентрации тяжелых металлов вдоль реки Сырдарья и возможности накопления их в Кайраккумском водохранилище / **Н.Н. Бозорова**, А. О. Рахимзода, А.О. Муминов // - Вестник педагогического университета, серия естественных наук. - 2025. - № 1 (25). - С.51-56. -ISSN 2707-9996

[3-А]. **Бозорова, Н. Н.** Оценка степени соответствия качества воды реки Сырдарья индексам применимости для орошения / **Н.Н. Бозорова**, К.Н. Одинаев // - Вестник педагогического университета, серия естественных наук. - 2024. -№ 2-3 (22-23). - С.48-52. ISSN 2707-9996

[4-А]. **Bozorova, N.** Hydrochemistry and Quality of Irrigating Water in the Middle Reaches of the Syr Darya River in the Territory of the Republic of Tajikistan / I. Sh. Normatov, V. V. Goncharuk, **N. Bozorova**, Karomatullo Kurbonali, D. M. Bobokalonov, R. Anderson // - Journal of Water Chemistry and Technology. - 2025. - V. 47 (2). -P. 204–211 -ISSN 1063-455x.- DOI: 10.3103/S1063455X25020079. (SCOPUS).

[5-А]. **Bozorova, N.** Heavy Metal Migration and Sedimentation in Syrdarya River (Tajikistan) and Possibility Accumulation in Kayrakkum Reservoir / I. Normatov, **N. Bozorova**, A. Rahimzoda // - Intern. J. Atmos. & Oceanic Sci. - 2025. -V. 9. - No1. -P. 58-65. <https://doi.org/10.11648/j.ijaos.20250901.16>.

**Статьи, опубликованные в материалах международных и республиканских конференций:**

[6-А]. **Bozorova, N.N.** Environmental risk of geoaccumulation and transmission of heavy metals in tailing dumps with radioactive elements / I. Sh. Normatov, **N.N. Bozorova**, Avazi Mirzo, N.S. Hakimzoda // - Proc. Intern. Conf.” Fundamental and applied research in physics”. - 16-17 May 2025. - Tashkent, Uzbekistan. - P. 94-96.

[7-А]. **Бозорова, Н.Н.** Мониторинг миграции и осадения тяжелых металлов по руслу реки Сырдарья на территории Таджикистана / **Н.Н. Бозорова**, И.Ш. Норматов // -Матлы Международная научно-практическая конференция “Основные направления гидрологических исследований в условиях изменения климата: современные подходы и технологии”. - 23-24-мая 2025 г., - Ташкент, Республика Узбекистан. - С.127-130.

[8-А]. **Бозорова, Н.Н.** Гидрохимия и индексы применимости Сырдарья для орошения на территории Таджикистана/ **Н.Н. Бозорова**, И.Ш. Норматов // -Материалы Международной научно - практической конференции “Изменение климата и его влияние на окружающую среду: проблемы и их решение”. - 28 октября 2024 г., - Ташкент, Узбекистан. - С.130-133.

[9-А]. **Бозорова, Н.Н.** Мониторинг миграции тяжелых металлов по реке Сырдарья и возможности накопления их в Кайраккумском водохранилище / **Н.Н. Бозорова**, А.О. Рахимзода, А.О. Муминов, И.Ш. Норматов // - Материалы Международной научно-практической конференции «Проблемы и перспективы развития физики», Худжанд, Таджикистан, - 11-12 марта 2025 года.- С.23-26.

### Список использованных источников

1. Европейская экономическая комиссия ООН. Международный центр оценки вод. Обзор потенциальных источников загрязнения и определение рисков аварийного загрязнения в бассейне реки Сырдарья. 2023. С.87
  2. ЕЭК ООН и РЭЦЦА. Исследование потребностей качества поверхностных вод в Центральной Азии – Алматы, 2018. С.100
  3. Салибаева, З.Н. Распределение микроэлементов в водах основных рек Таджикистана/ З.Н. Салибаева // - Ж. Наука и новые технологии. - 2013. - №7. - С.35-42.
  4. Таиров, А.З. Об изучении ионного стока реки Сырдарьи в ее нижнем течении / А.З. Таиров // - Вопросы географии и геоэкологии. - 2015. - №1. - С.67-71.
  5. Ma, L. Hydrochemical Characteristics and Water Quality Assessment for the Upper Reaches of Syr Darya River in Aral Sea Basin, Central Asia / L. Ma, J. Abuduwaili, Y. Li, S. A. Uulu, S. Mu // - Water. - 2019. - V.11. - P.1893-1909.
  6. Schliemann, R. On the relationship between the Indian summer monsoon and river flow in the Aral Sea basin / R. Schliemann, M.G. Glazirina, C. Schär // - Geophys. Res. Lett. - 2007. - V.34. - P. L05706.
- 124
7. Abdullaev, I. Spatial and temporal variability of water productivity in the Syr Darya Basin, Central Asia / I. Abdullaev, D. Molden // -Water Resour.- Res. 2004. -V.40. - P. -W08S02.
  8. Nezhlin, N.P. Interannual variations of the discharge of Amu Darya and Syr Darya estimated from global atmospheric precipitation / N.P. Nezhlin, A.G. Kostianoy, S.A. Lebedev // - J. Mar. Syst. - 2004. -V.47. - P.67–75.
  9. Ismailylov, G.K. Assessment of possible anthropogenic changes in the runoff the Syr Darya River on the basis of a mathematical model / G.K. Ismailylov, V.M. Fedorov, S.D.S. Nezhad // -Water Resour. - 2007. - V.34. - P.359–371.
  10. Brun, F. A spatially resolved estimate of High Mountain Asia glacier mass balances from 2000 to 2016 / F. Brun, E. Berthier, P. Wagnon, A. Käab, D. Treichler // - Nat. Geosci. 2017. - V.10. - P.668–673.
  11. Kriegel, D. Changes in glacierisation, climate and runoff in the second half of the 20th century in the Naryn basin, Central Asia / D. Kriegel, C. Mayer, W. Hagg, S. Vorogushyn, D. Duethmann, A. Gafurov, D. Farinotti // - Glob. Planet. - Chang. - 2013. - V.110. -P.51–61.
  12. Sorg, A. Coping with changing water resources: The case of the Syr Darya river basin in Central Asia / A. Sorg, B. Mosello, G. Shalpykova, A. Allan, M. Hill Clarvis, M. Stoffel // - Environ. Sci. Policy. - 2014. - V.43. - P.68–77.
  13. Siegfried, T. Estimating the performance of international regulatory regimes: Methodology and empirical application to international water management in the Naryn / Syr Darya basin / T. Siegfried, T. Bernauer // -Water Resour. Res. - 2007. - V.43. - P. W11406.
  14. Indoitu, R. Dust emission and environmental changes in the dried bottom of the Aral Sea / R. Indoitu, G. Kozhoridze, M. Batyrbaeva, I. Vitkovskaya, N. Orlovsky, D. Blumberg, L. Orlovsky // - Aeolian Res. - 2015. -V.17. -P.101–115.



**АКАДЕМИЯИ МИЛЛИИ ИЛМҲОИ ТОҶИКИСТОН  
МАРКАЗИ ИЛМИИ ХУЧАНД**

ТДУ: 628.89:551.584.2

*Ба ҳуқуқи дастнавис*



**РАҲМОНЗОДА НИГОРА НОРАЛИ**

**АРЗЁБИИ ШАРОИТИ АГРОМЕТЕОРОЛОГӢ ВА НИШОНДИҲАНДАҲОИ  
ИСТИФОДАШАВАНДАГИИ ОБЪЕКТҲОИ ОБӢ БАРОИ ОБЁРӢ ДАР ҚИСМИ  
ТОҶИКИСТОНИИ ҲАВЗАИ ДАРӢИ СИРДАРӢ ДАР ШАРОИТИ ТАӢЙИРӢБИИ  
ИҚЛИМ**

**АВТОРЕФЕРАТИ**

диссертатсия барои дарёфти дараҷаи илмии номзади илмҳои  
техникӣ аз рӯи ихтисоси

2.2. Астрофизика, физика, электроника, фотоника,  
асбобсозӣ ва коммуникатсия

(2.2.46. Метеорология, иқлимшиносӣ, агрометеорология)

Душанбе – 2026



## МУҚАДДИМА

*Мубрами мавзӯи таҳқиқот.* Имрӯз дар минтақаи Осиёи Марказӣ дар баробари идомаи шиддат ёфтани мушкилоти тағйирёбии иқлим ва норасоии об, омилҳои демографӣ ва амнияти озуқаворӣ масъалаҳои мубрами рӯз ба шумор мераванд. То соли 2025 афзоиши аҳолии минтақа нисбат ба соли 1990 беш аз 90 % дар назар аст. Табиист, ки барои татбиқи нақшаҳои стратегии таъмини амнияти озуқаворӣ, ки дар тамоми кишварҳои минтақа қабул шудаанд, майдони заминҳои кишоварзиро васеъ кардан ва мутаносибан ҷалби обро аз шохроҳҳои обӣ барои обёрӣ зиёд кардан зарур меояд. Фаъолияти ғайриқаноатбахши бисёре аз комплексҳои хочагиҳои оби минтақа низ ба бад шудани сифати захираҳои об, ки бо партовҳои обҳои коллекторӣ - дренажӣ, нуриҳои минералӣ ва кимиёвӣ ва партовҳои саноатӣ ба обҳои рӯизаминӣ алоқаманданд, мусоидат мекунад. Хавфи дар натиҷаи обхезӣ ва сарзаниши селҳо ба обҳои рӯизаминӣ ворид гардидани обпартовҳои корхонаҳои кӯҳӣ, ки дорои миқдори зиёди ҷузҳои захролудкунанда, металлҳои радиоактивӣ ва вазнин мебошанд, боқӣ мемонад. Тибқи маълумоти СММ, 70% обҳои ошомидани ҷаҳонӣ дар кишварзӣ истифода мешаванд. Аммо зиёда аз нисфи ин обҳо бухор мешаванд ва дар натиҷаи паст будани самаранокии системаҳои ирригатсионӣ ғайриқаноатбахш истифода мешаванд. Соҳаи кишварзӣ ифлоскунандаи асосии (то 90% манбаъҳои ифлоскунанда) дарёҳо мебошад. Дар баъзе ноҳияҳои мобайнӣ ва поёноби маҷрои Сирдарё миқдори нитратҳо ва сульфатҳо нисбат ба стандартҳои ҷойдошта мутаносибан ду ва 4 маротиба зиёданд.

Обҳои коллекторӣ ва дренажӣ, ки аз комплекси электрикии оби Токтогули Қирғизистон ба обанбори Қайроққум дар Сирдарё ҷорӣ мешавад, ҳоло соли 8680 миллион м<sup>3</sup> ташкил медиҳад. Ҳар сол ба Сирдарё 20 миллион тонна пайвастагиҳои химиявӣ ворид мешаванд, ки дар натиҷа минерализатсияи оби поёноби дарё ба 3000 мг/л мерасад ва таркиби ионии оби дарё аз карбонатӣ-калсий ба натрий-магний табдил меёбад.

Яке аз проблемаҳои ташвишовари ҳавзаи Сирдарё, ки барои аҳолии тамоми минтақаи Осиёи Миёна хавфи ҷиддӣ дорад, ҳавзҳои партовгоҳҳои дорои металлҳои радиоактивӣ мебошанд.

Ҷумҳурии Қирғизистон аз собиқ Иттиҳоди Шӯравӣ беш аз сӣ чунин партовгоҳро ба мерос гирифтааст, ки аксари онҳо бевосита дар ҳавзаҳои шохобҳои Сирдарё ҷойгиранд. Ҳолати парторгҳо ба талаботи муқарраршуда мувофиқ нестанд ва обҳо аз чунин партовгоҳҳо мунтазам ба шохобҳои асосии Сирдарё ҷорӣ мешаванд.

Оҷонси Байналмилалӣи Энергии Атомӣ (МАГАТЭ) эътироф кардааст, ки интиқоли металлҳои радиоактивӣ ва вазнин аз об ба ҷисми инсон дар асоси занҷири “ҳок – растанӣ – инсон” сурат мегирад.

Маълум аст, ки Ҷумҳурии Тоҷикистон масоҳати васеи заминҳои кишоварзиро дорои нест надорад ва аз ин лиҳоз истифодаи самараноки ҳар як воҳиди замини қорам, инчунин азхудкунии заминҳои нави обӣ ва барқарор намудани заминҳои аз муомилоти кишварзӣ гирифташуда муҳим мебошад. Дар ин росто, муҳимияти қабули саривақтии Қарори Ҳукумати Ҷумҳурии Тоҷикистон аз 1 март соли 2022, №90 «Барномаи давлатии азхудкунии заминҳои нави обёришаванда ва барқарорсозии заминҳои аз муомилоти кишварзӣ гирифташуда дар Ҷумҳурии Тоҷикистон барои солҳои 2022-2027»-ро махсусан қайд кардан лозим аст.

Дар қаламрави вилояти Суғди Ҷумҳурии Тоҷикистон ҳудуди понздаҳ партовгоҳҳои металлҳои радиоактивӣ ва вазнин бо масоҳати умумии 200 гектар ва зиёда аз дусад тонна партов мавҷуд аст. Барқарор (рекултиватсия) намудани масоҳати чунин партовгоҳҳо ва ба истифодаи хочагидорӣ додани онҳо ба ҳалли мушкилоти ҳифзи саломатии аҳоли, бехатарии экологӣ ва васеъ намудани майдони заминҳои кишварзӣ барои истехсоли маҳсулоти хӯрокворӣ мусоидат мекунад. Дар ин самт гузаронидани тадқиқотҳои мунтазами илмӣ оид ба муайян кардани ҳолати металлҳо, муҳочират (мигрантсия) ва иштироки онҳо дар равандҳои физикию химиявӣ ҳок метавонад барои таҳияи технологияи безараргардонии партовгоҳҳо мусоидат намояд.

Дар айни замон, дар шароити афзоиши таъсири тағйирёбии иқлим ба чузъҳои экосистема, афзоиши хушксолӣ мушоҳида мешавад, ки ба кишоварзӣ таъсири манфӣ мерасонад. Муҳимияти проблемаи номбурда бо он асоснок карда мешавад, ки Ҳукумати Ҷумҳурии Тоҷикистон дар соҳаи тағйирёбии иқлим ва ҳифзи муҳити зист зиёда аз 50 қонуну санадҳои меъёриро қабул кардааст. То имрӯз зиёда аз даҳ барномаи давлатӣ ва нақшаҳои чорабиниҳо амалӣ карда мешаванд: Барномаи миллии амал оид ба биёбоншавӣ дар Тоҷикистон, Стратегияи миллии Ҷумҳурии Тоҷикистон оид ба паст кардани хатари офатҳои табиӣ барои солҳои 2019-2030.

Барои таҳияи сценарияҳои пешгӯии пайдоиши хушксолӣ бояд бонки маълумоти бисёрсола, аз ҷумла натиҷаҳои вобастагиҳои функционалии пайдоиши хушксолӣ ва бузургиҳои иқлимӣ, гидрологӣ ва экологӣ таъсис дода шавад.

