

**НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ
ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ им. М.И.АДЫШЕВА**

Диссертационный совет Д 03.24.693

На правах рукописи
УДК: 504.06 (064.2) (062.4): 631.4: 574.58

ТОТУБАЕВА НУРЗАТ ЭРМЕКОВНА



**ВОДНЫЕ И ПОЧВЕННЫЕ ФАКТОРЫ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ
СЕВЕРА КЫРГЫЗСТАНА**

03.02.08-экология

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
доктора биологических наук

Бишкек – 2025

Работа выполнена в лаборатории Инженерной и экологической геологии
Института геологии им.М.И.Адышева НАНКР

Научные консультанты: **Кожобаев Канатбек Асекович**, доктор
технических наук, профессор, член-
корреспондент Национальной академии наук
Кыргызской Республики

Шалпыков Кайыркул Тункатарович,
доктор биологических наук, профессор, член-
корреспондент Национальной академии наук
Кыргызской Республики, директор Института
химии и фитотехнологий НАН КР

Официальные оппоненты:

Ведущая организация:

Защита диссертации состоится __ ____ 202__ года в __ часов на
заседании диссертационного совета Д 03.24.693 по защите диссертаций на
соискание ученой степени доктора биологических наук при Институте
биологии Национальной академии наук Кыргызской Республики и Исык-
Кульском государственном университете им. К. Тыныстанова по адресу:
720071, г. Бишкек, проспект Чуй, 265.

Ссылка доступа трансляции защиты диссертации:

С диссертацией можно ознакомиться в Центральной библиотеке
Национальной академии наук Кыргызской Республики (г. Бишкек, пр. Чуй,
265а), в библиотеке Исык-Кульского государственного университета им.
К. Тыныстанова (г. Каракол, ул. Тыныстанова, 26), сайте Национальной
аттестационной комиссии при Президенте Кыргызской Республики:
<https://vak.kg/>

Автореферат разослан __ ____ 202__ года.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
доктор биологических наук

Бавланкулова К.Д.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Сохранение естественных экосистем и поддержание качества окружающей среды составляют важную часть национальной безопасности и закреплены в ряде ключевых стратегических документов страны. Государственная политика в области охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов основывается на принципах устойчивого развития, включая равное внимание к экономическим, социальным и экологическим аспектам.

Благодаря своим уникальным природным системам Кыргызская Республика входит в число 200 приоритетных экологических регионов мира, что способствует развитию экологического туризма наряду с индустриальным прогрессом. Однако высокая антропогенная нагрузка на окружающую среду и уязвимость уникальных экосистем создают серьезные угрозы экологической безопасности страны. Естественные ландшафты подвергаются интенсивным преобразованиям, высокогорные пастбища деградируют, почвы эродированы, ухудшается качество водных ресурсов.

Несмотря на наличие множества научных исследований, посвященных загрязнению различных природных компонентов и их возможным последствиям, имеется необходимость в разработке интегрированной оценки экологических критериев состояния водных и почвенных экосистем. Важно дополнить существующие методы оценки, основанные на парадигме предельно допустимых концентраций (ПДК), а также найти информативные индикаторы, отражающие экологическое состояние этих экосистем и разработать концептуальные методы устойчивого управления природными ресурсами.

Следовательно, разработка оценочных критериев и методик интегрированных показателей состояния почвенных и водных экосистем в рамках конкретных объектов и территориальных границ становится не только необходимой, но и актуальной задачей, позволяющей более точно и всесторонне оценивать состояние экосистем, выявлять уязвимые участки и разрабатывать меры по их восстановлению и сохранению. Создание таких критериев также будет способствовать улучшению мониторинга экологической ситуации, что, в свою очередь, поможет в принятии обоснованных управленческих решений и обеспечении устойчивого использования природных ресурсов. Учитывая современные вызовы, такие как изменение климата и усиление антропогенной нагрузки, важно интегрировать междисциплинарные подходы и учитывать социально-экономические факторы для более эффективного управления экосистемами.

Связь темы диссертации с приоритетными научными направлениями, крупными научными программами (проектами), основными научно-исследовательскими работами, проводимыми образовательными и научными учреждениями. Тема диссертации соответствует перечню критических технологий по приоритетным направлениям развития науки в Кыргызской Республике (ППКР №511 от

13.08.2003г.). Работа выполнена в рамках выполнения задач национальной стратегии по устойчивому развитию, для осуществления Повестки дня ООН в области устойчивого развития на период до 2030года; Национальной стратегии развития Кыргызской Республики на 2018-2040 годы (УП№221 от 31.10.2018г); Национальной программы развития Кыргызской Республики до 2026 года (ППКР №435 от 12.10.2021г), в соответствии с планом НИР Кыргызско-Турецкого университета “Манас”, Дирекции Биосферной территории “Ысык-Кель”, а также в рамках выполнения мини проектов ЗАО “Кумтор” Голд Компани, ФК «Фауна энд Флора Интернэшнл» в КР, проекта ОФ “Инон” “Үч чака”.

Цель исследования. Разработка критериев и интегрированной методологии для оценки экологического состояния почвенных и водных экосистем в промышленных и урбанизированных районах севера Кыргызстана, а также экологически устойчивых технологий ремедиации и переработки отходов.

Задачи исследования:

1. Провести анализ современного состояния почвенных и водных экосистем, обосновать актуальные направления системы экологического мониторинга и разработать экологические критерии для оценки уязвимости этих экосистем, а также их способности к самовосстановлению;
2. Разработать научно-практические основы применения многокритериальных экологических индексов для комплексной оценки почвенных экосистем, подвергающихся техногенному воздействию;
3. Изучить потенциал использования фитотолерантных растений для фитотестирования нефтезагрязненных почв, для оценки степени загрязнения и эффективности природных методов восстановления почв;
4. Изучить и подобрать индикаторные виды для оценки рекреационной нагрузки на прибрежные экосистемы оз.Иссык-Куль;
5. Оценить экологическое состояние оз.Иссык-Куль, с применением экологических индексов и критериев, изучить степень преобразованности прибрежных буферных зон озера и оценить экологический риск их трансформации;
6. Изучить и обосновать критерии определения ширины прибрежной буферной зоны водных экосистем на примере озера Иссык-Куль.
7. Разработать интегрированные показатели для оценки антропогенной трансформации природных экосистем и степени их экологической нагрузки;
8. Разработать современные модели экологического мониторинга природных экосистем для эффективного управления рисками загрязнения водных и почвенных ресурсов.
9. Разработать экологически устойчивые технологии ремедиации почв промышленных объектов.

Научная новизна полученных результатов:

- впервые проведена оценка экологического состояния урбанизированных и техногенных зон (на примере почв Прииссыкулья, Ак-Тюзского рудника), с использованием индексов коэффициента насыщения, геоаккумуляции, коэффициента загрязнения, степени загрязнения, загрязняющей нагрузки, потенциального экологического риска и комплексного риска с использованием подхода ТРИАД и составлены карты пространственного распределения тяжелых металлов в почвах Прииссыкулья;
- разработаны и рекомендованы методы фитотестирования для оценки состояния почв, загрязнённых нефтепродуктами, также подобраны как устойчивые, так и чувствительные фитотесты, а также фитотолерантные растения, подходящие для фиторекультивации загрязнённых нефтепродуктами супесчаных почв в г. Балыкчи;
- впервые изучены фитоиндикационные параметры облепихи крушиновидной (*Hipporhae rhamnoides* L.) в контексте оценки рекреационной нагрузки на прибрежные экосистемы озера Иссык-Куль;
- впервые разработаны современные модели экологического мониторинга природных экосистем позволяющие своевременно выявлять угрозы, оценивать степень загрязнения и разрабатывать стратегии по предотвращению и минимизации негативного воздействия на окружающую среду.
- изучены и оценены уровни трофического состояния озера Иссык-Куль, степень трансформации прибрежных буферных зон и связанные с ними экологические риски;
- впервые определена степень экологической напряженности и оценена уязвимость прибрежных экосистем оз. Иссык-Куль с использованием интегрированного индекса уязвимости прибрежных зон и созданы оценочно-прогнозные картографические модели экосистемы оз. Иссык-Куль;
- разработаны экологически устойчивые технологии ремедиации почв на промышленных объектах (на примере рудника Кумтор), позволяющие эффективно восстанавливать загрязненные почвы, минимизируя негативное воздействие на окружающую среду, обеспечивая безопасное использование земельных ресурсов;
- изучены возможности применения местных видов высокогорных растений способные адаптироваться к локальным условиям и применимые для фиторемедиации нефтезагрязненных почв в качестве завершающего этапа ремедиации и рекультивации территорий;

Достоверность и новизна научных результатов подтверждается теоретическими и экспериментальными исследованиями.

Практическая значимость работы. Разработана система интегрированных показателей качества водных и почвенных экосистем, позволяющая государственным и муниципальным служащим, принимающим решения, анализировать результаты деятельности в области

охраны окружающей среды. Эти результаты достигаются путем определения ключевых индикаторов устойчивого развития.

Разработана и внедрена методика оценки трофического уровня водных экосистем. Рекомендовано внести изменения в национальную систему экологического мониторинга, добавив определение параметра "хлорофилл-а" и ТЛІ индекса, необходимых для комплексной оценки качества водных объектов. С учетом требуемых изменений в государственной экологической программе была разработана и внедрена научная разработка — Информационная система экологического мониторинга (ИСЭМ) озера Иссык-Куль, а также рекомендация по оптимизации системы экологического мониторинга озера Иссык-Куль (акты внедрения от 13.08.2024; 20.08.2024г. Эти системы помогут осуществлять централизованный сбор, анализ и учет использования особо охраняемых природных территорий.

Разработаны рекомендации и руководство по рекультивации нефтезагрязненного грунта полигона опасных отходов ЗАО "Кумтор" Голд Компани. Рекомендуются использовать очищенный грунт при послойной засыпке в качестве изолирующего и рекультивационного слоя полигона рудника (акт выполненных работ от 24.12.2019, С-6123 от 13.11.2018). Полученные данные аналитических и экспериментальных исследований, а также разработанные научные материалы и руководства включены в лекционные курсы и методические указания к лабораторным и практическим работам для студентов вузов, обучающихся по специальности "Экологическая инженерия".

Основные положения диссертации, выносимые на защиту:

- интегральные показатели качества почв в промышленных и техногенных зонах, разработанные с использованием комплексных индексов, коэффициентов и подхода ТРИАД;
- интегрированные индексы качества и уязвимости экосистем, а также прибрежных буферных зон озера Иссык-Куль, включая оценочно-прогнозные картографические модели;
- основные параметры обновления системы экологического мониторинга водных и почвенных экосистем с учетом дополнений к существующей системе предельно допустимых концентраций (ПДК);
- современная модель программы экологического мониторинга экосистемы оз.Иссык-Куль;
- технологические решения для снижения уровня загрязнения и рециклинга нефтезагрязненных грунтов и органических отходов твердых бытовых отходов (ТБО).

Личный вклад соискателя. Диссертация представляет собой оригинальную научную работу, которая обобщает результаты теоретических и экспериментальных исследований, в которых автор принимал непосредственное участие, в качестве исполнителя. Автор играл ключевую роль в выборе направления исследования, формулировании задачи, моделировании изучаемых процессов и осуществлял научное обоснование и

интерпретацию полученных результатов. Вклад автора является решающим и включает активное участие на всех этапах исследования, обсуждения результатов, подготовке научных статей и докладов.

Апробация результатов диссертации. Основные положения диссертации опубликованы в материалах и доложены на Междунар. науч.-практ. конф. «Сохранение экосистем Центральной Азии и устойчивое развитие: принципы, вызовы, перспективы» (Бишкек, КР, 2024), 2nd International Conference “Mountains: Biodiversity, Landscapes and Cultures” (Baku, Azerbaijan, 2024), 6th International Black Sea Modern Scientific Research Congress (Trabzon Turkiye, 2024), II-Междунар. науч.-практ. конф. “Современные проблемы биоразнообразия, экологии и биобезопасности Биосферной территории “Ысык-Кель” (Бишкек, КР, 2021), X Междунар. науч.-практ. конф. “Экология речных бассейнов” (Владимир, РФ, 2021), Междунар. конф. «Экологический мониторинг: методы и подходы» и XX Междунар. Симпозиум “Сложные системы в экстремальных условиях” (Красноярск, РФ, 2021), Междунар. конференции “Актуальные проблемы геологии и географии Тянь-Шаня и сопредельных территорий” (Бишкек, КР, 2020)

Полнота отражения результатов диссертации в публикациях. Основные положения диссертации опубликованы: 34 научных трудах и научных докладов, из них 10 в рецензируемых журналах НАК КР, 12 в журналах индексируемых в базе данных Web of Science и SCOPUS, 7 в журналах индексируемых в РИНЦ, 5 в материалах междунар. науч.-практ. конф., получено 1 авторское свидетельство, 3 актов внедрения и 2 рационализаторских предложения.

Структура и объем диссертации. Диссертация изложена на 221 странице компьютерного текста, включают 38 таблиц, 79 рисунков, 7 приложений. Диссертация состоит из введения, 5 глав, заключения, перечня сокращений и обозначений, принятых в работе, списка использованной литературы и приложений. Количество использованных библиографических источников составляет 468 наименований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

В ВВЕДЕНИИ обоснована актуальность выбранного направления исследования, определены цель и задачи диссертационной работы, а также продемонстрированы научная новизна и практическая значимость полученных результатов. Формулируются основные положения, выносимые на защиту, и приводятся сведения об апробации и публикациях результатов исследований.

