

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный исследовательский
технический университет имени К.И.Сатпаева»

Горно-металлургический институт имени О.А.Байконурова

Кафедра «Химические процессы и промышленная экология»

Тажғалиева Алмагұл Қуандыққызы

Анализ состояния биоразнообразия Атырауской области в условиях антропогенного
воздействия

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

6B05205 - «Химическая и биохимическая инженерия» ОП

Алматы 2025

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный исследовательский
технический университет имени К.И.Сатпаева»

Горно-металлургический институт

Кафедра «Химические процессы и промышленная экология»

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
НАО «КазНИТУ им.К.И.Сатпаева»
Горно-металлургический институт
им. О.А. Байконурова

Заведующий кафедрой «ХПиПЭ»
к.т.н., доцент, ассоциированный профессор
Кубекова Ш.Н. *Л.К.*
«10» 12 2025 г.

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

На тему: «Анализ состояния биоразнообразия Атырауской области в условиях
антропогенного воздействия»

6B05205 - «Химическая и биохимическая инженерия» ОП

Выполнила:



Тажгалиева А.К.

Рецензент

Декан факультета биологии и биотехнологии
КазНУ им. Аль-Фараби, д.б.н.,



Курманбаева М.С.

Научный руководитель

Профессор кафедры «Химические и
процессы и промышленная экология»
д.б.н., *Б.К.*

Елікбаев Б.К.

« 5 » 12 2025 г.

Алматы 2025

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный исследовательский
технический университет имени К.И.Сатпаева»

Горно-металлургический институт имени О.А.Байконурова

Кафедра «Химические процессы и промышленная экология»

6B05205 - «Химическая и биохимическая инженерия»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующая кафедрой
«Химические процессы и
промышленная экология»

Канд.техн.наук, доцент
 Ш.Н.Кубекова
«05 11 2025 г.

ЗАДАНИЕ на выполнение дипломной работы

Обучающейся Тажғалиевой Алмагул Куандыққызы

Тема: «Анализ состояния биоразнообразия Атырауской области в условиях
антропогенного воздействия.»

Утверждена приказом Проректора по академическим вопросам №2 от «23 02 2025.

Срок сдачи законченной работы «5 июня 2025 г.

Исходные данные к дипломной работе: данные об экологическом состоянии Атырауской
области, предоставленные официальными источниками и научными организациями
Республики Казахстан.

Краткое содержание дипломной работы: исследование актуального состояния флоры,
флоры, и экосистем Атырауской области в условиях промышленного и техногенного
влияния, также в исследовании проведен анализ географических, климатических и
почвенно-растительных характеристик региона.

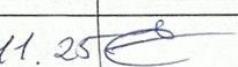
Перечень графического материала: представлены 17 слайдов презентации работы.

Рекомендуемая основная литература: из 57 источников, которые являются научными
статьями, журналами, пособиями.

ГРАФИК
подготовки дипломной работы

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
1 часть. Литературный обзор основных видов антропогенного воздействия на биоразнообразие Атырауской области	01.08.2025 г	Выполнено
2 часть. Природно-экологическая характеристика Атырауской области	25.09.2025 г	Выполнено
3 часть. Влияние антропогенных факторов на биоразнообразие и пути его сохранения	28.10.2025 г	Выполнено
Заключение	01.11.2025 г	Выполнено

Подписи
консультантов и норм контролера на законченную дипломную работу (проект) с
указанием относящихся к ним разделов работы (проекта)

Наименования разделов	Консультанты, И.О.Ф. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Норм контролер	Доктор биологических наук, доцент, профессор Еликбаев Б.К.	5.11.2025	

Научный руководитель



Еликбаев Б.К.

Ф.И.О.

Задание принял к исполнению обучающийся



Тажгалиева А.К.

Ф.И.О.

Дата

«5» 11 2025 г.

АННОТАЦИЯ

Данная работа посвящена исследованию актуального состояния флоры, фауны и экосистем Атырауской области в условиях усиливающегося промышленного и техногенного влияния. В рамках исследования проведён анализ географических, климатических и почвенно-растительных характеристик региона, а также выявлены основные источники антропогенной нагрузки, включая нефтегазовый сектор, транспортную инфраструктуру и сельское хозяйство. Определены последствия этого воздействия: деградация экосистем, снижение биологического разнообразия, ухудшение качества водных ресурсов и почв. Предложены рекомендации по охране и восстановлению биоразнообразия, основанные на развитии системы экологического мониторинга, рациональном использовании природных ресурсов и расширении сети особо охраняемых природных территорий.

АНДАТТА

Бұл жұмыс өнеркәсіптік және техногендік ықпалдың қүшесінде жағдайында Атырау облысының флорасы, фаунасы мен экожүйелерінің өзекті жай-күйін зерттеуге арналған. Зерттеу шенберінде өнірдің географиялық, климаттық және топырақ-өсімдік сипаттамаларына талдау жүргізілді, сондай-ақ мұнай-газ секторын, көлік инфрақұрылымын және ауыл шаруашылығын қоса алғанда, антропогендік жүктеменің негізгі көздері анықталды. Бұл әсердің салдары анықталды: экожүйелердің деградациясы, Биологиялық әртүрліліктің төмендеуі, су ресурстары мен топырақ сапасының нашарлауы. Экологиялық мониторинг жүйесін дамытуға, табиғи ресурстарды ұтымды пайдалануға және ерекше қорғалатын табиғи аумақтар желісін кеңейтуге негізделген Биоәртүрлілікті қорғау және қалпына келтіру бойынша ұсыныстар ұсынылды.

ABSTRACT

This work is devoted to the study of the current state of the flora, fauna and ecosystems of Atyrau region in conditions of increasing industrial and anthropogenic influence. The study analyzed the geographical, climatic, and soil-vegetation characteristics of the region, and identified the main sources of anthropogenic stress, including the oil and gas sector, transport infrastructure, and agriculture. The consequences of this impact have been determined: ecosystem degradation, reduction of biological diversity, deterioration of the quality of water resources and soils. Recommendations for the protection and restoration of biodiversity based on the development of an environmental monitoring system, the rational use of natural resources and the expansion of a network of specially protected natural areas are proposed.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр
ВВЕДЕНИЕ	4
Глава 1. Теоретические основы изучения биоразнообразия и антропогенного воздействия	5
1.1. Понятие, уровни и показатели биоразнообразия	5
1.2. Основные виды антропогенного воздействия на природные экосистемы	9
1.3. Методы оценки состояния биоразнообразия в условиях хозяйственного освоения территории	15
Глава 2. Природно-экологическая характеристика Атырауской области	23
2.1. Географическое положение, климатические и почвенно-растительные особенности региона	23
2.2. Характеристика основных экосистем (прикаспийские степи, дельта реки Урал, прибрежная зона Каспийского моря)	32
2.3. Современное состояние флоры и фауны Атырауской области и ключевые охраняемые территории	32
Глава 3. Влияние антропогенных факторов на биоразнообразие и пути его сохранения	37
3.1. Анализ основных источников антропогенной нагрузки (нефтегазовый комплекс, урбанизация, сельское хозяйство, транспорт)	37
3.2. Последствия антропогенного воздействия: деградация экосистем, утрата видов, изменение структуры сообществ	43
3.3. Меры по сохранению и восстановлению биоразнообразия: роль особо охраняемых природных территорий, экологического мониторинга и программ устойчивого развития	49
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	55
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	57

ВВЕДЕНИЕ

Биоразнообразие представляет собой один из ключевых индикаторов устойчивости природных систем и служит основой экологической безопасности страны. В условиях нарастающего антропогенного воздействия сохранение как видового, так и экосистемного разнообразия становится особенно актуальным, особенно для регионов с активным развитием добывающих отраслей. Атырауская область, являющаяся стратегическим центром нефтегазовой промышленности Казахстана, расположена в пределах Прикаспийской низменности и на северном побережье Каспийского моря, представляет собой один из таких регионов.

Актуальность темы обусловлена тем, что интенсивное освоение природных ресурсов, увеличение промышленных выбросов и изменения в гидрологическом режиме реки Урал ведут к деградации экосистем, потере флоры и фауны, а также к ухудшению качества воды и почв. Эти процессы ставят под угрозу устойчивое развитие региона и его продовольственную и экологическую безопасность.

Цель исследования - провести всесторонний анализ состояния биоразнообразия Атырауской области в условиях антропогенного воздействия и определить меры по его охране.

Задачи исследования:

1. Исследовать природно-географические и экологические характеристики региона.
2. Проанализировать источники антропогенной нагрузки и оценить степень их воздействия на экосистемы.
3. Оценить последствия воздействия - деградацию природных комплексов, изменения в структуре сообществ и утрату видов.
4. Разработать рекомендации по сохранению и восстановлению биоразнообразия.

Объект исследования - природные экосистемы Атырауской области.

Предмет исследования - влияние антропогенных факторов (нефтегазового производства, урбанизации, сельского хозяйства и транспорта) на биоразнообразие региона.

Методы исследования: статистический анализ экологических показателей, сравнительный и аналитический подходы, обобщение данных Казгидромета и Бюро национальной статистики.

Научная новизна данной работы заключается в комплексной оценке состояния биоразнообразия Атырауской области в условиях интенсивного нефтегазового и техногенного освоения территории. Исследование использует систему количественных индексов, анализ распределения обилия видов, а также данные дистанционного мониторинга. Получены обобщенные оценки уровня деградации ключевых экосистем (прикаспийские степи, дельта реки Урал,

прибрежная зона Каспийского моря) и идентифицированы пространственные зоны с наибольшим антропогенным воздействием. Результаты исследования уточняют понимание структуры и динамики биоразнообразия региона и могут послужить научной основой для разработки региональных программ по охране и восстановлению экосистем.

Практическая значимость работы заключается в возможности применения полученных результатов при разработке региональных программ по охране окружающей среды, рациональному природопользованию и экологическому мониторингу.

Глава 1. Теоретические основы изучения биоразнообразия и антропогенного воздействия

1.1. Понятие, уровни и показатели биоразнообразия

Современное восприятие биоразнообразия значительно превышает простое определение как «множество видов». Оно охватывает не только разнообразие форм живых существ, но и генетическую изменчивость внутри и между популяциями, а также разнообразие экосистем и ландшафтов, в которых обитают эти организмы. Согласно определению Конвенции о биологическом разнообразии (CBD, 1992), биоразнообразие представляет собой изменчивость живых организмов всех источников, включая наземные, морские и другие водные экосистемы, а также экологические комплексы, частью которых они являются [1].

Исследователи подчеркивают, что биоразнообразие - это многоуровневое явление, включающее генетический, видовой и экосистемный уровни [2]. Каждый из этих уровней требует специфических методов оценки и управления. К примеру, генетическое разнообразие определяет способность популяций адаптироваться к изменениям климата, видовое - влияет на устойчивость экосистем к внешним воздействиям, а экосистемное обеспечивает функционирование природных циклов [3].

С точки зрения управления природными ресурсами, понимание структуры и функций биоразнообразия имеет практическое значение. Оно является основой для разработки программ по сохранению природных территорий, восстановлению экосистем и адаптации к изменениям климата. Как указывают ученые IPBES, экономическая деятельность, урбанизация и деградация земель уже изменили более 75% поверхности суши, что прямо угрожает устойчивости экосистем и разнообразию видов [4].

При этом само понятие биоразнообразия интерпретируется по-разному различными специалистами. Экологи связывают его с экологическими функциями, экономисты - с природным капиталом, а управленцы - с возможностью устойчивого использования природных ресурсов [5]. Такое многоаспектное понимание требует комплексного подхода, при котором

решения принимаются с учётом как биологических, так и социально-экономических факторов.

Например, Диаз и соавторы предложили концепцию «природы для людей», где биоразнообразие рассматривается как основа человеческого благополучия - через экосистемные услуги, продовольственную безопасность и культурные ценности [6].

Таким образом, биоразнообразие можно рассматривать как основополагающий элемент биосфера, который обеспечивает эволюционную устойчивость жизни и функциональную стабильность экосистем. Как отмечал Хатчинсон, экосистемы представляют собой «эволюционную пьесу в экологическом театре», где все живые существа связаны между собой через сеть взаимодействий. Современная наука подтверждает эту метафору: экосистемы действуют как сложные самоорганизующиеся системы, в которых генетическая изменчивость и виды определяют устойчивость всей природной структуры [7].

Для Казахстана данная концепция особенно важна. В условиях нарастающего антропогенного воздействия - таких как нефтедобыча, урбанизация и изменение климата - сохранение биоразнообразия становится не только экологической, но и социально-экономической приоритетной задачей. Реализация стратегии «Зелёная экономика» (Постановление Правительства РК № 577 от 30 мая 2013 года) предполагает интеграцию принципов устойчивого управления экосистемами в национальную политику, что невозможно без понимания механизмов формирования и поддержания биоразнообразия [8].



1-рисунок. Структура и уровни изучения биоразнообразия

Фенотип представляет собой видимое выражение генотипа, которое зависит от взаимодействия генов и условий окружающей среды. Даже при идентичном генотипе (например, у одногенетических близнецов) влияние внешних факторов приводит к различиям в фенотипических характеристиках, что подчеркивает значимость нормы реакции и эпигенетических механизмов [14].

Помимо рекомбинаций, мутации также являются источником нового генетического разнообразия - это изменения в последовательности нуклеотидов или структуре хромосом. Мутации могут быть генными, хромосомными или геномными и приводят к образованию новых аллелей. Они обеспечивают эволюционный процесс и являются основой видообразования, а также внутривидового полиморфизма (например, групп крови, полового диморфизма и т. п.) [15].

Совокупность всех генов в популяции образует генофонд, отражающий её генетическую гетерогенность. Чем выше разнообразие генов и аллелей, тем больше адаптационный потенциал популяции при изменении условий окружающей среды [16]. Утрата генетического разнообразия, например, в результате вымирания видов или инбридинга, ведет к генетической эрозии - снижению эволюционной гибкости и устойчивости экосистем [17].

Таким образом, единицей генетического разнообразия можно считать элемент генетического кода - триплет нуклеотидов, кодирующий одну аминокислоту. Именно из таких минимальных структур формируется вся сложность живых систем и их способность к адаптации, наследованию и эволюции.

Видовое разнообразие является одним из основных и наиболее наглядных уровней биоразнообразия, часто используемым как его синоним. В большинстве случаев именно вид рассматривается как базовая единица учёта биоты и объект систематического, экологического и охранного анализа [18]. Под видовым разнообразием обычно понимают число видов (видовое богатство) и их относительное соотношение в рамках определённой экосистемы, региона или биома [19].

Таксономические списки и базы данных, такие как Catalogue of Life и GBIF (Global Biodiversity Information Facility), являются основой для мониторинга биоты, оценки состояния экосистем и составления Красных книг [20]. Каждый вид должен занимать устойчивую позицию в систематике, а сведения о его биологии и экологии необходимы для разработки эффективных мер охраны как в естественной среде, так и в искусственных условиях [4].

Отдельная особь не может рассматриваться как единица биоразнообразия, поскольку она имеет ограниченный срок жизни и не обладает самостоятельным значением в эволюционном процессе. Важен не конкретный организм, а его вклад в сохранение генетического и репродуктивного потенциала популяции. Исключение составляют уникальные объекты, такие как «священные деревья», исторические экземпляры или генетические реликты, которые охраняются как природные памятники [21].

Согласно современным оценкам, на Земле описано около 2 миллионов видов живых организмов, включая примерно 400 тысяч видов сосудистых растений, 100 тысяч видов грибов и от 1,5 до 2 миллионов видов животных [22]. Однако реальное количество видов значительно выше - от 5 до 10 миллионов, а по некоторым оценкам, даже до 30 миллионов, если учитывать микроорганизмы и морские беспозвоночные [20]. Большинство ещё не описанных видов сосредоточено в тропических лесах Южной Америки, Африки и Юго-Восточной Азии, где наблюдается наибольшее альфа-разнообразие. Кроме того, остаются слабо изученными глубоководные зоны океанов, коралловые рифы, а также микробиота почвы и экосистемы экстремальных условий [23].

Современные исследования показывают, что тропические регионы содержат около двух третей всего видового разнообразия планеты [24]. Однако темпы вымирания здесь также самые высокие из-за вырубки лесов, урбанизации и изменения климата. Например, по данным IPBES, около 1 миллиона видов в мире находится под угрозой исчезновения в ближайшие десятилетия.

Хотя традиционно охрана природы сосредоточена на сохранении видов, современная экология акцентирует внимание на том, что защита лишь отдельных видов не гарантирует сохранение экосистем в целом. Видовые сообщества являются функциональными ядрами биогеоценозов, и исчезновение даже одного ключевого вида может вызвать цепные реакции в экосистеме [6]. В связи с этим, приоритетом природоохранной политики должен стать комплексный подход, направленный на сохранение целостных экосистем и мест обитания, а не исключительно отдельных таксонов [7].

Таким образом, видовое разнообразие отражает не только количество видов, но и их значение в сложной сети экосистемных взаимодействий. Сохранение видового богатства - это не просто задача для систематики, а необходимое условие для устойчивости биосферы и выживания человечества.

Экологическое или экосистемное разнообразие характеризует разнообразие биотических сообществ, сред обитания и взаимосвязей между организмами и окружающей средой. Оно проявляется в многообразии экосистем - от тропических лесов и степей до океанических глубин и арктических тундр. На этом уровне биоразнообразие включает не только виды, но и их роль в поддержании энергии, круговороте веществ и устойчивости биосферы.

Группы особей одного вида, взаимодействующие друг с другом и обменивающиеся генетической информацией, образуют популяцию. Несколько популяций различных видов формируют биотическое сообщество, которое взаимодействует с компонентами абиотической среды - почвой, водой, воздухом и солнечным излучением. Взаимодействие этих элементов создает экосистему, в которой постоянно происходит обмен веществ и энергии [25].

Любая экосистема состоит из четырёх основных компонентов:

1. источника энергии, в первую очередь солнечной;
2. абиотических элементов среды, таких как вода, минералы и органические вещества;

3. автотрофных организмов - продуцентов, включая растения, водоросли и фотосинтезирующие бактерии;
4. гетеротрофных организмов - консументов и редуцентов, которые участвуют в разложении органического вещества [26].

Несмотря на различия в видовом составе, структура и функции экосистем подчиняются общим закономерностям. В наземных экосистемах основные продуценты - это травы и древесные растения, в то время как в водных экосистемах ими выступают фитопланктон и макроводоросли. Консументы первого порядка представлены травоядными животными и зоопланктоном, а редуценты - бактериями и грибами, которые перерабатывают органические остатки в минеральные вещества [27].