**Дарҷаи таҳқиқи мавзӯи илмӣ.** Сирдарё яке аз ду дарёи бузурги Осиёи Марказӣ буда беш аз даҳ минтақаи ҷумҳуриҳои Қазоқистон, Қирғизистон, Тоҷикистон ва Ўзбекистон ҷорӣ мешавад. Дар ҳавзаи Сирдарё зиёда аз 25 миллион нафар аҳоли зиндагӣ менамоянд. Захираҳои оби Сирдарё барои обёрӣ ва таъмини оби нӯшокӣ истифода мешаванд. Бо сабаби иқтисодии бойи гидроэнергетикии Сирдарё дар ҳавзаи он чанде аз неругоҳҳои обию барқӣ бо обанборҳои худ арзи вучуд доранд.

Васеъ истифода шудани захираҳои оби Сирдарё дар кишоварзӣ мушкilotи сифати обро ба миён овардааст, ки он руз то руз муташаниҷ шуда истодааст. Бад шудани сифати об барои миллионҳо сокинони ҳавзаи дарёи Сирдарё хатари ҷиддиро ба саломати онҳо эҷод мекунад [1-5]. Дар баробари ин масъалаи миқдори оби дарёҳо барои обёрии заминҳои кишт дар Осиёи Марказӣ шадидтар шудааст [6-11].

Аммо бояд қайд намуд, ки таҳқиқоти то кунун иҷрогардида асосан ба минерализатсияи дарёи Сирдарё бо сабаби ба он резӣш ёфтани партобаҳои коллекторӣ ва дренажӣ аз заминҳои кишоварзӣ бахшида шуда танҳо бо ташхиси таркиби кимиёвии ҷараёни дарё маҳдуд шуданд [2-4,9]. Масъалаҳои равандҳои гидрохимиявӣ дар муҳити обӣ, ташаккули пайваستاгиҳои мураккаби катионҳо бо лигандҳои обӣ, мигратсияи катионҳои металлӣ ва муайян кардани омилҳои, ки ба бехтар шудани мигратсияи пайваستاгиҳои мураккаб мусоидат мекунад, баррасӣ нашудаанд.

Маълум аст, ки як қатор партовгоҳҳои металлҳои радиоактивӣ ва вазнин дар давраи шӯравӣ дар ҳавзаҳои шохобҳои дарёи Сирдарё дар Қирғизистон ҷойгиранд. Эҳтимолияти ихроҷи об аз чунин партовгоҳҳо ва резӣши онҳо ба шохобҳо ва Сирдарё сабаби ворид шудани металлҳои гуногуни радиоактивӣ ва вазнин ба ҷараёни дарёи Сирдарё мегардад [5].

Мусаллам аст, ки ҳамаи чузъҳои экосистема бо ҳам зич алоқаманданд ва барои ба даст овардани маълумоти ҳамачониба ва тасвири пурраи равандҳои, ки дар дохили онҳо рух медиҳанд, баррасии онҳо дар маҷмӯъ зарур аст. Аз ин рӯ, омузиши комплекси объектҳои табиӣ дар ҳамбастагии онҳо муҳим аст [12-14].

**Робитаи таҳқиқот бо барномаҳо (лоиҳаҳо) ва ё мавзӯҳои илмӣ.** Мавзӯи таҳқиқоти диссертатсионӣ аз ҷиҳати мазмун ба таҳқиқоти илмӣ ва ё илмӣ-таҳқиқотии бунёдӣ, ки таҳқиқоти афзалиятнок эътироф шудаанд, мувофиқат мекунад. Ин таҳқиқот ба “Стратегияи Ҷумҳурии Тоҷикистон дар соҳаҳои илм, технология ва инноватсия барои давраи то соли 2030” (Қарори Ҳукумати Ҷумҳурии Тоҷикистон аз 30 июни соли 2021, №263) ва инчунин ба “Стратегияи миллии мутобикшавӣ ба тағйирёбии иқлим дар Ҷумҳурии Тоҷикистон барои давраи то соли 2030”, ки бо Қарори Ҳукумати Ҷумҳурии Тоҷикистон №482 аз 2 октябри соли 2019 тасдиқ шудааст, мутобик аст.

Инчунин, таҳқиқот ба барномаи амалисозии эълони солҳои 2020–2040 ҳамчун “Бистсолаи омузиш ва рушди илмҳои табиӣ, дақиқ ва риёзӣ дар соҳаҳои маориф ва илм” мувофиқат мекунад, ки бо Қарори Ҳукумати Ҷумҳурии Тоҷикистон №427 аз 30 июли соли 2020 тасдиқ шудааст.

## ТАВСИФИ УМУМИИ ТАҲҚИҚОТ

**Мақсади таҳқиқот.** Арзёбии таркиби кимиёвӣ ва мутобиқати оби дарёи Сирдарё (дар ҳудуди Тоҷикистон) ва канали Хочабақирғон барои обёрӣ, миқдор ва интиқоли металлҳои вазнин ба растаниҳо дар сарбандҳои партовгоҳҳо ва назорат кардани хушксолии метеорологӣ дар минтақаҳои кишоварзии вилояти Суғд

### **Вазифаҳои таҳқиқот:**

1. Таҳлили физикӣ-химиявии таркиби оби Сирдарё ва омӯзиши динамикаи тағйирёбии онҳо дар маҷрои дарё дар ҳудуди Ҷумҳурии Тоҷикистон.

2. Арзёбии дараҷаи истифодаи обҳои Сирдарё дар обёрии заминҳои кишоварзӣ бо роҳи муайян кардани нишондиҳандаҳои тавсияшавандаи Ташкилоти байналмилалӣ хоҷагии қишлоқ ва озуқаворӣ (ФАО) нисбати сифати обҳои обёрикунанда.

3. Маҷмуи ташҳиси комплекси физикӣ - химиявии таркиби химиявии оби канали Хочабақирғон барои арзёбии мувофиқ будани он барои обёрии заминҳои кишоварзӣ;

4. Омӯзиши динамикаи консентратсияи металлҳои вазнин дар дарёи Сирдарё ва имконияти чамшавии онҳо дар обанбори Қайроққум.

5. Таҳлили миқдори металлҳои вазнин дар хоки партовҳои Чкаловск ва Ғафуров, муайян кардани механизмҳои муҳоҷирати иеталлҳои вазнин ба растаниҳо.

6. Мониторинги хушксолӣ дар минтақаҳои кишоварзии вилояти Суғди Ҷумҳурии Тоҷикистон.

**Объекти таҳқиқоти** кори диссертационӣ гидрохимияи Сирдарё, геоэкология ва агрометеорологияи ноҳияҳои хоҷагии қишлоқи ҳавзаи Сирдарё ба ҳисоб меравад.

**Мавзӯи таҳқиқот.** Намунаҳои об аз маҷрои Сирдарё, намунаҳои хок аз ҳавзаҳои партовгоҳҳо, нишондиҳандаҳои стандартӣ хушксолӣ, параметрҳои метеорологии минтақаҳои кишоварзии вилояти Суғд.

### **Навгониҳои илмӣ таҳқиқот:**

- Усули таҳлили дифференсиалии кимиёвӣ намунаҳои обе, ки дар панҷ нуқтаи Сирдарё гирифта шудаанд, муайян намуд, ки консентратсияи элементҳои химиявӣ дар самти чоришавии дарё дар натиҷаи дигаргуниҳои физикию химиявӣ ва таъсири омилҳои антропогенӣ беруна тағйир меёбанд.

- Бо муайян намудани нишондиҳандаҳои асосии мувофиқати об барои обёрӣ (ҳиссаи натрийи адсорбсияшуда, ҳалшуда, ивазшаванда ва ҳиссаи калийи адсорбсияшуда) мувофиқ будани Сирдарё ва оби канали Хочабақирғонро барои обёрии заминҳои кишоварзӣ муқаррар карда шуд.

- Ҷойи надоштани қонуниятҳои муайян дар динамикаи тағйирёбии консентратсияи металлҳои вазнин (As, Cd, Cr, Cu, Pb, Zn) дар маҷрои Сирдарё ошкор карда шудааст. Муқаррар карда шудааст, ки омилҳои асосӣ ва муайянкунандаи миграция ва таҳшиншавии металлҳои вазнин шароити кислотагӣ – ишқорӣ ва оксидшавӣ-барқароршавии муҳити обӣ мебошанд.

- Муайян карда шуд, ки хоки партовгоҳҳои Чкаловск (Бӯстон) ва Б.Ғафуров аз рӯи миқдори металлҳои вазнин (As, Co, Cr, Cu, Cr, Sr, V, Zn) бо индекси пасти хатари экологӣ (RI) тавсиф мешавад, ки аз ҳадди поёнии сатҳи миёнаи хатари экологӣ ( $90 \leq RI \leq 180$ ) хеле пасттар аст.

- Бо истифода аз коэффисиенти фурӯбарии биологӣ (КФБ) дар тавсифи дараҷаи интиқоли металлҳои вазнин (As, Co, Cr, Cu, Ni, Sr, V, Zn) маълум карда шуд, ки As, Co, V ва Zn металлҳои дар растанӣ чамшаванда ва Cu, Ni, Cr, Cu ва Sr нигоҳдоранда мебошанд.

- Муайян карда шуд, ки мавзёҳои ноҳияҳои Ҷабор Расулов ва Бобоҷон Ғафуров сарфи назар аз масофаи кӯтоҳ байни худ (дар хати рост 25 км) ба минтақаҳои гуногуни иқлимӣ мансубанд. Вобастагии коррелясионии бузургҳои метеорологии минтақаҳо бо арзишҳои пасти коэффисиентҳои корреляция тавсиф карда мешаванд ва динамикаи бухоршавӣ дар ду минтақа шаклҳои ба ҳам муқобили тағйирот доранд.

*Аҳамияти назариявӣ ва илмию амалии таҳқиқот рисола.* Натиҷаҳои диссертатсия метавонанд истифода шаванд:

- дар ғанӣ гардонидани назарияи илмии механизмҳои табилёбии кимиёвӣ ва динамикаи мигратсияи элементҳои кимиёвӣ дар самти ҷоришавии соҳили дарёҳо;
- барои таҳияи концепсияи бунёдии равандҳои шусташавии ҷинсҳои кӯҳӣ ва сахми онҳо дар ташаккули гидрохимияи оби дарёҳо;
- таҳияи асосҳои назариявии интиқоли металлҳои вазнин аз об ва хок ба ҷузъҳои биосфера ва муайян кардани механизмҳои пайвастшавии онҳо ба лигандҳои ғайриорганикӣ ва органикӣ;
- дар омӯзиши равандҳои таъсири элементҳои химиявӣ ба системаи решаи растаниҳо, инкишоф ва ҳосилнокии онҳо ва инчунин дар таҳияи назарияи мубодилаи катионҳо дар хок ва системаи решаи растаниҳо;
- барои таҳияи назарияи механизмҳои сабабу оқибати пайдоиши хушксолӣ ва сценарияҳои тадбирҳои андешидашаванда оид ба кам кардани минтақаҳои зуҳури хушксолӣ.

Натиҷаҳои диссертатсияро Кумитаи ҳифзи муҳити зисти назди Ҳукумати Ҷумҳурии Тоҷикистон метавонанд дар амалия барои арзёбии ҳолати экологии соҳилҳои дарёи Сирдарё ва канали Хочабақирғон, муайян кардани манбаъҳои статсионари ифлосшавӣ ва таҳияи чораҳои муассир барои ҳифзи гуногунии биологии зеробии маҷроҳои об истифода баранд. Онҳо инчунин метавонанд барои безаргардонии минтақаҳои обанборҳо аз металлҳои вазнин тавассути парвариши растаниҳо бо қобилияти баланди ҷамъшавии металлҳои вазнин истифода шаванд. Академияи илмҳои кишоварзии Тоҷикистон инчунин метавонад ин тадқиқотро барои таҳияи тавсияҳо барои баланд бардоштани ҳосилнокӣ ва самаранокии заминҳои кишоварзӣ тавассути назорати қатъии таркиби химиявии оби обёрӣ истифода барад.

***Нуқтаҳои ба ҳимоя пешниҳодшаванда:***

1. Натиҷаҳои таҳқиқоти физикию химиявии таркиби химиявии оби дарёи Сирдарё, динамикаи концентратсияи унсурҳои кимиёвӣ дар дар самти ҷоришавии дарё ва ҳисобҳои арзишҳои индексҳои муайянкунандаи истифодаи обҳои дарёи Сир ва канали Хочабақирғон барои обёрии заминҳои кишоварзӣ.

2. Натиҷаҳои мониторинги динамикаи концентратсияи металлҳои вазнин дар дарёи Сирдарё ва концентратсияи металлҳои вазнин дар хокҳои партовгоҳҳои ноҳияҳои Б.Ғафуров ва Чкаловск (Бўстон), инчунин механизмҳои интиқоли онҳо ба растаниҳо.

3. Арзишҳои индекси стандартикунонидашудаи боришот ва индекси стандартикунонидашудаи боришот ва эвапотранспиратсия ва натиҷаҳои мониторинги хушксолӣ дар минтақаҳои кишоварзии вилояти Суғди Ҷумҳурии Тоҷикистон.

***Дараҷаи этиمودнокии натиҷаҳо.*** Бо истифода аз маълумоти Агентии гидрометеорология, вобастагиҳои коррелятсия ва татбиқи усулҳои анъанавӣ ва васеъ истифодашавандаи таҳлили металлҳои вазнин дар хок ва хокистари растанӣ, тафсири натиҷаҳо дар доираи концепсияҳои назариявии анъанавӣ ва муосир.

***Мубоқати диссертатсия ба шиносномаи ихтисоси илмӣ (бо шарҳ ва соҳаи таҳқиқот)***

Диссертатсия ба шиносномаи номенклатураи ихтисосҳои Комиссияи олии аттестатсионии назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон аз рӯи ихтисоси 2.2. Астрофизика, физика, электроника, фотоника, асбобсозӣ ва коммуникатсия (2.2.46. Метеорология, иқлимшиносӣ, агрометеорология), параграфи 6: Усулҳои ҳисоббарорӣ ва системаҳои иттилоотии ҷуғрофӣ дар метеорология, иқлимшиносӣ ва агрометеорология мувофиқат мекунад.

***Саҳми шахсии доктараи дараҷаи илмӣ дар таҳқиқот.*** Ҷамъоварӣ, таҳлил ва ба низом даровардани маълумотҳо оид ба мавзӯи рисола аз маводҳои илмии ҷопгардидаи ватанӣ ва ҷаҳонӣ захираҳои электронии адабиётҳо ва мақолаҳои соҳавӣ, таҳияи

методология. Иштирок дар корҳои саҳроӣ оид ба гирифтани намуна, гузаронидани таҳлилҳои кимиёвӣ. Истифодаи барномаҳои компютерӣ барои коркарди маълумотҳои метеорологӣ, натиҷаҳои таҳлилҳои химиявӣ ва пешниҳоди онҳо дар шакли графикӣ ва ҷадвалҳо. Маънидоди қонуниятҳои мигратсияи металлҳои вазнин бо маҷрои дарё, механизмҳои интиқоли металлҳои вазнин ба растанӣ ва омода намудани ҳулосаву тавсияҳо барои истифодаи амалии натиҷаҳо.