ГЛАВА 1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ посвящен анализу литературных данных современного экологического состояния водных и почвенных факторов устойчивого развития Кыргызстана и в целом в мире. Интенсивный инновационный прогресс достиг колоссальных высот, однако это негативно

сказалось на качестве окружающей природной среды. В настоящее время ведущие умы мира и международные организации активно ищут стратегии для преодоления экологического кризиса, который приводит к изменению климата, деградации водных и земельных ресурсов, опустыниванию, сокращению биоразнообразия и другим серьезным проблемам. На конференции ООН в Рио-де-Жанейро, в 1992 году была предложена и принята концепция устойчивого развития официально была включена в национальные и международные политические повестки дня и взят курс в будущее с большим числом зеленых рабочих мест, экологичной энергетикой, большей безопасностью и достойным уровнем жизни нынешних и будущих поколений человечества. Для понимания как достижений, так и недостатков в продвижении концепции устойчивого развития экосистем ключевую роль играет разработка новых зеленых технологий, адаптированных из принципов природы, а также разработка индикаторов устойчивого развития, экологических критериев, норм и пределов допустимого воздействия. Множество предложенных критериев, стратегий и подходов, рассмотренные в данном литературном обзоре, должны быть адаптированы к конкретным условиям, что требует поиска решений, соответствующих локальным экологическим, социальным, экономическим особенностям и различиям. Кыргызская Республика, столкнувшись с проблемами окружающей природной среды, в 2012 году, выразила приверженность устойчивому развитию через продвижение приоритетов “зеленой” экономики и приняла политический курс страны на устойчивое развитие. Несмотря на принимаемые усилия и меры по развитию согласно принципам устойчивого развития направленных на сохранение и приумножению природных богатств страны, страна имеет значительные проблемы деградирования водных и земельных ресурсов. Учитывая, что Кыргызская Республика это высокогорная аграрная страна, расположенная в окружении обширных пустынь Центральной Азии и имеющая более 65% населения проживающего в сельской местности необходимо разрабатывать меры, стратегии, подходы, индикаторы устойчивого развития и сохранения уникальных природных экосистем страны, адаптированных к местным, региональным условиям, учитывающих культурные, экономические, экологические особенности этой уникальной горной страны.

ГЛАВА 2. МЕТОДОЛОГИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ включает выбор объектов и методов исследования, постановку экспериментов. Экспериментальные исследования охватывали два основных направления. Первое направлено на изучение объектов промышленного производства в стране, которые оказывают негативное влияние на водные и почвенные ресурсы и требуют поиска и внедрения «зеленых» технологий и научно-технических решений для реализации концепции устойчивого развития этих ресурсов в Кыргызской Республике. Второе направление включает разработку критериев оценки состояния водных и почвенных ресурсов, исследуемых природных и техногенных объектов, основанных на

экологических индексах и индикаторах, специально подобранных для оценки данных объектов. Блок-схема проведения экспериментальных исследований представлена на рисунке 2.1.



В качестве объектов исследований были выбраны техногенные экосистемы, природные горные ландшафты, прибрежные экосистемы, экосистемы городской среды (рисунок 2.2.).

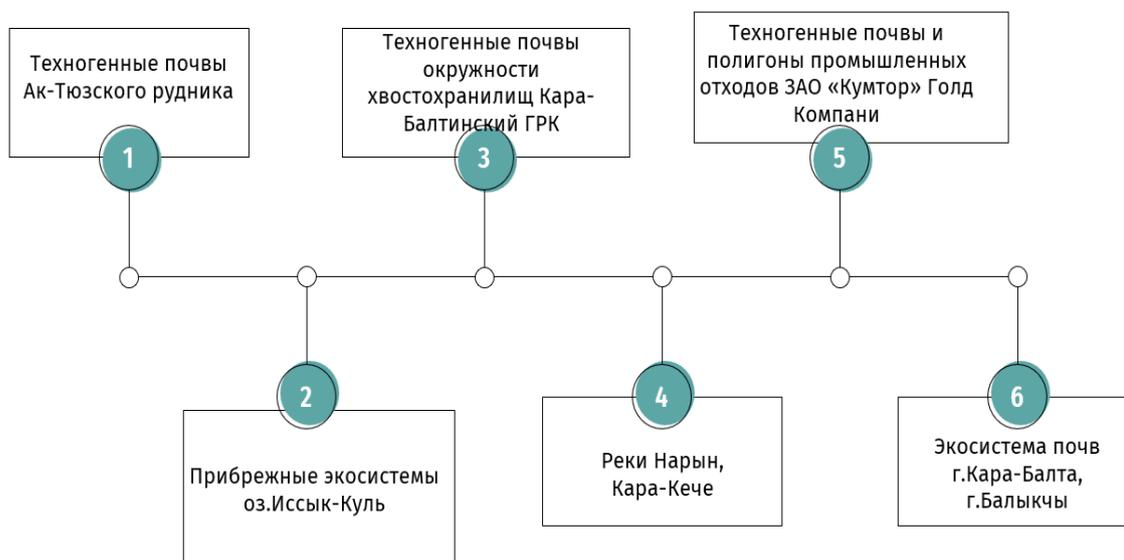


Рисунок 2.2 Объекты экспериментальных исследований

В связи с комплексностью проведенных исследований в данном разделе методы и объекты представлены в структурированном виде, сгруппированном по следующим блокам: методики оценки состояния водных и почвенных ресурсов, методики ремедиации загрязненных почв, методы рециркуляции очищенных грунтов и рационального использования природных ресурсов.

ГЛАВА 3. КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ПОЧВЕННЫХ РЕСУРСОВ ОСНОВАННЫЕ НА ИСПОЛЬЗОВАНИИ ИНТЕГРИРОВАННЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИНДЕКСОВ И ИНДИКАТОРОВ

посвящена рассмотрению актуальных экологических проблем почвенных экосистем Кыргызской Республики, а также приведены научно обоснованные аргументы в пользу перехода от традиционных методов оценки предельно допустимых концентраций (ПДК) к более комплексным, интегрированным и междисциплинарным подходам, позволяющим более точно определить экологическое состояние почвенных экосистем и установить соответствующие экологические критерии. Глава дополнена экспериментальными данными, подтверждающими необходимость и целесообразность использования экологических индексов и индикаторов для интегрированной оценки состояния как природных, так и техногенных экосистем. Это необходимо для разработки эффективных мер по их защите и восстановлению, включая почвенные экосистемы, как техногенного, так и естественного происхождения.

Одним из приоритетов страны является обеспечение устойчивого развития страны, в которой экологическая безопасность, как составная часть национальной безопасности страны, выступает основой сохранения природных систем и поддержания соответствующего качества окружающей среды. Однако страна имеет ряд существенных экологических проблем, согласно данным Национального центра по борьбе с опустыниванием из 10,6 млн. га сельскохозяйственных земель более 88% оказались деградированными и подверженными опустыниванию, площади повторного засоления почв увеличились и составляют 75% всех пахотных земель, более 50% пастбищ классифицируются как средне и сильно деградированные.

Источниками загрязнения и ухудшения экологического состояния почвенных экосистем страны являются: промышленность, сельское хозяйство и полигоны отходов производств и человеческой деятельности.

Были апробированы методы соотношения различных экологических индексов для оценки состояния урбанизированных экосистем Иссык-Кульской области на загрязнение тяжелыми металлами, которое оценивали с помощью индексов коэффициент обогащения (EF), индекс геоаккумуляции (I_{geo}), коэффициент загрязнения (CF), степень загрязнения (Cd), индекс потенциального экологического риска (PER) и индекс экологического риска (RI) с использованием подхода ТРИАД. Образцы почвы были проанализированы на содержание Pb, Zn, Fe, Cu и Cd. Содержание тяжелых металлов в почвах Иссык-Кульской области, представленное в таблице 3.2.1, показывает, что Zn и Pb были выше во всех исследуемых зонах, в то время как значения Cu и Cd были ниже в западной зоне. На рисунке 3.2.1 показаны карты пространственного распределения Co, Cu, Pb и Zn в почве. Красные цвета показывают более высокие концентрации тяжелых металлов на геохимических картах, в то время как зеленые цвета указывают на низкие концентрации.

Таблица 3.2.1 - Средние значения содержания тяжелых металлов в почве.

Зоны Иссык-Куля	Pb	Cd	Cu	Zn	Fe
Западная зона	32 ± 3.27	0.3 ± 0.08	18 ± 1.63	60 ± 5.89	233 ± 7.89
Северная зона	28.5 ± 8.28	0.55 ± 0.29	22 ± 3.21	61.3 ± 13.46	316.7 ± 5.87
Южная зона	29.4 ± 8.82	0.56 ± 0.21	20.5 ± 5.68	65.1 ± 5.21	342.5 ± 4.19
Восточная зона	24.6 ± 4.44	0.55 ± 0.15	21.4 ± 4.82	69.9 ± 6.62	308.6 ± 7.87
Фон	21.7 ± 9.61	0.50 ± 0.15	22.7 ± 6.43	41.3 ± 10.26	380 ± 9.87

Среднее и стандартное отклонение, $\bar{X} \pm SD$

Характер распределения Co и Cu указывает на низкую пространственную неоднородность. Судя по картам, самые высокие концентрации выбранных тяжелых металлов в образцах почвы были обнаружены вблизи промышленных предприятий, деятельности, такой как транспорт и сельское хозяйство.

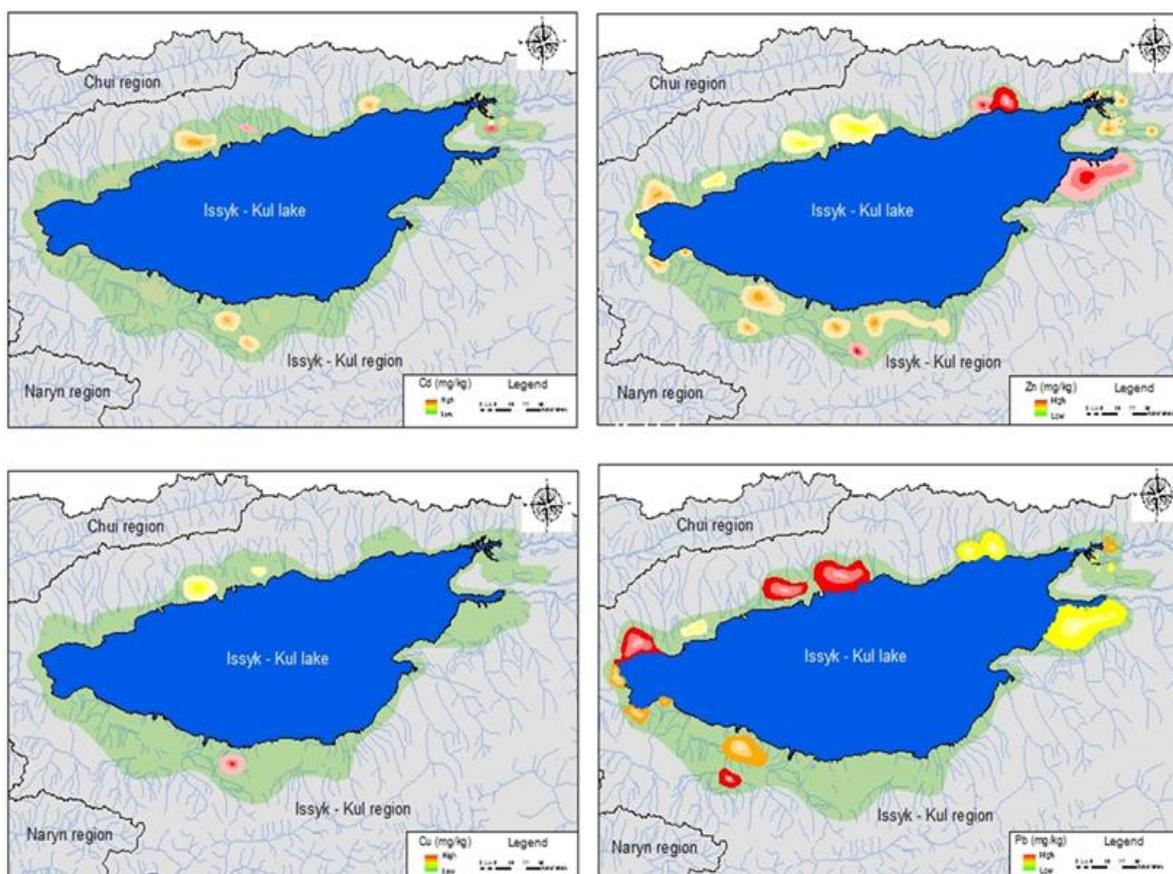


Рисунок 3.2.1 Пространственное распределение тяжелых металлов в почвах Прииссыккуля.

Значения коэффициента обогащения для исследуемых районов представлены в табл. 3.2.2

Таблица 3.2.2 - Коэффициент обогащения почвы на исследуемой территории

Зоны Иссык-Куля	Pb	Cd	Cu	Zn
Западная зона	2.41	0.98	1.29	1.14
Северная зона	1.58	1.32	1.17	0.85
Южная зона	1.50	1.24	1.01	0.84
Восточная зона	1.40	1.35	1.17	1.00

Коэффициенты обогащения в западной зоне располагались в следующем порядке: Pb (2.41) > Cu (1.29) > Zn (1.14) > Cd (0.98). Во всех остальных зонах значения коэффициентов обогащения следовали в следующей последовательности: Pb > Cd > Cu > Zn. В западной зоне Pb имел самый высокий коэффициент обогащения, что позволило классифицировать почву как умеренно обогащенную Pb. Исходя из классификации, значения коэффициентов обогащения Cu, Zn и Cd в западной зоне были ниже 2 ($EF < 2$), что свидетельствует о минимальном обогащении. Исходя из коэффициента обогащения, остальные исследованные почвы были минимально обогащены Pb, Cd, Cu и Zn, за исключением северных и южных почв, которые были незагрязнены Zn.