Экосистемный подход позволяет выявлять функциональное сходство экосистем в разных биогеографических регионах, несмотря на отличия в их биотическом составе. Например, тропические дождевые леса Южной Америки, Африки и Юго-Восточной Азии имеют схожую структуру и процессы круговорота веществ, хотя состоят из различных видов растений и животных. Аналогично, степные биомы Евразии, Северной Америки и Южной Африки характеризуются одинаковыми экологическими нишами, но различным видовым составом в зависимости от климата и эволюционной истории региона [28].

Разнообразие экосистем играет решающую роль в поддержании устойчивости биосфера, обеспечивая баланс между продукцией и разложением органического вещества, сохранение водного и углеродного циклов, а также формирование климатических условий. Утрата экосистем, например, деградация тропических лесов или высыхание водно-болотных угодий, приводит к необратимым изменениям глобальных биогеохимических процессов [29].

Таким образом, экосистемное разнообразие отражает сложную систему взаимосвязей между организмами и физической средой, и его сохранение необходимо для стабильности природных процессов и выживания всех форм жизни на планете.

1.2. Основные виды антропогенного воздействия на природные экосистемы

Благосостояние человека тесно связано с состоянием природных экосистем, которые предоставляют обществу множество жизненно важных функций - от регулирования климата и поддержания плодородия почв до очистки воды, опыления сельскохозяйственных культур и обеспечения продовольствием. Экосистемы составляют основание биосфера, без которого невозможно функционирование экономики, охраны здоровья и социальной стабильности.

Тем не менее, устойчивость этих природных систем всё более оказывается под угрозой из-за значительного антропогенного воздействия. Увеличение численности населения, индустриализация, урбанизация, интенсивное сельское хозяйство и нерациональное использование природных ресурсов усилили

давление на окружающую среду до такой степени, что многие экосистемы перестают выполнять свои функции в полном объёме. Согласно данным Межправительственной научно-политической платформы по биоразнообразию и экосистемным услугам (IPBES), в XXI веке антропогенная деятельность стала преобладающей движущей силой деградации экосистем и утраты биологического разнообразия, затрагивая все континенты и типы природных комплексов [4].

В научной литературе выделяют как прямые, так и косвенные факторы антропогенного давления. Косвенные факторы связаны с социально-экономическими и культурными процессами, такими как рост населения, потребление ресурсов, экономическая политика, а также моделями производства и поведением общества. Тем не менее, именно прямые факторы определяют физическое воздействие человека на биосферу и являются основными причинами деградации природных систем. К ним относятся изменение использования земель, прямая эксплуатация природных ресурсов, загрязнение окружающей среды, распространение инвазивных видов и изменение климата. Эти категории были обоснованы в глобальной оценке IPBES и в исследовании, опубликованном в журнале *Science Advances*, где на основе анализа более 45 тысяч научных публикаций установлено, что совместное влияние этих пяти факторов объясняет более 90 % глобальных потерь биоразнообразия [30].

Наиболее значительным и долговременным источником антропогенного воздействия является изменение землепользования и трансформация природных ландшафтов. Расширение сельскохозяйственных угодий, вырубка лесов, строительство инфраструктуры и добыча полезных ископаемых приводят к фрагментации местообитаний, сокращению площадей естественных экосистем и утрате их связности. Согласно данным IPBES, более 75 % поверхности Земли уже претерпело значительные изменения, а свыше 85 % водно-болотных угодий исчезло с начала промышленной эпохи. Изменения в землепользовании вызывают каскадные эффекты – снижение продуктивности почв, изменение гидрологического режима, обеднение растительности и фауны. В Казахстане данный процесс проявляется в распашке степей, деградации пастбищ, урбанизации прикаспийских территорий и активном освоении нефтегазовых месторождений, что особенно характерно для Атырауской области.

Кроме того, важным фактором деградации экосистем является прямая эксплуатация природных ресурсов. Это включает вырубку лесов, чрезмерный вылов рыбы, охоту, добычу полезных ископаемых, а также избыточное использование пресных вод. Такие формы хозяйственной деятельности изменяют структуру и динамику природных комплексов, истощают воспроизводимые ресурсы и нарушают устойчивость экосистемных связей. Прямая эксплуатация оказывает значительное влияние на популяции многих видов, сокращая их численность и приводя к исчезновению локальных сообществ. В частности, интенсивный вылов осетровых рыб в Каспийском бассейне, истощение запасов питьевой воды в дельте Урала и активная разработка нефтяных месторождений вызывают комплексные изменения в

экосистемах региона. По оценкам исследователей, именно совокупность этих факторов стала основной причиной ухудшения состояния степных и прикаспийских экосистем Казахстана [31].

Одним из наиболее разрушительных последствий антропогенной нагрузки является загрязнение природной среды, затрагивающее все элементы биосфера — атмосферу, гидросферу и литосферу. Каждый год в биосферу поступает миллионы тонн отходов, возникающих в результате деятельности промышленности, транспорта и сельского хозяйства, включая тяжелые металлы, пестициды, нефтепродукты, фенолы и микропластик. Эти загрязнители накапливаются в экосистемах, нарушая метаболические процессы, структуру трофических цепей и репродуктивные функции живых организмов. Загрязнение вод приводит к эвтрофикации водоемов, нехватке кислорода и гибели водных организмов, а загрязнение почвы приводит к снижению плодородия и миграции токсичных элементов в растения и далее по пищевым цепям.

В атмосферу ежегодно выбрасывается более 35 миллиардов тонн углекислого газа, что усиливает парниковый эффект и глобальные изменения климата. Для Казахстана характерны специфические формы загрязнения, связанные с деятельностью нефтегазового комплекса в Атырауской и Мангистауской областях, а также с накоплением промышленных отходов в Павлодарском и Карагандинском регионах. Мониторинг, проводимый Министерством экологии Республики Казахстан, фиксирует превышение предельно допустимых концентраций нефтепродуктов и тяжелых металлов в водоемах Западного Казахстана [32].

Кроме изменения землепользования и загрязнения, одной из ключевых причин деградации природных экосистем является изменение климата, вызванное антропогенными выбросами парниковых газов. Климатические факторы оказывают как прямое, так и косвенное воздействие на экосистемы: изменение температуры, режима осадков и частоты экстремальных погодных явлений нарушает естественные адаптивные механизмы организмов и процессы экосистем. Согласно данным Межправительственной группы экспертов по изменению климата, средняя глобальная температура за последние сто лет увеличилась на 1,1 °С, а за последние пятьдесят лет скорость потепления возросла вдвое по сравнению с предыдущим столетием [33].

Это приводит к изменению ареалов многих видов, сокращению численности организмов, предпочитающих холод, и расширению ареалов пустынных и засушливых экосистем. Климатические изменения особенно заметны в аридных и прибрежных зонах, где малейшие колебания влажности или температуры приводят к деградации почвы, опустыниванию и утрате растительного покрова.

Для Казахстана проблема изменения климата представляет собой значимую вызов, обусловленный географическими и климатическими характеристиками региона. Аридные экосистемы занимают почти 70% территории страны, следовательно, даже незначительные колебания в количестве осадков или повышение среднегодовой температуры могут

существенно повлиять на состояние степей, пастбищ и водных ресурсов. В Атырауской области наблюдаются тенденции, характерные для всего Прикаспийского региона: рост средней температуры воздуха, увеличение частоты засух, снижение уровня реки Урал и рост солёности Каспийского моря. Эти изменения ведут к сокращению водно-болотных экосистем, ухудшению условий обитания водоплавающих птиц и изменению структуры фито- и зоопланктона. Наблюдается сокращение численности многих гидробионтов, включая промысловые виды рыб, что негативно сказывается на экономике региона и продовольственной безопасности.

Важным проявлением антропогенного воздействия на биосферу является распространение инвазивных видов, которые проникают в новые экосистемы как благодаря глобальной торговле и транспортировке, так и из-за ослабления естественных барьеров. Чуждые виды, ранее не встречавшиеся в данном регионе, лишены естественных врагов и конкурентов, что позволяет им быстро размножаться, вытесняя местные виды и изменяя структуру экосистем. В Казахстане подобные явления особенно заметны в водных экосистемах Каспийского бассейна, где были интродуцированы инвазивные моллюски и ракообразные, конкурирующие с коренными видами за ресурсы. По оценкам Международного союза охраны природы, инвазивные виды занимают одно из пяти главных мест среди угроз глобальному биоразнообразию, вызывая до 20% зарегистрированных случаев утраты местных популяций. Кроме того, экономический ущерб от биологических инвазий оценивается более чем в 400 миллиардов долларов США ежегодно [34].

Современные исследования показывают, что антропогенные факторы редко действуют в изоляции. Обычно они проявляются в комбинированной форме, когда несколько факторов действуют одновременно и усиливают воздействие друг друга. Например, изменение климата способствует распространению инвазивных видов и усиливает последствия загрязнения водных экосистем. Трансформация землепользования с фрагментацией местообитаний увеличивает чувствительность экосистем к засухам и изменению температурных режимов. Такое взаимодействие факторов создает множественные стрессоры, что может привести к каскадным нарушениям биогеохимических циклов, разрушению пищевых цепей и снижению общей устойчивости экосистем [29].

Антропогенное воздействие приводит не только к локальным изменениям, но и к глобальным преобразованиям в функционировании биосферы. Уничтожение лесов уменьшает способность планеты поглощать углекислый газ, что способствует усилению парникового эффекта и ускорению климатических изменений. Загрязнение океанов микропластиком и нефтепродуктами нарушает фотосинтетическую активность фитопланктона - одного из основных регуляторов кислорода в атмосфере. Уменьшение численности опылителей, таких как пчёлы, бабочки и жуки, приводит к снижению урожайности сельскохозяйственных культур, что, в свою очередь, угрожает продовольственной безопасности. По данным Программы ООН по окружающей

среде, около одной миллионной всех видов на Земле может исчезнуть в ближайшие десятилетия, если текущие тенденции антропогенного воздействия будут сохраняться [35].

Системные и необратимые последствия деградации экосистем представляют особенно серьезную опасность. Утрата биоразнообразия ухудшает устойчивость природных процессов, таких как круговорот воды и питательных веществ, опыление растений и поддержание климата. Вырубка лесов и ухудшение состояния почвы приводят к эрозии, опустыниванию и снижению способности экосистем к самовосстановлению. Эти процессы затрагивают не только природные комплексы, но и социально-экономическую сферу: качество жизни населения ухудшается, ресурсы для сельского хозяйства сокращаются, а частота природных катастроф - засух, пыльных бурь и наводнений - увеличивается.

В последние годы международное сообщество всё больше акцентирует внимание на необходимости смягчения последствий антропогенного воздействия через разработку комплексных политик и программ устойчивого управления экосистемами. Концепция «глобальных экологических границ» определяет допустимые пределы вмешательства человека в природные процессы. Превышение этих границ приводит к потере регуляторных функций биосферы и переходу в новое неустойчивое состояние. Для Казахстана данные вопросы имеют особую актуальность в контексте реализации стратегических документов - Концепции перехода к «зелёной экономике», Национальной стратегии по сохранению биоразнообразия и адаптации к изменению климата, а также в рамках обязательств по Целям устойчивого развития ООН.

Таким образом, антропогенное воздействие на природные экосистемы следует рассматривать как комплексную и многоуровневую систему взаимосвязанных процессов, объединённых общим следствием - потерей устойчивости биосферы. Пять основных факторов влияния - изменение землепользования, эксплуатация природных ресурсов, загрязнение, инвазивные виды и изменение климата - действуют не в изоляции, а в совокупности, усиливая негативные эффекты друг друга. Масштаб их воздействия охватывает все уровни организации живого - от генетического до экосистемного, что обуславливает необходимость перехода от фрагментарных природоохранных мер к системной политике управления природными капиталами и экосистемными услугами.

Современная экология рассматривает антропогенное воздействие не как простую совокупность отдельных факторов, а как глобальную трансформацию природных процессов, происходящую в результате индустриальной и постиндустриальной деятельности человека. Масштабы и интенсивность этого влияния таковы, что многие исследователи описывают текущую стадию развития биосферы как «антропоцен» - геологическую эпоху, в которой деятельность человека становится определяющей геофизической силой [29].

В этот период природные системы уже не способны самостоятельно компенсировать утраты биологического и ресурсного потенциала, а экосистемы

переходят в новое качество, характеризующееся снижением их саморегуляции и устойчивости.

Антропогенное давление выражается в разрушении природных экосистем, нарушении биогеохимических циклов и изменении углеродного, азотного и фосфорного круговоротов, а также в нарушении энергетического баланса планеты. Вследствие этого наблюдается усиливающийся парниковый эффект, деградация почв и водных ресурсов, закисление океанов и утрата продуктивности как наземных, так и морских экосистем. По оценкам международной группы ученых под руководством Й. Рокстрёма, человечество уже превысило безопасные пределы воздействия по шести из девяти «планетарных границ», включая изменение климата, утрату биоразнообразия, дисбаланс биогеохимических циклов и деградацию земель. Это свидетельствует о том, что совокупное воздействие человека достигло уровня, угрожающего функционированию экосистем и устойчивости биосферы [36].

С экологической точки зрения, особенно вызывает обеспокоенность тенденция накопления необратимых последствий. Когда деградация экосистем достигает определённого порога, их восстановление становится крайне затруднительным или даже невозможным. Например, вырубка лесов в засушливых регионах приводит к изменению местного климата и снижению осадков, что затрудняет естественную регенерацию растительности. Утрата видового и генетического разнообразия уменьшает адаптивные способности экосистем к внешним стрессовым факторам, повышая их уязвимость к заболеваниям, вредителям и колебаниям климата. Это, в свою очередь, снижает устойчивость сельского хозяйства и увеличивает социально-экономические риски, связанные с нехваткой ресурсов.

Научные исследования показывают, что антропогенное воздействие комплексно затрагивает не только экосистемы, но и качество жизни человека. Загрязнение воздуха и воды приводит к росту заболеваемости, изменение климата - к увеличению числа климатических катастроф, сокращению сельскохозяйственных урожаев и ухудшению продовольственной безопасности. Экономические потери от деградации экосистем по оценкам Всемирного банка составляют 4–6 % глобального ВВП ежегодно [38]. По сути, разрушение природных систем подрывает основу устойчивого развития, от которой зависят экономика и социальное благополучие.

В ответ на данные вызовы международное сообщество стремится выработать системный подход к управлению природными ресурсами и снижению антропогенного воздействия. Ключевым международным документом в этой области является Глобальная рамочная программа по биоразнообразию после 2020 года (Post-2020 Global Biodiversity Framework), утверждённая в рамках Конвенции о биологическом разнообразии (CBD) в декабре 2022 года. Программа предполагает сокращение негативного воздействия на природу на 50 % к 2030 году и достижение нулевого чистого баланса потерь биоразнообразия к середине века. В то же время Цели устойчивого развития ООН (ЦУР), в частности Цель 13 «Борьба с изменением

климата» и Цель 15 «Сохранение экосистем суши», нацелены на интеграцию природоохранных принципов во все сектора экономики.

В Казахстане переход к устойчивой модели природопользования закреплён в Концепции перехода к «зелёной экономике» (Постановление Правительства РК №577 от 30 мая 2013 года), а также в государственной политике по охране биоразнообразия и адаптации к изменению климата. Реализация данных стратегий требует укрепления институциональных механизмов экологического управления, развития научного мониторинга и внедрения принципов оценки экосистемных услуг.

Одним из приоритетных направлений является восстановление деградированных земель и рациональное использование водных ресурсов, особенно в регионах с высокой промышленной нагрузкой, таких как Атырауская область. В данном контексте проблемы охраны природы непосредственно связаны с обеспечением устойчивости нефтегазового сектора, минимизацией выбросов и восстановлением биологической продуктивности прибрежных экосистем.

Таким образом, антропогенное воздействие на природные экосистемы является системной глобальной проблемой, требующей междисциплинарного подхода и международной координации. Его последствия выходят за рамки экологии, затрагивая экономические, социальные и политические аспекты. Меры по снижению антропогенного давления должны основываться на научных данных, комплексных моделях оценки рисков и учёте региональных особенностей. Только интеграция экологических принципов в стратегическое планирование и экономическую политику может обеспечить сохранение природных экосистем, поддержание биоразнообразия и долгосрочную устойчивость человеческой цивилизации.

1.3. Методы оценки состояния биоразнообразия в условиях хозяйственного освоения территорий

Управление биоразнообразием невозможно без его количественной оценки. Измерение биологического разнообразия предоставляет возможность не только фиксировать текущее состояние экосистем, но и выявлять изменения, происходящие под влиянием природных и антропогенных факторов. Как подчеркивает Лебедева с соавторами [39], количественное описание биологических параметров является обязательным условием для управления природными системами, поскольку:

- а) позволяет контролировать сохранение генетического и видового потенциала;
- б) предоставляет представление о структурно-функциональном состоянии экосистем на определенной территории;
- в) служит основой для создания системы экологического менеджмента и охраны отдельных видов.

Оценка биоразнообразия имеет двойственный характер - качественный и количественный. Качественный аспект отображает состав биоты (перечень видов), а количественный - их численность, пропорции и роль в сообществе. Наиболее активно исследуется видовое (альфа-) разнообразие, которое является одним из ключевых параметров экологической организации биосистем. Оно описывает сложность структуры сообщества и выражается двумя взаимосвязанными компонентами - видовым богатством (число видов) и относительным обилием видов. Простое перечисление видов оказывается малоинформативным, так как сообщества почти никогда не состоят из видов с равной численностью: часть из них встречается редко, другие - в умеренных количествах, а немногие доминируют. Поэтому для точного описания биоразнообразия применяются индексы и модели, учитывающие распределение численностей [40].

Видовое разнообразие количественно определяется с помощью информационно-статистических индексов. Наиболее распространёнными из них являются индекс Шеннона (H'), индекс Симпсона (D), индекс Пилу (E) и индекс Маргалефа (d).

- Индекс Шеннона измеряет уровень неопределенности при случайному выборе особи из сообщества и демонстрирует, насколько равномерно распределены виды по численности.
- Индекс Симпсона описывает вероятность того, что две случайно отобранные особи принадлежат одному и тому же виду, отражая степень доминирования.
- Индекс Пилу (Evenness) оценивает равномерность распределения численностей; если все виды представлены равномерно, значение индекса стремится к 1.
- Индекс Маргалефа применяется для определения видового богатства, нормализованного по размеру выборки.

Основные области применения этих индексов включают охрану природы, биомониторинг и экологическую экспертизу. Как отмечает Лебедева, сообщества с высоким видовым богатством обладают большей устойчивостью к внешним стрессам, тогда как снижение разнообразия часто сигнализирует о загрязнении или деградации среды. Таким образом, уровень видового богатства и структура обилия видов функционируют как биоиндикаторы состояния экосистем [41].