**Тавсиф ва амалисозии натиҷаҳои диссертатсия (гузориши нуктаҳои асосии диссертатсия дар конфронсҳо, маҷлисҳо, семинарҳо ва дигар ҷамоатиҳои илмӣ).**

Натиҷаҳои асосии диссертатсия барои маъруза дар конфронси байналмилалӣ илмӣ-амалии «Тағйирёбии иқлим ва таъсири он ба муҳити зист: мушкилот ва роҳҳои ҳалли онҳо» 28 октябри 2024 с., Тошканд, Ўзбекистон; конфронси байналмилалӣ «Тадқиқотҳои бунёдӣ ва амалӣ дар физика», 16-17 майи соли 2025, Тошканд, Ўзбекистон; Конфронси байналмилалӣ илмӣ-амалии «Самтҳои асосии тадқиқоти гидрологӣ дар шароити тағйирёбии иқлим: равишҳо ва технологияҳои муосир». 23-24 майи соли 2025, Тошканд, Ўзбекистон; конфронси байналмилалӣ илмӣ-амалии «Мушкилот ва дурнамои рушди физика», Хучанд, Тоҷикистон, 11-12 марти 2025 пешниҳод карда шуданд.

**Интишорот аз рӯйи диссертатсия.** Натиҷаҳои асосии диссертатсия дар 9 мақола нашр карда шудааст, аз ҷумла 3 мақола дар маҷаллаҳои тақризшавандаи Комиссияи олии аттестатсионии назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон ва 2 мақола дар маҷаллаҳои байналмилалӣ ва 4 фишурдаи мақолаҳо дар маводҳои конференсияҳо ба таъб расидаанд.

**Сохтор ва ҳаҷми рисола.** Рисола аз муқаддима, 4 боб бо зерфаслҳо, ҳулоса, рӯйхати адабиётҳо ва луғат, тавсияҳо оид ба истифодаи амалии натиҷаҳои рисола иборат аст. Қори рисола дар 165 саҳифаи матни компютерӣ, аз ҷумла 21 ҷадвал, 47 расм ва 223 истинодҳои библиографӣ оварда шудаанд.

## МАЗМУНИ АСОСИИ РИСОЛА

**Дар муқаддима** дар натиҷаи таҳлили ҳамаҷонибаи мушкилоти мавҷудаи ҳавзаи Сирдарё муҳимияти мавзӯ ҳамаҷониба асоснок карда шудааст, маълумоти мухтасар нисбати соҳа ва объекти тадқиқот, сохтори рисола, ҳадаф ва вазифаҳои асосии рисола, аҳамияти илмӣ ва амалии тадқиқотҳои гузаронидашуда, муқаррароти асосии тадқиқот ва саҳми шахсии муаллиф оварда шудаанд.

**Дар боби аввал** хусусиятҳои физикию-географӣ, ҳолати кунунии экологии ҳавзаи Сирдарё, тавсифи гидрологию гидрохимиявии дарё нишон дода шудаанд. Аҳамияти ҳаётан муҳими Сирдарё дар таъмини амнияти озуқаворӣ аҳолии минтақаи Осиёи Марказӣ тавассути обёрӣ намудани майдонҳои васеи заминҳои кишоварзӣ ва таъмини нерӯи барқ тавассути тавлиди иншоотҳои гидротехникӣ дар ҳавзаи дарё нишон дода шудааст. Ба проблемаи сифати оби Сирдарё ва омилҳои антропогенӣ, ки ба тағйир ёфтани бузургҳои гидрохимиявии дарё таъсир мерасонанд, диққату тавсифи махсус дода шудааст. Қайд карда мешавад, ки истифодабарандагони асосии захираҳои оби Сирдарё соҳаи кишоварзӣ буда, бинобар номукамалӣ ва фарсуда шудани системаҳои ирригатсионӣ ва мелиоративӣ талафоти зиёди об сурат мегирад ва обҳои коллекторӣ-дренажӣ, ки дорои дараҷаи васеи реагентҳои кимиёвӣ мебошанд, ба дарё ҳамроҳ мегарданд.

Муайян карда шудааст, ки тараққиёти босуръати хоҷагии об ва аз ҳад зиёд истифода шудани оби дарё маҷрои ионҳоро зиёд мекунад. Умуман, дар ҳавзаи Сирдарё ҳар сол зиёда аз 13,0 км<sup>3</sup> оби партов ба амал меояд, ки аз он қариб 8,0 км<sup>3</sup> бе тозакунии иловагӣ ба дарё бармегардад. Гузашта аз ин, минерализатсияи оби партов аз 1,0-2,0 то 4,5 мг/дм<sup>3</sup> ва дар баъзе солҳо ба ҳудуди аз ин ҳам зиёдтар мерасад.

Ташаккули таркиби химиявии обҳои табиӣ рӯизаминӣ таъсири мутақобилаи равандҳои боришот, бухоршавӣ ва обу ҳаво, инчунин таъсири мутақобилаи обҳои зеризаминӣ ва рӯизаминиро инъикос мекунад. Обҳои табиӣ рӯизаминӣ нисбати таъсири антропогенӣ ба гидрохимияи худ хело ҳассосанд.

Таркиби ионӣ (анионҳо ва катионҳо) дар обҳои болооби Сирдарё ва шохобҳои он асосан аз ҳисоби протсессҳои шусташавии чинсҳо бо ҷараёни дарё ба амал меояд, ки ба қадри кифоя будани массивҳои карбонатӣ ва силикатӣ шаҳодат медиҳад. Дар намунаҳои об аз маҷрои болоии дарё қимматҳои баланди таносуби  $\text{Ca}^{2+}/\text{Na}^{+}$  мушоҳида мешаванд, ки аз бартарии шусташавии чинсҳои карбонатӣ нисбат ба чинсҳои силикатӣ шаҳодат медиҳад.

Нишон дода шудааст, ки барои таҳлил кардани мувофиқ будани об барои обёрӣ чор нишондиҳанда истифода мешавад. Яке аз онҳо, таносуби натрийи адсорбцияшуда (SAR) фаъолияти нисбии  $\text{Na}^{+}$ -ро дар реаксияҳои мубодилавии хок ифода мекунад ва барои арзёбии дараҷаи истифодабарии оби обёрӣ истифода мешавад. Мувофиқи арзишҳои SAR, мувофиқати об барои обёрӣ ба сифати аъло (< 10), хуб (10-18), шубҳанок (19-26) ва номуносиб (> 26) тасниф карда мешавад.  $\text{Na}\%$  хатари натрийро ифода мекунад: воридшавии об бо концентратсияи баланди  $\text{Na}^{+}$  ба хок боиси ивазшавии структураи хок мегардад. Муносиб будани оби обёрӣ аз рӯи  $\text{Na}\%$  ба сифати аъло (<20%), хуб (20-40%), шубҳанок (40-60%) ё номуносиб (60-80%) тасниф карда мешавад. Ду нишондоди дигар ҳиссаи натрийи ҳалшуда (SSP) ва натрийи ивазшаванда (ESP) мебошанд.

Нишон дода шудааст, ки бо сабаби хосиятҳои манфии худ металлҳои вазнин сабабгори тавлид ва рушди бисёр бемориҳо мегарданд ки боиси нигаронии хоси ҷомеаи ҷаҳонӣ мегардад. Тараққиёти саноати маъдани кӯҳӣ ва саноат мутаносибан ба зиёд шудани партовҳои саноатӣ оварда мерасонд, ки дар таркибашон дар баробари дигар элементҳои металлҳои вазнин мавҷуданд, ки дар аксар мавридҳо дар майдонҳои кушод ҷамъ мешаванд. Паҳншавии металлҳои вазнин ба ҳодисаҳои табиӣ алоқамандии зичро доро мебошанд. Дар ҳоли ҳозир, тибқи маълумоти Созмони Ҷаҳонии Бехдошт, беш аз 2 миллиард нафар дар ҷаҳон обери истеъмол мекунанд, ки ба меъёрҳои муқарраршуда ҷавобгӯ нест.

Қайд карда мешавад, ки шакли бартаридоштаи металлҳои вазнин дар хок ионӣ буда, пайвастагиҳои металлоорганикии онҳо ҳангоми ворид шудан ба организм оқибатҳои вазнин ба бор меоранд.

Металлҳои вазнин (Hg, As, Cu, Zn, Pb, Cr, Cd ва Ni) метавонанд ба организмҳои зинда зарари бебозгашт расонанд ва дар бадани инсон як қатор дигаргуниҳои биохимиявиро ба вуҷуд оранд. Аз ин рӯ, онҳо аз ҷониби Агентии ИМА оид ба ҳифзи муҳити зист (USEPA 1998) ва Маъмурияти давлатии ҳифзи муҳити зисти Чин ҳамчун ифлоскунандаҳои хатарноке, ки таҳти назорати мукамал қарор доранд, номбар шудаанд. Индекси геоаккумуляторӣ барои арзёбии дараҷаи олудашавии минтақаҳо бо металлҳои вазнин васеъ истифода мешавад. Барои гирифтани маълумоти мукамал дар бораи дараҷаи олудашавии минтақаҳо, индекси геоаккумулятсия аксар вақт бо индекси хатари экологӣ якҷоя карда мешавад. Қайд карда мешавад, ки дараҷаи мигратсияи металлҳои вазнин ва интиқоли онҳо аз хок ба растанӣ аз концентратсияи онҳо дар хок вобаста аст. Ҷои ҷамъшавии металлҳои вазнин қабатҳои болоии хок мебошад, ки аз пайвастагиҳои органикӣ бой шудаанд ва дар он реаксияҳои зиёди биохимиявӣ ба амал меоянд. Бояд гуфт, ки ҳаракатнокии металлҳои вазнин асосан аз рӯи индекси кислотагӣ - ишқорӣи хок муайян карда мешавад.

Муайян карда шудааст, ки тадқиқоти дуру дароз ва пай дар пай мигратсияи металлҳои вазнин дар системаҳои гуногуни табиӣ ва махсусан дар системаи хоку растанӣҳо боиси пайдо шудан ва инкишофи самти нави технологӣ - фиторемедиатсия гардид. Ҳадафи асосии ин самт хориҷ кардани металлҳои вазнин аз минтақаҳои олудашуда бо интиқоли онҳо ба растанӣҳо мебошад.

Муқаррар карда шудааст, ки дар хоки турш ҳалшавии металлҳои вазнин ва табдил ёфтани онҳо ба шакле, ки барои азхудкунии растанӣҳо осон мегардад, зиёд мешавад. Намудҳои гуногуни растанӣҳо қобилияти азхудкунии металлҳои вазнин доранд, ки ба сохтори реша, хусусиятҳои афзоиш ва механизмҳои физиологии онҳо таъсир мерасонанд.

Айни замон инсоният давраи гармшавии глобалиро аз сар мегузаронад, ки он ба функсияҳои ҳаётан муҳими ҳама ҷузъҳои экосистема таъсири назаррас мерасонад. Танҳо дар давоми асри гузашта афзоиши миёнаи ҳарорат  $1,2^{\circ}\text{C}$  - ро ташкил дод. Равшан аст, ки бо

баланд шудани харорат шумораи ҳодисаҳои фавқулоддаи табиӣ, ки бо зарари калони иқтисодӣ вобастаанд, меафзояд. Хушксолӣ яке аз зуҳуроти экстремалии табиӣ дар минтақаҳои иқлими хушк ва нимхушк мебошад, ки пайдоиши он бо зарари калони иқтисодӣ ба хоҷагии халқ ва яқбора паст шудани ҳосилнокии зироатҳои хоҷагии қишлоқ алоқаманд аст.

Ҳамин тавр, дар натиҷаи таҳлили амиқи адабиёти ватанӣ ва хоричӣ муайян карда шуд, ки дар шароити идомаи тағйирёбии иқлим мушкилоти сифати оби дарёҳо, вазъи экологии хавзаҳои дарёҳо, ба вучуд омадани ҳолатҳои фавқулоддаи табиӣ, истифодаи оқилонаи захираҳои об хеле баланд бардоштани самаранокии заминҳои кишоварзӣ муҳим гардида, ҳалли онҳо тадқиқотҳои мунтазами илмӣ ва амалиро тақозо мекунад.

**Дар боби дуҷуми** диссертатсия натиҷаҳои тадқиқотҳои динамикаи таркиби химиявии Сирдарё аз нуқтаи убури сарҳади Тоҷикистон дар тамоми маҷрои он то нуқтаи гузариш ба ҳудуди Ўзбекистон пешниҳод шудааст. Бо истифода аз натиҷаҳои таҳлили кимиёвии намунаҳои об қобилияти истифодаи оби Сирдарё барои обёрӣ арзёбӣ карда шудааст.

Барои арзёбии дараҷаи истифодаи об барои обёрӣ, Ташкилоти озуқаворӣ ва кишоварзӣ (ФАО) нишондиҳандаҳои зеринро тавсия медиҳад: ҳиссаи натрийи адсорбсияшуда (SAR), фоизи натрий ( $\text{Na}\%$ ), ҳиссаи натрийи ҳалшаванда (SSP), ҳиссаи натрийи мубодилашаванда (ESP), ҳиссаи адсорбсияи калий (PAR) коэффитсиент ва сохторӣ он. Намунаҳои оби Сирдарё аз нуқтаҳои гирифта шуданд, ки мавқеҳои онҳо дар чадвали 1 оварда шудаанд.

**Чадвали 1.**– Координатҳои ҷуғрофии нуқтаҳои обгирӣ аз Сирдарё

№	Нуқтаҳои намунаи об	Арз	Тул
1	Акчар	37°50'41" N	69°33'42" E
2	Булок	40°36'55" N	70°27'09" E
3	ш. Канибадам	40°17'12" N	70°25'26" E
4	Обанбори Қайрақум	40°17'33" N	69°49'54" E
5	Қизилқишлоқ	39°29'39" N	45°36'29" E

Қиматҳои миёнаи натиҷаҳои таҳлили физикию кимиёвии намунаҳои оби Сирдарё дар давраи солҳои 2022-2024 дар чадвали 2 оварда шудаанд.

Аз чадвали 2 дида мешавад, ки консентратсияи оксигени ҳалгардида аз 4,06 то 6,58 мг/дм<sup>3</sup> ташкил медиҳад, ки нисбати аз оксиген сер набудани оби дарё шаходат медиҳад. Консентратсияи миёнаи катионҳо ва анионҳои асосӣ дар оби Сирдарё бо тартиби зерин ҷойгир шудаанд:  $\text{Na}^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+$  ва  $\text{SO}_4^{2-} > \text{HCO}_3^- > \text{Cl}^- > \text{NO}_3^-$ . Қиматҳои рН нишондиҳандаи муҳими оби обёрӣ мебошад. Сатҳи баланди рН-и оби обёрӣ аз эҳтимоли таҳшиншавии намаки карбонати калсий шаходат медиҳад, ки метавонад боиси баста шудани манбаъҳо дар системаи катрагӣ гардад. Меъёри қобили қабули рН, ки аз ҷониби ФАО барои оби обёрӣ муайян кардааст 6,8-8,4 мебошад. Дар ҳамаи намунаҳо, рН аз 7,28 то 7,81 буд.