Рассчитанные значения I_{geo} для токсичных металлов в почвах, собранных из четырех зон Иссык-Куля, представлены в табл. 3.2.3. Во всех зонах значения I_{geo} следовали в следующем порядке: Zn > Pb > Cu > Cd.

В целом, Zn, Pb и Cu имели самые высокие значения индекса I_{geo} во всех зонах исследования. Самое высокое значение индекса геоаккумуляции Pb наблюдается в западной зоне (8.85) и южной зоне (8.73), а Zn - в восточной зоне (10.91) и южной зоне (10.81). На основании индекса геоаккумуляции во всех зонах почва классифицируется как очень загрязненная Zn, Pb и Cu. Отрицательные значения, наблюдаемые для Cd, свидетельствуют о низком уровне загрязнения.

Таблица 3.2.3 - Индексы геоаккумуляции (I_{geo}) тяжелых металлов в почве на исследуемой территории

Зоны Иссык-Куля	Pb	Cd	Cu	Zn
Западная зона	8.85	- 3.32	8.09	10.69
Северная зона	8.69	- 2.45	8.38	10.72
Южная зона	8.73	- 2.42	8.28	10.81
Восточная зона	8.48	- 2.45	8.34	10.91

Таблица 3.2.4 - Коэффициенты загрязнения (K_z) и степень загрязнения (C_z) тяжелыми металлами на исследуемой территории.

Зоны Иссык-Куля	Pb	Cd	Cu	Zn	Cdegree
Западная зона	1.47	0.60	0.79	1.45	4.32
Северная зона	1.31	1.10	0.97	1.48	4.87
Южная зона	1.35	1.12	0.90	1.58	4.95
Восточная зона	1.13	1.10	0.94	1.69	4.87

Как видно из таблицы 3.2.4 Zn имел высокие значения загрязнения 1.69 в восточной зоне, в то время как в других зонах значения колебались в

пределах 1.45-1.58, что также относится к умеренному загрязнению. Pb, Zn, Cd во всех зонах классифицируются как умеренно загрязненные, за исключением западной зоны, где почва слабо загрязнена Cd.

Cu имел наименьшие значения коэффициента загрязнения во всех зонах 0.79-0.94 и классифицировалась как слабо загрязненные.

Коэффициенты загрязнения в западной зоне в порядке возрастания следовали аналогичной тенденции: Pb > Zn > Cu > Cd, а в других исследованных зонах: Zn > Pb > Cd > Cu.

По степени загрязнения почв Иссык-Куль относится к слабозагрязненным тяжелым металлам. Значения степени загрязнения составляют 4.32; 4.87; 4.95 и 4.87 соответственно в западной, северной, южной и восточной зонах.

Таблица 3.2.5 - Индекс нагрузки загрязнения (PLI) тяжелыми металлами на исследуемой территории.

	Западная зона	Северная зона	Южная зона	Восточная зона
PLI	0.25	0.52	0.54	0.50

Данные табл.3.2.5, показывают, что в исследуемых зонах значения PLI варьировали в диапазоне 0.25-0.54, что ниже 1 и свидетельствует об отсутствии загрязняющей нагрузки.

Таблица 3.2.6 - Потенциальный экологический риск (PERI) тяжелых металлов на исследуемой территории.

Зоны Иссык-Куля	E _i				PERI
	Pb	Cd	Cu	Zn	
Западная зона	7.37	18.00	3.96	1.45	30.79
Северная зона	6.57	33.00	4.85	1.48	45.90
Южная зона	6.77	33,60	4.52	1.58	46.47
Восточная зона	5.67	33.00	4.71	1.69	45.07

Потенциальный экологический риск (PERI) отдельных тяжелых металлов в образцах почвы был оценен и представлен в табл. 3.2.6. Во всех зонах значения потенциального экологического риска варьируют от 30.79 до 46.47 и свидетельствуют о низком уровне риска.

Экологическая оценка почвы по методу ТРИАД была апробирована в западной зоне Иссык-Кульской области. Этот регион является важным транспортным узлом области и обуславливает высокий риск загрязнения почвы тяжелыми металлами. При изучении влияния транспортного загрязнения на почвенные микроорганизмы наблюдалось снижение численности и видового разнообразия всех изученных групп микроорганизмов, за исключением грибов, что свидетельствует об их толерантности к данному виду загрязнения. Численность актиномицетов была незначительной. Наблюдались секции *Cinereus*, *Helvolo Flavus* и *Roseus*. Штаммы микромицетов были идентифицированы как *Aspergillus*, *Fusarium* и *Penicillium*.

Тест-культуры показали высокую чувствительность к тяжелым металлам, и в нашем исследовании они были установлены в следующем порядке: *Raphanus sativus* < *Lepidium sativa* < *Avéna sativa*. Наиболее чувствительными оказались семена *Raphanus sativus*, прорастание которых составило 7%.

Продемонстрирована высокая токсичность, вызывающая прорастание семян *Raphanus sativus* более чем на 50%, что подтверждает наибольшую информативность биотического контроля токсичности природных сред.

На рисунке 3.2.2 представлены результаты химических, токсикологических и биоиндикационных данных.

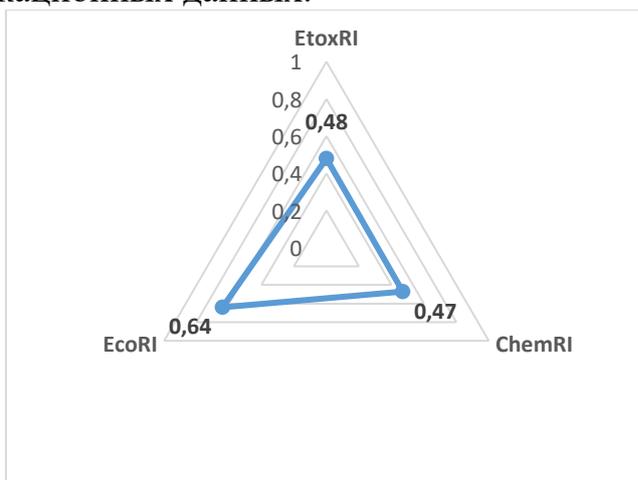


Рисунок 3.2.2 Рассчитанные индексы риска (RI): химический (ChemRI), экотоксикологический (EtoxRI), экологический (EcoRI)

Результаты данного исследования показали значительные колебания концентраций тяжелых металлов в пределах исследуемой территории. Концентрации тяжелых металлов в почвах Иссык-Куля располагались в следующем порядке возрастания: Zn > Pb > Cu > Cd. Такие показатели, как коэффициент обогащения и коэффициент загрязнения, показали, что почвы Иссык-Куля умеренно загрязнены Pb, Zn и Cd; геоаккумуляция выявила экстремальное загрязнение Pb, Zn и Cu. Потенциальный экологический риск оценивается как низкий, в то время как подход ТРИАД характеризует почву как сильно загрязненную и показывает, что использование биотических компонентов при оценке степени загрязнения является информативным. Результаты данного исследования показывают, что необходимо принять адекватные меры по ограничению и регулированию деятельности человека в районе озера Иссык-Куль, чтобы защитить почву от дальнейшего ухудшения и загрязнения. Важен правильный выбор информативных методов, позволяющих оценить реальное состояние экосистемы. Различные экологические индексы, оценивающие состояние урбанизированных экосистем, показали разную степень влияния. Такие индексы, как коэффициент обогащения, коэффициент загрязнения, геоаккумуляция и потенциальный экологический риск, указывают в основном на загрязнение почв определенными тяжелыми металлами, а метод ТРИАД, оценивающий состояние среды по трем основным показателям (химическим, экотоксикологическим и биоиндикационным), позволяет наиболее

достоверно оценить экологическое состояние сложной почвенной экосистемы. Подтверждая, что для комплексной оценки состояния почвенной экосистемы важно учитывать состояние биоты как неотъемлемой части оцениваемой экосистемы.

Фитотестирование и фиторекультивация нефтезагрязненных почв с помощью фитотолерантных растений. Проведено фитотестирование растений в нефтезагрязненной почве города Балыкчы, для изучения возможностей применения высших растений в качестве одного из звеньев технологической цепочки рекультивации почв.

В качестве тест-объектов были использованы: кукуруза сахарная (*Zéa máys*), овес посевной (*Avéna satíva*), горох посевной (*Lathyrus oleraceus*), эспарцет посевной (*Onobrychis viciifolia*), подсолнечник масличный (*Heliánthus ánnuus*), костер полевой (*Brómus arvensis*), мятлик полевой (*Poa praténse L.*). Содержание нефтепродуктов в исследованной почве составило 7067,5 мг/кг, в фоновом образце почвы 60 мг/кг.

Первые проростки растений появились на 4-7-е сутки (рисунок 3.2.5). Высокая всхожесть произрастания наблюдалась у кукурузы сахарной (*Zéa máys*) (88,3%) и овса посевного (*Avéna satíva*) (85 %). Остальные виды растений по всхожести расположились в следующем порядке: горох посевной (*Lathyrus oleraceus*) (67,86%)> эспарцет посевной (*Onobrychis viciifolia*)> (55%)> подсолнечник масличный (*Heliánthus ánnuus*) (45%)> костер полевой (*Brómus arvensis*)> (38,3)> мятлик полевой (*Poa praténse L.*) (21,7%).

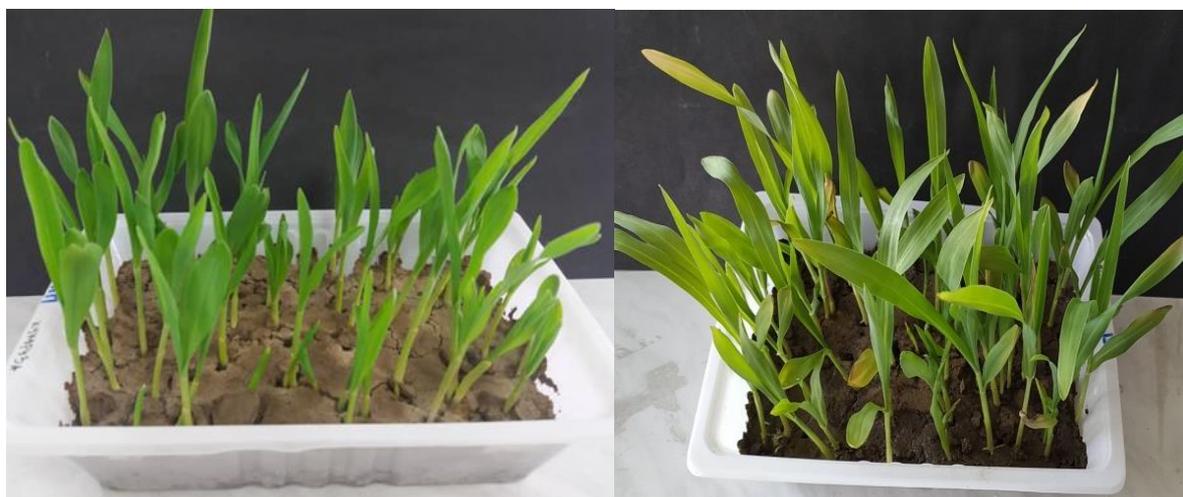
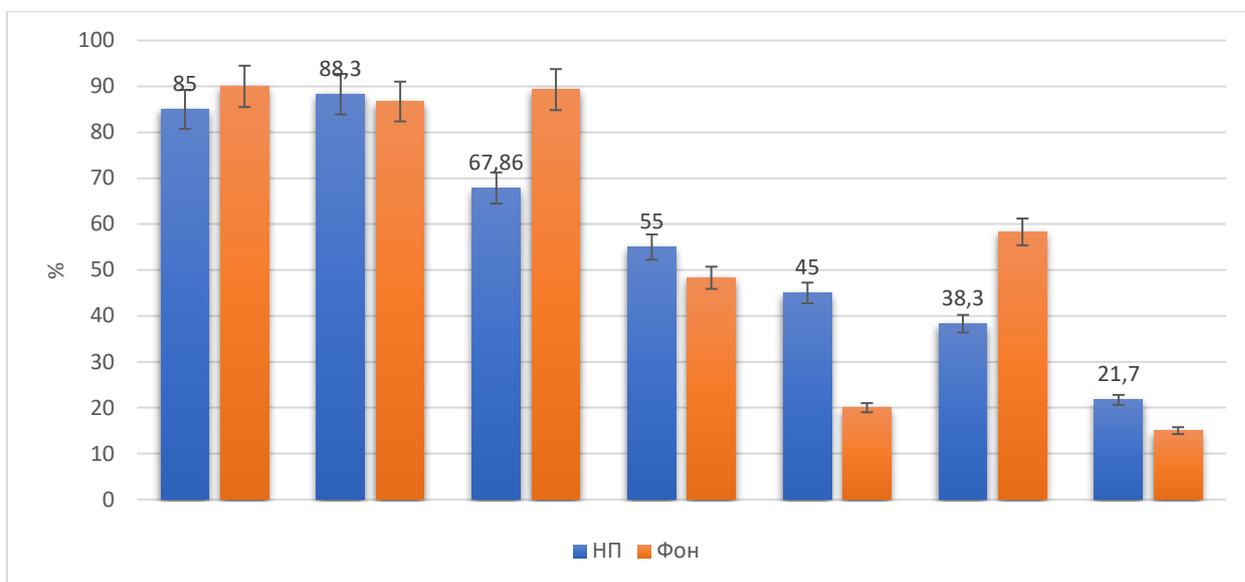


Рисунок 3.2.5 Всхожесть кукурузы (*Zéa máys*) на 7-е и 14-е сутки

В исследуемой почве у мятлика полевого (*Poa praténse L.*) и костра полевого (*Brómus arvensis*) отмечен наименьший рост корня в сравнении с фоновыми показателями, что обуславливает их корневую систему чувствительной к нефтяному загрязнению (рис.3.2.6). Как видно из рис. 3.2.7 однодольные и двудольные растения не различаются превышением длины корня к длине побега проростков. Однако, наиболее адекватную оценку фитотоксичности

почв дали однодольные растения – овес посевной (*Аvéна satíva*), мятлик полевой (*Poa praténse L.*), костер полевой (*Brómus arvensis*) и кукуруза сахарная (*Zéa máys*).