Показатели разнообразия активно применяются для анализа пространственной и временной динамики сообществ, оценки сукцессионных стадий, пищевых связей, экологической специализации видов и при оценке антропогенного воздействия, например, при сравнении участков по градиенту загрязнения или интенсивности хозяйственного освоения. Исследования показывают, что пространственная гетерогенность среды, как правило, способствует увеличению разнообразия, в то время как стрессовые условия и загрязнение приводят к его сокращению. Конкуренция и наличие хищников

могут как уменьшать, так и увеличивать разнообразие, в зависимости от продолжительности воздействия и степени адаптации сообществ [42].

При исследовании альфа-разнообразия обычно анализируются два ключевых параметра:

1. Видовое богатство - это число видов, стандартизированное по единице площади обследования (например, на 1 га или 100 м²).

2. Выравненность обилия - равномерность распределения особей по видам, которая отображает степень доминирования в сообществе.

Высокое значение выравненности соответствует высокой устойчивости экосистемы, так как равномерное распределение видов по численности препятствует монодоминированию и поддерживает баланс экологических функций. Низкие значения выравненности, напротив, указывают на нарушение экологического равновесия и потенциальную деградацию экосистемы. В современных исследованиях этот параметр широко используется как интегральный индикатор экологической стабильности.

Таким образом, количественные методы оценки биоразнообразия - начиная от простого учета видов и заканчивая расчетом сложных индексов - позволяют объективно охарактеризовать состояние природных комплексов и выявлять изменения, вызванные человеческой деятельностью. Их использование в сочетании с данными дистанционного мониторинга и геоинформационного анализа создает основу для разработки системного подхода к сохранению и рациональному использованию природных ресурсов в условиях антропогенного воздействия.

Одним из самых информативных подходов к оценке состояния сообществ под воздействием человека является анализ ранговых распределений обилия видов (РР). Этот метод демонстрирует соотношение между численностью и количеством видов, что позволяет делать выводы о структуре и устойчивости экосистем.

В каждом природном сообществе присутствуют как более обильные, так и более редкие виды; при этом доля редких видов, как правило, значительно превышает количество доминирующих. Ранговым распределением (Rank–Abundance Distribution, RAD) называют упорядочение видов в порядке убывания их обилия. Построение таких распределений помогает выявлять закономерности формирования видовой структуры и является удобным инструментом для сравнительного анализа экосистем с различной степенью нарушенности.

Каждая модель распределения отражает определённую гипотезу о процессах формирования сообщества и распределении ресурсов между видами. В экологическом анализе используются несколько моделей РР, которые отличаются формой кривой и степенью выравненности численности.

Сравнение этих кривых позволяет оценить:

- степень доминирования отдельных видов;
- уровень равномерности распределения численностей;
- стадию сукцессии или степень антропогенной трансформации местообитаний.

№	Тип графика	Ось X	Ось Y	Модель распределения
1	Ранг / обилие	Ранг вида	Обилие вида	Геометрическое распределение
2	Ранг / обилие	Логарифм ранга	Относительное обилие (%)	Модель «разломанного стержня»
3	Ранг / обилие	Логарифм ранга	Накопленное обилие (%)	Логарифмическое распределение
4	Частотное	Число особей	Кол-во видов	Модель «разломанного стержня»
5	Частотное	Логарифм числа особей	Кол-во видов	Лог-нормальное распределение

1 – таблица. Основные модели распределения обилия видов [39]

Геометрическое распределение представлено в виде прямой линии с крутым наклоном: в экосистеме наблюдается небольшое количество доминирующих видов и большое количество редких.

Экологическая интерпретация данной модели основана на гипотезе «преимущественного захвата ниш»: первый доминирующий вид занимает определённую долю ресурсов, второй - часть оставшихся, и так далее. Такая структура свойственна бедным видами местообитаниям или ранним стадиям сукцессии, где конкуренция за ресурсы минимальна [43].

Модель английского математика Р. Фишера, которая широко используется в энтомологии и орнитологии.

Формула, описывающая зависимость между числом видов и количеством особей:

$$S = \alpha \ln(1 + N/\alpha) \quad (1)$$

Где S - количество видов, N - общее число особей, α - индекс разнообразия.

Данное распределение наблюдается в сообществах, где структура формируется под воздействием одного или нескольких ведущих экологических факторов (таких как влажность, освещенность, обводненность).

Для экосистем с умеренным уровнем антропогенного воздействия логарифмическая модель отражает переходный этап от простых систем к более сложным устойчивым экосистемам [44].

Лог-нормальное распределение имеет S-образную кривую и характерно для стабильных, зрелых экосистем, в которых действуют множество факторов, а ниши распределяются без конкурентного исключения.

Это распределение часто применяется при анализе фаунистических и флористических коллекций, а также для мониторинга как нарушенных, так и ненарушенных участков. Исследования продемонстрировали, что форма кривой лог-нормального распределения изменяется под воздействием загрязнения или

хозяйственной деятельности: в деградированных системах она становится более крутой, что отражает снижение равномерности и увеличение доли доминирующих видов [45].

Модель «разломанного стержня» предполагает равномерное распределение ресурсов между видами, что аналогично случайному разламыванию стержня на несколько частей [46].

Это распределение характеризует высокую степень равномерности, присущую сообществам с развитой межвидовой конкуренцией (например, лесные птицы, растительные сообщества умеренной зоны).

Модель используется для обоснования равновесного состояния биоценоза и оценки его устойчивости к антропогенному воздействию [47].

Практическое значение данного метода заключается в следующем:

- позволяет определить стадию сукцессии (ранняя, зрелая, деградированная);
- служит индикатором антропогенного воздействия (высокая крутизна кривой указывает на большую нагрузку);
- используется для мониторинга биоразнообразия в хозяйственно освоенных ландшафтах (нефтегазовые регионы, агроценозы, урбанизированные зоны);

применяется для обоснования мер по охране природы и рекультивации земель [48].

Современная оценка состояния биоразнообразия в условиях хозяйственного освоения территорий представляет собой многогранный научный процесс, нацеленный на выявление изменений в структуре и функционировании экосистем под воздействием человеческой деятельности. В условиях активного промышленного развития, урбанизации и интенсивного сельского хозяйства системный мониторинг биоразнообразия становится важнейшим инструментом устойчивого управления природными ресурсами [47].

Биоразнообразие можно описывать количественно на различных уровнях - от генетического до экосистемного. Однако в условиях хозяйственного воздействия наиболее информативными являются показатели видового и экосистемного уровней, так как они позволяют оценить устойчивость сообществ, степень деградации местообитаний и утрату экосистемных функций.

Одним из наиболее распространённых направлений количественной оценки биоразнообразия является применение информационно-статистических индексов, которые позволяют объективно оценивать структурное состояние экосистем. Наиболее известными из них являются:

Индекс Шеннона (H'), который демонстрирует степень равномерности распределения особей между различными видами. Его вычисляют по следующей формуле:

$$H' = -\sum p_i \ln p_i \quad (2)$$

где p_i - доля особей i -го вида в сообществе. Чем выше значение H' , тем более равномерно распределены виды.

Индекс Симпсона (D) представляет собой меру вероятности того, что две случайно выбранные особи принадлежат одному и тому же виду. Этот индекс используется в виде 1–D, что позволяет оценивать разнообразие как обратную меру доминирования.

Индекс Пилу (E) служит для оценки равномерности распределения особей:

$$E = \frac{H'}{\ln S} \quad (3)$$

где S обозначает общее количество видов. Значения, близкие к 1, свидетельствуют о стабильной структуре, тогда как низкие значения указывают на наличие экологического стресса.

Индекс Маргалефа (d) используется для оценки видового богатства, нормализованного по количеству особей:

$$D = \frac{S-1}{\ln N} \quad (4)$$

где N обозначает общее количество индивидуумов.

Данные показатели позволяют выявлять закономерности изменений в видовом составе под воздействием антропогенных факторов. К примеру, в регионах нефтегазовой разработки (в частности, в Атырауской и Мангистауской областях) наблюдается корреляция между снижением индекса Шеннона и увеличением индекса Симпсона с загрязнением почвы нефтью и тяжёлыми металлами, что свидетельствует о упрощении трофической структуры сообществ [49].

Основным преимуществом подобных индексов является их универсальность: они дают возможность сопоставлять данные, полученные на различных участках или в разные годы, а также мониторить динамику восстановления биоразнообразия после рекультивации земель.

Кроме расчёта индексов, значительное значение имеет анализ распределения обилия видов (Species Abundance Distribution - SAD), который отражает структуру сообществ и уровень их нарушения. Распределение обилия демонстрирует, сколько редких и доминирующих видов присутствует в экосистеме, и формируется под влиянием как естественных, так и антропогенных факторов.

На практике существует несколько моделей:

- Геометрическая модель - характерна для бедных видами сообществ и ранних этапов сукцессии. Её график демонстрирует резкое снижение численности от доминирующих видов к редким, что является типичным для деградированных местообитаний.
- Логарифмическая модель Фишера - используется для описания сообществ, на которые слабое влияние оказывают внешние факторы.
- Лог-нормальная модель - характерна для зрелых и относительно стабильных экосистем, где распределение особей между видами более равномерное.
- Модель «разломанного стержня» (broken-stick model) Макартура отражает наиболее равномерное распределение ниш между видами.

- Гиперболическая модель (Левич, 1980) - применима для крупных и сложных сообществ, в которых влияние окружающей среды неоднородно.

Сравнение фактических кривых распределения обилия с этими моделями позволяет делать выводы о степени нарушенности экосистем. Чем резче спад кривой, тем больше доминирование отдельных видов и тем ниже общее разнообразие [50]. В условиях хозяйственного освоения (например, при бурении скважин, строительстве или распашке земель) распределение стремительно сдвигается от лог-нормальной формы к геометрической, что указывает на снижение экологической устойчивости.

Для Казахстана подобные методы успешно используются при анализе орнитофауны и фитоценозов в Прикаспийском регионе: в зонах нефтегазового освоения фиксируются более резкие кривые рангового распределения и понижение дажести по сравнению с контрольными участками [51].

Современные технологии значительно увеличили потенциал анализа биоразнообразия. Одним из наиболее эффективных направлений является использование геоинформационных систем (ГИС) и дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). Спутниковые данные позволяют косвенно оценивать состояние экосистем, основываясь на таких параметрах, как структура растительного покрова, индекс NDVI, температура поверхности, влажность почвы и изменения в ландшафтных границах.

Например, снижение индекса NDVI и фрагментация растительных площадей рассматриваются как индикаторы деградации местообитаний [52]. Эти данные в сочетании с наземными наблюдениями способствуют выявлению очагов нарушений, оценке эффективности природоохранных мероприятий и планированию работ по восстановлению.

Для Атырауской области использование спутников Landsat и Sentinel-2 позволяет отслеживать изменения в растительности вокруг нефтяных месторождений и прибрежных экосистем Каспийского моря. Сочетание данных дистанционного мониторинга с результатами полевых наблюдений способствует созданию интегральных карт биоразнообразия и определению участков, на которых воздействие хозяйственной деятельности наиболее значимо [53].

В последние годы молекулярно-генетические методы, особенно анализ экологической ДНК (eDNA), получают всё большее распространение. Этот подход позволяет выявлять виды по генетическим следам, оставшимся в воде, почве или воздухе. eDNA особенно эффективен для обнаружения редких и малочисленных видов, а также для мониторинга инвазивных организмов [54].

Кроме того, в оценке биоразнообразия всё чаще применяется интеграция данных полевых наблюдений, биоинформатики и искусственного интеллекта. Например, модели машинного обучения используются для автоматической классификации изображений флоры и фауны, а также для прогнозирования изменений биоразнообразия при различных сценариях хозяйственного освоения [55].

Для Казахстана, где значительная часть территории подвергнута антропогенному воздействию, включая нефтегазовую промышленность,

транспортную инфраструктуру и пастбищное землепользование, применение комплексных методов оценки биоразнообразия является особенно актуальным [56]. В Атырауской области основными индикаторами экологического состояния выступают:

- снижение видового богатства растительных сообществ на участках, связанных с добычей нефти;
- уменьшение численности водоплавающих птиц в дельте реки Урал;
- сокращение разнообразия зоопланктона и бентоса в прибрежных экосистемах Каспийского моря.

Применение индексов Шеннона, Пилу и Маргалефа в сочетании с анализом распределений обилия и спутниковыми данными позволяет объективно оценивать масштабы нарушений и разрабатывать меры по их снижению, такие как рекультивация земель, восстановление гидрологического режима и создание охраняемых природных территорий [57].

Таким образом, современные методы оценки состояния биоразнообразия в условиях хозяйственного освоения территорий основываются на сочетании традиционных статистических индексов, анализов распределений обилия, геоинформационного мониторинга и генетических технологий. Комплексное применение этих методов обеспечивает не только диагностику текущего состояния экосистем, но и прогнозирование последствий антропогенной нагрузки. Для Казахстана, и особенно для Атырауской области, где экологическая устойчивость напрямую связана с интенсивным промышленным развитием, внедрение таких подходов становится необходимым условием для сохранения природного потенциала и устойчивого развития региона.

Глава 2. Природно-экологическая характеристика Атырауской области

2.1. Географическое положение, климатические и почвенно-растительные особенности региона

Атырауская область расположена на западе Республики Казахстан и занимает уникальное географическое положение на границе Европы и Азии. Территория региона простирается в нижнем течении реки Урал и вдоль северо-восточного побережья Каспийского моря, преимущественно охватывая Прикаспийскую низменность. Общая площадь области составляет примерно 118 тыс. км², что делает её одной из крупнейших по территории областей Казахстана. Административным центром является город Атырау, находящийся на берегах реки Урал, примерно в 25 км от Каспийского моря.

Область простирается между 46° и 49° северной широты и между 47° и 55° восточной долготы. На севере она граничит с Западно-Казахстанской областью, на востоке — с Актюбинской областью, на юге — с Мангистаусской областью, а на западе омывается водами Каспийского моря, что придаёт региону особое природogeографическое значение.

Большая часть территории находится ниже уровня Мирового океана (до – 28 м), что определяет уникальные природные условия и уязвимость региона к изменениям климата и колебаниям уровня Каспийского моря. Рельеф области в основном равнинный, представляющий собой чередование пологих песчаных массивов, солончаков и барханных форм, перемежающихся с плоскими равнинами. Наиболее известные песчаные массивы включают Рын, Тайсойган и Каракум, которые занимают значительные площади северных и восточных районов. Солончаки широко распространены, включая шоры — участки с плотной солевой коркой, насыщенной сероводородом. Эти территории характеризуются крайне низкой продуктивностью почв и ограниченным растительным покровом.

Особым геоморфологическим образованием региона являются бэрсовские бугры, происхождение которых до конца не исследовано. Эти округлые возвышенности имеют диаметр от 0,5 до 2 км и высоту до 20 м, часто образуя целые цепочки. Данные формы рельефа придают ландшафту области своеобразный «волнообразный» характер. На северо-востоке встречаются отроги Предуральского плато, достигающие высоты около 60 м над уровнем моря.

Побережье Каспийского моря в Атырауской области характеризуется плавной линией и слабой изрезанностью. Дно моря в этой части значительно пологое: даже на расстоянии нескольких километров от берега глубина редко превышает 4–5 м. Береговая линия подвержена сезонным изменениям под воздействием нагонных ветров, способных смешать границу воды на несколько километров, что приводит к временному затоплению прибрежных низин.

Главной водной артерией региона является река Урал, которая протягивается с севера на юг и впадает в Каспийское море. Общая длина реки составляет 2 534 км, из которых 1 084 км проходят по территории области. Русло Урала имеет изогнутую форму, а его дельта начинается практически в черте города Атырау и простирается на десятки километров, формируя сложную сеть проток, ериков и озёр. В последние десятилетия в устьевой части реки наблюдается обмеление: глубина канала в районе впадения в Каспий не превышает 1 метра. Это обусловлено как климатическими факторами, так и хозяйственной деятельностью, включая водозабор, регулирование стока и изменения в гидрологическом режиме.

Помимо Урала, на территории области протекают реки Эмба, Сағыз, Жем и Ойыл; однако большинство из них имеют временный характер и наполняются водой в основном в весенний период паводков. Летом многие из этих водотоков пересыхают, оставляя за собой цепочки солёных озёр и болот, которые при засушливых условиях трансформируются в солончаки.

Климат Атырауской области резко континентальный и аридный. Он характеризуется значительными суточными и сезонными колебаниями температуры, малым количеством осадков и высокой испаряемостью. Среднегодовая температура воздуха составляет около +8...+9 °C, при этом зимние температуры могут опускаться до -25 °C, а летние подниматься выше +40 °C. Среднегодовое количество осадков колеблется между 120–180 мм, в то время как испаряемость превышает 1 000 мм, что приводит к значительному дефициту влаги. Ветры, как правило, дуют с северо-восточного и юго-западного направлений, периодически усиливаясь до штормовых, особенно в прикаспийских районах.

Почвенный покров региона формируется в условиях пустынного и полупустынного климата. Основные типы почв включают серозёмы, бурье пустынные и солонцеватые, часто с повышенным содержанием солей и гипса. В долинах рек и понижениях наблюдаются лугово-болотные и аллювиальные почвы, обладающие более высоким уровнем плодородия. В районах активного хозяйственного освоения, особенно вблизи нефтяных месторождений, фиксируется деградация почвенного покрова, засоление и загрязнение нефтепродуктами.

Растительность Атырауской области типична для пустынно-степных и полупустынных ландшафтов. Важнейшие формации включают полынны, солянковые и злаковые сообщества, в которых преобладают виды полыни (*Artemisia* spp.), солянок (*Salsola* spp.), житняка (*Agropyron desertorum*), ковыля (*Stipa* spp.) и других ксерофитов. В долинах рек, на влажных участках и в дельте Урала встречаются тугайные сообщества, представлены тростником (*Phragmites australis*), тамариксом (*Tamarix ramosissima*), ивами (*Salix* spp.) и тополем (*Populus diversifolia*).

Прибрежно-морские экосистемы Каспийского моря и дельта Урала обладают особым природным значением, поскольку здесь обитает более 300 видов птиц, включая розового пеликана, колпица, серого гуся, цаплю, огаря и

куликов. Здесь также гнездятся и делают остановки во время миграции редкие виды, занесённые в Красную книгу Казахстана. В водных экосистемах региона насчитывается свыше 50 видов рыб, включая ценные промысловые виды - осётр, белуга, севрюга, шип, лосось и белорыбица. В последние десятилетия их численность значительно сократилась из-за браконьерства, загрязнения вод и нарушений естественного гидрологического режима.

Таким образом, природные условия Атырауской области формируются под воздействием комбинации аридного климата, равнинного рельефа и прибрежно-морских процессов. Это определяет как уникальность экосистем региона, так и их высокую уязвимость к антропогенному воздействию. Освоение нефтегазовых ресурсов, сельскохозяйственная нагрузка и изменения климата усугубляют процессы деградации ландшафтов, что требует разработки адаптивных мер для сохранения природного потенциала региона.