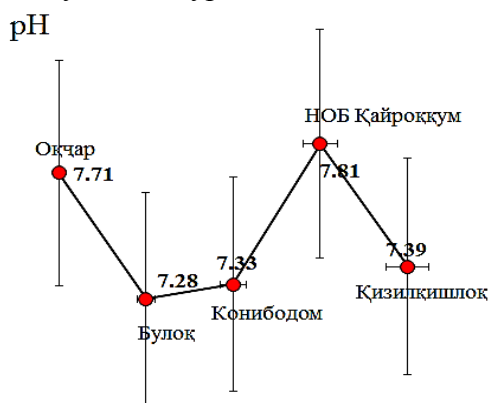
**Чадвали 2.**– Натиҷаҳои таҳлили намунаи об аз нуқтаҳои интихобшуда

Нишондиҳандаҳо	Воҳиди че- нак	Нуқтаҳои гирифтани намунаи об				
		1	2	3	4	5
рН	–	7,71	7,28	7,33	7,81	7,39
Гузaronандагии электрикӣ (ГЭ)	мСм/см	1,487	1,494	1,483	1,154	1,158
$\text{Na}^+$	мг/дм <sup>3</sup>	90,77	86,15	83,08	70,77	76,92
$\text{K}^+$		6,54	5,09	4,72	3,64	2,91
$\text{Ca}^{2+}$		68,2	76,0	72,1	56,4	52,3
$\text{Mg}^{2+}$		33,6	38,4	38,4	26,4	28,8
$\text{HCO}_3^-$		164,7	207,4	176,9	134,2	137,9

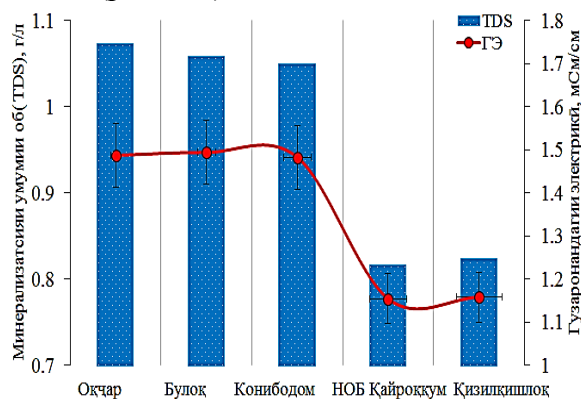
### Охири ҷадвали 2

(O <sub>2</sub> ) ҳалшуда	5,38	4,06	6,58	6,27	6,57
Cl <sup>-</sup>	39,7	22,6	34,0	19,8	19,7
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	340	386	386	370	266
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	4,37	3,11	3,12	0,42	0,97
Минерализатсия	1488	1487	1476	1134	1141
TDS	1073	1058	1050	817	824

Аз расми 1 маълум мешавад, ки қисми тоҷикистонии дарё бо арзиши баландтари рН тавсиф мешавад, аммо дар ҳудуди ҳадди иҷозатдодаи ФАО барои обҳои обёрӣ аз 6,80 то 8,40 меҳобанд. Арзиши максималии рН об пас аз обанбори Қайроққум аз ҷамъ шудани шумораи хеле зиёди катионҳо ва анионҳо дар он шаҳодат медиҳад. Қиматҳои умумии моддаҳои саҳти маҳлул (TDS) нишон медиҳанд, ки дараҷаи шӯршавии дарёи Сир дар Тоҷикистон 817-1073 мг/дм<sup>3</sup> буда, арзиши миёнаи он 964,4 мг/дм<sup>3</sup> (>500 мг/дм<sup>3</sup>) мебошад, ки аз мавҷудияти шӯршавии ночиз шаҳодат медиҳад (расми 2).



Расми 1. – Қимати рН-и об дар нуқтаҳои гиришти намунаи об

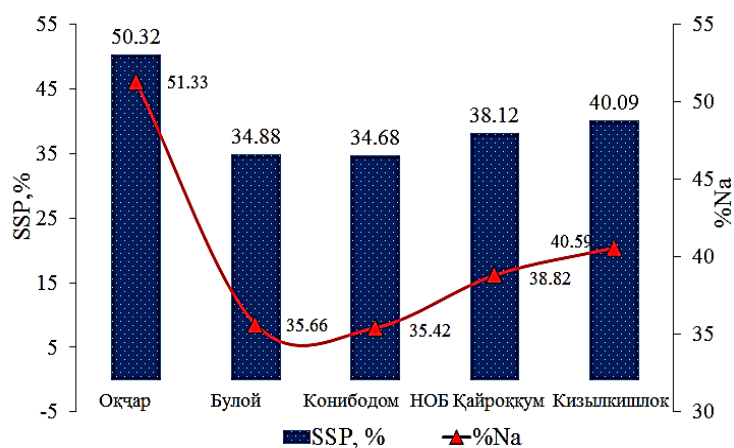


Расми 2. – Динамикаи тағйирёбии ГЭ ва TDS-и Сирдарё дар ҳудуди Тоҷикистон

Маҷрои Сирдарё ба ҳудуди Тоҷикистон бо сатҳи намоёни шӯршавӣ ва минерализатсия ворид мешавад ва бо қиматҳои баланди ГЭ тавсиф мешавад, ки пас аз обанбори Қайроққум аз ҳисоби равандҳои таҳшиншавии катионҳо хеле кам мешавад. Қобилияти электргузaronии қисми тоҷикистонии Сирдарё аз 1154 то 1490 мкСм/см мебошад, ки ин аз меъёри (1000 мкС/см), ки ФАО барои оби обёрӣ муқаррар кардааст, зиёд аст (расми 2).

Яке аз нишондиҳандаҳои, ки дараҷаи хавфи мавҷудияти натрийро дар оби обёрӣ муайян мекунанд, ин ҳиссаи натрийи ҳалшаванда (SSP) мебошад, ки вобаста ба арзиши он, хосиятҳои физикии хок вобаста аст.

Дар расми 3 тамоюли SSP ва %Na дар маҷрои Сирдарё дар ҳудуди вилояти Суғди Ҷумҳурии Тоҷикистон нишон дода шудааст. Аз расми 3 маълум мешавад, ки тамоюли тағйирёбии ҳиссаи натрийи ҳалшаванда ва фоизи натрий бо ду динамикаи тағйирёбӣ характеризонида мешавад: то обанбори Қайроққум камшавӣ ва баъд аз он афзоиш меёбад.

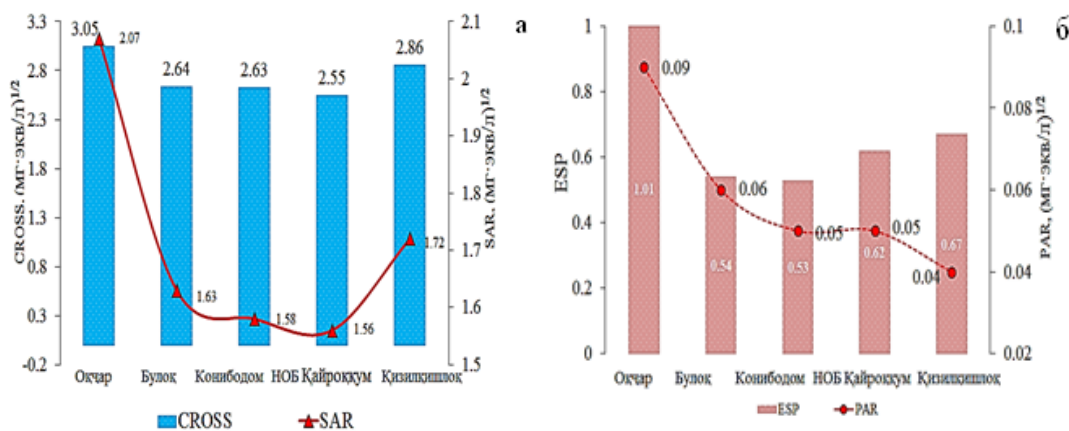


Расми 3. – Тағйирёбии SSP ва %Na дар нуктаҳои гирифтани намунаи об

Дар ҳок чамъ шудани элементи ишқории натрий сабабгори ангеизиши реаксияҳои мубодилавӣ мегардад, ки дар натиҷа элементҳои ишқорзаминии Ca ва Mg, ки барои рушди растанӣ хеле муҳиманд, аз системаи реша хориҷ карда мешаванд. Бо мақсади пешгирӣ кардан ва назорат кардани ин гуна протсессҳо индекси адсорбсияи натрий (SAR) қабул гардидааст, ки он дараҷаи иштироки оби обёриро дар реаксияҳои мубодилаи катионҳо муайян мекунад.

Нишондиҳандаи кимиёвӣ, ки имкон медиҳад катионҳоеро, ки қодир ба таври назаррас беҳтар кардани агрегатсия ва катионҳоеро, ки барои диспергатсияи ҳок масъуланд, муайян карда шавад коэффисиенти устувории сохтории ҳок (CROSS) меноманд, ки дар гидрохимия ва агрохимия васеъ истифода мешавад.

Дар раси 4, а, б тамоюли тағйирёбии CROSS, SAR, ESP ва PAR оварда шудаанд.



Расми 4. – Қиматҳои нишондиҳандаҳои CROSS, SAR (а) ва ESP, PAR (б) дар нуктаҳои гирифтани намунаи об аз Сирдарё

Муайян карда шуд, ки таркиби калий дар Сирдарё ночиз аст, эҳтимолан аз шусташиви чинсҳо бошад (расми 4, б).

Ҳамин тариқ, дар натиҷаи гузаронидани таҳқиқоти ҳамачонибаи гидрохимиявии Сирдарё дар ҳудуди Ҷумҳурии Тоҷикистон маълум гардид, ки дарё аз рӯи нишондодҳои асосии истифодаи об барои обёрӣ ба стандартҳои Созмони байналмилалӣ озӯқа ва кишоварзӣ мувофиқат мекунад. Омӯзиши динамикаи тағйирёбии консентратсияи элементҳои химиявӣ дар соҳили Сирдарё дар Тоҷикистон маълум гардид, ки дар обанбори Қайроққум элементҳо ва моддаҳои химиявӣ чамъ мешаванд.

Барои обёрии заминҳои кишоварзии ноҳияҳои Б.Ғафуров ва Ҷ. Расулови вилояти Суғд бо масоҳати умумии беш аз 8000 гектар канали Хоҷабоқирғон мавқеъи муҳимро ишғол

мекунад. Аз солҳои 50-уми асри XX дар дарёи Хоча-Боқирғон канали Хочабоқирғон бо дарозии 23 км, суръати маҷро 32 м<sup>3</sup>/соат бо сарбанди обгиранда фаъолият мекунад.

Сифати оби канал дар натиҷаи дар минтақаи экологии канал ҷойгир будани партовҳои дурушти маишӣ бад мешавад. Дар тамоми тули соҳилҳои канал дар ҳудуди Ҷумҳурии Қирғизистон ва Ҷумҳурии Тоҷикистон аз тарафи аҳолии маҳаллӣ партовҳои гуногуни дурушти маишӣ ва саноатӣ партофта шудаанд.

Дар чадвали 3 ҳудуди тағйирёбии консентратсияи баъзе элементҳои кимиёвии канали Хочабоқирғон дар давоми панҷ соли охир нишон дода шудааст. Барои муайян кардани дараҷаи истифода бурдашавандагӣ ва муайян кардани таркиби катионҳо ва ионҳои оби канали Хочабоқирғон дар давраи вегетатсияи солҳои 2023-2024 намунаи обҳо гирифта шуданд, ки натиҷаҳои таҳлили онҳо дар чадвали 4 ҷамъбаст карда шудаанд.

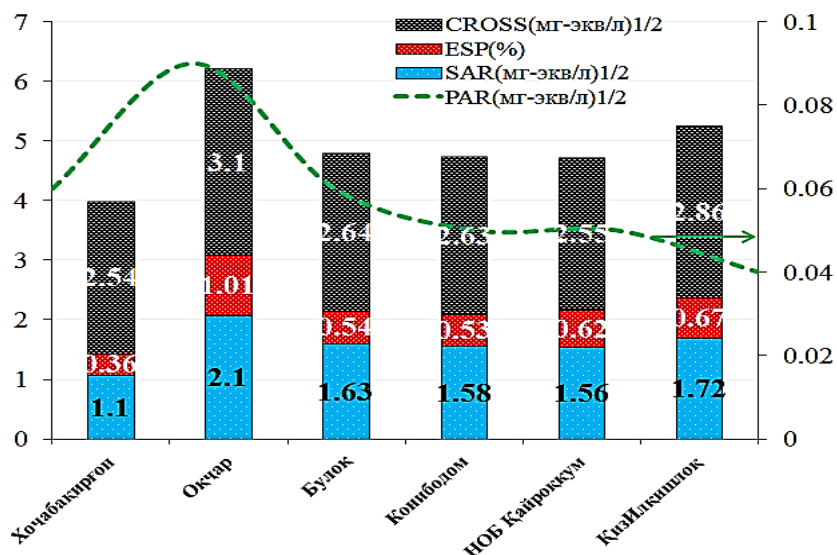
**Чадвали 3.- Тағйирёбии консентратсияи элементҳои химиявӣ дар канали Хочабақирғон барои солҳои 2020-2024**

Элементҳои кимиёвӣ	Воҳиди ченак	Консентратсияҳо
Азоти аммоний	мг/л	аз 0.2 аз 7.4
Азоти нитрит		аз 0.11 аз 0.04
Азоти нитрат		аз 2.1 аз 5.1
Оксигени ҳалгардида		аз 11.4 аз 7.9
Фосфат		аз 0.02 аз 0.44
Хлорид		аз 89.1 аз 102
БПК 5		аз 2.8 аз 3.2

**Чадвали 4. – Таркиби катионӣ ва анионии оби канали Хочабоқирғон**

Таркиби ионӣ	Воҳиди ченак	Консентратсияҳо
Ca <sup>2+</sup>	мг-экв/дм <sup>3</sup>	0.95
Mg <sup>2+</sup>		4.08
Na <sup>+</sup>		1.66
K <sup>+</sup>		0.09
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>		5.25
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>		0.01
Cl <sup>-</sup>		0.39
NCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>		1.84

Дар расми 5 қиматҳои нишондиҳандаҳои асосии мувофиқ будани оби канали Хочабақирғон ба обёрӣ нисбат ба қиматҳои намунаҳои Сирдарё дар панҷ нукта (Оқҷар, Булок, Конибодом, Нерӯгоҳи барқи обии Қайроққум, Қизилқишлоқ) оварда шудаанд.



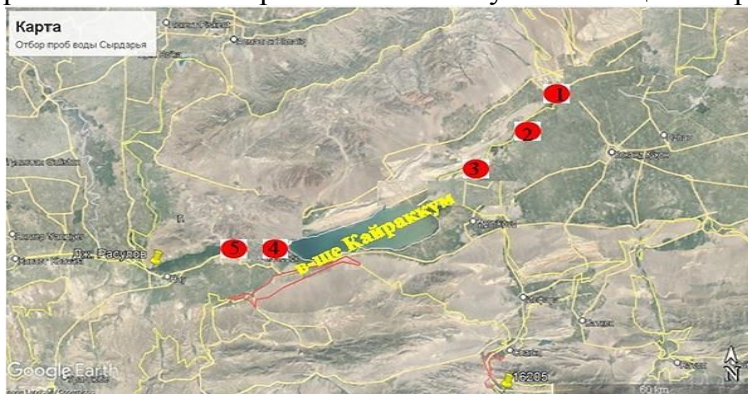
**Расми 5. – Қимати нишондиҳандаҳои муайянкунандаи оби канали  
Хочабоқирғон ва оби Сирдарё барои обёрӣ**

Аз расми 5 дида мешавад, ки тамоми нишондиҳандаҳои муайянкунандаи истифодабарии об барои обёрӣ дар канали Хочабоқирғон аз арзишҳои дахлдори оби Сирдарё хеле пасттаранд, яъне ба талаботи ФАО пурра ҷавобгӯ мебошанд. Тавре, ки аз расми 5 бармеояд, нишондиҳандаҳои истифодаи об барои обёрии заминҳои кишоварзӣ дар намунаи об аз нуқтаи Окчар ба қиматҳои максималӣ соҳиб мебошанд.