Примечание: НП - нефтезагрязненная почва.

Рисунок 3.2.6 Всхожесть тест – культур на 21 сутки, %

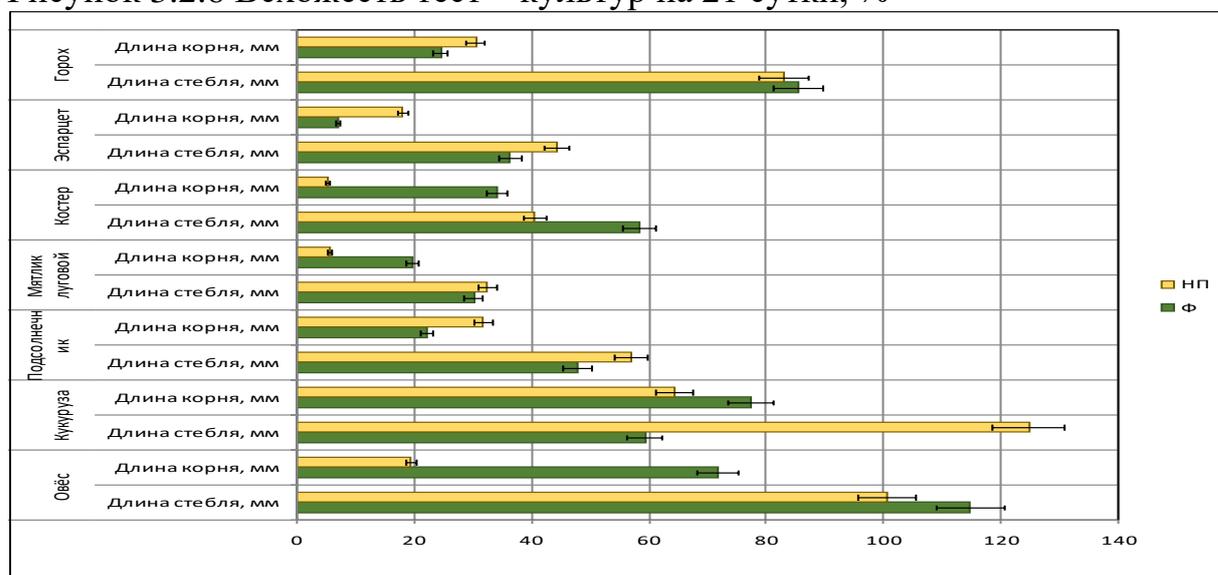


Рисунок 3.2.7 Средние отношения длины корня к длине побега тест-культур

Таким образом, проведённые исследования показали, что тест-культуры растений по-разному реагируют на нефтяное загрязнение. Наиболее толерантными к загрязнению нефтепродуктами оказались кукуруза сахарная (*Zéa máys*), овес посевной (*Аvéна satíva*), горох посевной (*Lathyrus oleraceus*) и эспарцет посевной (*Onobrychis viciifolia*), с показателями всхожести 88,3%, 85%, 67,86% и 55% соответственно. Эти результаты свидетельствуют о том, что указанные виды могут быть эффективно использованы для

фиторекультивации супесчаной почвы при умеренном уровне загрязнения нефтепродуктами.

Изучение возможности использования фитоиндикации рекреационной нагрузки на прибрежные экосистемы оз.Иссык-Куль показали возможность применения облепихи крушиновидной (*Hippophae rhamnoides*) в качестве фитоиндикатора рекреационной нагрузки на экосистемы озер. Информативными оказались такие показатели как изменения листовой пластины и соотношение женских и мужских особей в сообществе. Несмотря на визуальное обилие кустарников в наиболее нагруженных зонах побережья озера Иссык-Куль, при детальном исследовании и сравнении в кустарниками произрастающими в заповедной зоне показали существенное их различие по морфологическим признакам.

Между средними показателями длины плода и длин плодоножек связей не выявлено. По средним показателям длины плода площади изучения расположились в следующем порядке: самыми длинными плодами обладали кустарники в пунктах Бостери и Чолпон-Ата, имеющие 7,8 мм, самый меньший показатель отмечен в пункте Чоң-Сары-Ой - 7,2 мм, а в контрольном варианте – 7,3 мм. Диапазон изменчивости составил – 0,6 мм.

Диаметр плода является одним из важных критериев с экономической точки зрения. Наши исследования показали, что образцы пункта Чолпон-Ата обладали наибольшими диаметрами плода, среднее значение которого составило 6,7 мм. Показатели из всех остальных пунктов оказались в диапазоне 5,1-5,9 мм, при этом диапазон изменчивости составил 1,6 мм (табл.3.2.14). Следующим показателем, вызывающим интерес является масса плода. Во всех исследованных образцах масса плода варьировала в пределах 0,6-0,2 гр, и характеризуются как мелкоплодные.

Таблица 3.2.14-Биометрические показатели плодов облепихи Прииссыккуля

№ п/п	Места сбора	Средние величины параметров							
		Длина плодоножки		Длина плода		Диаметр плода		Масса плода	
		Средние значения $M \pm m$, мм	Cv, %	Средние значения $M \pm m$, мм	Cv, %	Средние значения $M \pm m$, мм	Cv, %	Средние значения $M \pm m$, гр	Cv, %
1	Отгук	3.8±0.2	2.1	7.3±0.6	0.7	5.1±0.4	1.0	0.2±0.1	10.0
2	Тамчы	3.0±0.3	2.6	7.6±0.5	0.6	5.4±0.5	0.9	0.6±0.4	3.3
3	Чон-Сары-Ой	2.8±0.2	0.5	7.2±0.7	0.7	5.9±0.4	0.8	0.4±0.3	5.0
4	Чолпон-Ата	3.2±0.3	1.9	7.8±0.7	0.6	6.7±0.6	0.7	0.2±0.3	10.0
5	Бостери	2.5±0.3	3.2	7.8±0.6	0.6	5.9±0.5	0.8	0.2±0.2	10.0
Среднезвеньевые величины		3.1		7.5		5.8		0.4	

Несмотря на то, что средний диаметр плода в пункте Чолпон -Ата был больше, чем в остальных пунктах, оказалось, что это не влияет на массу плода, среднее значение которых составила 0,2 гр. В условиях повышенного антропогенного давления на экосистемы заросли облепихи подвергаются механическим повреждениям, что приводит к их угнетению, в особенности женских особей облепихи. Как видно из рис. 3.2.10, процентное содержание женских особей было низким и варьировала в пределах 20 до 30% в сильно подверженных антропогенному воздействию. А в заповедной зоне (Оттук), процент содержания женских особей составил 46%, что на 4% больше чем мужских особей, а в пункте Булан-Соготту, процентное содержание женских особей был близок к контрольному варианту и составил 45%, этот пункт оценен как менее нагруженный.

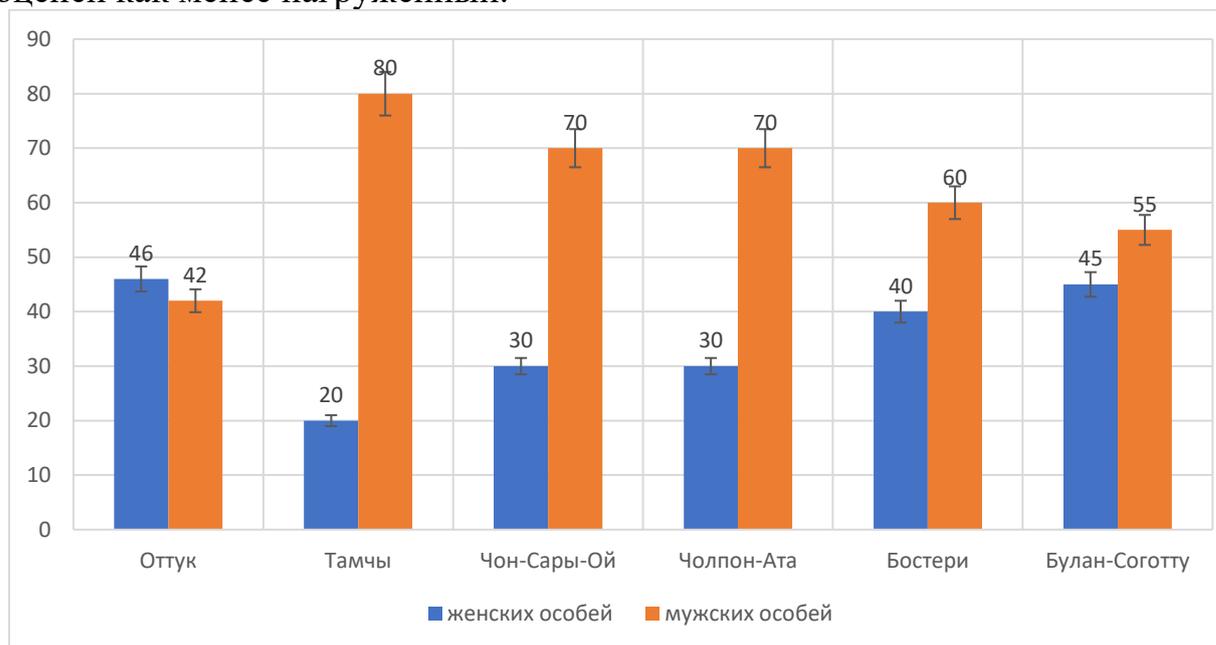


Рисунок 3.2.10 Процентное содержание мужских и женских особей в исследуемых пунктах

Следовательно, процентное содержание мужских и женских особей в прибрежной зоне может служить наиболее информативным фитоиндикатором степени антропогенного воздействия на экосистему озера. Таким образом, можно предположить, что умеренная, дозированная нагрузка, с учетом экологической емкости среды, на экосистему озера ключ к устойчивому и долговременному использованию экосистемных услуг и получения долгосрочной прибыли для местного сообщества, а фитоиндикационные показатели облепихи крушиновидной (*Hippophae rhamnoides* L.) могут служить оперативными показателями степени нагружаемости прибрежных экосистем и успешно использованы при оценке экологического состояния прибрежных зон, а также могут быть использованы при разработке интегрального плана управления. Определение указанных фитоиндикационных показателей оперативны, достоверны, сравнительно малозатратны, могут быть оценены в полевых условиях инспекторами экологических служб.

ГЛАВА 4. КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ ОСНОВАННЫЕ НА ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИНДЕКСОВ И ИНДИКАТОРОВ

посвящена рассмотрению актуальных экологических проблем водных экосистем Кыргызской Республики. В главе анализируются данные характеризующие качество вод рек Нарын, Кара-Кече и озера Иссык-Куль и приводятся аргументы о необходимости применения экологических индексов для оценки их качества. Исследования оценки качества воды озера Иссык-Куль показали, что измеряемые физико-химические параметры не достаточны для анализа его трофического статуса, и нуждаются в поиске более комплексных подходов его оценки.

По официальным данным, основанным на показателях гидрохимического анализа, гидрохимический состав воды озера Иссык-Куль неизменен, что соответствует требуемым нормам. Однако, детальные рекогносцировочные обследования проведенные нами показали, что качество воды озера имеет тенденцию к загрязнению. На рис.4.2.1, 4.2.2 и 4.2.3 приведены фотографии сделанные летом 2020, летом 2022 года и летом 2024 года, ситуация явно не из лучших. Были проведены детальные исследования оценки качества воды озера, с использованием параметра “хлорофилла-а”. Было установлено, что трофический статус озера в 43% исследованных зонах имеет тенденцию сдвига с олиготрофности в сторону мезотрофности, подтверждая о необходимости применения индекса TLI для получения более точной информации о состоянии водных экосистем. Детальный анализ показателей, данных табл. 4.2.1 и 4.2.2 показывает, высокий показатель индекса TLI (TN) в заливе Балыкчы и в районе с.Чок-Тал, что свидетельствует об изменении ультраолиготрофного статуса и перехода его в мезотрофный статус, причиной которой могут являться повышенное поступление биогенных элементов в озеро. Источниками которых могут быть как рекреационные нагрузки, так и сельскохозяйственная деятельность.



Рисунок 4.2.1 Качество воды оз.Иссык-Куль, 2020г



рисунок 4.2.2 Качество воды оз.Иссык-Куль, 2022г.



Рисунок 4.2.3 Качество воды оз.Иссык-Куль, 2024 г.

Таблица 4.2.1- Показатели состояния оз.Иссык-Куль по индексу TLI, 2017 год

Points	Range	TN	TP	SD	TSI	
Tyup region, 15,5 km from the starting point	0.5 m	45.00767	32.22392	27	34.74387	Olig
Balykchy, № 30a	0.5 m	53.54917	27.36966	30	36.97294	Olig
Chok-Tal vil, № 11a	0.5m	45.00767	24.15037	25	31.38602	Olig
Cholpon-ata,	0.5m	36.07683	20,0	15	23.69228	Olig
Grigorevka vil , № 9a	0.5m	34.44184	14.15037	20	22.86407	Olig
Bosteri village	0.5 m	49.50075	20.0	27	32.16692	Olig

Анализ результатов по фосфору TLI(TP) показал, что наибольший его показатель содержался в образцах проб в г.Чолпон-Ата (49). Самое низкое же его значение зафиксировано в районе пгт. Каджи-Сай. Расчет индекса TLI (Chl-a) показал высокое содержание его в пункте с.Чок-Тал. Знание трофического статуса имеет фундаментальное значение для понимания состояния и функционирования озерных экосистем.