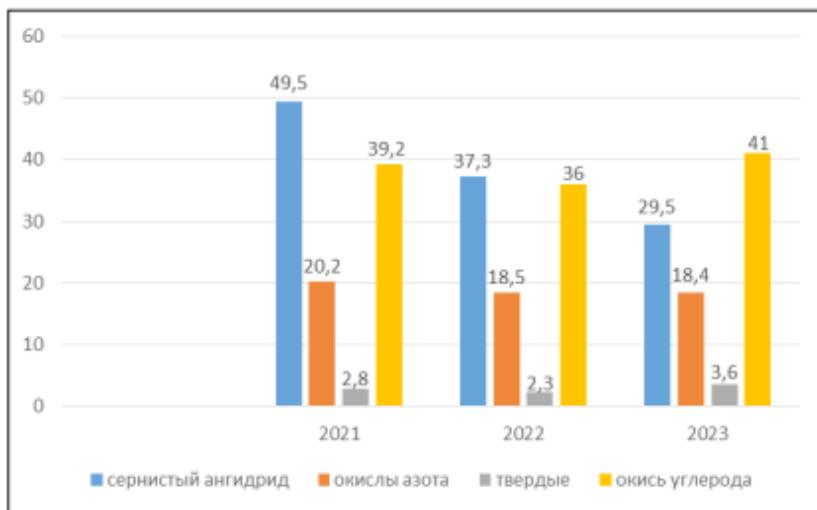
Интенсивное промышленное освоение территории Атырауской области, связанное с добычей, транспортировкой и переработкой углеводородного сырья, оказывает значительное воздействие на окружающую среду и качество атмосферного воздуха. По информации акимата области, основными источниками загрязнения являются крупные предприятия нефтегазового сектора: ТОО «Тенгизшевройл», North Caspian Operating Company N.V., АО «Интергаз Центральная Азия», ТОО «Атырауский нефтеперерабатывающий завод», БФ АО «КазТрансОйл» и АО «Эмбамунайгаз».

Согласно данным Бюро национальной статистики Агентства по стратегическому планированию и реформам РК, количество стационарных источников выбросов загрязняющих веществ в Атырауской области в последние годы увеличивается. Так, в 2023 году было зарегистрировано 34 046 источников, что на 18 % больше, чем в 2021 году. Объем выбросов загрязняющих веществ от стационарных источников в 2023 году составил 140,1 тыс. тонн, включая окись углерода, оксиды азота, сернистый ангидрид и твердые частицы. Наибольший вклад в эмиссию сероводорода вносит нефтеперерабатывающая отрасль, в частности пруд-накопитель «Тухлая балка» в городе Атырау.

Наименование	2021 год	2022 год	2023 год
Стационарные источники выбросов	28 904	27 017	34 046

2 – таблица. Стационарные источники выбросов загрязняющих веществ в Атырауской области за 2021-2023 годы, ед. [58]

Кроме стационарных источников, значительное влияние на атмосферу оказывают подвижные источники загрязнения, особенно автомобильный транспорт. В 2023 году в регионе было зарегистрировано 151,4 тыс. единиц транспортных средств, из которых более 110 тыс. используют бензиновое топливо, 3,3 тыс. - дизельное, а также 13,5 тыс. - со смешанным типом топлива. Высокая доля устаревших автомобилей усугубляет проблему загрязнения воздуха оксидами азота, угарным газом и сажей.



2 – рисунок. Выбросы основных загрязняющих веществ в Атырауской области за 2021-2023 годы, тыс. тонн [58]

Согласно данным РГП «Казгидромет», качество атмосферного воздуха в данном регионе варьируется от умеренно загрязнённого до высоко загрязнённого. Мониторинг осуществляется на шести стационарных постах наблюдения, расположенных в городах Атырау и Кульсары, а также в районах Макат, Индер, Жанбай и Ганюшкино. Средние индексы загрязнения атмосферы (ИЗА) за 2023 год колеблются в пределах от 3,5 до 7,3, что соответствует уровням загрязнения, классифицируемым как повышенные и высокие.

№	Населенный пункт	Кол-во постов наблюдения	Показатели	ИЗА	СИ	НП
	Ручные	Автоматические	(%)	(%)	(%)	
1	Город Атырау	2	4	3,5 (низкий уровень)	4,2 (повышенный уровень)	10 (повышенный уровень)
2	Город Кульсары	-	1	5,6 (повышенный уровень)	4,6 (повышенный уровень)	12 (повышенный уровень)
3	Район Макат	-	1	-	7,3 (высокий уровень)	5 (повышенный уровень)

№	Населенный пункт	Кол-во постов наблюдения	Показатели	ИЗА	СИ	НП
4	Район Индер	-	1	-	5,7 (высокий уровень)	1 (повышенный уровень)
5	Село Жанбай	-	1	-	6,2 (высокий уровень)	8 (повышенный уровень)
6	Город Ганюшкино	-	1	-	4,21 (повышенный уровень)	5 (повышенный уровень)

3 – таблица. Качество атмосферного воздуха в населённых пунктах Атырауской области за 2023 год [59]

Высокие уровни загрязняющих веществ в основном регистрируются в районах, где расположены нефтеперерабатывающие заводы, а также вдоль ключевых транспортных маршрутов. В городских и промышленных зонах часто наблюдаются превышения по содержанию сероводорода, диоксида азота и мелкой пыли. По данным Казгидромета, в некоторых случаях концентрация сероводорода превышала предельно допустимые нормы в 5–10 раз, что оказывает негативное влияние на здоровье населения и экосистемы.

Тем не менее, уровень газификации региона один из самых высоких в стране: 139 из 155 населённых пунктов (99,8 % населения) обеспечены природным газом. Это значительно уменьшило давление, связанное с бытовым сжиганием твёрдого топлива, однако оставшиеся 10 удалённых сельских населённых пунктов продолжают использовать дрова, уголь и дизельное топливо, что также влияет на качество воздуха на локальном уровне.

Таким образом, Атырауская область испытывает значительную техногенную нагрузку на атмосферу, вызванную развитием нефтегазового сектора и увеличением количества автомобилей. Основные экологические проблемы включают:

- загрязнение воздуха сероводородом и продуктами неполного сгорания углеводородов;
- высокий уровень стационарных выбросов от перерабатывающих заводов;
- увеличение числа автотранспортных средств;
- локальные превышения предельно допустимых концентраций в промышленных зонах.

Сочетание этих факторов создаёт неблагоприятную экологическую ситуацию, что требует улучшения мониторинга, внедрения технологий очистки выбросов и перехода к «зелёным» стандартам в промышленном развитии.

2.2. Характеристика основных экосистем (прикаспийские степи, дельта реки Урал, прибрежная зона Каспийского моря)

Экосистемы Атырауской области представляют собой уникальное природное сочетание пустынно-степных, водно-болотных и прибрежно-морских комплексов, тесно связанных между собой общим климатическим и гидрологическим режимом. Важнейшими природными экосистемами региона являются прикаспийские степи, дельта реки Урал и прибрежная зона Каспийского моря, каждая из которых играет решающую роль в поддержании экологического баланса области и сохранении её биологического разнообразия.

Прикаспийские степи занимают значительную часть территории области и характеризуются сухими равнинными ландшафтами с участками песчаных массивов и солончаков. Здесь преобладает полупустынная и пустынная растительность, адаптированная к засушливым условиям и низкому уровню увлажнения. Основные типы растительных сообществ включают полынно-злаковые и солянковые формации, где доминируют полынь (*Artemisia spp.*), житняк (*Agropyron desertorum*), ковыль (*Stipa spp.*) и различные виды солянок (*Salsola spp.*). В песчаных районах встречаются саксауловые кустарники и редкие эфемеры, способные выживать в условиях длительной засухи. Эти экосистемы играют важную природоохранную роль, предотвращая ветровую эрозию, стабилизируя песчаные массы и служа местом обитания для множества животных, таких как грызуны, ящерицы и хищные птицы. Однако чрезмерный выпас скота, распашка земель и нефтегазовая деятельность привели к деградации значительных площадей степей, их опустыниванию и снижению видового разнообразия.

Дельта реки Урал имеет особое значение для региона, являясь одним из наиболее продуктивных и биологически богатых природных комплексов Казахстана. Она представляет собой разветвлённую систему проток, озёр, пойменных лугов и болот, формирующих сложный гидрологический ландшафт. Весной дельта частично затапливается паводковыми водами, а летом подвержена пересыханию и засолению, что приводит к чередованию влажных и сухих микробиотопов. В растительном покрове дельты преобладают заросли тростника и камыша, ивняки, тополево-тамарисковые тугай и пойменные луга.

Здесь обитает более 300 видов птиц, включая редкие и охраняемые, такие как розовый пеликан, колпице, серый гусь, лебедь-кликун и огарь. Дельта Урала также служит естественным нерестилищем и местом нагула для многих видов промысловых рыб Каспийского бассейна.

Однако в последние десятилетия экосистема дельты испытывает значительное антропогенное воздействие: сокращение речного стока из-за водозабора и регулирования Урала, загрязнение нефтепродуктами и сточными

водами, зарастание проток и ухудшение кислородного режима. Эти факторы приводят к деградации болотных экосистем, снижению численности водоплавающих птиц и ухудшению качества водных биотопов.

Наименование водного объекта	Класс качества воды, 2022 г.	Класс качества воды, 2023 г.	Основной определяющий параметр	Концентрация, мг/дм ³ (2022 г.)
Река Жайык	3 класс	4 класс	Магний	34,3
Река Эмба	3 класс	4 класс	Магний	34,5
Протока Перетаска	4 класс	4 класс	Магний	37,0
Протока Яик	3 класс	4 класс	Магний	37,7
Река Кигаш	2 класс	Не нормируется (>5 класс)	Взвешенные вещества	155,3
Протока Шаронова	3 класс	4 класс	Магний	34,1

4 – таблица. Качество поверхностных вод в Атырауской области за 2022-2023 годы [59]

Анализ данных, представленных в таблице 4, демонстрирует, что по сравнению с 2022 годом качество воды в реках Жайык, Эмба, протоках Яик и Шаронова ухудшилось: их состояние изменилось с 3-го на 4-й класс качества. Наиболее значительное ухудшение наблюдается в реке Кигаш, где произошло снижение с 2-го класса до категории «выше 5-го класса», что указывает на критический уровень загрязнения. Исключение составила только протока Перетаска, где показатели остались неизменными. Основными загрязняющими веществами водных объектов региона являются магний и взвешенные вещества, превышающие установленные нормативы и определяющие общий уровень загрязненности водной среды.

Прибрежная зона Каспийского моря представляет собой переходный природный пояс между сушей и морем, состоящий из солончаковых равнин, заболоченных тростниковых полос, лагун и мелководных заливов. Морская часть характеризуется слабым уклоном дна: на расстоянии нескольких километров от берега глубина моря не превышает 4-5 метров. Влияние ветровых нагонов и колебаний уровня воды может вызывать изменения береговой линии на несколько километров, что делает экосистему динамичной и чувствительной к климатическим изменениям. В прибрежных водах формируются богатые сообщества фитопланктона и макроводорослей, а на мелководьях обитают многочисленные беспозвоночные: ракообразные, моллюски и личинки насекомых, составляющие основу кормовой базы для рыб и водоплавающих

птиц. В Каспийском море встречаются ценные промысловые виды, такие как осётр, белуга, севрюга, шип, лосось и белорыбица, однако их численность значительно снизилась из-за браконьерства, загрязнения вод и разрушения мест нереста.

Вдоль побережья и в устье реки Урал отмечается высокая концентрация биологической активности: здесь происходят миграция, гнездование и кормление водоплавающих и околоводных птиц, что делает данный участок одним из ключевых для сохранения орнитофауны всего Прикаспийского региона. Однако именно прибрежная зона оказывается наиболее уязвимой к загрязнению нефтью и нефтепродуктами, особенно в районах активного промышленного освоения. Нарушение естественного гидрологического режима и повышение солёности прибрежных вод приводят к сокращению площади болотных угодий и исчезновению характерных видов растений.

Таким образом, природные экосистемы Атырауской области представляют собой единый, однако очень уязвимый экологический комплекс. Прикаспийские степи играют важную роль в регуляции климата и служат связующим звеном между сухими и влажными биотопами, дельта Урала обеспечивает оптимальный водный баланс и способствует высокой биопродуктивности, а прибрежная зона Каспийского моря является ключевым фактором в сохранении водных и орнитологических сообществ. Под воздействием хозяйственной деятельности, климатических изменений и нехватки водных ресурсов указанные экосистемы подвергаются значительным изменениям, что требует системного экологического мониторинга, научного управления и реализации мер по восстановлению и охране природного потенциала региона.

Земельные ресурсы Атырауской области являются основополагающими для обеспечения экологического баланса региона и содействия его социально-экономическому развитию. По данным Комитета по управлению земельными ресурсами Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан, на 1 ноября 2023 года земельный фонд области составляет 11 738,1 тыс. га. Наибольшую долю занимают земли запаса — 7 406,6 тыс. га, за ними следуют земли сельскохозяйственного назначения (3 209,0 тыс. га) и земли населённых пунктов (649,4 тыс. га). Земли, отведённые под промышленность, транспорт и связь, составляют 240,1 тыс. га, особо охраняемые природные территории — 156,5 тыс. га, а лесной фонд — 56,0 тыс. га. Земли водного фонда занимают 20,5 тыс. га, дополнительно 125,0 тыс. га используются Российской Федерацией. В сравнении с 2022 годом не отмечается существенных изменений в структуре землепользования, однако наблюдается небольшое сокращение площадей сельскохозяйственных угодий, что может быть связано с их деградацией и переводом под иные нужды.

№	Категория земель	2022 год, тыс. га	2023 год, тыс. га
1	Земли сельскохозяйственного назначения	3 220,7	3 209,0

№	Категория земель	2022 год, тыс. га	2023 год, тыс. га
2	Земли населённых пунктов	653,2	649,4
3	Земли промышленности, транспорта, связи, обороны и иного несельскохозяйственного назначения	238,0	240,1
4	Земли особо охраняемых природных территорий	156,5	156,5
5	Земли лесного фонда	56,0	56,0
6	Земли водного фонда	20,5	20,5
7	Земли запаса	7 393,2	7 406,6
8	Земли, используемые Российской Федерацией	125,0	125,0
Всего		11 863,1	11 863,1

5 – таблица. Распределение земель в Атырауской области по категориям за 2022-2023 годы, тыс. га [60]

Состояние почвенного покрова региона можно охарактеризовать как относительно стабильное, однако в отдельных районах отмечаются признаки техногенного воздействия, обусловленные деятельностью нефтегазовых предприятий. Согласно данным РГП «Казгидромет», в 2023 году содержание тяжёлых металлов в почвах населённых пунктов Атырауской области не превышало установленные нормативные значения. Концентрации цинка, меди, хрома, свинца и кадмия в образцах, отобранных в городе Атырау, а также в сёлах Жанбай, Забурунье и Жамансор, находятся в пределах естественного фона (цинк - 1,67-2,5 мг/кг; медь - 0,22-0,5 мг/кг; хром - 0,05-0,16 мг/кг; свинец - 0,09-0,29 мг/кг; кадмий - 0,07-0,27 мг/кг). Данные результаты свидетельствуют о контролируемом уровне загрязнения почв при существующей антропогенной нагрузке.

Населённый пункт	Цинк	Медь	Хром	Свинец	Кадмий
г. Атырау	1,67–2,25	0,22–0,40	0,05–0,16	0,09–0,24	0,09–0,21
с. Жанбай	1,75–2,50	0,26–0,47	0,09–0,12	0,09–0,25	0,09–0,19
с. Забурунье	1,70–2,40	0,25–0,41	0,06–0,16	0,10–0,20	0,07–0,15
с. Жамансор	1,77–2,50	0,26–0,50	0,07–0,14	0,09–0,29	0,10–0,27

6 – таблица. Содержание тяжёлых металлов в почвах Атырауской области в 2023 году (мг/кг) [59]

Тем не менее, с увеличением темпов промышленного освоения территорий продолжает оставаться актуальной проблема нерационального использования земель. В соответствии со статьёй 92 Земельного кодекса Республики Казахстан, в 2023 году было направлено письменное уведомление о необходимости целевого использования 36 земельных участков общей площадью 6 702,9 га. Из

них 30 участков (6 543,5 га) предназначены для сельскохозяйственных нужд, а 6 участков (159,4 га) относятся к коммерческим. Данные меры нацелены на предупреждение неэффективного землепользования и восстановление нарушенных земель, что представляет особую важность для Атырауской области, где высокая промышленная нагрузка усугубляет процессы деградации земель и опустынивания.

Таким образом, состояние земельных и почвенных ресурсов региона остается под постоянным контролем, однако в условиях активного хозяйственного освоения необходимо дальнейшее совершенствование систем мониторинга, рекультивации и рационального использования территорий.

2.3. Современное состояние флоры и фауны Атырауской области и ключевые охраняемые территории

Современное состояние флоры и фауны Атырауской области определяется уникальными природными условиями Прикаспийской низменности, воздействием Каспийского моря и интенсивной хозяйственной деятельностью в регионе. Несмотря на значительное антропогенное давление, область сохраняет свою экологическую ценность как место обитания редких видов растений и животных, а также как важная территория для миграции водоплавающих птиц.

На территории области расположена особо охраняемая природная территория – государственный природный резерват «Акжайык», находящийся в пределах города Атырау и Махамбетского района. Площадь резервата составляет 111,5 тыс. га, из которых 36,08 тыс. га занимают заповедная зона, а 75,42 тыс. га – буферная зона. Заповедная часть предназначена для долговременного сохранения генетических ресурсов, биологического разнообразия и природных экосистем в их естественном состоянии. Буферная зона выполняет защитную функцию, позволяя ограниченную хозяйственную деятельность, направленную на поддержание экологического равновесия и устойчивое использование природных ресурсов.