Бо назардошти механизми миграцияи металлҳои вазнин аз хок ба растанӣ ва минбаъд ба организми инсон, ки соли 1982 аз ҷониби Агентии Байналмиллалии Энергияи Атомӣ (МАГАТЭ) пешниҳод шудааст, интизор шудан мумкин аст, ки металлҳои радиоактивӣ ва вазнини обҳо аз партовгоҳҳо бо маҷрои дарё паҳн шуда, манбаи бемориҳои оммавии аҳоли мегарданд. Механизми миграцияи элементҳои радиоактивӣ қад-қади маҷрои дарё барои миграцияи дигар элементҳои кимиёвӣ захролудкунанда комилан имконпазир аст.

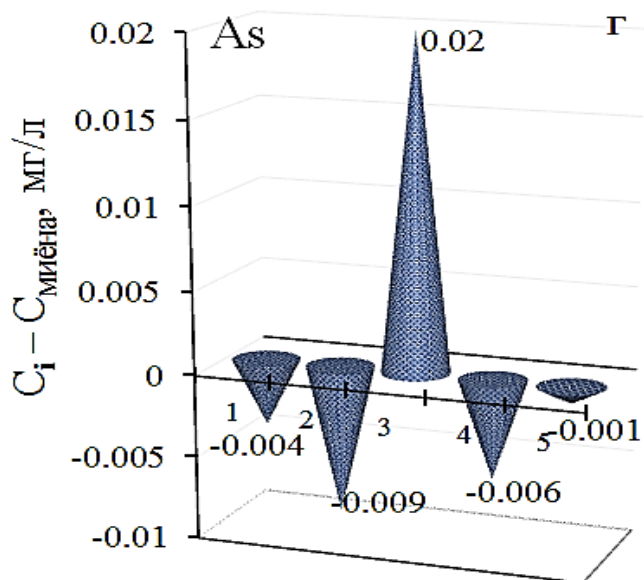
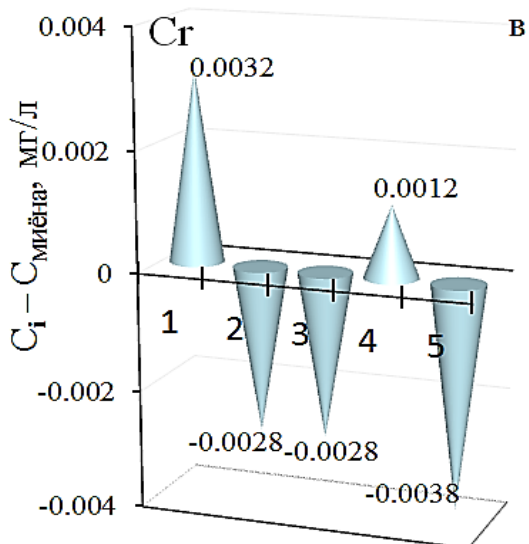
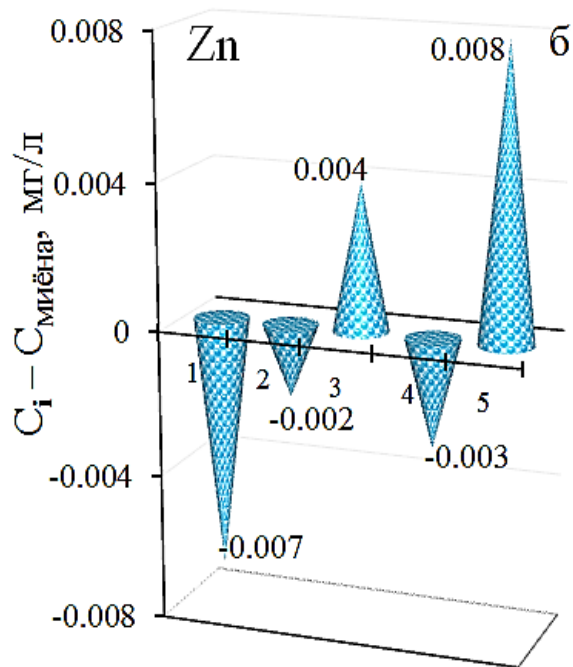
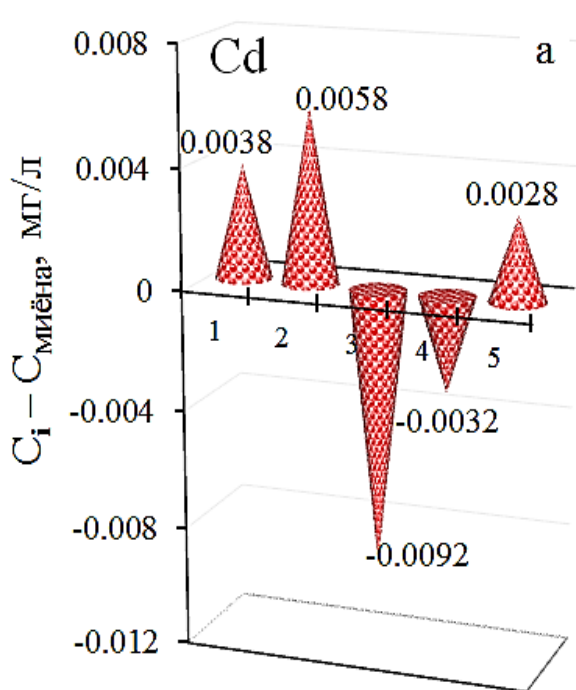
Дарача ва суръати интиқоли элементҳои химиявӣ аз об ва хок ба ҷузъҳои биосфера бо коэффисиенти интиқол тавсиф карда мешавад. Ҳолат ва агрохимияи хок, рН, миқдори элементҳои ишқорзаминӣ ва моддаҳои органикии таркиби хок, таркиби химиявии оби обёрӣ ва шароити метеорологии минтақа омилҳои асосии муайянкунандаи арзишҳои коэффисиенти интиқол мебошанд.

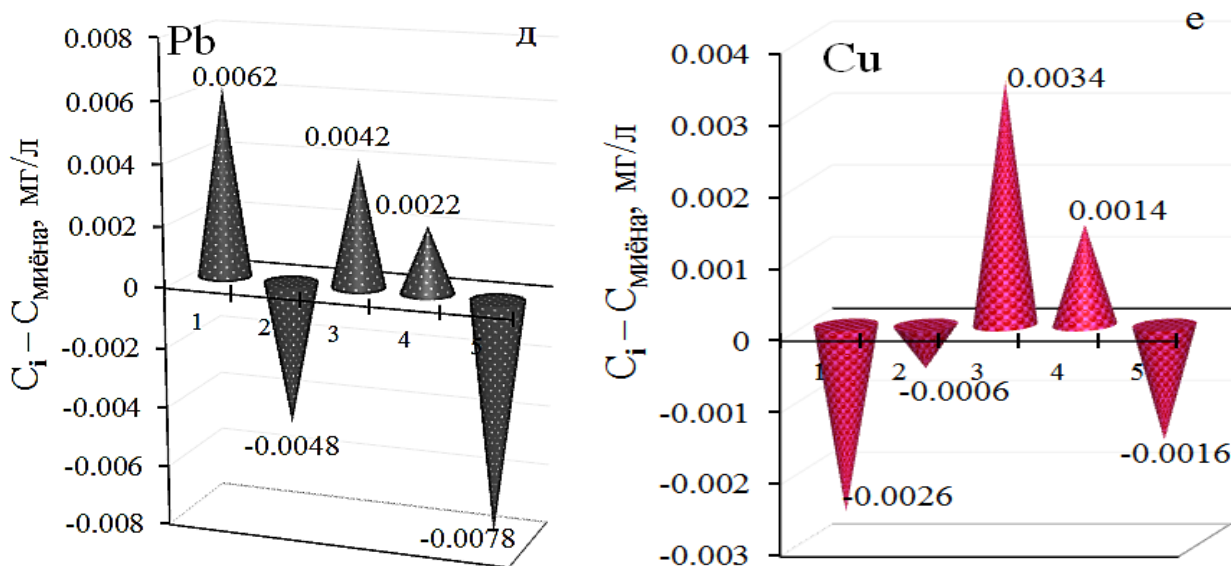
Дар расми 6 харитаи қисми тоҷикистони маҷрои Сирдарё бо нуқтаҳои намунагирии об нишон дода шудааст. Миқдори металлҳои вазнин дар таркиб об бо истифода аз спектрометри абсорбсияи атомӣ-абсорсионии "А Analyst 800" таҳлил карда шуданд.



**Расми 6. – Нақшаи нуқтаи гирифтани об аз Сирдарё:  
1–Окчар; 2– Булоқ; 3– Конибодом; 4– обанбори Қайракқум;  
5–Қизилқишлоқ**

Фарқи консентратсияи металлҳои вазнин (Cd, Zn, As, Pb, Cu ва Cr) аз арзиши миёнаи онҳо дар дарё барои нуктаҳои гирифти намунаҳои об дар расми 7 нишон дода шудааст.





**Расми 7. – Фарқияти қиматҳои консентратсияи металлҳои вазнин (Cd, Zn, As, Pb, Cu ва Cr) аз арзиши миёнаи онҳо дар маҷрои дарё барои нуқтаҳои намунагирии об**

Муайян карда шуд, ки дар тағйирёбии таркиби металлҳои вазнини Zn ва Cd дар маҷрои Сирдарё қонуниятҳои муайян мушоҳида намешавад (расми 7).

Қобилияти мигратсия бо ҳолати металлҳои вазнин ва дар кадом шакл (коллоидӣ, муаллак) қарор доштани онҳо дар муҳити обӣ зич алоқаманд аст. Вобаста ба ҳолати металлҳои вазнин дар маҳлул, шакли коллоидӣ ва моддаҳои муқима дар обҳои табиӣ муайян карда мешавад. Шакли маъмули металлҳои вазнин дар муҳити обӣ пайваستاгҳои мураккаби онҳо бо лигандҳои ғайриорганикӣ ва моддаҳои органикӣ ҳалгардида мебошад.

Моделҳои математикии муайян кардани миқдор ва тавсифи динамикаи металлҳои вазнин дар асоси муодилаи конвексия-диффузия васеъистифода бурда мешавад:

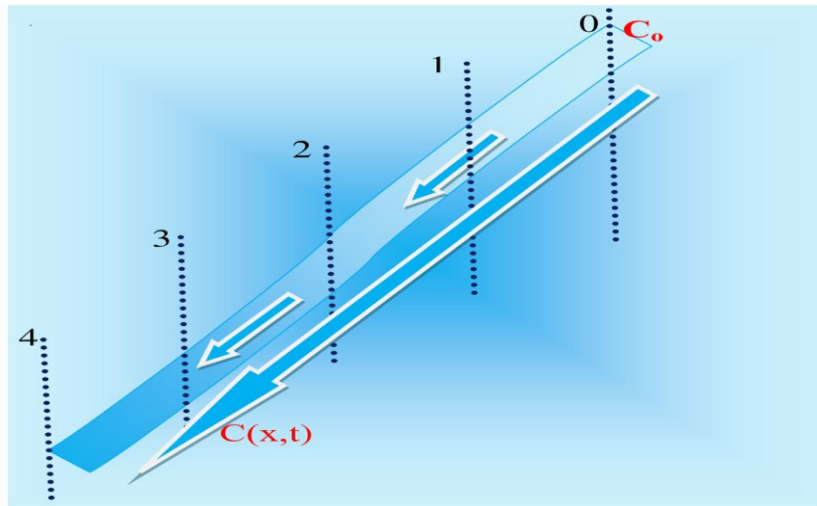
$$u \cdot \frac{\partial C(x,t)}{\partial x} + \frac{\partial C(x,t)}{\partial t} = -k \cdot C(x,t) \quad (1)$$

Дар ин ҷо  $u$  – суръати миёнаи ҷараён дар бурриш (м/с);  $C(x,t)$  – консентратсияи металлҳои вазнин, мг/л;  $k$  – суръати таҳшиншавӣ (1/с);  $x$  – дарозии роҳи кӯчиш, м;  $t$  – давомнокии кӯчиш (с).

Барои арзишҳои додашудаи миқдори металлҳои вазнин, суръати таҳшиншавии онҳоро бо истифода аз муодилаи (1) ҳисоб кардан мумкин аст:

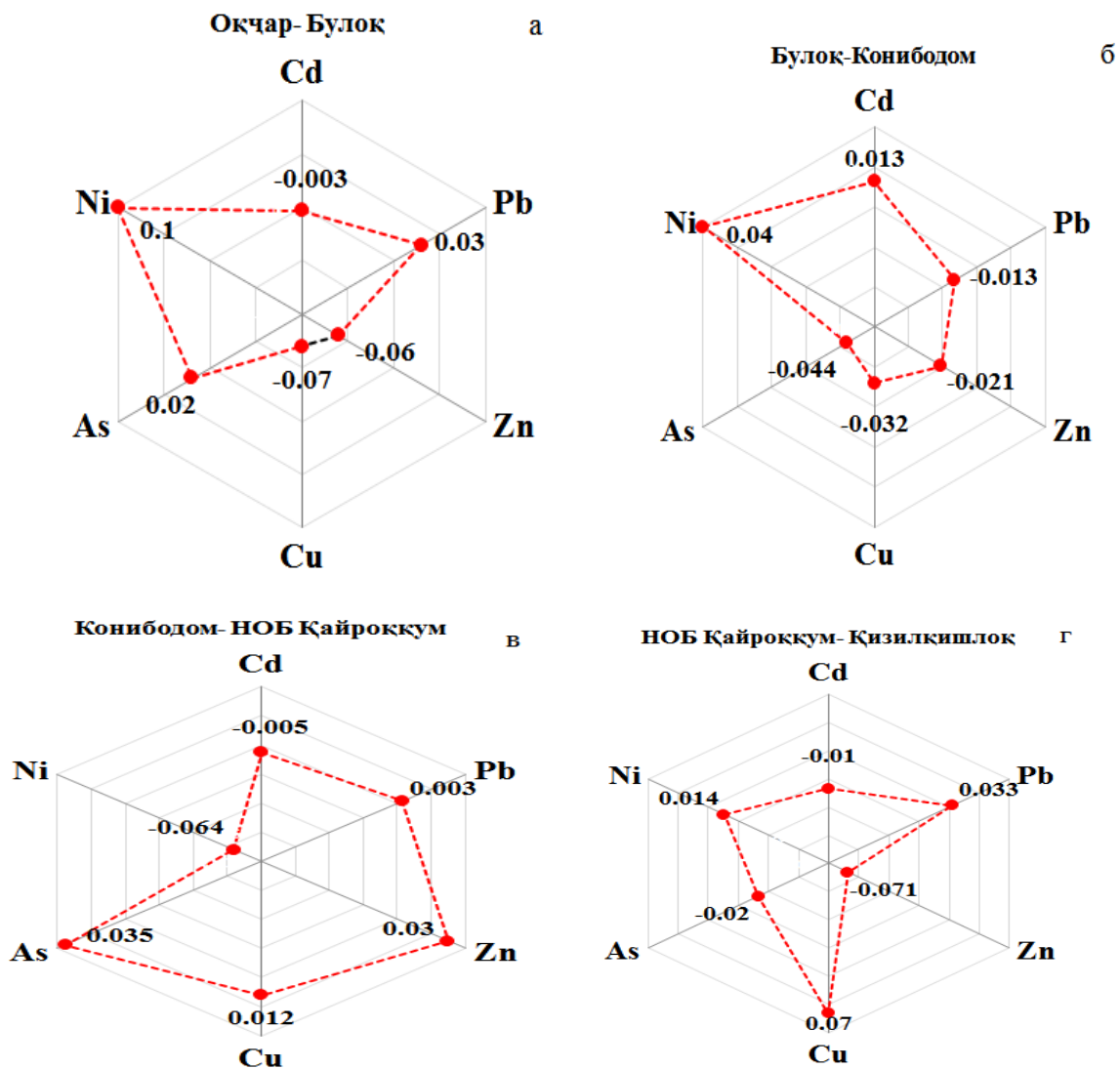
$$k = \frac{u}{x_{n+1} - x_n} \cdot \ln\left(\frac{C_n}{C_{n+1}}\right) \quad (2)$$

Нақшаи расмии кӯчиши металлҳои вазнин дар расми 8 оварда шудааст, ки марҳилаҳои ҳисобкунии суръати таҳшиншавии онҳо нишон дода шудааст.