Таблица 4.2.2- Показатели состояния оз.Иссык-Куль по индексу TLI, 2022 год

Address	Range	TN	TP	SD	Chl-a	TSI(average values:TN,T P,SD)		Chl-A	TSI(average values:TN,TP, SD,Chl-a)	
Kadji-Say region,	0,5 m	47	30	25	44	34	Olig	44	36	Olig
Balykchy, № 30a	0,5m	49	32	31	64	38	Olig	64	44	Olig
Chok-Tal vil, № 11a	0,5m	49	30	29	87	36	Olig	87	49	Meso tr
Cholpon-Ata	0,5m	49	37	26	50	38	Olig	50	41	Olig
Cholpon-Ata, №25a	25m	42	34	26	45	34	Olig	45	37	Olig
Grigorevka village	0,5m	38	36	34	51	36	Olig	51	40	Olig
Bosteri village	0,5 m	37	39	36	54	37	Olig	54	41	Olig

С целью интерполирования пространственного распределения некоторых свойств качества воды оз.Иссык-Куль были разработаны три различные модели: Стабильная, Гауссовская и Рационально-квадратичная. Низкие значения коэффициента надежности указывают на то, что выбранная схема отбора проб и расстояния между ними подходят для моделирования пространственной изменчивости свойств воды. В то время как величина показателя надежности объясняет ошибку при отборе и анализе переменных, нулевое значение параметра надежности объясняет отсутствие ошибки измерения и изменчивости на коротких расстояниях. Результаты показали, что все модели являются надежными (табл. 4.2.3).

Таблица 4.2.3- Свойства некоторых Kriging-моделей индекса качества воды

Индекс качества воды	Модель I	Регрессионная функция	Nugget, Co	Range, A	Sill, Co+C	Nugget/Sill, %	ME1	RMSSE2
TN	Stable	$-2.15 * x + 0.96$	0	1	0.06	0.00	0.1	1.01
TP	Gaussian	$-164.59 * x + 0.73$	0	1.07	0	0	0.0002	0.9
Chl-a	Rational Quadratic	$-0.42 * x + 3.02$	0,1	0.48	107.87	0.1	7.82	0.7

Согласно построенным картам пространственных изменений, концентрация нитратов в озере Иссык-Куль варьирует в пределах 0-0.9 мг/л, при этом установлено, что она сосредоточена в восточной части озера (рисунок 4.2.7).

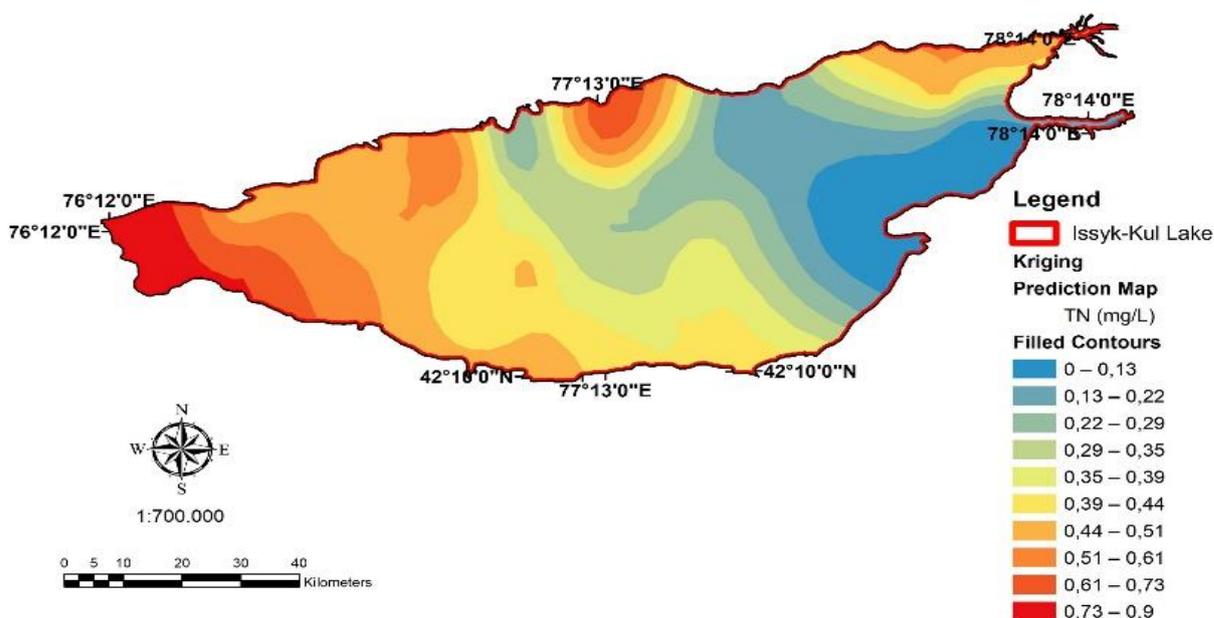


Рисунок 4.2.7 Пространственное распределение концентраций нитратов

Концентрация фосфора в озере варьировала в пределах 0-0.0067 мг/л, фосфор был сконцентрирован в северо-восточной части озера (рисунок 4.2.8).

Концентрация, хлорофилла-а в озере колебалась в пределах 0-1.87 мг/л и сосредоточена в северо-западной части озера (рисунок 4.2.9).

Таким образом, согласно проведенным исследованиям, трофический уровень озера от ультраолиготрофного постепенно, в наиболее урбанизированных местах, переходит в мезотрофное состояние. Если в 2017 году все исследованные точки имели статус ультраолиготрофных, за исключением одной точки (Балыкчи) - статус которой был олиготрофным, то в 2022 году статус ультраолиготрофных пунктов не был зафиксирован, две точки перешли в мезотрофный статус.

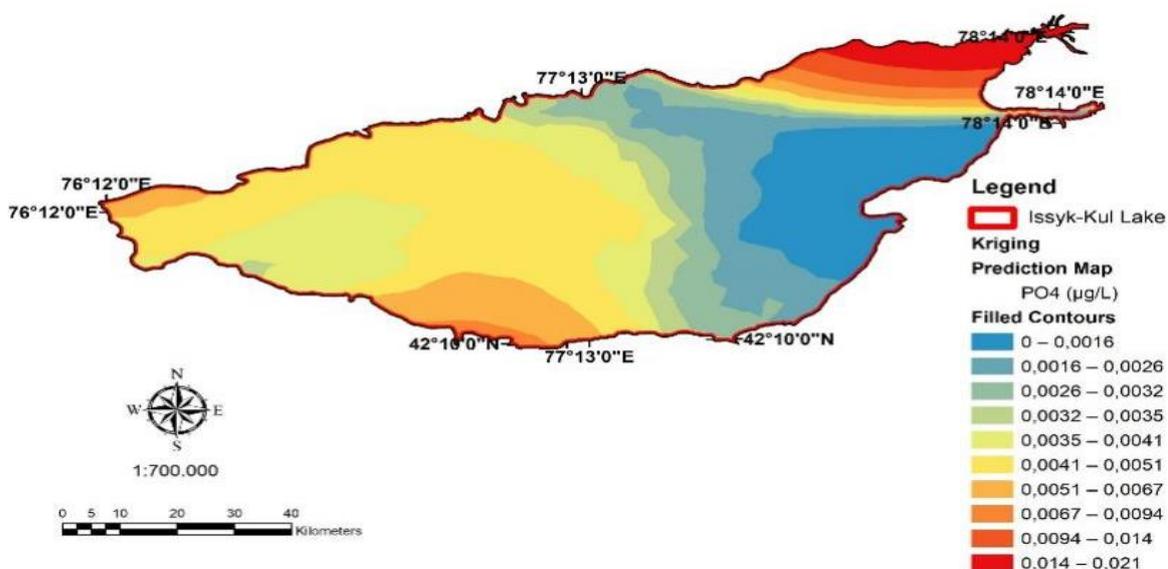


Рисунок 4.2.8 Пространственное распределение концентраций PO₄

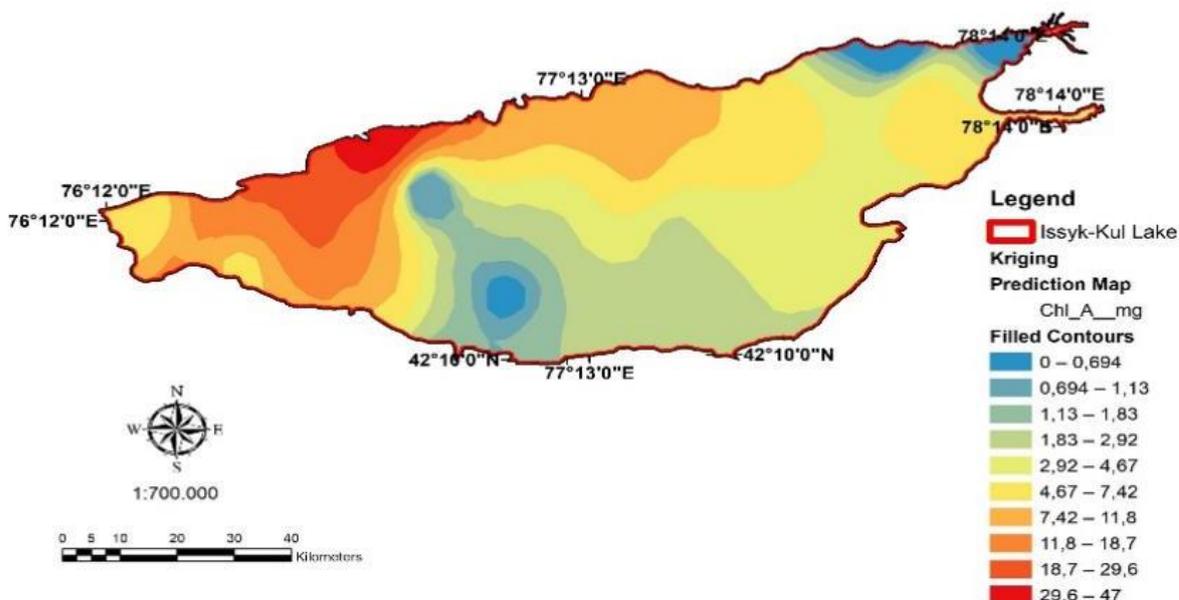


Рисунок 4.2.9 Пространственное распределение концентраций Chl-a

Было проанализировано экологическое состояние прибрежных буферных экосистем озера Иссык-Куль и их роль в устойчивом развитии.

Проведенные исследования, показали, что с 2000 года идет тенденция снижения площади прибрежных буферных земель (табл. 4.3.1).

Таблица 4.3.1 Площадь преобразованных прибрежных буферных зон на расстоянии 100 м и 500м, га

Трансформация ПБЗ	2012г.	2017г.	2021г.
всего на расстоянии 100 метров имеется 2306 га земель			
застройки на расстоянии 100 м	104.52	220.71	329.6
всего на расстоянии 500 метров имеется 8551 га земель			
с/х земли на расстоянии-500 м	2429	2189.65	2116.4
застройки на расстоянии 500 м	446	663.78	910.09

Данные табл.4.3.1 показывают, что прибрежные буферные зоны (ПБЗ) заметно уменьшаются, с 2010 года на расстоянии 100 метров от береговой линии застроено ПБЗ 14.5%, а на расстоянии 500 метров застроено всего 35.6% ПБЗ или 64.4% составляют естественные экосистемы. Если учесть, что для сохранения самовосстанавливающей способности рекомендуется сохранить 70% экосистем, то превышение преобразования уже составляет 5.6%.

Согласно анализу, прибрежные буферные зоны были трансформированы для следующих целей: 104.52 в 2012 году, 220.71 в 2017 году и 333.4 га на 100 м площади застройки в 2021 году. Для пашни на 500 метров в 2012 году - 2 429, в 2017 году - 2 189.65, в 2021 году - 2 135.18. В 2012 году - 446, в 2017 году – 663.78, в 2021 году – 910.09 га земли под застройку (жилые дома, гостевые дома, санатории, кафе). Следовательно, прибрежная растительность была вырублена в основном под застройку.

Нерациональное преобразование прибрежных экосистем озер приводит к целому ряду экологических проблем, в том числе риску потери качества воды и эвтрофикации водоемов. Какова должна быть оптимальная ширина прибрежной буферной зоны? Для ответа на поставленный вопрос был использован метод “соотношение цены – выгоды”, в котором оптимальная ширина буферной зоны рассчитывалась на основе экономико-экологических выгод и экономической стоимости инвестиций на восстановление преобразованного ландшафта. Были смоделированы влияния изменения структуры буферной зоны на качество воды озера путем разработки сценариев экологических измерений.

Согласно статистическим данным на 2012-2022 годы, необходимо вернуть 333.4 га застроенных земель под кустарники или пастбища, чтобы предотвратить усиление процесса эвтрофикации и сохранить устойчивый рекреационный потенциал озера. В наших условиях, на примере озера Иссык-Куль, ширина буферной зоны для экосистем варьировала от 200 м в наименее урбанизированных зонах до 600 м в наиболее урбанизированных.

Результаты значения величины δ позволяют сделать вывод, что с увеличением степени трансформации прибрежные территории теряют свою экологическую ценность, и затраты на их восстановление возрастают, стало быть для сохранения экологического баланса потребуется большая ширина прибрежной буферной зоны.