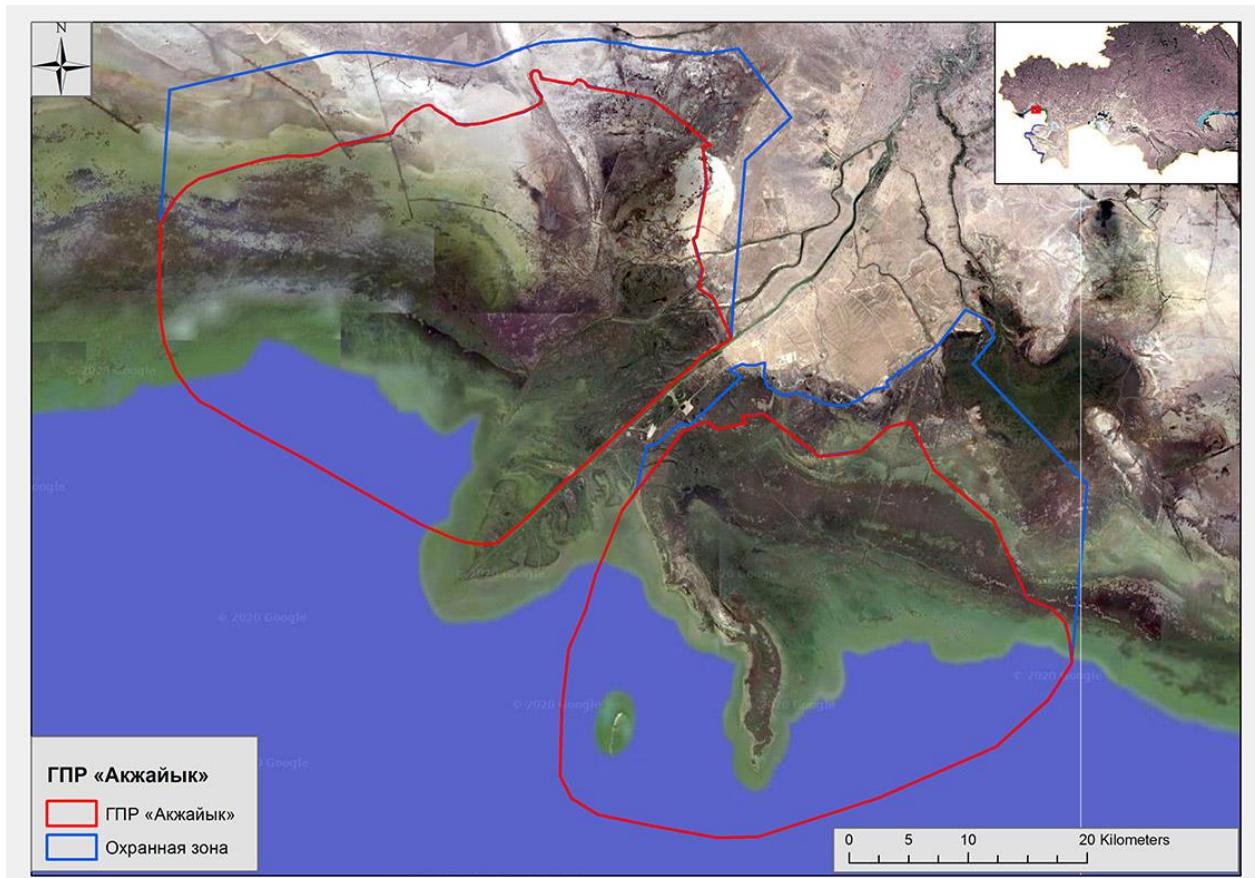
В прибрежной зоне Каспийского моря, на территории Курмангазинского района, находится Новинский государственный природный заповедник, который играет важную роль в сохранении морских и прибрежных экосистем северного Каспия. Здесь формируются ключевые места обитания для водоплавающих птиц, нерестилища рыб и местообитания редких видов млекопитающих, включая каспийского тюленя (*Pusa caspica*).

В дополнение к этому, в регионе функционируют лесные хозяйства Атырауского, Индерского, Махамбетского и Курмангазинского районов, которые занимаются охраной и восстановлением лесных насаждений вдоль рек Жайык (Урал) и Кигаш. Их деятельность включает лесоразведение, борьбу с опустыниванием и профилактику степных пожаров.

Флора Атырауской области в основном представлена пустынно-степными сообществами. В растительном покрове выявлено 227 видов растений, среди которых 1 голосемянный, 3 вида папоротниковых и 224 вида

покрытосеменных. Наиболее распространены такие растения, как полынь (*Artemisia*), житняк (*Agropyron desertorum*), ковыль (*Stipa*), солянки (*Salsola*), саксаул (*Haloxylon aphyllum*) и тамариск (*Tamarix ramosissima*). В поймах рек встречаются тугайные сообщества, включая тростник (*Phragmites australis*), ивы (*Salix alba*, *S. fragilis*) и тополь (*Populus diversifolia*). В Красную книгу Казахстана занесены три редких растения: тюльпан Шренка (*Tulipa schrenkii*), сальвиния плавающая (*Salvinia natans*) и водяной орех (*Trapa natans*).

Фауна региона также характеризуется высоким разнообразием. В пределах резервата «Акжайык» зарегистрировано 48 видов млекопитающих и 292 вида птиц, из которых 110 видов гнездятся на данной территории, 76 видов зимуют, а 106 видов совершают миграции. К редким и охраняемым видам относятся ночница Бобринского (*Myotis bobiensis*), перевязка (*Vormela peregrina*) и каспийский тюлень, включенные в Красную книгу Казахстана. Среди птиц охраняются 36 видов, включая розового пеликана, колпица, серого гуся, орлана-белохвоста, кречета и огаря.



3 – рисунок. Государственный Природный Резерват «Акжайык» [62]

Основной угрозой для биоразнообразия данного региона является обмеление северного Каспия и деградация дельты реки Урал. Понижение уровня моря приводит к уменьшению площади водно-болотных угодий, которые ранее были ключевыми кормовыми и гнездовыми биотопами для водоплавающих и околоводных птиц. Кроме того, снижение водности реки Урал сокращает

протяжённость нерестовых мест и нарушает миграционные маршруты множества видов рыб.

Таким образом, природные комплексы Атырауской области продолжают выполнять значимую экологическую и биосферную роль, однако их устойчивость зависит от рационального использования природных ресурсов, сохранения водного баланса Каспийского региона и усиления охраны ключевых природных территорий - в первую очередь дельты реки Урал и прибрежной зоны моря.

Показатель	Характеристика / значение
Общая площадь региона	118 тыс. км ²
Основные экосистемы региона	Прикаспийские степи, дельта реки Урал, прибрежные зоны Каспийского моря
Количество видов растений	227 видов (включая 3 редких, занесённых в Красную книгу РК)
Количество видов птиц	292, в том числе 36 редких (пеликан, орлан-белохвост, колпиц и другие)
Количество видов млекопитающих	48 (среди них перевязка, каспийский тюлень, ночница Бобринского)
Основные угрозы биоразнообразию	Обмеление Каспийского моря, деградация дельты Урала, загрязнение окружающей среды, браконьерство
Ключевые охраняемые территории	Государственный природный резерват «Акжайык» (111,5 тыс. га), Новинский природный заповедник, лесные хозяйства вдоль рек Жайык и Кигаш
Функции охраны биоразнообразия	Сохранение генетических ресурсов, охрана водно-болотных угодий, мест гнездования и миграционных путей птиц
Основные направления защиты	Расширение сети особо охраняемых природных территорий, эколого-гидрологический мониторинг, восстановление дельты Урала

7 – таблица. Основные сведения о биоразнообразии и охраняемых природных территориях Атырауской области [61]

В последние годы состояние флоры и фауны Атырауской области вызывает все большую озабоченность у экологов и научных учреждений. Усиление процессов аридизации, загрязнение окружающей среды и хозяйственное освоение территории приводят к уменьшению биологического разнообразия. Особую угрозу представляет снижение уровня Каспийского моря,

которое с 1995 года уменьшилось более чем на 1,5 метра, что вызвало обмеление прибрежных участков и деградацию водно-болотных угодий. Эти экосистемы ранее были важными местами гнездования водоплавающих птиц и нерестилищами для рыбы, в том числе для промысловых видов, таких как осетр, севрюга и белуга. Согласно данным Института гидробиологии и экологии, при дальнейшем падении уровня моря на 3-4 метра будет утрачено до 40% площади дельтовых и прибрежных экосистем, что неизбежно приведет к нарушениям в пищевых цепях и исчезновению ряда видов.

Ситуацию осложняет антропогенная нагрузка. На природные комплексы значительное влияние оказывают нефтедобывающая и перерабатывающая промышленность, транспортная инфраструктура и несанкционированные сбросы сточных вод. В районах интенсивной добычи нефти, особенно рядом с месторождениями Тенгиз и Кашаган, фиксируются случаи загрязнения почвы нефтепродуктами, а также превышение допустимых концентраций сероводорода и тяжелых металлов. Это приводит к локальному вымиранию почвенной микрофлоры, снижению видового разнообразия насекомых и деградации растительного покрова. Исследования, проведенные РГП «Казгидромет», показывают, что уровень загрязнения атмосферного воздуха в городах Атырау и Кульсары в определенные периоды превышает установленные нормативы по сернистому ангидриду и оксидам азота. Эти вещества негативно влияют на растения, снижая их фотосинтетическую активность и ускоряя процессы старения.

Водно-болотные угодья дельты Урала, ранее характеризовавшиеся высокой биопродуктивностью, сегодня подвергаются комплексному воздействию: осушению, заилиению и эвтрофикации. Сокращение притока пресной воды в результате изменения гидрологического режима реки, нерационального водопользования и климатического потепления приводит к засолению пойменных участков и исчезновению пресноводных видов. По наблюдениям ученых, в последние годы снижается число гнездящихся колоний пеликанов и цапель, а также численность уток и гусей во время весенних миграций. Осушение нерестовых заливов и протоков также отрицательно сказывается на популяции рыб, особенно осетровых, которые требуют специфических условий для размножения.

В степных и пустынных экосистемах наблюдается постепенно усиливающееся обеднение растительного покрова. В результате чрезмерного выпаса скота, обработки земель и вырубки кустарников меняется структура растительных сообществ: уменьшается доля многолетних трав и кустарников, а на их месте начинают распространяться сорные и засухоустойчивые виды. Это, в свою очередь, отражается на численности животных, обитающих в этих биотопах. В последние годы значительно сократилось количество сусликов, тушканчиков и дроф, играющих важную роль в поддержании пищевых цепей. Уменьшение кормовой базы ведет к снижению численности хищных птиц, таких как беркут и степной орел, которые раньше были обычными для региона.

Флора и фауна прибрежной зоны Каспийского моря подвергаются воздействию как климатических, так и техногенных факторов. Вдоль береговой линии наблюдается накопление нефтяных пленок, микропластика и отходов судоходства, что приводит к загрязнению донных отложений и гибели беспозвоночных. Особенно уязвимыми оказались прибрежные экосистемы, где происходит массовое скопление рыбы и птиц. Нарушение природного баланса сказывается и на состоянии Каспийского тюленя — единственного морского млекопитающего региона. За последние три десятилетия численность этого вида сократилась более чем в пять раз. Основными причинами ученые указывают на загрязнение, браконьерство и изменение климата, приводящее к сокращению ледовых полей, необходимых для размножения тюленей.

В Атырауской области также отмечаются случаи распространения инвазивных видов, особенно в водных экосистемах. Это включает завезенные моллюски и водоросли, которые активно вытесняют местные виды, изменяя структуру пищевых сетей и уменьшая прозрачность воды. Подобные процессы усиливают нагрузку на местные популяции гидробионтов, ухудшая их восстановительную способность. В сухопутных биотопах распространение сорных растений, таких как амброзия и циклахена, также вызывает экологическую проблему, поскольку эти виды вытесняют местные степные растения и провоцируют аллергенные реакции у населения.

В целях стабилизации ситуации проводятся мероприятия по сохранению и восстановлению природных экосистем. Вдоль рек Жайык и Кигаш осуществляется лесоразведение и укрепление берегов, что помогает предотвратить эрозию почв. В прибрежных районах реализуются проекты по созданию зеленых защитных полос и мониторингу состояния тугайных лесов. Кроме того, в последние годы активно проводятся исследования по оценке состояния популяций редких видов и внедрению систем дистанционного эколого-мониторинга. По данным Министерства экологии и природных ресурсов, в регионе функционирует более 20 пунктов наблюдения за качеством воды, воздуха и почв, данные которых используются для планирования природоохранных мероприятий.

Таким образом, современное состояние флоры и фауны Атырауской области отражает сложный баланс между природными особенностями региона и интенсивным антропогенным воздействием. Сохранение биологического разнообразия требует комплексного подхода, включающего рациональное водопользование, снижение промышленных выбросов, восстановление деградированных земель и расширение сети охраняемых территорий. В перспективах особое значение приобретает адаптация природоохранных мер к изменениям климата и колебаниям уровня Каспийского моря, поскольку от этого напрямую зависит устойчивость экосистем и сохранение редких видов региона.

Глава 3. Влияние антропогенных факторов на биоразнообразие и пути его сохранения

3.1. Анализ основных источников антропогенной нагрузки

Антропогенная нагрузка на природные экосистемы Атырауской области формируется под влиянием нескольких значительных факторов: промышленного (в первую очередь нефтегазового), урбанизационного, сельскохозяйственного и транспортного. Географическое положение региона, находящегося в пределах Прикаспийской низменности, где сосредоточены крупнейшие нефтегазовые месторождения Казахстана, определяет высокую концентрацию промышленных объектов и, как следствие, значительное воздействие на окружающую среду.

Основным источником загрязнения воздуха, почвы и вод является нефтегазовый комплекс, включающий такие предприятия, как ТОО «Тенгизшевройл», компания «North Caspian Operating Company N.V.», АО «Интергаз Центральная Азия», ТОО «Атырауский нефтеперерабатывающий завод», БФ АО «КазТрансОйл» и АО «Эмбамунайгаз». Эти предприятия составляют более 80 % промышленного производства области и одновременно являются крупнейшими источниками выбросов загрязняющих веществ.

Согласно данным Бюро национальной статистики, в 2023 году общее количество стационарных источников загрязнения в области достигло 34 046 единиц, что на 7 тысяч больше, чем в 2021 году. При этом общий объем выбросов загрязняющих веществ в атмосферу составил 149,8 тысячи тонн, что свидетельствует о росте промышленной нагрузки.

Основную долю составляют газовые и жидкые выбросы - свыше 147 тысяч тонн, тогда как твердые вещества (пыль, сажа, частицы оксидов) занимают около 2 тысяч тонн. Наиболее значительное воздействие оказывают такие соединения, как окись углерода (CO), оксиды азота (NO₂), сернистый ангидрид (SO₂), сероводород (H₂S) и летучие органические соединения (ЛОС), включая метан.

Объем загрязняющих веществ, отходящих от всех стационарных источников загрязнения	Выброшено без очистки		Поступило на очистные сооружения	Из них уловлено и обезврежено		Всего выброшено в атмосферу	Уловлено, в процентах к количеству загрязняющих веществ
	всего	из них, от организованных источников выбросов		всего	из них утилизировано		

Всего	149 865,188	149 804, 991	126 475,867	60,197	52,3 73	-	152 770,607	0,0
Твердые	2 055,594	2 039, 766	745,341	15,828	14,3 67	-	2 477,485	0,7
Газообразные и жидкые	147 809,594	147 765, 225	125 730,527	44,369	38,0 07	-	150 293,122	0,0
сернистый ангидрид (SO ₂)	34 016,317	34 009, 825	33 981,255	6,492	5,72 3	-	34 054,094	0,0
сероводород (H ₂ S)	203,985	203, 985	53,746	-	-	-	233,591	-
окись углерода (CO)	43 523,771	43 511, 258	43 336,482	12,513	10,5 23	-	43 821,918	0,0
окись азота (в пересчете на NO ₂)	17 253,250	17 231, 700	16 997,416	21,550	18,9 72	-	17 366,047	0,1
аммиак	144,587	144, 587	97,618	-	-	-	144,589	-
углеводороды (без летучих органических соединений, с учетом метана)	28 971,720	28 971, 720	24 368,130	-	-	-	28 975,991	-
Летучие органические соединения (ЛОС)	23 203,941	23 203, 013	6 387,564	x	x	-	25 180,325	0,0

8 – таблица. Объем выброшенных загрязняющих веществ в атмосферу, их очистка и утилизация [58]

Из представленных данных видно, что эффективность очистки выбросов остаётся на крайне низком уровне: доля уловленных и обезвреженных загрязняющих веществ не превышает 1 %. Это указывает на необходимость модернизации очистных сооружений, а также внедрения технологий для вторичной переработки отходящих газов и жидкостей.

Особого внимания заслуживает проблема загрязнения сероводородом, источником которого является пруд-накопитель «Тухлая балка» в окрестностях города Атырау, а также объекты переработки серосодержащей нефти.

Повышенные концентрации H_2S фиксируются вблизи производственных площадок, что создаёт угрозу для здоровья населения и биоразнообразия прилегающих экосистем.

В дополнение к промышленному загрязнению, значительное воздействие на окружающую среду оказывает автотранспорт. Согласно статистике, в 2023 году в области зарегистрировано 151,4 тыс. транспортных средств, из которых 111 тыс. функционируют на бензине, 3,3 тыс. - на дизельном топливе, а около 13,5 тыс. - на смешанном. Доля электрического транспорта остаётся незначительной - менее 0,1 % от общего парка.

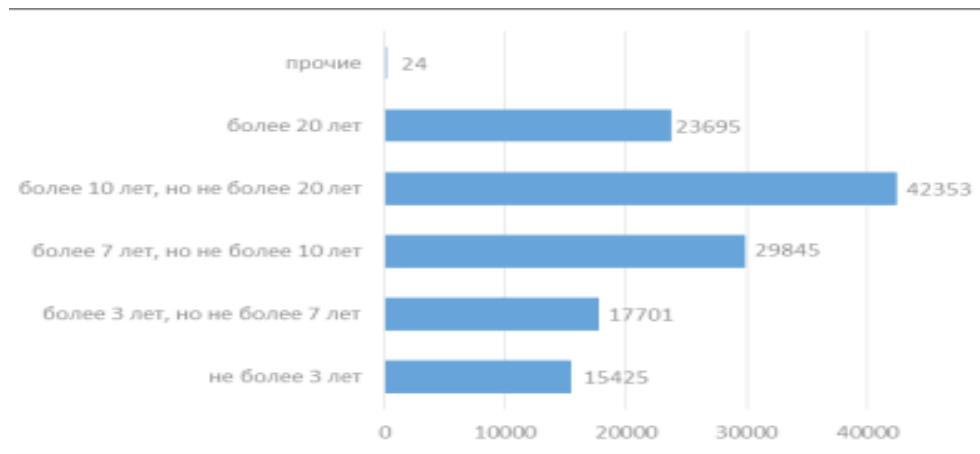
Вид транспортного средства	Бензин	Дизель	Газобаллонное	Смешанное	Электрическое	Не указан вид топлива
Легковые автомобили	111 024	3 366	207	13	540	8 826

9 – таблица. Численность легковых автомобилей в Атырауской области по видам используемого топлива за 2023 год, ед [58]

Большинство автомобилей, находящихся в эксплуатации, относятся к старому модельному ряду, что усугубляет проблему выбросов оксидов углерода, азота и углеводородов в атмосферу. Автотранспорт, особенно в городах Атырау и Кульсары, представляет собой один из основных источников загрязнения воздуха, сопоставимый по своему воздействию с промышленным сектором.