Расми 8. - Нақшаи расмии миграцияи металлҳои вазнин

Дар расми 9 қиматҳои таҳшиншавии металлҳои вазнин дар муҳити оби дар байни нуқтаҳои гиришти намунаҳои оби Сирдарё нишон дода шудааст.



Расми 9. – Суръати таҳшиншавии металлҳо (As, Cd, Cu, Ni, Pb, Zn) дар муҳити оби байни нуқтаҳои обгирӣ аз Сирдарё

Бо назардошти арзишҳои суръати таҳшиншавии металлҳои вазнин дар расми 9 метавон гуфт, ки шакли асосии ташаккули комплексҳои металлҳои вазнини омӯхташуда дар муҳити обӣ гидроксидҳо мебошанд. Дар байни нуқтаҳои намунагирии Конибодом -НБО-и Қайроққум рН-и муҳити обӣ 7,57 мебошад, ки ин ба раванди гидролизшавии комплексҳои Zn бо пайдоиши  $[Zn(OH)]^+$  мусоидат мекунад. Аз тарафи дигар, бар хилофи металлҳои вазнини омӯхташуда, Zn дар шакли озод дар муҳити дорои арзишҳои баланди рН метавонад арзи вучуд кунад. Баръакси руҳ, мис тамоюли баландро ба адсорбсия ба зарраҳои гуногуни муаллақи об нишон медиҳад. Таҳшиншавии руҳ ва мис танҳо дар поёноби дарё дар қитъаи Конибодом - НБО-и Қайроққум ба мушоҳида мерасад, ки эҳтимол бо афзоиши гумус ва мавҷудияти моддаҳои гуногун, ки дар натиҷаи таъсири антропогенӣ ба дарё партофта мешаванд ва камшавии суръати маҷрои об алоқаманд бошад.

Аз расми 9 ба назар мерасад, ки таҳшиншавии сурб дар қитъаи байни нуқтаҳои Оқчар-Булок, Конибодом- НБО-и Қайроққум ва НБО -и Қайроққум-Қизилқишлоқ ба амал меояд, ки ба онҳо қиматҳои рН мутаносибан 7,50, 7,57 ва 7,60 хос аст. Ҳангоми рН > 7 шакли асосии сурб комплексҳои карбонати он  $[Pb(CO_3)]^0$  ва  $[Pb(CO_3)_2]^{2-}$  мебошанд.

Аммо ноустувории ин комплексҳо ба он оварда мерасонад, ки сурб дар таркиби обҳои рӯизаминӣ ҳамчун қисми суспензияҳо пайдо мешавад.

**Дар боби сеюм** натиҷаҳои арзёбии ҳамаҷонибаи таркиби металлҳои вазнин дар хоки партовгоҳи Табошар ва индексҳои ифлосшавии муҳити зист оварда шудаанд.

Аз объекти тадқиқотӣ дар панҷ нуқта аз чуқурии 10-30 см бо усули калиди хокӣ бо риояи талаботи ГОСТ 17.4.3.01-83 намуна гирифта шуд. Пас аз хушк кардан ва суфта кардан, фраксияҳои на бештар аз 1 мм бо истифода аз истифодабари ситаи лабораторӣ интиҳоб карда шуданд. Концентратсияи металлҳои вазнин бо истифода аз усули таҳлили рентгении флуоресцентӣ дар спектрометри «Спектроскан МАКС G» (ООО «СПЕКТРОН», Россия) муайян карда шуд.

Барои омӯзиши равандҳои мигратсияи металлҳои вазнин, растании пудинаи осийё (лотинӣ *Mentha asiatica*) - як навъи растаниҳои чинси Mint (*Mentha*) аз оилаи Lamiaceae ва хори шутур (*Alhagi*), ки мутаносибан дар хокҳои партовгоҳҳои Чкаловск ва Ғафуров мерӯянд, истифода шудааст (Расми 10, Расми 11).



**Расми 10. - Пудинаи осийё (*Mentha asiatica*) як навъи растани аз чинси Пудинагӣ (*Mentha*) аз оилаи Lamiaceae**



**Расми 11. - Хори шутур (*Alhagi*)**

Як қатор индексҳо барои арзёбии ҳолати хокҳои олуида бо металлҳои вазнин ва арзёбии хатари фаъолияти чузъҳои биосфера, инчунин муайян кардани дараҷаи муҳочирати металлҳои вазнин ба растаниҳо таҳия шудаанд. Индексҳои асосӣ инҳоянд: Индекси ифлосшавии инфиродӣ (PI), Индекси ифлосшавӣ (PLI), Индекси хатари эҳтимолӣ (RI), Индекси ифлосшавии Немеров (NPI) ва Индекси геоаккумуляция (Igeo).

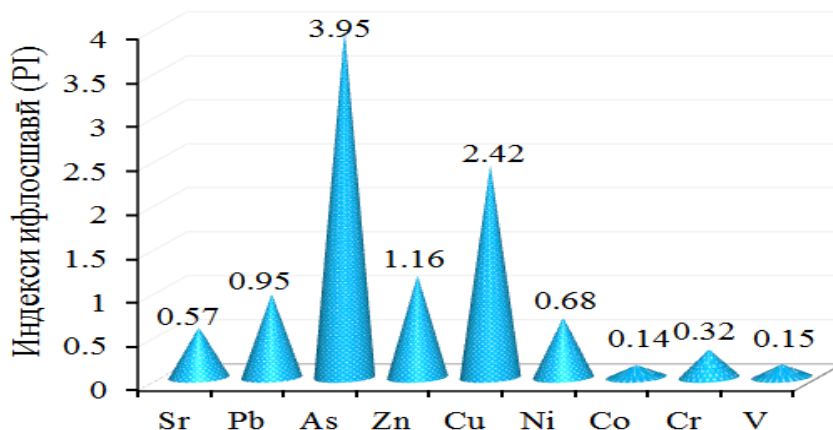
Қайд кардан зарур аст, ки муайян кардани арзишҳои миқдории индексҳои дар боло зикршуда барои банақшагирии чораҳои безаргардонӣ барои минтақаҳо, ки барои истеҳсоли кишоварзӣ пешбинӣ шудаанд, муҳим аст.

Барои муайян кардани намудҳои металлҳои вазнин дар хокҳои минтақаҳои олуида, Индекси ягонаи ифлосшавӣ (PI) ба таври васеъ истифода мешавад:

$$PI = C_n / GB$$

ки  $C_n$  - миқдори металл дар уфуқи болоӣ аст;  $GB$  - миқдори заминавии метали вазнин.

Расми 12 арзишҳои инфиродии индекси ифлосшавӣ (PI)-ро барои металлҳои вазнини Sr, Pb, As, Zn, Cu, Ni, Co, Cr ва V дар хоки ҳавзи партовгоҳи Чкаловск нишон медиҳад.

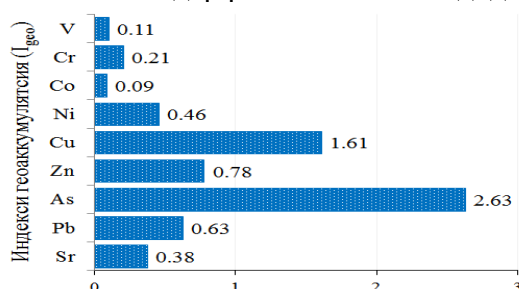


Расми 12. – Арзишҳои индекси ягонаи ифлосшавии хок барои партовгоҳи Чкаловск

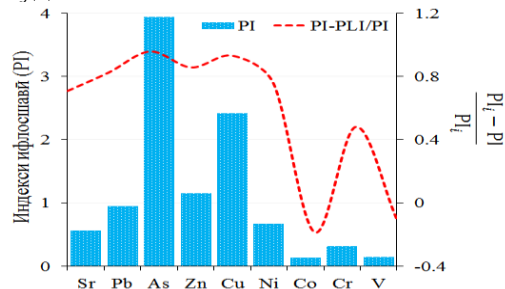
Индекси геоаккумулятсия ( $I_{geo}$ ) имкон медиҳад, ки ифлосшавии хок бо металлҳои вазнин арзёбӣ карда шавад ва бо таносуби зерин муайян карда мешавад:

$$I_{geo} = C_n / 1.5GB$$

Арзиши миқдории индекси геоаккумулятсия барои металлҳои вазнин дар ҳавзи партовгоҳи Чкаловск дар расми 13 нишон дода шудааст.



Расми 13. - Арзишҳои индекси геоаккумулятсияи металлҳои вазнин дар хоки партовгоҳи Чкаловск

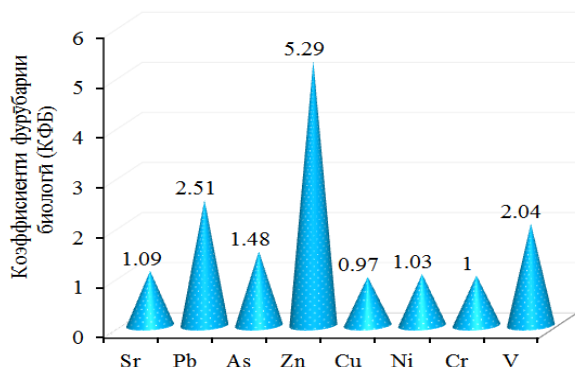


Расми 14. - Индекси инфиродии ифлосшавии металлҳои вазнин ва саҳми онҳо ба сатҳи умумии ифлосшавии хоки иншооти нигоҳдории партовгоҳ

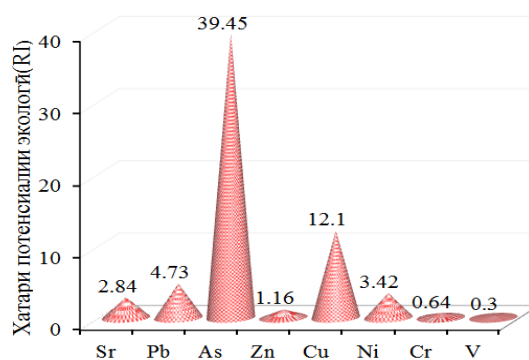
Саҳми индекси ифлосшавии металлҳои вазнин дар хоки партовгоҳи Чкаловск ба ягонагӣ баробар аст аз он зиёдтаранд. Металлҳои вазнин бо коэффисиенти ҷабби биологӣ аз як зиёдтар дар растаниҳо ҷамъ мешаванд, дар ҳоле ки металлҳои, ки коэффисиенти ҷабби биологӣ камтар аз як доранд, аз ҷониби растаниҳо ҷаббида мешаванд.

Расми 15 коэффисиентҳои ҷабби биологӣ Sr, Pb, As, Zn, Cu, Ni, Cr ва V-ро нишон медиҳад. Аз расми 15 маълум аст, ки коэффисиентҳои ҷабби биологӣ барои ҳама металлҳои вазнин дар хоки партовгоҳи Чкаловск ба ягонагӣ баробар аст аз он зиёдтаранд. Металлҳои вазнин бо коэффисиенти ҷабби биологӣ аз як зиёдтар дар растаниҳо ҷамъ мешаванд, дар ҳоле ки металлҳои, ки коэффисиенти ҷабби биологӣ камтар аз як доранд, аз ҷониби растаниҳо ҷаббида мешаванд.

Дар расми 16 арзишҳои индекси хатари экологӣ барои Sr, Pb, As, Zn, Cu, Ni, Cr ва V дар хоки партовгоҳи Чкаловск нишон дода шудаанд. Ин арзишҳо нишон медиҳанд, ки ҳамаи онҳо аз 90 хеле камтаранд ва арзиши миёнаи RI дар тамоми минтақаи намунагирӣ 64.64 аст. Дар натиҷа, хоки партовгоҳи Чкаловск, бахусус хоке, ки дар макони намунагирӣ ҳобидааст, бо индекси пасти хатари экологӣ ин металлҳо тавсиф мешавад.



**Расми 15. - Арзишҳои коэффитсиенти азхудкунии биологии металлҳои вазнин**

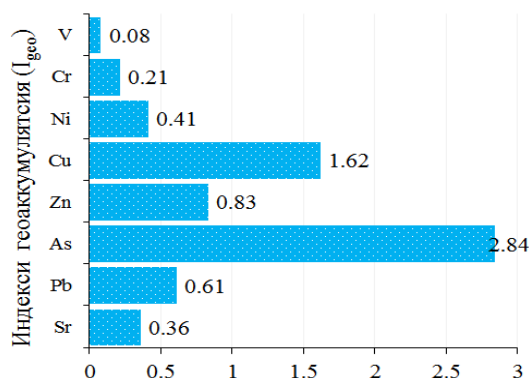


**Расми 16. – Арзишҳои хатари экологӣ аз металлҳои вазнин**

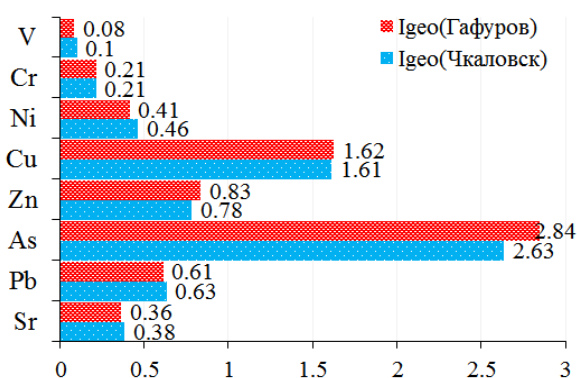
Расми 17 арзишҳои индекси геоаккумулятсия

икел,

хром ва ванадийро дар хоки партовгоҳи Гафуров нишон медиҳад ва расми 18 ин арзишҳоро бо арзишҳои сарбанди партовгоҳи Чкаловск муқоиса мекунад. Тавре ки дар расми 17 нишон дода шудааст, арсен ва мис дар хоки сарбанди партовгоҳи Гафуров баландтарин арзишҳои индекси геоаккумулятсияро доранд, ки баъд аз он руҳ ва сурб меоянд. Тавре ки дар боло нишон дода шудааст, ин металлҳои вазнин инчунин дар арзишҳои ягонаи индекси ифлосшавӣ бартарӣ доштанд.