Также исследования показали, что трансформация прибрежных буферных зон имеет прямую корреляцию с увеличением в воде хлорофилла-а табл.4.5.1

Таблица 4.5.1 - Зависимость трансформации на значение индекса TLI

Годы	Средний TLI	% преобразованных площадей на расстоянии 100м	% преобразованных площадей на расстоянии 500м
2017	23.42	9.57	33.37
2022	37.34	14.46	35.61

Как видно из табл.4.5.1 с увеличением процента трансформированных земель растёт и индекс трофического уровня воды оз.Иссык-Куль, что показывает значимость лимитирования трансформирования прибрежных буферных земель для устойчивого развития и использования экосистемы озера.

Для сохранения природной экосистемы и обеспечения устойчивого развития и получения выгод от экосистемных услуг не нанося ему ущерба необходимо владеть полной информацией о состояниях, возможных последствиях принимаемых действий, для достижения чего ключевым фактором является правильно организованный экологический мониторинг. На основании полученных данных была разработана научная информационная система экологического мониторинга оз.Иссык-Куль (ИСЭМ), позволяющая получать информацию и автоматизированно рассчитывать индекс TLI, ширину прибрежной буферной зоны озера, в зависимости от преобразования прибрежных буферных зон, на базе Инженерного факультета КТУ Манас и внедрена в производство для практического применения (акты внедрения прилагаются). Разработанные научные разработки позволяют не только собирать аналитические данные, но и позволяют анализировать и принимать соответствующие меры предотвращающие ухудшение экологического состояния экосистемы озера.

Интегрированный индекс уязвимости как основа устойчивого развития прибрежной зоны: анализ на примере озера Иссык-Куль. С целью определения и оценки уязвимости прибрежных экосистем, на примере прибрежной экосистемы оз.Иссык-Куль был определен интегрированный индекс прибрежной уязвимости (ICVI), в расчете которого был использован индекс прибрежной уязвимости (CVI) и социально-экономический индекс уязвимости (SVI).

Влияние человеческой деятельности на прибрежную территорию оз.Иссык-Куль был оценен количественно путем расчета социально-экономического индекса (SVI) изучаемого района. SVI иллюстрирует степень угрозы

социально-экономических факторов для прибрежных территорий. Данный анализ проводился путем сбора материала, статистических данных и подсчета индекса SVI для каждого административно-территориального района Иссык-Кульской области.

Согласно проведенным расчетам, степень уязвимости, связанная с количеством рекреационных объектов вокруг озера Иссык-Куль, является самой высокой для всех районов, кроме Тюпского. Степень уязвимости, связанная с землепользованием, высока для всех районов. Интенсивное земледелие в прибрежной зоне приводит к трансформации природного ландшафта побережья. Антропогенное воздействие - урбанизация территории, развитие промышленности, транспорта, выпас скота, орошение земель являются негативными факторами, угрожающими экологической безопасности Иссык-Кульской области. Загрязненные участки, связанные с результатами деятельности горнодобывающей промышленности, представляют высокий риск с точки зрения экологических последствий.



Рисунок 4.6.3 Пространственная изменчивость индекса социально-экономической уязвимости (SVI) побережья оз.Иссык-Куль

По социально-экономической уязвимости значения SVI варьировались следующим образом: Иссык-Куль (237,2) > Тон (158,1) > Ак-Суу (125,0) > Тюп (42,43) > Джеты-Огуз (24,49). Тюпский и Джеты-Огузский районы имеют более слабую степень уязвимости из-за низкой плотности населения, отсутствия современной инфраструктуры и промышленности (рисунок 4.6.3). При попарном сравнении социально-экономических переменных приоритетными параметрами являются плотность населения, прибрежное землепользование и количество рекреационных и промышленных объектов. К сожалению, статус особо охраняемых природных территорий вдоль побережья озера Иссык-Куль не в полной мере справляется со своими обязательствами по обеспечению охраны ООПТ.

Влияние береговых факторов на побережье оз.Иссык-Куль (SVI), был оценен с учетом трех переменных (тип береговой линии, реки и степень защиты грунтовых вод), влияющих на уязвимость прибрежных районов. При оценке уязвимости побережья озера значения SVI варьируются следующим

образом: Иссык-Куль (15,49) > Тон (15,49) > Джеты-Огуз (8,66) > Тюп (7,75) > Ак-Суу (5,0) (рисунок 4.6.5).

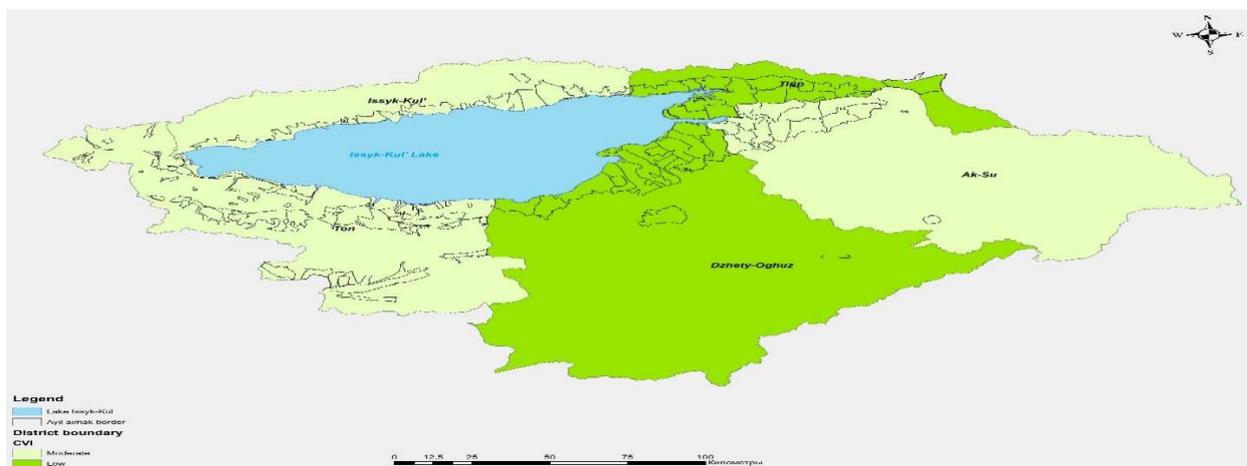


Рисунок 4.6.5 Пространственная изменчивость индекса уязвимости побережья (CVI) оз.Иссык-Куль

Прибрежные зоны Иссык-Кульского и Тонского районов имеют высокий уровень уязвимости, так за чертой прибрежных зон расположены много зданий туристических объектов. Определив значения двух предыдущих индексов SVI и CVI был рассчитан интегрированный индекс уязвимости побережья оз. Иссык-Куль. Как видно из рисунка 4.6.7, соотношение данных, полученных в результате расчета индекса уязвимости побережья, социально-экономического индекса уязвимости и интегрального индекса уязвимости побережья, может быть использовано в качестве интегральных показателей устойчивого развития прибрежных территорий и как система индикаторов антропогенной трансформации территорий для определения приоритетности мероприятий по устойчивому развитию прибрежных территорий.

Джеты-Огузский район (16,12) в категории низкого риска. Ак-Суу (65,0) и Тюп (25,55) характеризуются умеренной степенью уязвимости. Тонский район (86,80) относится к категории высокого риска. Наконец, Иссык-Кульский район (126,33) представляет собой наиболее уязвимый прибрежный участок. Интегрированный индекс уязвимости прибрежной зоны (ICVI), рассчитанный для каждой зоны, показывает, что уязвимость различных участков зависит как от физических, так и от социально-экономических факторов.

Следовательно, оценка уязвимости прибрежной зоны озера Иссык-Куль с использованием интегрированного индекса уязвимости, который учитывает как физические, так и социально-экономические факторы, позволяет детально охарактеризовать экологическое состояние региона. Интегральный индекс уязвимости (ICVI) предоставляет наиболее точную картину уязвимости прибрежных зон. Следовательно, одной из ключевых задач является обеспечение сбалансированного развития природных и социально-экономических систем, находящихся в постоянном

взаимодействии, для достижения устойчивого развития природной экосистемы.



Рисунок 4.6.7 Пространственная изменчивость интегрированного индекса уязвимости побережья (ICVI) Иссык-Кульской береговой линии

Таким образом, полученные результаты данных исследований показывают о важности и необходимости внесения изменений в национальную программу экологического мониторинга оз.Иссык-Куль, включением в ее программу определение показателя хлорофилл-а, а также изменением тактики управления прибрежными экосистемами для определения неприкасаемых прибрежных буферных зон экосистемы озера для сохранения качества и баланса саморегулирования оз.ИссыкКуль и обеспечения его устойчивого развития. Предложено внести изменения в национальную программу экологического мониторинга, дополнив его показателем “хлорофилл-а”, индексом TLI, организацией наблюдения за трансформирование прибрежной буферной зоны озера; разработаны и внедрены в производство (Департамент биоразнообразия и особо охраняемых природных территорий при Министерстве природных ресурсов экологии и технического надзора КР, Дирекция Биосферной территории “Ысык-Кель”) практические рекомендации “Оптимизация системы экологического мониторинга оз.Иссык-Куль” и методика отбора проб и определения хлорофилла-а.

В ГЛАВЕ 5. ЭКОЛОГИЧЕСКИ УСТОЙЧИВЫЕ ПОДХОДЫ К ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ И РЕЦИКЛИНГУ ОТХОДОВ В РЕГИОНАХ, ПОДВЕРЖЕННЫХ ТЕХНОГЕННОМУ ВОЗДЕЙСТВИЮ приведены методы, подходы и примеры положительных практик рационального использования природных ресурсов в регионах подверженных техногенному воздействию. Главной задачей при организации деятельности промышленных объектов является обеспечение максимальной циркулярности использования как природных ресурсов, так и отходов, возникающих в процессе их работы. Проведенные исследования

и полученные результаты показали, что нефтезагрязненный грунт после биоремедиационных работ можно использовать в качестве покровного материала для полигона, что позволит не только сократить объем отходов на полигоне, но и сэкономить чистый грунт для покрытия. Организация компостирования твердых бытовых отходов (ТБО) также способствует уменьшению объема полигона и позволяет получить качественный мелиорант для засоленных почв.

Представлены методы биоремедиации для восстановления нефтезагрязненных почв, применимых в условиях вечной мерзлоты рудника Кумтор. Результаты физико-химических характеристик почвенного образца до и после обработки представлены в табл. 5.1.1

Исходное содержание подвижного фосфора составляло 6 мг/кг. После рекультивации его содержание увеличилось во всех трех вариантах обработки, причем значительное увеличение ($P < 0,05$) наблюдалось при биоаугментации до 90 мг/кг. Причина такого увеличения объясняется активностью растворяющих фосфаты бактерий, которые должны были выделять органические кислоты и ферменты фосфатазы, усиливающие растворение нерастворимых соединений фосфора. Содержание обменного калия до начала эксперимента составляло 88 мг/кг, а после биологической обработки оно увеличилось во всех вариантах в среднем на 300 мг/кг. Методы биоремедиации также способствовали увеличению содержания органического углерода в почве, что отражено в таблице 5.1.1. После 90 дней полевых экспериментов исходное содержание их снизилось до 980 мг/кг при обработке с вариантом биостимулирования. Эффект добавления предварительно отобранного консорциума бактерий способствовал деградации нефтепродуктов до 1 300 мг/кг от исходных 2 633 мг/кг. Снижение содержания нефтепродуктов после 90 дней экспериментов составило до 1 340 мг/кг от исходных 2 633 мг/кг при обработке биостимуляция + биоаугментация.

Таблица 5.1.1 - Физико-химические характеристики пробы почвы

	рН	Общий азот (%)	Подвиж. форма фосфора	Обмен. калий	Орг. углерод почвы (%)
			(mg/kg)		
Контроль	8.05	0.130	6.0	88.0	2.86
BS	7.5	–	25.6	376.0	6.55
BA	6.5	–	90.0	300.0	6.81
BS + BA	6.0	–	47.2	352.0	7.17

При использовании только BS (биостимуляция) и BA (биоаугментация) через 90 дней процент деградации загрязняющих веществ достиг 62,78% и 50,63%, соответственно. При использовании биостимуляции + биоаугментации эффективность разложения составила 49,11 %. Это связано с высокогорными климатическими условиями, т.е. инокулянты, внесенные в новую среду, не смогли быстро адаптироваться и размножиться в сложных

климатических условиях. На исходном этапе эксперимента исследована динамика изменения общего количества бактерий в различных опытах биоремедиации почвы в течение 30 дней. Исходное количество бактерий составляло $6,4 \times 10^6$ КОЕ/г, через 14 и 30 дней биостимуляции общее количество бактерий увеличилось до 19×10^6 КОЕ/г и 54×10^6 , соответственно. При биостимуляции также прослеживалась тенденция к увеличению общей численности бактерий, но она оказалась значительно меньше, чем при биостимуляции, составив 26×10^6 КОЕ/г к 30-му дню экспозиции. Однако при комбинированной обработке (BS+BA) общее количество бактерий на 30-й день снизилось до $2,9 \times 10^6$ КОЕ/г с исходных $6,4 \times 10^6$ КОЕ/г. Метод биостимуляции или внесение минеральных компонентов в загрязненный грунт, для стимулирования автохтонной микрофлоры ускорила процесс разложения углеводов: содержание ТРН в почве снизилось на 62,78 % за 90 дней, а общее количество бактерий увеличилось в 8,5 раза. Биоаугментация (добавление предварительно отобранного консорциума бактерий) снизила содержание нефтепродуктов в почве на 50,63 % за 90 дней и вызвала увеличение общего количества бактерий в 4,1 раза. Результаты метода BS + BA оказались менее эффективными по сравнению с биостимуляцией. При обработке BS + BA процент деградации нефтепродуктов составил 49,11% за 90 дней полевых экспериментов. Результаты показали, что биodeградация была ниже при обработке BS + BA по сравнению с биостимуляцией или биоулучшением в отдельности. Общее количество бактерий при биостимуляции и биоаугментации увеличилось, а при комбинированном методе, напротив, уменьшилось. При использовании комбинированных методов акклиматизация инокулята могла не произойти.