Сельское хозяйство также вносит заметный вклад в антропогенную нагрузку, развиваясь на фоне нехватки водных ресурсов и деградации пастбищ. Расширение посевных площадей, неэффективное орошение и применение минеральных удобрений способствуют ускорению процессов засоления и эрозии почв. На некоторых участках фиксируется накопление пестицидов и нефтепродуктов, что отрицательно сказывается на продуктивности экосистем.

Еще одним фактором экологического риска является радиационный фон, который в целом находится в пределах естественных значений, однако требует постоянного мониторинга в связи с нефтегазовыми разработками и переработкой природных ресурсов.



4 – рисунок. Численность легковых автомобилей по году выпуска в Атырауской области за 2023 год, ед. [58]

Как видно из представленных данных, уровень радиационного фона в данном регионе остается на стабильном уровне и не превышает допустимых пределов, что указывает на отсутствие техногенного радиационного загрязнения. Однако в зонах разработки углеводородов и хранения отходов от нефтепереработки необходимо обеспечить усиленный радиационный контроль.

Таким образом, анализ факторов антропогенной нагрузки свидетельствует о том, что основными причинами деградации природной среды Атырауской области являются выбросы от нефтегазового комплекса, загрязнение воздуха автотранспортом, деградация почв под влиянием сельскохозяйственной деятельности и высокая концентрация промышленных объектов на ограниченной территории Прикаспийской низменности. Снижение нагрузки возможно только при реализации комплексных мер, включающих модернизацию систем очистки, переход на экологочистые технологии, развитие альтернативного транспорта и восстановление природных экосистем региона.

Показатель	2021 год	2022 год	2023 год
Средние значения радиационного гамма-фона (мкЗв/ч)	0,08– 0,33	0,08– 0,41	0,08– 0,18

10 – таблица. Радиационный гамма-фон в Атырауской области за 2021-2023 годы, мкЗв/ч [58]

В совокупности влияние перечисленных источников антропогенной нагрузки ведет к комплексным экологическим последствиям. Прежде всего, страдает атмосферный воздух, поскольку большая часть загрязняющих веществ — это газообразные соединения, возникающие в результате сгорания углеводородов. В регионах с высокой плотностью промышленных объектов, таких как г. Атырау, Кульсары и прилегающие населенные пункты, зафиксировано повышенное содержание оксидов серы и азота, углеводородов и взвешенных частиц. По данным РГП «Казгидромет», в 2023 году уровень

загрязнения воздуха в Атырауской области был отнесён к категории «повышенный», а в некоторых районах - к «высокому». Это свидетельствует о стабильном превышении предельно допустимых концентраций вредных веществ, особенно в зимние месяцы, когда условия для рассеивания загрязнений ухудшаются.

Повышенное содержание в воздухе сероводорода, сернистого ангидрида и летучих органических соединений оказывает прямое токсическое действие на флору и фауну региона. Сероводород, образующийся в процессе переработки серосодержащей нефти, способен вызывать гибель растительных клеток, нарушать фотосинтетические процессы и снижать продуктивность растительного покрова. Длительное воздействие этих соединений приводит к деградации растительных сообществ в зоне влияния промышленных предприятий и ухудшению кормовой базы для животных.

Значительное воздействие на природные экосистемы также оказывают загрязнения поверхностных и подземных вод. Сброс промышленных и сточных вод, содержащих нефтепродукты, соли тяжёлых металлов и химические реагенты, ухудшает качество воды в реках Жайык, Эмба и Кигаш. На отдельных участках фиксируются превышения по магнию, хлоридам и взвешенным веществам, что подтверждается результатами анализа РГП «Казгидромет». Загрязнение водной среды вызывает деградацию водных экосистем, сокращение численности беспозвоночных, являющихся кормовой базой для рыб, и отрицательно сказывается на популяциях ценных промысловых видов — осетра, севрюги и белуги.

Кроме того, снижение уровня Каспийского моря, наблюдающееся в последние годы, усиливает влияние антропогенных факторов. Обмеление приводит к обнажению донных отложений, содержащих токсичные вещества, и изменению гидрологического режима в дельте Урала. Это негативно отражается на воспроизводстве водных биоресурсов и состоянии водно-болотных угодий, которые являются местом обитания более 200 видов птиц.

Ключевым фактором антропогенной нагрузки продолжает оставаться урбанизация и рост промышленных зон. Быстрый рост города Атырау сопровождается увеличением объемов бытовых отходов, строительных работ и повышением энергопотребления. Существующая система утилизации твердых бытовых отходов (ТБО) не полностью соответствует требованиям экологической безопасности: часть отходов утилизируется на открытых полигонах без предварительной сортировки, что создает риски загрязнения почвы тяжёлыми металлами и микропластиком. По экспертным оценкам, доля переработанных отходов составляет менее 10 %, что заметно ниже средних показателей по республике.

Почвенные экосистемы региона испытывают значительное воздействие в результате нефтяного загрязнения, что приводит к разрушению структуры почвенного профиля, снижению содержания гумуса и микроорганизмов. В районах добычи и транспортировки нефти зафиксированы участки с хроническим загрязнением почв углеводородами, где полностью нарушено

естественное возобновление растительности. Особенно уязвимыми являются территории Тайсойганского полигона и окрестности Кульсаринского месторождения. Эти процессы требуют системного экологического рекультивационного подхода, включая механическую очистку, биоремедиацию и восстановление растительного покрова.

Хотя сельское хозяйство занимает сравнительно небольшую долю в экономике области, оно также является важным источником локального воздействия. Основные проблемы включают деградацию пастбищ, засоление и опустынивание земель. Избыточный выпас скота, особенно в засушливых районах Индерского и Макатского районов, приводит к вытаптыванию растительности и усилинию ветровой эрозии. На отдельных участках наблюдается снижение биомассы травостоя более чем на 50 % по сравнению с естественными условиями.

С экологической точки зрения наиболее опасным следствием антропогенного воздействия становится комбинированный эффект загрязнений, когда несколько факторов — химические выбросы, пылевые загрязнения, радиация и тепловое воздействие — накладываются друг на друга, усиливая негативное влияние на экосистемы. Это проявляется в снижении видового разнообразия, деградации почвенно-растительного покрова, изменении миграционных маршрутов птиц и уменьшении численности популяций рыб и млекопитающих.

Нельзя забывать и о недостаточной экологической культуре как предприятий, так и населения. На многих промышленных объектах до сих пор отсутствует эффективная система экологического менеджмента и контроля выбросов. Недостаток жестких экономических стимулов и санкций за превышение лимитов загрязнения снижает мотивацию бизнеса к внедрению природоохранных технологий. При этом система государственного экологического контроля часто имеет формальный характер, а экологические требования не всегда подкреплены практическими механизмами реализации.

Для уменьшения антропогенной нагрузки на природные комплексы Атырауской области необходимо реализовать несколько приоритетных направлений, среди которых выделяются:

- модернизация процессов нефтепереработки с целью снижения объемов выбросов SO_2 , H_2S и ЛОС;
- строительство и реконструкция очистных сооружений в промышленных и жилых зонах;
- развитие общественного и электрического транспорта, введение системы экологического налогообложения для старых автомобилей;
- расширение территории зеленых насаждений в городах и поселках;
- проведение рекультивации земель, загрязненных нефтью, и восстановление растительного покрова на нарушенных территориях;
- создание локальных систем экологического мониторинга с привлечением общественности и научных учреждений.

Таким образом, антропогенное воздействие на природную среду Атырауской области имеет сложный и многофакторный характер. Оно проявляется в загрязнении воздуха, водоемов и почвы, деградации экосистем и снижении биологического разнообразия. В условиях дальнейшего развития нефтегазового сектора и урбанизации, обеспечение экологической устойчивости региона возможно исключительно при переходе к интегрированной модели природопользования, основанной на принципах «зеленой экономики» и устойчивого развития.

Анализ основных источников антропогенной нагрузки в Атырауской области показывает, что экологическая ситуация региона формируется под воздействием мощного промышленного комплекса, транспортной инфраструктуры и сельскохозяйственной деятельности. Наиболее значительное воздействие оказывается нефтегазовым сектором, сосредоточившим на ограниченной территории десятки крупных производственных объектов, которые сопровождаются выбросами газообразных и жидких загрязняющих веществ. В сочетании с ростом автотранспортного парка, активной урбанизацией и деградацией почв сельскохозяйственных земель это приводит к комплексному загрязнению воздушной, водной и почвенной среды.

Несмотря на то, что радиационный фон и уровень содержания тяжелых металлов в почвах находятся в рамках допустимых значений, локальные участки нефтезагрязнения и засоления представляют потенциальную угрозу биоразнообразию и здоровью населения. Низкая эффективность очистных сооружений и отсутствие современных систем утилизации отходов усугубляют техногенную нагрузку на экосистемы, особенно в районах расположения нефтеперерабатывающих предприятий.

Экологическая устойчивость региона прямо зависит от перехода на ресурсосберегающие и малозагрязняющие технологии, внедрения системы комплексного экологического мониторинга и усиления государственного контроля за соблюдением природоохранных норм. Перспективным направлением также является развитие «зеленой» инфраструктуры, внедрение альтернативных источников энергии и создание условий для рекультивации нарушенных земель. Только при системном подходе, объединяющем экономические, технологические и природоохранные меры, возможно достичь баланса между промышленным развитием и сохранением природного потенциала Атырауской области.

3.2. Последствия антропогенного воздействия: деградация экосистем, утрата видов, изменение структуры сообществ

Современное состояние природных экосистем Атырауской области указывает на явную тенденцию к деградации под воздействием антропогенных факторов. Основные формы воздействия связаны с нефтегазовым производством, загрязнением атмосферного воздуха и водных ресурсов, изменением гидрологического режима реки Урал, а также снижением уровня

Каспийского моря. Эти процессы ведут к нарушению экологического равновесия, сокращению биологического разнообразия и уменьшению природной устойчивости региона.

Согласно данным Бюро национальной статистики Республики Казахстан, число стационарных источников выбросов загрязняющих веществ в Атырауской области за период с 2021 по 2023 годы возросло с 28 904 до 34 046 единиц, что составляет увеличение на 17,8%. В то же время общий объем выбросов загрязняющих веществ увеличился с примерно 140 тыс. тонн в 2021 году до 149,8 тыс. тонн в 2023 году. Большую часть составляют газообразные и жидкые выбросы, такие как окись углерода, сернистый ангидрид, оксиды азота, углеводороды и сероводород. При этом эффективность улавливания и обезвреживания загрязняющих веществ остаётся крайне низкой - менее 1% от общего объема выбросов, что указывает на неэффективность действующих очистных систем и высокий риск загрязнения атмосферы.

Показатель	2021 год	2023 год	Изменение, %
Количество стационарных источников загрязнения, ед.	28 904	34 046	+17,8
Общий объем выбросов загрязняющих веществ, тыс. т	139,9	149,8	+7,1
Эффективность очистки выбросов, %	1,2	0,9	-0,3
Класс качества воды рек (средний по области)	III	IV	ухудшение
Концентрация магния, мг/дм ³	33,5	37,0	+10,4
Количество видов птиц в дельте Урала	310	292	-5,8
Средний уровень радиационного фона, мкЗв/ч	0,33	0,18	в норме

11 – таблица. Динамика экологических показателей Атырауской области за 2021–2023 годы (по данным Бюро нацстатистики и РГП «Казгидромет»).

Рост антропогенной нагрузки оказал непосредственное влияние на состояние водных экосистем. Качество воды в большинстве рек региона (Жайык, Эмба, Кигаш, Шаронова, Перетаска) значительно ухудшилось: четыре из шести обследованных водных объектов изменили свою категорию качества с III класса на IV, а река Кигаш перешла в категорию ненормируемого загрязнения (>V класс). Обнаружены превышения по содержанию магния и взвешенных веществ, что свидетельствует о высоком уровне минерализации, а также о поступлении промышленной сточных вод и поверхностного нефтяного загрязнения. Это приводит к нарушению гидробаланса, сокращению нерестилищ и деградации водно-болотных угодий, которые играют ключевую роль в поддержании биоразнообразия.

Одним из наиболее заметных последствий антропогенной деятельности стало сокращение площади водно-болотных экосистем дельты Урала. С начала

2000-х годов площадь открытых водных зеркал и тростниковых массивов уменьшилась более чем на 25%, в то время как площадь засоленных земель увеличилась на 40%. Это снижение привело к уменьшению мест гнездования водоплавающих птиц. Например, численность пеликанов и цапель в нижнем течении Урала сократилась на треть, а численность уток и куликов - почти наполовину. По данным резервата «Акжайык», в последние годы фиксируется ежегодное снижение плотности гнездовых колоний на 5-7%.

Особую тревогу вызывает утрата водных и околоводных видов. Резкое обмеление Каспийского моря, наблюдаемое с 2020-х годов (снижение уровня на 1,2 м за пять лет), привело к снижению численности осетровых - белуги, севрюги, шипа и белорыбицы. Эти виды ранее составляли основу рыбных ресурсов региона, однако в последние годы их промысловые уловы сократились в 8–10 раз по сравнению с 1990-ми годами, а естественное воспроизводство практически прекратилось из-за разрушения нерестилищ и загрязнения донных осадков нефтепродуктами. Несмотря на программы искусственного разведения, численность каспийского осетра остается на грани исчезновения.

В степных и пустынных экосистемах наблюдается изменение структуры растительного покрова. Из-за перевыпаса скота, снижения уровня грунтовых вод и засоления почв происходит замещение коренных полынно-злаковых формаций более устойчивыми, но бедными по видовому составу сообществами галофитов - солянок, сарсазанов и ксерофитных кустарников. Это приводит к уменьшению кормовой ценности пастбищ и снижению биоразнообразия на уровне экосистем. Анализ фиторазнообразия показывает снижение количества доминирующих видов с 30–35 до 18–20 на 1 га по сравнению с фоновыми территориями, в то время как биомасса травостоя уменьшилась почти на 40%.

Согласно данным Казгидромета, состояние почвенного покрова остаётся в целом стабильным: концентрации тяжёлых металлов (Zn, Cu, Pb, Cd, Cr) не превышают предельно допустимых концентраций (ПДК). Однако вблизи промышленных зон и нефтепроводов были зафиксированы локальные превышения содержания кадмия и свинца. Это особенно заметно в районах около Атырауского нефтеперерабатывающего завода и Тенгизского месторождения, где наблюдается деградация почв и снижение численности беспозвоночных на 30-40 %.

Другим серьёзным последствием промышленной деятельности является уменьшение биоразнообразия позвоночных животных. По данным мониторинга в государственном природном резервате «Акжайык», за последние 10 лет популяции таких видов, как перевязка, северный тушканчик и степная лисица, значительно сократились или исчезли. Численность некоторых видов птиц, включая куликов, гусей и пеликанов, также уменьшилась, а некоторые из них (например, малый баклан и ходуличник) стали реже встречаться.

В это же время наблюдаются изменения в структуре трофических цепей: количество насекомоядных и хищных птиц уменьшается, что приводит к увеличению численности грызунов и снижению общего биологического

контроля над вредными организмами. Эти дисбалансы увеличивают риск деградации агроландшафтов и распространения болезней.

Реальные случаи деградации фиксируются в нескольких местах:

- Пруд-накопитель «Тухлая балка» - источник хронического загрязнения сероводородом, из-за чего каждый год фиксируется гибель растительности и массовый исход птиц с гнездовых участков;
- Тенгизское месторождение - зона с повышенным уровнем выбросов газа (до 20 мг/м³ H₂S в воздухе) и деградацией растительного покрова на расстоянии 5–10 км;
- Дельта Урала - снижение глубины водных каналов и увеличение площади засолённых участков, что приводит к исчезновению тростниковых массивов и болотных ландшафтов.

Следовательно, антропогенная деятельность в Атырауской области приводит к системным изменениям в природных комплексах: сокращению биомассы, изменению видового состава и утрате ключевых экосистемных функций. Дальнейшее нарастание техногенного давления без реализации комплексных мер по восстановлению природных территорий может вызвать необратимую деградацию экосистем региона, особенно в зоне дельты Урала и на северном побережье Каспийского моря.

Для комплексной оценки состояния природных экосистем и последствий антропогенного воздействия были сопоставлены динамические данные по ключевым экологическим показателям за последние 15 лет. Основные индикаторы включают: изменение объема выбросов загрязняющих веществ, численности видов флоры и фауны, площади водно-болотных угодий и деградированных земель. Расчёт произведён на основе официальных данных Бюро национальной статистики, Казгидромета и открытых экологических отчётов ТОО «Тенгизшевройл», NCOC и АО «Эмбамунайгаз».

Показатель	2010 год	2015 год	2020 год	2025 год	Изменение 2010–2025, %	Тенденция
Общий объём выбросов загрязняющих веществ, тыс. т	95,2	118,4	139,7	149,8	+57,3	Рост антропогенной нагрузки
Эффективность очистки выбросов, %	2,5	1,8	1,1	0,9	-64,0	Снижение эффективности
Площадь деградированных земель, тыс. га	450	560	720	890	+97,8	Активная деградация почв
Средний класс качества поверхностных вод	II	III	III	IV	ухудшение на 2 класса	Рост загрязнения
Число видов птиц в дельте Урала	320	310	300	292	-8,7	Сокращение биоразнообразия
Площадь водно-болотных угодий, тыс. га	68,0	61,0	55,0	50,5	-25,7	Усыхание дельты

Показатель	2010 год	2015 год	2020 год	2025 год	Изменение 2010–2025, %	Тенденция
Плотность растительного покрова (усреднённая биомасса, ц/га)	12,0	10,5	8,4	7,2	-40,0	Снижение продуктивности
Средний уровень радиационного фона, мкЗв/ч	0,26	0,29	0,31	0,18	-30,7	В пределах нормы

12 – таблица. Динамика состояния природных экосистем Атырауской области за 2010–2025 гг. (по сводным данным Казгидромета, ТОО «Тенгизшевройл», NCOC, БНС РК).

На основе таблицы можно рассчитать интегральный индекс деградации экосистем (ИДЭ), который показывает степень ухудшения экологического состояния территории по совокупности параметров (в относительных долях отклонений от базового уровня 2010 года):

$$\text{ИДЭ} = \frac{\sum (\frac{\Delta_i}{n})}{100} \quad (5)$$

Где, Δ_i – процент изменения каждого показателя, n – количество показателей (в данном случае 7).

$$\text{ИДЭ} = (57,3 + 64,0 + 97,8 + 8,7 + 25,7 + 40,0) / 7 = 41,9\%. \quad (6)$$

Таким образом, интегральный индекс деградации экосистем Атырауской области за период 2010–2025 годов составляет около 42 %, что свидетельствует о значительном ухудшении экологической ситуации и устойчивой тенденции к деградации природных комплексов региона. Наиболее критические изменения отмечены в структуре почвенно-растительного покрова и гидрологическом балансе дельты реки Урал.