**Расми 17. - Индекси геоаккумулятсияи стронций, сурб, арсен, руҳ, мис, никел, хром ва ванадий дар хоки партовгоҳи Гафуров**



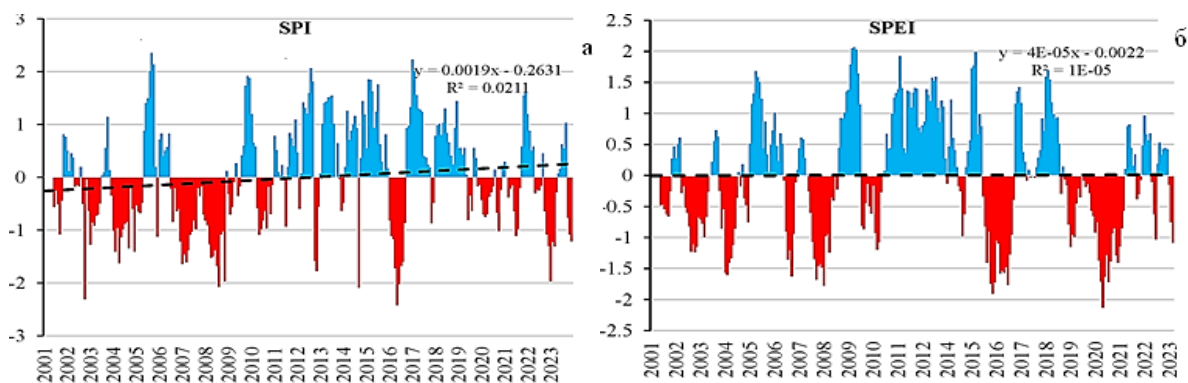
**Расми 18. – Муқоисаи нишондиҳандаҳои геоаккумулятсияи металлҳои вазнини партовгоҳҳои Гафуров ва Чкаловск**

Аз муқоисаи арзишҳои нишондиҳандаҳои геоаккумулятсияи Sr, Pb, As, Zn, Cu, Ni, Cr ва V дар хокҳои партовгоҳҳои Гафуров ва Чкаловск дар расми 18 дидан мумкин аст, ки онҳо ба ҳамдигар наздиканд.

**Дар боби чорум** натиҷаҳои мониторинги хушксолӣ дар минтақаҳои кишоварзии вилояти Суғди Ҷумҳурии Тоҷикистон, вобаста ба шароити метеорологӣ, пешниҳод шудаанд.

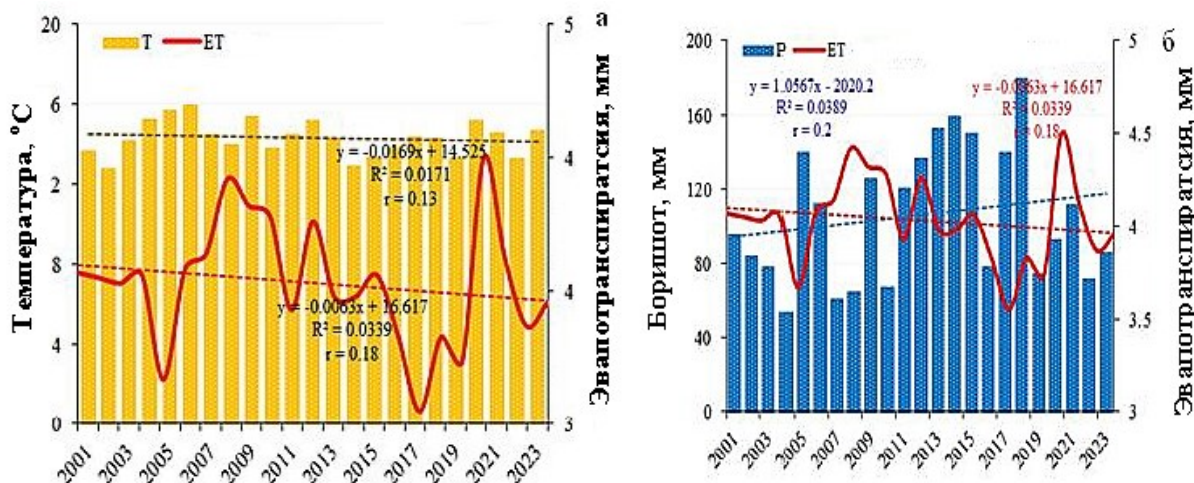
Намоиши графיקии тағйироти SPI ва SPEI дар ноҳияи Ҷ. Расулов барои давраи солҳои 2001-2023 дар расми 19 (а, б) нишон дода шудааст. Арзишҳои индекси манфӣ бо ранги сурх ва арзишҳои мусбат бо ранги кабуд нишон дода шудаанд.

Расми 19 (а) нишон медиҳад, ки SPI бо тамоюли афзоиш тавсиф мешавад, ки аз афзоиши намнокии минтақаҳо ва коҳиши хушксолӣ шаҳодат медиҳад. Аз соли 2014 инҷониб, дар ноҳия хушксолии шадид мушоҳида нашудааст.



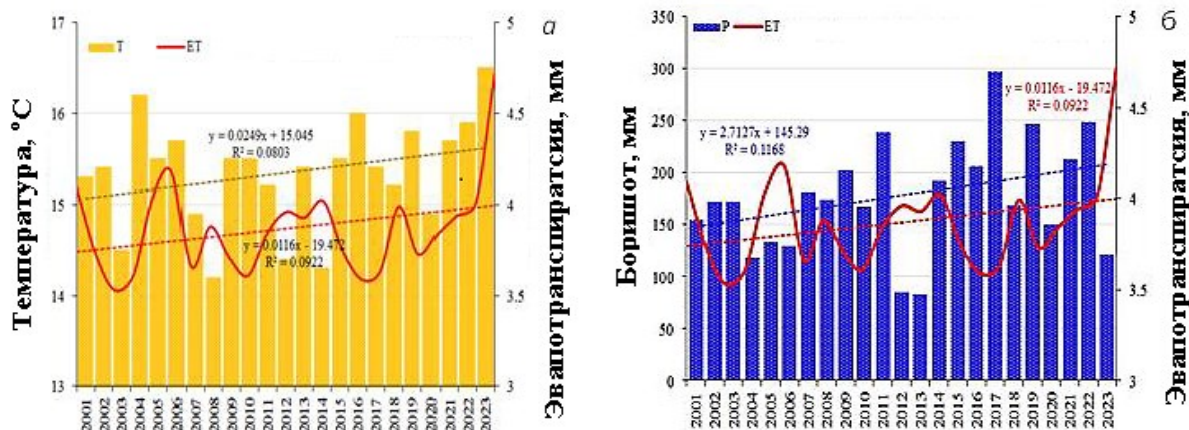
**Расми 19. – Қиматҳои индекси стандартикунонидашудаи боришот (SPI) ва индекси стандартикунонидашудаи боришот ва эвапотранспиратсия (SPEI) дар ноҳияи Ҷ. Расулов барои солҳои 2001-2023**

Барои шарҳ додани тамоюли тағйироти SPEI, расми 20 (а)-ро истифода мебарем, ки дар он динамикаи тағйирёбии ҳарорат ва эвапотранспиратсия дар минтақа дар давраи солҳои 2001-2023 нишон дода шудааст.



**Расми 20. – Динамикаи тағйирёбии ҳарорат ва эвапотранспиратсия (а) ва боришоти атмосфера (б) дар ноҳияи Ҷ.Расулов барои солҳои 2001-2023**

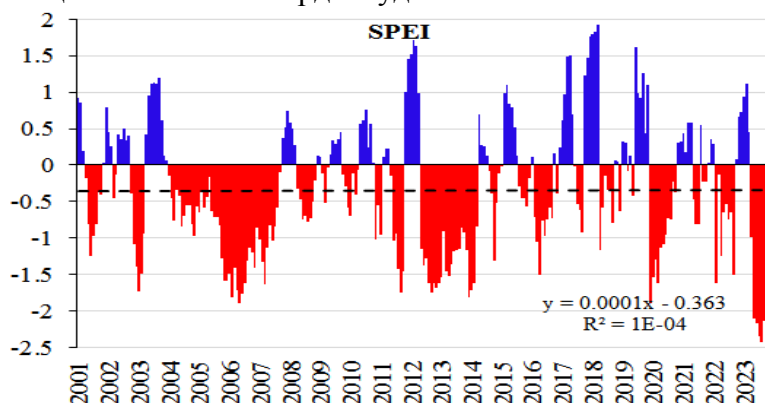
Аз расми 20(а) дида мешавад, ки дар тамоми давраи солҳои 2001-2023 ҳарорат қимати қариб доимии худро нигоҳ дошта, эвапотранспиратсия тамоюли камшавиро дорад, ки мумкин бо афзоиши миқдори боришот дар ноҳияи Ҷ.Расулов вобаста бошад (расми 20(б)).



**Расми 21. – Динамикаи тағйирёбии ҳарорат ва эвапотранспиратсия (а) ва боришоти атмосфера (б) дар ноҳияи Б. Ғафуров барои солҳои 2001-2023**

Муқоисаи динамикаи тағйирёбии ҳарорат, боришот ва эвапотранспиратсия дар ноҳияи Б.Ғафуров, ки дар расми 21 оварда шудааст бо динамикаи бузургҳои дахлдори ноҳияи Ҷ.Расулов нишон медиҳад, ки боришот дар ду ноҳия тамоюли болоравии қариб якхела дорад. Аммо динамикаи тағйирёбии ҳарорат ва эвапотранспиратсия дар ноҳияҳо аз ҳам фарқи калон доранд. Агар тамоюли тағйирёбии ҳарорат дар давраи солҳои 2001-2023 дар ноҳияи Ҷ. Расулов қариб бетағйир монад дар ноҳияи Б. Ғафуров ҳарорат тамоюли болоравиро дорост. Дар баробари ин, тамоюли коҳишёбии эвапотранспиратсия дар ноҳияи Ҷ. Расулов дар ноҳияи Б. Ғафуров афзоянда мебошад.

Дар расми 22 арзишҳои индекси стандартии боришот ва бухоршавӣ дар ноҳияи Б.Ғафуров барои солҳои 2001-2023 оварда шудааст.



**Расми 22. – Қимати индекси стандартикунонидашудаи боришот ва бухоршавӣ дар ноҳияи Б. Ғафуров барои солҳои 2001-2023**

Аз расми 22 дида шудааст, ки арзиши индекси стандартикунонидашудаи боришот ва эвапотранспиратсия барои минтақаи Б. Ғафуров барои давраи солҳои 2001-2023 бо арзиши манфӣ ( $SPEI = -0.48$ ) тавсиф мешавад, ки нисбати паҳншавии хушксолии камшиддат дар минтақа дарак медиҳад.

## ХУЛОСАҶО

1. Мувофиқати обҳои дарёи Сирдарё ва канали Хочабақирғон барои обёрии кишоварзӣ бо роҳи муайян кардани нишондиҳандаҳои асосии мутобиқати об барои обёрӣ (миқдори натрийи адсорбсияшаванда, ҳалшаванда, ивазшаванда, қиммати ғоизии он ва калийи адсорбсияшаванда) муайян карда шуд [3-М, 4-М, 8-А].

2. Набудани як намунаи возеҳ дар динамикаи концентратсияи металлҳои вазнин (As, Cd, Cr, Cu, Pb ва Zn) дар самти чоришавии дарёи Сирдарё мушоҳида карда шуд. Муайян карда шуд, ки шароити кислотагӣ-ишқорӣ ва оксиду барқароршавии муҳити обӣ омилҳои асосии муайянкунандаи мигратсия ва таҳшинии металлҳои вазнин мебошанд [2-М, 5-М, 9-М].

3. Муайян карда шуд, ки хоки партовгоҳи Чкаловск (Бустон) аз ҷиҳати миқдори руҳ (Zn), мис (Cu) мувофиқан бо олудагии кам ва мӯътадил тавсиф шуда мувофиқи миқдори металлҳои вазнини Sr, Pb, Ni, Co, Cr ва V ба синфи хокҳои олуданашуда мувофиқат мекунад [1-М, 6-М].

4. Мувофиқи индекси геоаккумуляцияи металлҳои вазнини V, Cr, Co, Ni, Zn, Pb ва Sr он ба синфи хокҳои олуданашуда, аз ҷиҳати миқдорҳои мис (Cu) ва арсен (As) бо олудагии мӯътадил тавсиф мешавад. Коэффисиенти олудашавии хоки партовгоҳи ноҳияи Б. Ғафуров бо металлҳои вазнин 0,394 мебошад, ки қариб 2,4 маротиба аз нишондоди партовгоҳи Чкаловское баландтар аст [1-М, 6-М].

5. Барои тавсифи интиқоли металлҳои вазнин (As, Co, Cr, Cu, Ni, Sr, V, Zn) аз хок ба растанӣ бо истифода аз коэффисиенти фурубарии биологӣ (КФБ) муайян карда шуд, ки As, Co, V ва Zn дар растаниҳо чамъ мешаванд, дар ҳоле ки Cu, Ni, Cr, Cu ва Sr аз ҷониби

растаниҳо фурӯ бурда мешаванд [1-М, 6-М].

6. Муайян карда шуд, ки коррелятсияи байни параметрҳои метеорологӣ дар ноҳияҳои Қ. Расулов ва Б. Ғафуров бо коэффитсиентҳои пасти коррелятсия тавсиф мешаванд ва динамикаи эвапотранспиратсия дар ин ду ноҳия равандҳои ба ҳам муқобили нишон медиҳанд. Ноҳияҳои Қ. Расулов ва Б. Ғафуров ба минтақаҳои гуногуни иқлимӣ тааллуқ доранд ва пайдоиши хушксолӣ дар онҳо аз шароити иқлимии маҳаллӣ вобаста мебошад [1-М, 6-М].

### **Тавсияҳо барои истифодаи амалии натиҷаҳо**

Натиҷаҳои диссертатсияро барои таҳияи стандартҳои арзёбии ҳолати экологии минтақаҳои соҳили дарё ва муносибати дифференсиалии арзёбии таъсири антропогении қитъаҳои алоҳидаи соҳили дарё истифода бурдан мумкин аст. Он имкон медиҳанд, ки баланси металлҳои вазнин дар Сирдарё дуруст муқаррар карда, ном ва консентрасияи металлҳои вазнини ба маҷрои об дохилшаванда дар ҳудуди Ҷумҳурии Тоҷикистон муқаррар карда шаванд. Механизмҳои асосии интиқоли металлҳои вазнин ба растаниҳо, ки дар қор пешниҳод шудаанд, метавонанд барои таҳияи усули муносири дезинфексия кардани майдонҳои партовгоҳҳо аз элементҳои вазнин ва радиоактивӣ асос гарданд. Натиҷаҳои мониторинги хушксолӣ, ки дар рисола пешниҳод шудаанд, метавонанд барои ташкили бонки маълумоти дарозмуддат оид ба ҳодисаи хушксолӣ дар ҳар як минтақаи Ҷумҳурии Тоҷикистон истифода шаванд ва ба ин васила дар таҳияи сценарияҳои пешгирӣ намудани хушксолӣ мусоидат намоянд.