Проведенные исследования продемонстрировали возможность использования методов биологической обработки почвы в климатически холодных условиях высокогорья. Во всех вариантах биоремедиационных обработок наблюдалось снижение содержания нефтепродуктов в почве. Наилучший результат по снижению содержания нефтепродуктов в почве показал метод биостимуляции. Очищенный материал может быть приравнен к категории инертных промышленных отходов, относящихся к IV классу опасности. С площадки рекультивации он может быть использован при послойной засыпке в качестве изолирующего и рекультивационного слоя полигона рудника.

Использование метода фиторемедиации на завершающем этапе очистки грунтов загрязненных нефтепродуктами в условиях высокогорья на высоте более 3500 м.н.у.м. актуально как с экологической, так и с экономической точек зрения. Установлено в целом фитотоксическое действие нефтяного загрязнения почв на рост и произрастание растений. Однако, на 20-е сутки произрастания отмечался стимулирующий эффект нефтяного загрязнения на рост корня и стебля растений, но на 40-е сутки оно все же оказывало угнетающее действие, в то время как фоновые образцы

продолжали расти. Несмотря на выраженное фитотоксическое действие токсиканта, высокогорные растения, такие как овсяница валлисская (*Festuca valesiaca* Gaudin) и плевел многолетний (*Lolium perenne*) проявляли способность произрастать на загрязненном нефтепродуктами грунте, что важно для улучшения газовой воздушной среды нефтезагрязненного грунта и улучшения его самоочищающей способности. Таким образом, метод фиторемедиации с использованием плевела многолетнего (*Lolium perenne*) и овсяницы валлисской (*Festuca valesiaca* Gaudin), типичных представителей высокогорья, способных произрастать на высоте 3000-4200 м.н.у.м и проявившие устойчивость произрастать при определенном уровне нефтяного загрязнения могут быть использованы для реабилитации нефтезагрязненных грунтов на завершающем этапе их очистки и требует продолжения исследований по изучению изменения физиологических свойств этих высокогорных растений.

Также была проведена оценка улучшения агрохимических показателей слабозасоленных почв по развитию тест-растений методом экспрессного фитотестирования. В качестве почвоулучшителя использовали компост, полученный из твердых бытовых отходов (ТБО), который был инициирован и реализован проектом “Үч чака”, в ходе работы которого был организован сбор и компостирование ТБО. За 6 месяцев проведенного эксперимента было накоплено 2430,8 кг пищевых отходов и получено 200 кг биокомпоста, было подсчитано, что из 12 кг пищевых отходов можно получить 1 кг чистого биокомпоста. Следовательно, организовав сбор органических пищевых отходов до попадания их в мусорный полигон можно уменьшить объем выбрасываемых пищевых отходов в полигон ТБО города Бишкек и получать ценный биокомпост.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Проведенное исследование выявило необходимость смены парадигмы ПДК и дополнение ее более информативными, интегрированными, комплексными методами и индикаторами оценки экологического состояния почвенных и водных экосистем. Это позволит определить экологические критерии состояния данных экосистем и установить приоритеты для управления и восстановления почвенных ресурсов с учетом местных особенностей и экологических потребностей.
2. Используемые в данном исследовании индексы, такие как коэффициент обогащения (EF), индекс геоаккумуляции (Igeo), коэффициент загрязнения (CF), степень загрязнения (Cd), индекс потенциального экологического риска (PER) и индекс экологического риска (RI), позволяют не только выявить загрязнение почв тяжелыми металлами, но и предоставляют информацию для разработки стратегий устойчивого развития и охраны окружающей среды.
3. Проведенные исследования позволили определить, что наиболее толерантными к загрязнению почвы нефтепродуктами оказались такие культуры как кукуруза сахарная (*Zéa máys*), овес посевной (*Avéna satíva* L.),

горох посевной (*Lathyrus oleraceus*) и эспарцет посевной (*Onobrychis viciifolia*). Их всхожесть составила 88,3%, 85%, 67,86%, 55% соответственно. Это свидетельствует о том, что указанные виды могут быть использованы в фитоиндикации нефтезагрязненных почв и фиторекультивации супесчаной почвы при условии умеренного загрязнения нефтепродуктами.

4. Фитоиндикационные показатели облепихи крушиновидной (*Hippophae rhamnoides* L.) могут быть использованы в качестве оперативных индикаторов степени нагрузки прибрежных экосистем. Они могут успешно использоваться для оценки экологического состояния прибрежных зон и разработки интегрального плана управления и использования таких экосистем. Определение указанных фитоиндикационных показателей является оперативным, достоверным, относительно недорогим и может проводиться инспекторами экологических служб на месте в полевых условиях.

5. Предлагается внести изменения в национальную программу экологического мониторинга оз. Иссык-Куль, включая в ее состав определение показателя “хлорофилл-а” и индекса TLI. Кроме того, необходимо изменить тактику управления прибрежными экосистемами, установив неприкасаемые буферные зоны для сохранения качества и баланса саморегуляции озера Иссык-Куль, что обеспечит его устойчивое развитие.

6. Результаты исследования подчеркивают важность оценки уязвимости прибрежных экосистем с учетом специфических природно-климатических и социально-экономических условий каждой территории. Использование интегрального индекса уязвимости (ICVI) и позволяет учесть широкий спектр возможных негативных воздействий на прибрежные зоны. Основные направления экологически ориентированного планирования землепользования на проектируемой прибрежной территории предполагают создание пространственной взаимосвязи между параметрами социально-экономического развития территории и экологическим потенциалом, что является ключевым для достижения долгосрочного устойчивого развития.

7. Организация мероприятий по реабилитации грунтов, загрязненных нефтепродуктами, на высокогорных горнодобывающих предприятиях способствует снижению объемов полигона опасных отходов за счет извлечения нефтезагрязненных грунтов. Это может значительно способствовать устойчивому развитию высокогорного региона. В условиях, холодных климатических зон, при котором функционирует Кумтор Голд Компани метод биостимулирования оказался наиболее эффективным. Очищенные грунты могут быть классифицированы как инертные промышленные отходы IV класса опасности. После рекультивации эти грунты могут быть использованы при послойной засыпке в качестве изолирующего и рекультивационного слоя на территории рудника.

8. Метод фиторемедиации с использованием плевела многолетнего (*Lolium perenne*) и овсяницы валлисской (*Festuca valesiáca* Gaudin), типичных представителей высокогорья, способных произрастать на высоте 3000-4200

м.н.у.м и проявляющих устойчивость к определенному уровню нефтяного загрязнения, может быть эффективно применен для реабилитации нефтезагрязненных грунтов на завершающем этапе их очистки. Использование данного метода в условиях высокогорья, на высоте свыше 3500 м.н.у.м., является актуальным как с экологической, так и с экономической точек зрения. Он не только способствует восстановлению экосистемы, но и позволяет снизить ремедиационные затраты.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

Предложено внести изменения в национальную программу экологического мониторинга озера Иссык-Куль, включая в ее состав определение показателя "хлорофилл-а" и индекса TLI. Разработана информационная система экологического мониторинга (ИСЭМ) озера Иссык-Куль, которая применяется региональным органом управления в сфере охраны окружающей среды. Созданы интегрированные эколого-экономические показатели для оценочно-картографических моделей территорий, подвергающихся высокой антропогенной нагрузке. Предлагается использовать интегральный индекс уязвимости (ICVI), который позволяет учесть широкий спектр возможных негативных воздействий на прибрежные зоны. Разработан метод ремедиации грунтов, загрязненных нефтепродуктами, для условий высокогорья и холодных климатических зон рудника Кумтор. Метод биостимулирования оказался наиболее эффективным и целесообразным. После рекультивации данные грунты рекомендованы для использования в качестве изолирующего и рекультивационного слоя при послойной засыпке на территории рудника.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

1. **Totubaeva, N.** An integrated coastal vulnerability index for sustainable development of coastal ecosystems: a case study of Issyk-Kul lake/ **Tokpaeva, Z., Izakov, J., Abdykadyrova, R.** //Scientia Iranica, (), -. doi: 10.24200/sci.2024.64429.8936
2. **Totubaeva, N.** Bioremediation approaches for oil contaminated soils in extremely high-mountainous conditions/ **Tokpaeva Z, Izakov J, Moldobaev M.**// Plant Soil Environ. 2023; 69(4):188-193. doi: 10.17221/433/2022-PSE
3. **Buczko, U.** Comparison of the Machigin and CAL Methods for Extraction of Plant Available P in Soils/ **Totubaeva N., Kuchenbuch R. O.** //Communications in Soil Science and Plant Analysis. – 2024. – Т. 55. – №. 15. – С. 2217-2231.
4. **Totubaeva, N.** Ecological Assessment of Technogenically Disturbed Soils of the Mountain Ecosystems of Kyrgyz Republic based on the TRIAD method/ **Tokpaeva Z, Kojobaev K, Usubaliev A, Terekhova V.** //Polish Journal of Environmental Studies.- 2022.-№31(3).-p.2256-2272. doi:10.15244/pjoes/143509
5. **Totubaeva, N.** Compare Various Ecological Indexes for the Environmental Assessment of Vulnerable Mountain Ecosystems/ **Tokpaeva Zh., Kojobaev K., Kurmanbekova G.**// Polish Journal of Environmental Studies.- 2020.- №29(4).-p. 2879–2887

6. **Totubaeva, N.** Microbiological Diversity and Biotechnological Potential of the Soil Ecosystem of the High Mountainous Landfill/ Tokpaeva Zh., Akjigit uulu A., Kojobaev K.//Polish Journal of Environmental Studies.-2019.-№28 (6),p.4429-4435
7. **Totubaeva, N.** Dynamics of microbiological diversity of soils in the Chu valley with changes in the type of pasture use/ Shalpykov K.// Arid Ecosystems.-2022.-№ 2.- p.187-192
8. **Totubaeva, N.** Potential of Sea Buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) Thickets in Preserving Endangered Ecosystems in Kyrgyz Republic/ Usubalieva, A. and Abdykadyrova, R.//Grassroots Journal of Natural Resources.-2024.-V. 7.-#2.-p. 96-118
9. **Totubaeva, N.** Ecological aspects in the use of soil enzymes as indicators of anthropogenic soil pollution/ Batykova, A., Karches, T., Osmonaliev, A., Sultanalieva, V.// Scientific Horizons.-2023.- №26. p88-98.
10.48077/scihor12.2023.88.
10. Кожобаев, К. Влияние разработки Кара-Кечинского буроугольного месторождения на состав и свойства вод реки Кара-Кече/ **Тотубаева, Н.**, Шайкиева, Н. , Оторова С.// Горный Журнал.-2022.-№12.-с.68-72
11. Кожобаев, К. Геоэкологические проблемы, связанные с деятельностью горнодобывающих предприятий Кыргызской Республики/ Молдогазиева, Г., **Тотубаева, Н.**, Оторова, С.//Горный Журнал.-2016.-№8.-с.32-37
12. Abduralieva, A. Challenges of Transforming Coastal Buffer Zones into Urban Systems and their Sustainable Development Management: Case of Lake Issyk-Kul/ **Totubaeva, N.**// Grassroots J. Nat. Resour.- V.7.-# 2.-2024.- pp. 160–178
13. **Totubaeva, N.** Investigation of the influence of anthropogenic factors on the growth and development of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) on the coast of lake Issyk-Kul/ Esirkepova M., Kozhobaev K.//Advances in Current Natural Sciences. -2021.-№5.-p.110-116
14. **Totubaeva, N.** Water regime of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L) of the Issyk-Kul lake coast/ Duyshebekova S.B., Kozhobaev K.A. //Advances In Current Natural Sciences.-2021.-№5.-p.77-83
15. **Тотубаева, Н.** Анализ изменения земельного фонда Чуйской области с использованием ГИС-технологий/ Максатбекова А. М. //Успехи современного естествознания. –№6.- 2022.-с.96-102
16. Оторова, С. Влияние города Нарын на некоторые показатели вод реки Нарын/**Тотубаева, Н.**, Асанов, Б., Кожобаев, К.//Экология урбанизированных территорий.-2021.-№2.-с.33-39
17. **Totubaeva, N.** Possibilities of using alpine plants for phytoremediation of oil-contaminated soils/ Zhumabaeva M., Kojobaev K. //Advances in Current Natural Sciences.-2020.-25(5).-p.96-100
18. Талайбекова, Г.Фитотестирование нефтезагрязненных почв с помощью фитотолерантных растений/ Кожобаев, К. Токпаева, Ж. Эсенжанова, Г. **Тотубаева, Н.**//Проблемы региональной экологии. -2019.-№2.-с.20-25