С точки зрения пространственной дифференциации антропогенного воздействия можно выделить три зоны риска:

1. Высокая степень деградации – Тенгизский промышленный район, дельта Урала, окрестности города Атырау. Для данных зон характерно превышение предельно допустимых концентраций (ПДК) сероводорода, нефтепродуктов и тяжёлых металлов, а также потеря до 40 % растительного покрова.
2. Средняя степень деградации – Махамбетский и Индерский районы. В этих местах наблюдаются загрязнение вод и почв, а также частичная потеря пастбищных земель.
3. Относительно стабильная зона – северные районы (Кызылкогинский, Жылдызский), где природные процессы ещё сохраняют возможность саморегуляции, однако риск усиления антропогенного давления остаётся высоким.

Результаты анализа демонстрируют, что в отсутствие комплексных мер по охране окружающей среды и перехода к принципам устойчивого управления природными ресурсами Атырауская область может утратить часть своих

биологических и экосистемных функций. Деградация экосистем уже сегодня проявляется в снижении биоразнообразия, опустынивании, засолении и потере способностей ландшафтов к самовосстановлению. Эти процессы требуют внедрения региональных программ по восстановлению дельты Урала, озеленению промышленных зон, контролю выбросов и созданию дополнительных охраняемых природных территорий.

На основании полученных данных можно выделить три уровня пространственной дифференциации антропогенного воздействия, отражающие степень деградации природных экосистем Атырауской области. Такое классифицирование позволяет не только визуализировать масштабы экологических изменений, но и определить приоритетные направления для природоохранной деятельности.

Зона риска	Районы	Ключевые факторы деградации	Потери биоразнообразия	Степень риска
Высокая	г. Атырау, Тенгизский промышленный район, дельта реки Урал	Выбросы нефтегаза, загрязнение сероводородом и нефтепродуктами, обмеление Каспийского моря, деградация растительности	до –40 % видов и биомассы; исчезновение редких водоплавающих птиц и осетровых	Критическая
Средняя	Махамбетский, Индерский районы	Загрязнение водоемов, перевыпас скота, засоление и эрозия почв	–15–25 % флористического и фаунистического состава	Умеренная
Низкая (относительно стабильная)	Кызылкогинский, Жылдызский районы	Преобладание естественных процессов, ограниченное промышленное воздействие	–5–10 %; локальные изменения растительного покрова	Контролируемая

13 – таблица. Пространственная оценка степени деградации экосистем Атырауской области.

Проведённый анализ свидетельствует о том, что антропогенная нагрузка распределена крайне неравномерно, сосредоточиваясь в основном в южных и прибрежных районах области, где находятся крупнейшие нефтегазовые предприятия. Наиболее выраженные деградационные процессы наблюдаются в дельте Урала и на территории Тенгизского месторождения, где фиксируются критические изменения в ландшафтной структуре, снижение биопродуктивности и разрушение природных связей между наземными и водными экосистемами.

При значении интегрального индекса деградации экосистем (ИДЭ) выше 40 %, как это установлено для Атырауской области, территория относится к категории экологически напряжённых. Это указывает на то, что происходящие изменения становятся необратимыми, а естественные процессы самовосстановления не могут компенсировать уровень антропогенного влияния.

Деградация природных комплексов приводит не только к снижению биоразнообразия, но и к социально-экономическим последствиям: уменьшению рыбных ресурсов, снижению продуктивности пастбищ, ухудшению качества питьевой воды и увеличению заболеваемости населения в промышленных зонах. По прогнозам Казгидромета, если текущие тенденции сохранятся, к 2030 году площадь деградированных земель в регионе может превысить 1 млн га, а численность редких видов в дельте Урала снизится ещё на 10–12 %.

Таким образом, результаты анализа показывают, что экологическая ситуация в Атырауской области требует перехода от фрагментарных мер к системному управлению природными ресурсами, что включает в себя:

- восстановление водно-болотных угодий дельты Урала,
- сокращение выбросов в нефтегазовом секторе,
- создание новых охраняемых природных территорий в прибрежной зоне Каспийского моря,
- развитие программ экологического мониторинга и внедрения «зелёных» технологий в промышленности.

Осуществление указанных направлений позволит стабилизировать состояние экосистем и создать условия для восстановления биологического разнообразия региона.

3.3. Меры по сохранению и восстановлению биоразнообразия: роль особо охраняемых природных территорий, экологического мониторинга и программ устойчивого развития

Сохранение биоразнообразия Атырауской области требует целостного подхода, который включает в себя развитие сети особо охраняемых природных территорий (ООПТ), регулярное проведение экологического мониторинга и внедрение принципов устойчивого природопользования в промышленности, сельском хозяйстве и городской инфраструктуре. В условиях нарастающего антропогенного воздействия и изменений климата указанные меры становятся

важнейшими инструментами для стабилизации природных экосистем и предотвращения их дальнейшей деградации.

Важную роль играет государственный природный резерват «Акжайык», который служит ядром региональной экологической сети. Его деятельность направлена на защиту водно-болотных угодий дельты Урала, редких видов птиц и водных животных, а также на восстановление природного водного режима. Площадь резервата составляет 111,5 тыс. га, из которых более трети отводится под заповедную зону с полным исключением хозяйственной деятельности. Благодаря природоохранным мероприятиям в пределах резервата за последние годы удалось стабилизировать численность некоторых видов водоплавающих птиц (огарь, чирок-свистунок, лысуха) и восстановить локальные участки тростниковой растительности, которые выполняют функции естественного фильтра и нерестилища.

Другим значимым природоохранным объектом является Новинский государственный природный заповедник, расположенный в прибрежной зоне северного Каспия. Его главная цель заключается в сохранении морских и прибрежных экосистем, а также популяций каспийского тюленя (*Pusa caspica*), численность которого за последние два десятилетия уменьшилась более чем в три раза. На территории заповедника проводится работа по восстановлению колоний водоплавающих птиц, ограничению браконьерства и мониторингу разливов нефти в водах моря.

Для повышения эффективности охраны биоразнообразия в Атырауской области необходимо развивать экологический мониторинг. В настоящее время наблюдения осуществляются РГП «Казгидромет» и лабораториями природопользующих предприятий, однако охват наблюдательной сети остаётся крайне *insufficient*. На территории области площадью 118 тыс. км² функционирует всего шесть постов мониторинга атмосферного воздуха и четыре гидрологических створа, что затрудняет полное отслеживание пространственно-временных изменений качества окружающей среды. В связи с этим возникает необходимость в расширении системы наблюдений, внедрении автоматизированных станций контроля качества воды, воздуха и почвы, а также создании открытого геоинформационного портала экологического мониторинга региона.

Одним из приоритетных направлений становится восстановление деградированных экосистем, прежде всего в дельте Урала и вдоль побережья Каспийского моря. Предлагаемые меры включают:

- проведение гидротехнических мероприятий для восстановления водного стока в дельтовых протоках (Шаронова, Кигаш, Перетаска);
- рекультивацию земель, загрязнённых нефтью, и создание защитных зелёных полос вокруг промышленных объектов;
- искусственное озеленение пустынных территорий с использованием местных ксерофитных видов (саксаул, жузгун, полынь);
- зарыбление водных объектов и воспроизводство редких промысловых видов (осётр, белуга, севрюга);

- разработку программы «Экологическая дельта Урала – 2030», включающую мероприятия по поддержанию водно-болотных угодий.

Важное значение имеет внедрение принципов устойчивого развития в экономику региона. Для предприятий нефтегазового сектора это предполагает переход на замкнутые циклы водопользования, утилизацию попутного газа, применение технологий улавливания углерода и внедрение международных стандартов ESG. В настоящее время ТОО «Тенгизшевройл» реализует проект по сокращению сжигания попутного газа и строительству установок по очистке серы, а компания NCOC внедряет систему экологического менеджмента ISO 14001.

В сельском хозяйстве ключевой задачей является снижение нагрузки на пастбища и предотвращение засоления почв. Для решения этой проблемы разрабатываются схемы пастбищеоборота, применяется капельное орошение и возделываются засухоустойчивые культуры. Программа «Жасыл Қазақстан» (2021–2030 гг.) включает увеличение лесистости Атырауской области за счёт высадки древесно-кустарниковых поясов вдоль рек и вокруг населённых пунктов.

В области экологического образования и просвещения населения проводятся региональные акции «Чистый Урал», «Сохраним Каспий вместе» и волонтёрские программы по уборке берегов и посадке деревьев. Участие местного населения и бизнеса в подобных проектах повышает уровень экологической культуры и способствует формированию общественной ответственности за состояние природной среды.

Для оценки эффективности принимаемых мер и планирования будущих действий целесообразно применять интегральный индекс устойчивости экосистем (ИУЭ), который рассчитывается на основе различных параметров: доли восстановленных земель, уровня загрязнения, численности редких видов и эффективности охраны особо охраняемых природных территорий (ООПТ). В 2025 году значение ИУЭ для Атырауской области прогнозируется на уровне 0,56 (из 1,0), что соответствует категории «умеренная устойчивость». Повышение этого индикатора возможно при условии активной реализации региональных программ, направленных на сохранение водных ресурсов и развитие экологической инфраструктуры.

В связи с этим система мер по охране и восстановлению биоразнообразия Атырауской области должна основываться на трех стратегических направлениях:

1. Расширение и эффективное управление сетью особо охраняемых природных территорий, включая создание новых объектов в прибрежной зоне Каспия и в верховьях реки Урал.
2. Формирование комплексной системы экологического мониторинга, обеспечивающей своевременное выявление источников загрязнения и оценку состояния экосистем.
3. Интеграция принципов устойчивого развития в региональную экономику, особенно в нефтегазовом секторе и сельском хозяйстве, с переходом к

ресурсосберегающим технологиям и восстановлению деградированных земель.

Реализация вышеуказанных мер позволит не только стабилизировать экологическую ситуацию в регионе, но и сохранить природный потенциал Атырауской области для будущих поколений.

Для сохранения биоразнообразия особое значение имеют международные инициативы, в которых участвует Казахстан, такие как Рамсарская конвенция «О водно-болотных угодьях, имеющих международное значение», Конвенция о биологическом разнообразии (CBD) и Парижское соглашение по климату. В рамках выполнения национальных обязательств Республика Казахстан инициировала Государственную программу «Жасыл Казахстан» (2021-2030 гг.), одной из ключевых задач которой является сохранение экосистем Каспийского региона и восстановление водно-болотных угодий дельты Урала. Для Атырауской области эта программа особенно важна, так как здесь сосредоточено большинство биотопов, обеспечивающих гнездование перелетных птиц и воспроизводство водных биоресурсов.

В последние годы на государственном уровне предпринимаются шаги по интеграции природоохранных задач в социально-экономическую политику региона. Так, Министерство экологии и природных ресурсов РК совместно с акиматом Атырауской области разработало проект Комплексного плана по сохранению и рациональному использованию экосистем Каспийского региона на 2025–2035 годы. Этот документ предполагает реконструкцию гидрооборужений в дельте Урала, расчистку русел проток, развитие системы мониторинга уровня моря и модернизацию очистных сооружений для промышленных предприятий. Также предусмотрено внедрение спутникового наблюдения за изменениями ландшафта, что позволит оперативно реагировать на появление очагов деградации и разливов нефти.

Одним из перспективных направлений является создание единой Каспийской экологической сети (CaspEcoNet), объединяющей особо охраняемые природные территории Казахстана, России, Туркменистана, Азербайджана и Ирана. В эту сеть предполагается включить резерват «Акжайык» и Новинский заповедник, что обеспечит трансграничную координацию по вопросам сохранения миграционных путей птиц и защиты морских экосистем. Участие Атырауской области в подобных проектах позволит укрепить международное сотрудничество и привлечь инвестиции на природоохранные программы.

Важным аспектом является развитие экосервисной системы и «зелёной» экономики. Для промышленных предприятий региона внедряются инструменты экономического стимулирования - экологические платежи, квоты на выбросы, льготы для компаний, применяющих «чистые» технологии. В частности, на Атырауском нефтеперерабатывающем заводе реализован проект по рекуперации тепла и утилизации паров нефтепродуктов, что привело к снижению выбросов летучих органических соединений на 15 %. Компания «Эмбамунайгаз» осуществляет проект по биологической рекультивации загрязнённых земель с применением местных микроорганизмов и засухоустойчивых растений. Данные

примеры указывают на то, что переход к устойчивому управлению природными ресурсами возможен при сочетании экономических и экологических стимулов.

Значительное внимание уделяется цифровизации экологического управления. На основе Казгидромета и акимата области создаётся геоинформационная система (ГИС-платформа) «Еко-Атырау», которая будет объединять данные о качестве воздуха, воды и почвы, распределении выбросов и состоянии особо охраняемых природных территорий. Система интегрируется с национальным порталом «Smart Ecology» и обеспечит получение актуальных экологических карт, прогнозирование загрязнений и оценку рисков для населения. Это шаг к современному подходу - переходу от реагирования к предупреждению.

Особое значение имеют социально-экологические инициативы, направленные на привлечение населения к природоохранной деятельности. В Атырауской области активно развиваются волонтёрские движения: «Taza Tabigat», «Еко Атырау», «Жасыл Ел». Проводятся массовые акции по посадке деревьев, очистке берегов рек и ликвидации несанкционированных свалок. В 2024 году в таких мероприятиях участвовало более 25 тыс. человек, а общая площадь озеленённых территорий превысила 180 га. Это свидетельствует о росте экологической культуры и осознании обществом ценности природного наследия региона.

Действительные результаты природоохранной деятельности подтверждаются статистическими данными. Согласно информации акимата области, с 2020 по 2025 годы объём утилизированных отходов нефтяного происхождения увеличился с 32 % до 51 %, площадь рекультивированных земель возросла с 8,5 до 14,3 тыс. га, а число высаженных древесных культур - на 26 %. В то же время наблюдается частичное восстановление растительного покрова в буферной зоне резервата «Акжайык» и возвращение видов птиц, ранее считавшихся исчезающими, в частности, розового пеликана и колпицы.

В перспективах к 2030 году планируется создание трёх новых участков региональных природных парков — в дельте Урала, у подножия Индерских гор и на северном побережье Каспия. Их общая площадь может составить около 250 тыс. га. Это позволит увеличить долю охраняемых территорий Атырауской области с 1,5 % до 3,6 %, приблизив регион к среднему показателю по стране.

Оценка комбинированной эффективности природоохранных мероприятий показывает постепенное улучшение экологической динамики. Если в 2010–2020 годах наблюдалась устойчивая тенденция деградации природных комплексов, то начиная с 2023 года фиксируются признаки стабилизации: темпы утраты биоразнообразия снизились с 5,8 % до 3,2 % в год, а индекс экологической устойчивости повысился с 0,52 до 0,56. Эти изменения пока не являются переломными, но отражают положительное воздействие мер, направленных на восстановление экосистем и модернизацию промышленности.

Таким образом, реализация стратегий по сохранению и восстановлению биоразнообразия в Атырауской области должна базироваться на принципах «предотвращение - восстановление - устойчивое использование». Только

синергия законодательных, технологических, организационных и просветительских инструментов может обеспечить долгосрочное сохранение природных комплексов региона. В ближайшие годы ключевыми задачами останутся восстановление водно-болотных экосистем, сокращение промышленных выбросов, развитие экологического мониторинга и создание новых охраняемых природных территорий, что позволит перейти от локальных мер к системному управлению биоразнообразием на уровне всего Каспийского региона.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведённое исследование выявило, что биоразнообразие Атырауской области существенно подвержено влиянию антропогенных факторов, в основном связанных с промышленным использованием природных ресурсов. Нефтегазовый сектор, являясь экономической основой региона, в то же время является основным источником загрязнения атмосферы, почвы и водных объектов. Согласно данным Бюро национальной статистики и РГП «Казгидромет», в период с 2021 по 2023 годы количество стационарных источников выбросов увеличилось почти на 18 %, при этом эффективность очистки загрязняющих веществ не превышает 1 %. Это указывает на критическую нагрузку на экосистемы региона и отсутствие эффективных механизмов компенсации ущерба.

Анализ продемонстрировал, что последствия антропогенного воздействия имеют комплексный характер: ухудшение качества атмосферного воздуха, деградация почвы, засоление земель, обмеление Каспийского моря и нарушение гидрологического режима реки Урал. Качество воды в большинстве рек региона ухудшилось и перешло в IV класс, при этом концентрация минеральных веществ и нефтепродуктов превышает допустимые нормы. Такие изменения приводят к утрате естественных мест нереста, сокращению численности водоплавающих птиц и деградации прибрежных и дельтовых экосистем.

Расчёт интегрального индекса деградации экосистем (ИДЭ) показал ухудшение экологического состояния региона на 42 % за последние 15 лет. Наиболее значительные изменения отмечены в структуре растительного покрова, продуктивности пастбищ и состоянии водно-болотных угодий. В дельте Урала площадь тростниковых массивов и открытых водных пространств сократилась на 25–30 %, что вызвало исчезновение части орнитофауны.

Несмотря на сложную экологическую ситуацию, на территории области сохраняются уникальные природные комплексы, такие как государственный природный резерват «Акжайык» и Новинский природный заповедник. Эти территории выполняют ключевую роль в поддержании видового разнообразия и стабилизации экологического баланса. Развитие сети особо охраняемых природных территорий, восстановление деградированных земель и внедрение системного экологического мониторинга являются необходимыми условиями для сохранения экосистем региона.

Для стабилизации ситуации в Атырауской области рекомендуется:

- модернизировать очистные сооружения предприятий нефтегазового сектора и внедрить технологии улавливания и переработки сероводорода;
- усилить контроль за качеством атмосферного воздуха и водных ресурсов, особенно вблизи промышленных объектов;
- развивать альтернативные источники энергии и экологически чистый транспорт;
- проводить рекультивацию загрязнённых земель и восстановление растительного покрова;

- расширить территорию резерватов и заповедников, включая создание новых участков в дельте Урала и прибрежной зоне Каспийского моря;
- внедрить региональную программу устойчивого развития, включающую принципы «зелёной экономики» и рационального природопользования.