### **Мақолаҳои илмие, ки дар маҷаллаҳои илмӣ аз ҷониби Комиссияи олии аттестатсионии назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон тавсияшуда ва маҷаллаҳои байналмилалӣ нашр шудаанд:**

[1-А]. **Бозорова, Н.Н.** Применение индексов экологического риска для оценки загрязненности территории хвостохранилищ / И.Ш. Норматов, Н.С. Хакимзода, **Н.Н. Бозорова**, Авази Мирзо // Вестник таджикского национального университета, Серия естественных наук. 2025. №2. С. 141-150. ISSN 2413-452X

[2-А]. **Бозорова, Н.Н.** Динамика концентрации тяжелых металлов вдоль реки Сырдарья и возможности накопления их в Кайраккумском водохранилище / **Н.Н. Бозорова**, А. О. Рахимзода, А.О. Муминов // Вестник педагогического университета, серия естественных наук. 2025. № 1 (25). С.51-56. ISSN 2707-9996

[3-А]. **Бозорова, Н. Н.** Оценка степени соответствия качества воды реки Сырдарья индексам применимости для орошения / **Н.Н. Бозорова**, К.Н. Одинаев // Вестник педагогического университета, серия естественных наук. 2024. № 2-3 (22-23). С.48-52. ISSN 2707-9996.

[4-А]. **Bozorova, N.** Hydrochemistry and Quality of Irrigating Water in the Middle Reaches of the Syr Darya River in the Territory of the Republic of Tajikistan / I. Sh. Normatov, V. V. Goncharuk, **N. Bozorova**, Karomatullo Kurbonali, D. M. Bobokalonov, R. Anderson // Journal of Water Chemistry and Technology. 2025. V. 47 (2). P. 204–211. ISSN 1063-455x. DOI: 10.3103/S1063455X25020079. (SCOPUS).

[5-А]. **Bozorova, N.** Heavy Metal Migration and Sedimentation in Syrdarya River (Tajikistan) and Possibility Accumulation in Kayrakkum Reservoir / I. Normatov, **N. Bozorova**, A. Rahimzoda // Intern. J. Atmos. & Oceanic Sci. 2025. V. 9. No1. P. 58-65. DOI: 10.11648/j.ijaos.20250901.16

### **Мақолаҳои дар маводи конференсиҳои байналмилалӣ ва ҷумҳуриявӣ нашршуда:**

[6-А]. **Bozorova, N.N.** Environmental risk of geoaccumulation and transmission of heavy metals in tailing dumps with radioactive elements / I. Sh. Normatov, **N.N. Bozorova**, Avazi Mirzo, N.S. Hakimzoda // Proc. Intern. Conf. "Fundamental and applied research in physics". 16-17

May 2025. Tashkent, Uzbekistan. P. 94-96.

[7-А]. **Бозорова, Н.Н.** Мониторинг миграции и осаждения тяжелых металлов по руслу реки Сырдарья на территории Таджикистана / **Н.Н. Бозорова, И.Ш. Норматов** // Мат-лы Международная научно-практическая конференция “Основные направления гидрологических исследований в условиях изменения климата: современные подходы и технологии”. 23-24-мая 2025 г., Ташкент, Республика Узбекистан. С.127-130.

[8-А]. **Бозорова, Н.Н.** Гидрохимия и индексы применимости Сырдарьи для орошения на территории Таджикистана/ **Н.Н. Бозорова, И.Ш. Норматов** // Материалы Международной научно - практической конференции “Изменение климата и его влияние на окружающую среду: проблемы и их решение”. 28 октября 2024 г., Ташкент, Узбекистан. С.130-133.

[9-А]. **Бозорова, Н.Н.** Мониторинг миграции тяжелых металлов по реке Сырдарья и возможности накопления их в Кайраккумском водохранилище / **Н.Н. Бозорова, А.О. Рахимзода, А.О. Муминов, И.Ш. Норматов** // Материалы Международной научно-практической конференции «Проблемы и перспективы развития физики», Худжанд, Таджикистан, 11-12 марта 2025 года. С23-26.

### Руйхати адабиётҳои истифодашуда

1. Европейская экономическая комиссия ООН. Международный центр оценки вод. Обзор потенциальных источников загрязнения и определение рисков аварийного загрязнения в бассейне реки Сырдарья. 2023. С.87
2. ЕЭК ООН и РЭЦЦА. Исследование потребностей качества поверхностных вод в Центральной Азии – Алматы, 2018. С.100
3. Салибаева, З.Н. Распределение микроэлементов в водах основных рек Таджикистана/ З.Н. Салибаева // - Ж. Наука и новые технологии. - 2013. - №7. - С.35-42.
4. Таиров, А.З. Об изучении ионного стока реки Сырдарья в ее нижнем течении / А.З. Таиров // - Вопросы географии и геоэкологии. - 2015. - №1. - С.67-71.
5. Ma, L. Hydrochemical Characteristics and Water Quality Assessment for the Upper Reaches of Syr Darya River in Aral Sea Basin, Central Asia / L. Ma, J. Abuduwaili, Y. Li, S. A. Uulu, S. Mu // - Water. - 2019. - V.11. - P.1893-1909.
6. Schliemann, R. On the relationship between the Indian summer monsoon and river flow in the Aral Sea basin / R. Schliemann, M.G. Glazirina, C. Schär // - Geophys. Res. Lett. - 2007. - V.34. - P. L05706.
- 124
7. Abdullaev, I. Spatial and temporal variability of water productivity in the Syr Darya Basin, Central Asia / I. Abdullaev, D. Molden // -Water Resour.- Res. 2004. -V.40. - P. -W08S02.
8. Nezhlin, N.P. Interannual variations of the discharge of Amu Darya and Syr Darya estimated from global atmospheric precipitation / N.P. Nezhlin, A.G. Kostianoy, S.A. Lebedev // - J. Mar. Syst. - 2004. -V.47. - P.67–75.
9. Ismailylov, G.K. Assessment of possible anthropogenic changes in the runoff the Syr Darya River on the basis of a mathematical model / G.K. Ismailylov, V.M. Fedorov, S.D.S. Nezhad // -Water Resour. - 2007. - V.34. - P.359–371.
10. Brun, F. A spatially resolved estimate of High Mountain Asia glacier mass balances from 2000 to 2016 / F. Brun, E. Berthier, P. Wagnon, A. Käab, D. Treichler // - Nat. Geosci. 2017. - V.10. - P.668–673.
11. Kriegel, D. Changes in glacierisation, climate and runoff in the second half of the 20th century in the Naryn basin, Central Asia / D. Kriegel, C. Mayer, W. Hagg, S. Vorogushyn, D. Duethmann, A. Gafurov, D. Farinotti // - Glob. Planet. - Chang. - 2013. - V.110. -P.51–61.
12. Sorg, A. Coping with changing water resources: The case of the Syr Darya river basin in Central Asia / A. Sorg, B. Mosello, G. Shalpykova, A. Allan, M. Hill Clarvis, M. Stoffel // - Environ. Sci. Policy. - 2014. - V.43. - P.68–77.

13. Siegfried, T. Estimating the performance of international regulatory regimes: Methodology and empirical application to international water management in the Naryn / Syr Darya basin / T. Siegfried, T. Bernauer // -Water Resour. Res. - 2007. - V.43. - P. W11406.
14. Indoitu, R. Dust emission and environmental changes in the dried bottom of the Aral Sea / R. Indoitu, G. Kozhoridze, M. Batyrbaeva, I. Vitkovskaya, N. Orlovsky, D. Blumberg, L. Orlovsky // - Aeolian Res. - 2015. -V.17. -P.101–115.

## АННОТАСИЯИ

диссертатсияи Раҳмонзода Нигор Норалӣ « Арзёбии шароити агрометеорологӣ ва нишондиҳандаҳои истифодашавандагии объектҳои обӣ барои обёрӣ дар қисми тоҷикистони хавзаи дарёи Сирдарё дар шароити тағйирёбии иқлим», барои дарёфти унвони илмии номзади илмҳои техникӣ аз рӯи ихтисоси 2.2. Астрофизика, физика, электроника, фотоника, асбобсозӣ ва коммуникатсия (2.2.46. Метеорология, иқлимшиносӣ, агрометеорология) пешниҳод шудааст.

**Калидвожаҳо:** Сирдарё, Хочабақирғон, Ғафуров, Чкаловск(Бустон), металлҳои вазнин, обёрӣ, гидрохимия, коэффисиенти ифлосшавӣ, заминҳои обёришаванда, партовгоҳҳо.

**Мақсади кор.** Омӯзиши шароити агрометеорологӣ ва гидрогеоэкологии хавзаи Сирдарё дар шароити тағйирёбии иқлим.

**Объекти таҳқиқоти** диссертатсия гидрохимияи Сирдарё, геоэкология ва шароитҳои агрометеорологии минтақаҳои кишоварзии хавзаи дарёи Сирдарё мебошад.

**Мавзӯи омӯзиш.** Намунаҳои об аз маҷрои Сирдарё, намунаҳои хок аз ҳавзҳои партовгоҳҳо, нишондиҳандаҳои стандартии хушксолӣ, параметрҳои метеорологии минтақаҳои кишоварзии вилояти Суғд.

**Усулҳои тадқиқот.** Усулҳои химиявӣ таҳлили элементҳо, усули абсорбсияи атомии металлҳои вазнин ва таҳлили хокистари растанӣ, робитаҳои ҳаттии Пирсон ва Стюдент, усулҳои оморӣ ва муқоисавӣ таҳлили динамикаи параметрҳои гидрометеорологӣ.

**Маводҳои тадқиқотӣ.** Натиҷаҳои таҳлили химиявӣ оби Сирдарё, канали Хочабақирғон ва таҳлили металлҳои вазнин дар хоку растанӣҳо.

**Навоариҳои илмӣ таҳқиқот.** Муқаррар карда шуд, ки консентратсияи элементҳои химиявӣ дар қад-қадӣ маҷрои дарё дар натиҷаи дигаргуниҳои физикию-химиявӣ ва таъсири омилҳои антропогенӣ берунӣ тағйир меёбад. Ба обёрӣ заминҳои хоҷагии қишлоқ мувофиқ будани Сирдарё ва канали Хочабақирғон муқаррар карда шуд.

**Аҳамияти назариявӣ.** Натиҷаҳои диссертатсияро барои ғанӣ гардонидани фаҳмиши илмӣ механизмҳои тағйирёбии химиявӣ ва динамикаи кучиши компонентҳои химиявӣ дар соҳили дарёҳо истифода бурдан мумкин аст.

**Аҳамияти амалии кор.** Натиҷаҳои диссертатсияро Кумитаи ҳифзи муҳити зисти назди Ҳукумати Ҷумҳурии Тоҷикистон барои арзёбии ҳолати экологии соҳилҳои Сирдарё ва канали Хочабақирғон, муайян намудани манбаъҳои стационарии ифлоскуни истифода бурда метавонад.

**Соҳаи татбиқ:** агрометеорология, метеорология, иқлимшиносӣ, гидрология ва натиҷаҳо ҳамчун базаи маълумот барои омӯзиши дигар ҳавзаҳои дарё тавсия карда мешаванд.

## АННОТАЦИЯ

диссертационной работы Рахмонзода Нигора Норали “ Оценка агрометеорологических условий и индексов применимости водных объектов для орошения в таджикской части бассейна реки Сырдарья в условиях изменения климата”, представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2. Астрофизика, физика, электроника, фотоника, приборостроение и связь (2.2.46. Метеорология, климатология, агрометеорология)

**Ключевые слова:** река Сырдарья, Ходжабакирган, Гафуров, Чкаловск (Бустон), тяжелые металлы, ирригация, гидрохимия, коэффициент загрязнения, орошаемые земли, хвостохранилища

**Цель работы.** Изучение агрометеорологических и гидро - геоэкологических условий бассейна реки Сырдарья в условиях изменения климата.

**Объектом исследования** диссертационной работы являются гидрохимия реки Сырдарья, геоэкология и агрометеорология сельскохозяйственных районов бассейна реки Сырдарья.

**Предмет исследования.** Пробы воды из русла реки Сырдарья, пробы почвы из хвостохранилищ, стандартизированные индексы засухи, метеорологические параметры сельскохозяйственных районов Согдийской области.

**Методы исследования.** Химические методы анализов элементов, метод атомно-абсорбционного анализа тяжелых металлов и золы растений, линейные корреляции Пирсона и Стьюдента, статистические и сравнительные методы анализа динамики гидрометеорологических параметров.

**Материалы исследований.** Результаты химических анализов вод реки Сырдарья, канала Ходжабакирган и анализов тяжелых металлов в почвах и растений

**Научная новизна исследования.** Установлено, что концентрация химических элементов вдоль русла реки меняются благодаря физико-химическим превращениям и влиянием внешних антропогенным факторам. Установлено пригодность реки Сырдарья и канала Ходжабакирган для орошения сельскохозяйственных земель.

**Теоретическая значимость.** Результаты диссертации могут использоваться в обогащении научных представлений о механизмах химических превращений и динамики миграции химических ингредиентов вдоль русла рек.

**Практическая значимость работы.** Результаты диссертации могут использоваться Комитетом охраны окружающей среды при Правительстве Республики Таджикистан для оценки экологического состояния побережий реки Сырдарья и канала Ходжабакирган, выявлению стационарных источников загрязнения.

**Область применения:** агрометеорология, метеорология, климатология, гидрология, а также результаты рекомендуется в качестве базы данных для изучения бассейнов других рек.

## ANNOTATION

of the dissertation Rahmonzoda Nigora Norali on the theme “Assessment of agrometeorological conditions and indices of applicability of water bodies for irrigation in the tajik part of the Syrdarya river basin under climate change”, submitted for the degree of candidate of technical sciences on the specialty 2.2. Astrophysics, physics, electronics, photonics, instrumentation, and communication (2.2.46. Meteorology, climatology, agrometeorology) are offered.

**Keywords:** Syr Darya River, Khojabakyrkan, Taboshar, heavy metals, irrigation, tailings dams, hydrochemistry, pollution coefficient, irrigated land

**Purpose of the work.** To study the agrometeorological and Hydro-Geoecological conditions of the Syr Darya River basin in the context of climate change.

**The object of study** is the hydrochemistry of the Syr Darya River, Khojabakyrkan Canal, Taboshar tailing dams, and agrometeorology of the agricultural areas of the Syr Darya River basin.

**Subject of research.** Water samples from the Syr Darya riverbed, soil samples from tailings dams, standardized drought indices, meteorological parameters of agricultural areas in the Sughd region.

**Research methods.** Chemical methods of element analysis, atomic absorption analysis of heavy metals and plant ash, Pearson and Student linear correlations, statistical and comparative methods of analysis of hydrometeorological parameter dynamics.

**Research materials.** Results of chemical analyses of the waters of the Syr Darya River, the Khojabakyrkan Canal, and analyses of heavy metals in soils and plants.

**Scientific novelty of the research.** It has been established that the concentration of chemical elements along the riverbed changes due to physicochemical transformations and the influence of external anthropogenic factors. The suitability of the Syr Darya River and the Khojabakyrkan Canal for irrigating agricultural land has been established.

**Theoretical significance.** The results of the dissertation can be used to enrich scientific understanding of the mechanisms of chemical transformations and the dynamics of chemical migration along river beds.

**Practical significance of the work.** The results of the dissertation can be used by the Environmental Protection Committee under the Government of the Republic of Tajikistan to assess the ecological state of the Syr Darya River and Khojabakyrkan Canal coasts and to identify stationary sources of pollution.

**Field of application:** agrometeorology, meteorology, climatology, hydrology, and the results are recommended as a database for studying other river basins.

Ба чоп 26.02.2026 ба имзо расид.  
Андозаи 60x84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Қоғаз офсетӣ.  
Хуруфи Times New Roman Tj.  
Љузъи чопӣ 3,5. Адади нашр 100 нусха.