19. Эсенжанова, Г. Изменения некоторых показателей почв и грунтов города Балыкчы, загрязненных нефтепродуктами после ремедиации/**Тотубаева, Н.** Токпаева, Ж. Талайбекова, Г. Кожобаев К.//Проблемы региональной экологии.-2019.-№2.-с.38-43
20. Абдыралиева, А. Оценка экологического состояния воды озера Иссык-Куль по индексу трофического состояния (TSI)/**Тотубаева Н.**//Известия Национальной Академии наук КР.– 2023.– №. 7.– С. 185-194.
21. Абдыкадырова, Р. Фитотестирование почв, загрязненных нефтепродуктами, в условиях длительного загрязнения: на примере города Балыкчы/**Тотубаева, Н.**//Известия Национальной Академии наук Кыргызской Республики. – 2023. – №. 7. – С. 152-156.
22. **Тотубаева, Н.** Комплексное использование прибрежных экосистем озера Иссык-Куль – основа устойчивого развития// Исследование живой природы Кыргызстана. - 2021.- №1.-с.72-76
23. Токпаева, Ж. Подбор оптимальной питательной среды для культивирования углеводородокисляющих бактерий/**Тотубаева, Н.**// Наука, Новые технологии и Инновации Кыргызстана. -2019.-№12.-с.39-42
24. Тологонова, А. Оценка возможности переработки твердых бытовых отходов с получением биокомпоста/**Тотубаева Н.,** Маймеков З.// Наука, Новые технологии и Инновации Кыргызстана. -2019.-№11.-с.55-61
25. Кожобаев, К. О некоторых физико-химических показателях грунтовых вод села Ат-Башы/Оторова С., **Тотубаева Н.,** Молдогазиева Г., Касиев А.//Наука, Новые технологии и Инновации Кыргызстана. -2019.-№4.- с.223-227
26. Токпаева, Ж. Микробиологическое разнообразие почвы полигона опасных отходов рудника Кумтор/ Акжигит уулу А., **Тотубаева Н.**// Наука, Новые технологии и Инновации Кыргызстана.-2018.-№1.-с.31-34
27. Асанова, А. Анализ состояния озера Иссык-Куль по гидрохимическим показателям/**Тотубаева, Н.** Молдогазиева, Г. Кожобаев, К.// Наука и Новые технологии и Инновации Кыргызстана. -2017.-№3.-с.108-112
28. Асанова А. Экогеохимический мониторинг вод озера Иссык-Куль за 2016-2018 гг/**Тотубаева Н.,** Кожобаев К.//Известия Национальной Академии наук Кыргызской Республики. – 2024. – №. 5. – С. 48-58.
29. Asanova A.K., Some indicators of the ecological state of a deep-water lake intensively used for recreational purposes- a case study of Issyk-Kul Lake, Kyrgyz Republic/**Totubaeva N.E.,** Kojobaev K.A.// Известия Национальной Академии наук Кыргызской Республики. – 2024. – №. 5. – С. 122-134.
30. Moldogazieva G., **Totubaeva N.,** Abdykadirova R., Kojobaev K. Groundwater protection zoning for sustainable water resources management in semi-arid conditions/ 6th International Black Sea Modern Scientific Research Congress, Trabzon Turkiye, August 23-25, 2024 p.1995-2005
31. **Totubaeva N.** Changes in agrochemical indicators of soils under the rotational technique of pasture use in the conditions of the Kyrgyz Republic/ Shalpykov K.// International Conferences on Science and Technology; Engineering Science and Technology (ICONST–EST–2021), Budva, MONTENEGRO, September 8 -10 2021, p.132

32. **Тотубаева, Н.** Снижение фитотоксичности слабозасоленных почв органическими добавками/Максатбекова А., Терехова В.// Экологический мониторинг: методы и подходы: материалы Международной сателлитной конференции "Экологический мониторинг: методы и подходы" и XX Международного симпозиума "Сложные системы экстремальных условиях". Красноярск, 20-24 сентября 2021 г.-с.218-221

33. **Тотубаева, Н.** Фитоиндикация рекреационной нагрузки на прибрежные экосистемы оз. Иссык-Куль/ Кожобаев К., Терехова В.//Экология речных бассейнов: Труды 10-й Междунар. науч.-практ. конф. – Владимир : Аркаим. г.Владимир, 2021. –с. 244-250.

34. **Тотубаева, Н.** Динамика изменения площадей зарослей облепихи крушиновидной (*Hipporhae rhamnoides* L.) на побережье оз.Иссык-Куль/ Дуйшебекова С., Кожобаев К. /Актуальные проблемы геологии и географии Тянь-Шаня и сопредельных территорий: Материалы международной конференции.-Бишкек, 2020 -400-410с.

Тотубаева Нурзат Эрмековнанын “Кыргызстандын түндүгүнүн туруктуу өнүгүүсүнүн суу жана топурак факторлору” темасындагы 02.03.08 – экология адистиги боюнча биология илимдеринин доктору илимий даражасын алуу үчүн сунушталган диссертациясынын

РЕЗЮМЕСИ

Ачкыч сөздөр: экосистеманын экологиялык абалынын критерийлери, туруктуу өнүгүү, экологиялык индекстер, өндүрүш калдыктарын кайра иштетүү, биоремедиация.

Изилдөө объектилери: Ысык-Көл көлүнүн экосистемасы, Нарын жана Кара-Кече дарыялары, оор металлдар, мунай заттар менен булганган кыртыштар, углеводородду кычкылдандыруучу микроорганизмдер

Изилдөөнүн максаты: Кыргызстандын түндүгүндөгү өнөр жай жана шаардык аймактардын кыртышынын жана суусунун экосистемаларынын экологиялык абалын баалоо критерийлерин жана комплекстүү методологиясын, ошондой эле калдыктарды рекультивациялоо жана кайра иштетүү боюнча экологиялык жактан туруктуу технологияларды иштеп чыгуу.

Изилдөө ыкмалары: суу жана топурак ресурстарынын абалын баалоонун интегралдык ыкмалары, булганган кыртыштарды биоремедиациялоо ыкмалары, тазаланган кыртыштарды кайра иштетүү ыкмалары жана жаратылыш ресурстарын сарамжалдуу пайдалануу ыкмалары.

Илимий жаңылыгы: урбанизацияланган жана техногендик зоналардын экологиялык абалын баалоо мүмкүнчүлүгү ТРИАД ыкмасын колдонуу менен каныккандык коэффициентинин, геоаккумуляциясынын, булгануу коэффициентинин, булгануунун даражасынын, булгоочу жүктүн, потенциалдуу экологиялык тобокелдиктин жана комплекстүү тобокелдиктин индекстерин колдонуу менен илимий жактан негизделген. оор металлдардын топурактагы мейкиндик боюнча таралышы Ысык-Көл облусу боюнча түзүлгөн; коркунучтарды өз убагында аныктоого, булгануу даражасына баа берүүгө жана айлана-чөйрөгө терс таасирин алдын алуу жана минималдаштыруу боюнча стратегияларды иштеп чыгууга мүмкүндүк берүүчү табигый экосистемалардын экологиялык мониторингинин заманбап моделдери иштелип чыккан; Ысык-Көлдүн трофикалык абалынын деңгээли, жээктеги буфердик зоналардын трансформациялануу даражасы жана ага байланыштуу экологиялык тобокелдиктер изилденген жана бааланган; биринчи жолу экологиялык чыңалуунун даражасы аныкталган жана жээк зоналарынын комплекстүү аялуу индексинин жардамы менен Ысык-Көлдүн жээктик экосистемасынын

аялуулугу бааланган жана Ысык-Көлдүн экосистемасынын баалоо жана болжолдоочу картографиялык моделдери түзүлгөн; өнөр жай объектилеринде кыртышты рекультивациялоонун экологиялык жактан туруктуу технологиялары иштелип чыккан (Кумтөр кенинин мисалында), алар булганган кыртыштарды натыйжалуу калыбына келтирүүгө, айлана-чөйрөгө терс таасирин минималдаштырууга, жер ресурстарын коопсуз пайдаланууну камсыз кылууга мүмкүндүк берет; аймактарды рекультивациялоонун жана рекультивациялоонун акыркы этабы катары мунай менен булганган топурактарды фиторемедиациялоо үчүн колдонулуучу жергиликтүү шарттарга ылайыкташа алган бийик тоолуу өсүмдүктөрдүн жергиликтүү түрлөрүн колдонуу мүмкүнчүлүктөрү изилденген; мунай продуктулары менен булганган топурактардын абалын баалоо үчүн фитотест жүргүзүү ыкмалары иштелип чыккан жана ошондой эле туруктуу жана сезгич фитотесттер, ошондой эле Балыкчы шаарынын мунай продуктулары менен булганган кумдуу топурактарды фиторемедиациялоо үчүн жарактуу фитотолеранттуу өсүмдүктөр тандалып алынган; чычырканактын (*Hippophae rhamnoides* L.) фитоиндикативдик параметрлери Ысык-Көлдүн жээктик экосистемасынын рекреациялык жүктөмүн баалоо контекстинде изилденген;

Колдонуу тармагы: экология жана айлана-чөйрөнү коргоо

РЕЗЮМЕ

Диссертации Тотубаевой Нурзат Эрмековны на тему: “Водные и почвенные факторы устойчивого развития севера Кыргызстана” на соискание ученой степени доктора биологических наук по специальности 03.02.08 - экология

Ключевые слова: критерии экологического состояния экосистем, устойчивое развитие, экологические индексы, рециклинг промышленных отходов, биоремедиация.

Объекты исследования: экосистема оз. Иссык-Куль, реки Нарын и Кара-Кече, почвы загрязненные нефтепродуктами, тяжелыми металлами, углеводородокисляющие микроорганизмы

Цель исследования: Разработка критериев и интегрированной методологии для оценки экологического состояния почвенных и водных экосистем в промышленных и урбанизированных районах севера Кыргызстана, а также экологически устойчивых технологий ремедиации и переработки отходов.

Методы исследования: интегральные методы оценки состояния водных и почвенных ресурсов, методики биоремедиации загрязненных почв, методы рециркуляции очищенных грунтов и методы рационального использования природных ресурсов.

Научная новизна: научно обоснована возможность оценки экологического состояния урбанизированных и техногенных зон, с использованием индексов коэффициента насыщения, геоаккумуляции, коэффициента загрязнения, степени загрязнения, загрязняющей нагрузки, потенциального экологического риска и комплексного риска с использованием подхода ТРИАД и составлены карты пространственного распределения тяжелых металлов в почвах Прииссыкуля; разработаны современные модели экологического мониторинга природных экосистем позволяющие своевременно выявлять угрозы, оценивать степень загрязнения и разрабатывать стратегии по предотвращению и минимизации негативного воздействия на окружающую среду; изучены и оценены уровни трофического состояния озера Иссык-Куль, степень трансформации прибрежных буферных зон и связанные с ними экологические риски; впервые определена степень экологической напряженности и оценена уязвимость прибрежных экосистем оз. Иссык-Куль с использованием интегрированного индекса уязвимости прибрежных зон и созданы оценочно-прогнозные картографические модели экосистемы оз. Иссык-Куль; разработаны экологически устойчивые технологии ремедиации почв на промышленных объектах (на примере рудника Кумтор), позволяющие эффективно восстанавливать загрязненные почвы, минимизируя негативное воздействие на окружающую среду, обеспечивая безопасное

использование земельных ресурсов; изучены возможности применения местных видов высокогорных растений способные адаптироваться к локальным условиям и применимые для фиторемедиации нефтезагрязненных почв в качестве завершающего этапа ремедиации и рекультивации территорий; разработаны и рекомендованы методы фитотестирования для оценки состояния почв, загрязнённых нефтепродуктами, также подобраны как устойчивые, так и чувствительные фитотесты, а также фитотолерантные растения, подходящие для фиторекультивации загрязнённых нефтепродуктами супесчаных почв в г. Балыкчи; изучены фитоиндикационные параметры облепихи крушиновидной (*Hippophae rhamnoides* L.) в контексте оценки рекреационной нагрузки на прибрежные экосистемы озера Иссык-Куль;

Область применения: экология и защита окружающей среды



SUMMARY

of the dissertation of Nurzat Ermekovna Totubaeva on the “Water and soil factors of sustainable development of the north of Kyrgyzstan” for the degree of Doctor of Biological Sciences on specialty 03.02.08 - ecology.

Keywords: criteria of ecological state of ecosystems, sustainable development, ecological indices, recycling of industrial waste, bioremediation.

Research objects: ecosystem of Issyk-Kul lake, Naryn and Kara-Keche rivers, soils polluted with oil products, heavy metals, hydrocarbon-oxidizing microorganisms.

Purpose: Development of criteria and integrated methodology to assess the ecological state of soil and aquatic ecosystems in industrial and urbanized areas of northern Kyrgyzstan, as well as environmentally sustainable technologies for remediation and waste treatment.

Research methods: integral methods for assessing the state of water and soil resources, methods of bioremediation of contaminated soils, methods of recycling of treated soils and methods of rational use of natural resources.

Results and novelty: the possibility of assessing the ecological state of urbanized and technogenic zones using the indices of saturation factor, geoaccumulation, pollution factor, pollution degree, pollutant load, potential environmental risk and complex risk using the TRIAD approach was scientifically substantiated and maps of spatial distribution of heavy metals in the soils of the Issyk-Kul region were drawn up; modern models of ecological monitoring of natural ecosystems have been developed, allowing timely identification of threats, assessment of the degree of pollution and development of strategies to prevent and minimize negative environmental impact; the levels of trophic state of Lake Issyk-Kul, the degree of transformation of coastal buffer zones and related environmental risks have been studied and assessed; for the first time the degree of ecological tension was determined and the vulnerability of the coastal ecosystems of Lake Issyk-Kul was assessed using an integrated index of coastal zone vulnerability, and assessment and forecast cartographic models of the ecosystem of Lake Issyk-Kul were created; ecologically sustainable technologies of soil remediation at industrial sites (on the example of Kumtor mine) have been developed, allowing to effectively restore contaminated soils, minimizing the negative impact on the environment, ensuring safe use of land resources; possibilities of application of local species of high-mountainous plants capable to adapt to local conditions and applicable for phytoremediation of oil-contaminated soils as a final stage of remediation and reclamation of territories have been studied; phytotesting methods were developed and recommended to assess the condition of soils contaminated with oil products, as well as selected both stable and sensitive phytotests, as well as phytotolerant plants suitable for phytoremediation of oil-contaminated sandy loam soils in Balykchy; phytoindication parameters of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) were studied in the context of assessment of recreational load on the coastal ecosystems of Lake Issyk-Kul;

Field of application: ecology and environmental protection.