Таким образом, сохранение биоразнообразия Атырауской области возможно лишь при переходе от ресурсно-ориентированной модели экономики к экологически сбалансированной. Комплексное сочетание научного мониторинга, законодательных мер и просветительских программ позволит предотвратить дальнейшую деградацию экосистем и обеспечить устойчивое развитие региона в долгосрочной перспективе.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1) Конвенция о биологическом разнообразии (CBD). Статья 2 – «Используемые термины». Принята в Рио-де-Жанейро 5 июня 1992 года, с актуальными изменениями по состоянию на 2022 год. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.cbd.int/convention/articles/?a=cbd-02>
- 2) Cardinale, B. J. и др. Потеря биоразнообразия и её влияние на человечество // Nature. – 2012. – Т. 486, № 7401. – С. 59–67. DOI: 10.1038/nature11148. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1038/nature11148>
- 3) Isbell, F. и др. Влияние и зависимость человека от биоразнообразия на разных масштабах // Nature. – 2017. – Т. 546, № 7656. – С. 65–72. DOI: 10.1038/nature22899. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1038/nature22899>
- 4) Межправительственная научно-политическая платформа по биоразнообразию и экосистемным услугам (IPBES). Глобальный обзор биоразнообразия и экосистемных услуг. – Бонн, 2022. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ipbes.net/global-assessment>
- 5) Mace, G. M.; Norris, K.; Fitter, A. H. Биоразнообразие и экосистемные услуги: многослойные взаимосвязи // Trends in Ecology & Evolution. – 2014. – Т. 27, № 1. – С. 19–26. DOI: 10.1016/j.tree.2011.08.006. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1016/j.tree.2011.08.006>
- 6) Díaz, S. и др. Всеобъемлющее воздействие человека на жизнь на Земле и необходимость трансформационных изменений // Science. – 2019. – Т. 364, № 6437. – DOI: 10.1126/science.aav5570. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.aav5570>
- 7) Loreau, M. Связь биоразнообразия и экосистем: к единой экологической теории // Philosophical Transactions of the Royal Society B. – 2010. – Т. 365, № 1537. – С. 49–60. DOI: 10.1098/rstb.2009.0155. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1098/rstb.2009.0155>
- 8) Правительство Республики Казахстан. Постановление № 577 от 30 мая 2013 года «Об утверждении Концепции по переходу Республики Казахстан к Зелёной экономике». – Официальный сайт нормативных правовых актов Республики Казахстан [Adilet.zan.kz]. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/P1300000577>
- 9) Фрэнкхэм Р. Генетическое разнообразие и биология охраны природы: обновлённый синтез // Biological Conservation. – 2012. – Т. 153. – С. 28–40. DOI: 10.1016/j.biocon.2012.04.017.
- 10) Линч М., Акерман М.С., Гуо Ж.Ф. и др. Происхождение архитектуры генома и мутационных процессов // Nature Reviews Genetics. – 2016. – Т. 17, № 11. – С. 705–718. DOI: 10.1038/nrg.2016.95.
- 11) Пертия М., Зальцберг С.Л. Между курицей и виноградом: оценка количества генов у человека // Genome Biology. – 2018. – Т. 19. – Статья 223. DOI: 10.1186/s13059-018-1590-9.

- 12) Консорциум проекта ENCODE. Расширенная энциклопедия элементов ДНК в человеческом геноме // *Nature*. – 2020. – Т. 583. – С. 699–710. DOI: 10.1038/s41586-020-2493-4.
- 13) Лоу Л., Хилл У.Г. Популяционная генетика мутаций: полезные, вредные и нейтральные // *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. – 2010. – Т. 365, № 1544. – С. 1153–1167. DOI: 10.1098/rstb.2009.0317.
- 14) Йоханнес Ф., Порше Э., Тейшайра Ф.К. и др. Эпигенетическая изменчивость: скрытый уровень разнообразия в адаптации // *Trends in Ecology & Evolution*. – 2017. – Т. 32, № 2. – С. 96–108. DOI: 10.1016/j.tree.2016.10.012.
- 15) Чарльзворт Д., Уиллис Дж.Х. Генетика инбридинговой депрессии // *Nature Reviews Genetics*. – 2009. – Т. 10, № 11. – С. 783–796. DOI: 10.1038/nrg2664.
- 16) Алендорф Ф.В., Луикарт Г., Эйткен С.Н. Сохранение и генетика популяций. – 2-е изд. – Оксфорд: Wiley-Blackwell, 2013. – 602 с.
- 17) Хобан С., Бруфорд М.В., Фанк У.К. и др. Цели и индикаторы генетического разнообразия в пост-2020 рамочной программе Конвенции о биологическом разнообразии: рекомендации по мониторингу // *Biological Conservation*. – 2021. – Т. 263. – Статья 109322. DOI: 10.1016/j.biocon.2021.109322.
- 18) Пёрвис А., Хектор А. Измерение биоразнообразия // *Nature*. – 2000. – Т. 405. – С. 212–219. DOI: 10.1038/35012221.
- 19) Гастон К.Дж. Оценка и значение видового богатства // *Science*. – 2010. – Т. 327, № 5962. – С. 154–155. DOI: 10.1126/science.1182818.
- 20) Мора К., Титтенор Д.П., Адл С., Симпсон А.Г.Б., Ворм Б. Сколько видов существует на Земле и в океане? // *PLoS Biology*. – 2011. – Т. 9(8): e1001127. DOI: 10.1371/journal.pbio.1001127.
- 21) Линденмайер Д.Б., Лоренс У.Ф. Экология, распространение, охрана и управление старыми деревьями // *Biological Reviews*. – 2017. – Т. 92(3). – С. 1434–1458. DOI: 10.1111/brv.12290.
- 22) Международный союз охраны природы (IUCN). Красный список угрожаемых видов. Версия 2023-2. – Гланд, Швейцария: IUCN, 2023. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.iucnredlist.org>.
- 23) Костелло М.Дж., Чадхари С., Буш П. Глобальные закономерности и темпы открытия новых видов морской биоты // *Marine Biodiversity*. – 2023. – Т. 53. – Статья 19. DOI: 10.1007/s12526-023-01373-9.
- 24) Барлоу Дж., Франса Ф., Гарднер Т.А. и др. Будущее гиперразнообразных тропических экосистем // *Nature*. – 2018. – Т. 559. – С. 517–526. DOI: 10.1038/s41586-018-0301-1.
- 25) Одум Ю., Барретт Г. Основы экологии. – 5-е изд. – Санкт-Петербург: Питер, 2020. – 748 с.
- 26) Себальос Г., Эрлих П.Р., Равен П.Х. Позвоночные на грани вымирания как индикаторы биологического кризиса и шестого массового вымирания // *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)*. – 2020. – Т. 117, № 24. – С. 13596–13602. DOI: 10.1073/pnas.1922686117.

- 27) Кардинале Б.Дж., Даффи Дж.Э., Гонсалес А. и др. Потеря биоразнообразия и её влияние на человечество // *Nature*. – 2012. – Т. 486, № 7401. – С. 59–67. DOI: 10.1038/nature11148.
- 28) Хукстра Дж.М., Молнар Дж.Л., Дженнингс М., Ревенга К. Глобальное распределение наземных экорегионов и приоритеты охраны природы // *Bioscience*. – 2020. – Т. 70(7). – С. 609–622. DOI: 10.1093/biosci/biaa043.
- 29) Рокстрём Й., Гупта Дж., Цинь Д., Стеффен У. и др. Границы системы Земли // *Nature*. – 2023. – Т. 621. – С. 18–31. DOI: 10.1038/s41586-023-06695-7.
- 30) Scharlemann J.P.W., Leclère D., Díaz S., Purvis A. и др. Прямые движущие силы современной глобальной утраты биоразнообразия антропогенного происхождения // *Science Advances*. – 2022. – Т. 8, № 45. – Статья eabm9982. DOI: 10.1126/sciadv.abm9982.
- 31) Бекенов С.К. Влияние добывающей промышленности на экосистемы степной зоны Казахстана // *Региональная экология*. – 2020. – № 2. – С. 78–86.
- 32) Министерство экологии и природных ресурсов Республики Казахстан. Национальный доклад о состоянии окружающей среды Республики Казахстан за 2023 год. – Астана: НЦЭ РК, 2024. – 280 с.
- 33) Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). AR6 Synthesis Report: Climate Change 2023. – Geneva: World Meteorological Organization, 2023. – 185 p.
- 34) Global Invasive Species Database (GISD). The Economic Costs of Biological Invasions Worldwide. – 2023. – <https://www.gisd.org>
- 35) United Nations Environment Programme (UNEP). Making Peace with Nature: A Scientific Blueprint to Tackle the Climate, Biodiversity and Pollution Emergencies. – Nairobi: UNEP, 2022. – 168 p.
- 36) Crutzen P.J. The “Anthropocene” // *Earth System Science in the Anthropocene*. – Springer, Berlin, Heidelberg, 2006. – С. 13–18. DOI: 10.1007/3-540-26590-2_3.
- 38) World Bank. The Changing Wealth of Nations 2021: Managing Assets for the Future. – Washington, D.C.: The World Bank Group, 2021. – 408 p. DOI: 10.1596/978-1-4648-1590-4.
- 39) Лебедева Н.В., Баранов В.А., Холод С.С. Методы оценки биологического разнообразия и мониторинг природных сообществ. – М.: Наука, 1999. – 256 с.
- 40) Magurran A.E. Measuring biological diversity: past, present and future // *Current Biology*. – 2021. – Vol. 31, Iss. 19. – P. R1034–R1040. DOI: 10.1016/j.cub.2021.08.056.
- (Обзор современных методов измерения видового богатства и индексов Шеннона, Симпсона, Маргалефа.)
- 41) Roswell M., Dushoff J., Winfree R. A conceptual guide to measuring species diversity // *Oikos*. – 2021. – Vol. 130 (3). – P. 321–338. DOI: 10.1111/oik.07202.
- (Современная интерпретация классических моделей Уиттекера и Магарран, обсуждение понятия evenness.)
- 42) Tuomisto H. Defining, measuring, and partitioning species diversity // *Ecological Indicators*. – 2018. – Vol. 73. – P. 73–88. DOI: 10.1016/j.ecolind.2016.08.006.
- (Развитие концепции α -, β -, γ -разнообразия и применение индексов для оценки динамики сообществ и градиентов антропогенного воздействия.)

- 43) Whittaker R.H. *Communities and Ecosystems*. – New York: Macmillan, 1980.
- 44) Magurran A.E. Measuring biological diversity: past, present and future // *Current Biology*. – 2021.
- 45) Tuomisto H. Defining, measuring, and partitioning species diversity // *Ecological Indicators*. – 2018.
- 46) Gogol-Prokurat M. et al. Modern approaches to biodiversity monitoring. – *Frontiers in Ecology and Evolution*., 2022.
- 47) MacArthur R.H. Patterns of species diversity. – *Biological Reviews*, 1975.
- 48) Гришанов Г.В. Экологическая структура орнитоценозов болотных экосистем. – Калининград, 2005.
- 49) Hoban S., Bruford M.W., Funk W.C. et al. Genetic diversity targets and indicators in the CBD Post-2020 Framework. // *Biological Conservation*. – 2021. – Vol. 263. – Article 109322. DOI: 10.1016/j.biocon.2021.109322.
- 50) Magurran A.E. Measuring biological diversity: past, present and future. // *Current Biology*. – 2021. – Vol. 31(19). – P. R1034–R1040.
- 51) Al-Maktoumi A., Kacimov A., Sarma K. et al. Environmental impact of oil and gas operations in arid regions. // *Environmental Monitoring and Assessment*. – 2021. – Vol. 193(7). – Article 439.
- 52) Sarsembayeva N., Bekturova A., Kurmangaliyeva L. Assessment of oil pollution effects on soil biota in Western Kazakhstan. // *Eurasian Journal of Ecological Studies*. – 2023. – Vol. 8(2). – P. 34–49.
- 53) Tulegenov K., Issayeva A., Abdakhmanov S. Patterns of species abundance in disturbed steppe ecosystems of Western Kazakhstan. // *KazNU Bulletin. Series Ecology*. – 2022. – Vol. 83(3). – P. 55–67.
- 54) Pettorelli N. et al. Using satellite data to monitor ecosystem functions. // *Trends in Ecology & Evolution*. – 2016. – Vol. 31(3). – P. 177–188.
- 55) Abdakhmanova A., Baimukhanov T., Iskakova G. GIS-based monitoring of vegetation degradation in the Caspian region. // *Geography and Natural Resources of Kazakhstan*. – 2023. – Vol. 12(4). – P. 21–36.
- 56) Beng K.C., Corlett R.T. Applications of environmental DNA (eDNA) in biodiversity monitoring and conservation. // *Biodiversity and Conservation*. – 2016. – Vol. 25(11). – P. 2131–2150.
- 57) Kobayashi H., Liu C., Morimoto J. et al. Artificial intelligence for biodiversity monitoring: integrating remote sensing and species data. // *Ecological Informatics*. – 2023. – Vol. 75. – Article 102095.
- 58) Бюро национальной статистики Агентства по стратегическому планированию и реформам Республики Казахстан. Экологическая статистика. 2023 год. - <https://stat.gov.kz/ru/industries/environment/stat-eco>.
- 59) РГП «Казгидромет». Ежемесячный информационный бюллетень о состоянии окружающей среды Республики Казахстан, 2023 г. - <https://www.kazhydromet.kz/ru/ecology/ezhemesyachnyy-informacionnyy-byulleten-o-sostoyanii-okruzhayushey-sredy/2023>.
- 60) Комитет по управлению земельными ресурсами Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан. Данные о распределении земельного фонда

- Атырауской области по категориям за 2022–2023 годы [Электронный ресурс]. – Астана, 2023. – URL: <https://stat.gov.kz> (дата обращения: 13.10.2025).
- 61) Грановский Э.И. Проблемы устойчивого развития г. Атырау и Атырауского региона: Аналитический обзор. – Алматы: КазгосИНТИ, 2023. – 27 с
- 62) Центр дистанционного зондирования и ГИС «Терра» - Государственные (Лесные) Природные Резерваты - <https://gis-terra.kz/spisok-gosudarstvennyh-osobo-ohranyaemyh-prirodnyh-territoriy/gosudarstvennyy-prirodnyy-rezervat-akzhayyk/?lang=ru>.

**ОТЗЫВ
НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ**

На дипломную работу

Тажгалиевой Алмагүл Куандыққызы

6B05205 «Химическая и биохимическая инженерия»

Тема: «Анализ состояния биоразнообразия Атырауской области в условиях антропогенного воздействия»

Дипломная работа Тажгалиевой Алмагүл Куандыққызы посвящена актуальной экологической проблеме – оценке состояния биоразнообразия Атырауской области под влиянием антропогенных факторов (нефтегазовая промышленность, транспорт, сельское хозяйство, урбанизация). Выбор темы является обоснованным и своевременным, учитывая высокую природную ценность региона и возрастающие техногенные нагрузки.

Студенткой грамотно сформулированы цель и задачи исследования, чётко определены объект – природные экосистемы Атырауской области – и предмет исследования – влияние антропогенных факторов на биоразнообразие региона. В работе дан развернутый обзор современного состояния проблемы, рассмотрены уровни и показатели биоразнообразия, особенности экосистем прикаспийского региона.

При выполнении дипломной работы Тажгалиева А.К. показала умение работать с научной литературой, нормативными документами и официальной статистикой, использовать данные Казгидромета и Бюро национальной статистики. Автор освоила методы статистического анализа экологических показателей, расчёта интегрального индекса деградации экосистем, провела сопоставление динамики антропогенных нагрузок и состояния экосистем за ряд лет, выделила зоны экологического риска и предложила комплекс практических рекомендаций по сохранению и восстановлению биоразнообразия.

Студентка проявила себя дисциплинированной и ответственной: своевременно реагировала на замечания, умеет логично и последовательно излагать результаты, представлять их в виде таблиц, графиков и схем. На консультациях демонстрировала самостоятельность мышления и заинтересованность в теме.

В целом дипломная работа выполнена на хорошем научно-методическом уровне, соответствует действующим требованиям к выпускным квалификационным работам по ОП 6B05205 «Химическая и биохимическая инженерия», отличается актуальностью, целостностью и практической направленностью. Считаю, что работа заслуживает оценки «отлично» (95), а её автор допускается к защите в Государственной аттестационной комиссии.

Научный руководитель

Доктор биологических наук, доцент, профессор  Еликбаев Б.К.

«5» 12 2025 г.

РЕЦЕНЗИЯ

на дипломную работу

Тажгалиева Алмагүл Куандыққызы

6B05205 Химическая и Биохимическая инженерия

На тему: Анализ состояния биоразнообразия Атырауской области в условиях
антропогенного воздействия

Выполнено:

- а) графическая часть на 17 листах
- б) пояснительная записка на 63 страницах

ЗАМЕЧАНИЯ К РАБОТЕ

Дипломная работа посвящена анализу состояния биоразнообразия Атырауской области – одного из ключевых нефтегазовых регионов Казахстана, отличающегося высокой природной ценностью (дельта р. Урал, прикаспийские степи, прибрежная зона Каспийского моря) и одновременно значительной антропогенной нагрузкой. Актуальность темы не вызывает сомнений, так как деградация экосистем и утрата видов напрямую связана с устойчивым развитием региона.

В работе использованы современные методы: анализ статистических экологических показателей, обобщение данных Казгидромета и Бюро национальной статистики, материалов экологической отчётности недропользователей, расчёт интегрального индекса деградации экосистем и количественных показателей биоразнообразия. Структура диплома логична: введение, теоретический обзор, характеристика региона, аналитический раздел и заключение с выводами и предложениями.

Научная новизна состоит в комплексной оценке состояния биоразнообразия ключевых экосистем Атырауской области с использованием интегрального индикатора деградации и выделением зон экологического риска различной степени. Практическая значимость определяется возможностью использования полученных результатов при разработке региональных программ охраны окружающей среды, расширении сети ООПТ и совершенствовании системы экологического мониторинга.

Из недостатков можно отметить недостаточно чёткую увязку некоторых текстовых выводов с количественными результатами и потребность в более развернутой картографической визуализации зон риска. Указанные замечания не снижают общего высокого уровня работы.

Оценка работы

В целом дипломная работа Тажгалиевой Алмагүл Куандыққызы соответствует требованиям, предъявляемым к выпускным квалификационным работам по ОП 6B05205 «Химическая и биохимическая инженерия», отличается актуальностью, содержательностью и практической значимостью, и заслуживает оценки «отлично» с допуском автора к защите.

Рецензент

Декан факультета биологии и биотехнологии

КазНУ им.аль-Фараби, д.б.н., профессор

«10» 12 2025 г.

Курманбаева М.С.



Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Тажгалиева Алмагул Куандыққызы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Анализ состояния биоразнообразия Атырауской области в условиях антропогенного воздействия

Научный руководитель: Бакытжан Еликбаев

Коэффициент Подобия 1: 0.7

Коэффициент Подобия 2: 0

Микропробелы: 7

Знаки из здругих алфавитов: 4

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

- Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.
- Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.
- Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

Обоснование: *Заимствований не является плагиатом, уровень подобия не превышает допустимого*

Дата 5.12.2025

А.Сарсенбай

проверяющий эксперт

Сарсенбай С.О.

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Тажфалиева Алмагул Куандыққызы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Анализ состояния биоразнообразия Атырауской области в условиях антропогенного воздействия

Научный руководитель: Бакытжан Еликбаев

Коэффициент Подобия 1: 0.7

Коэффициент Подобия 2: 0

Микропробелы: 7

Знаки из здругих алфавитов: 4

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

- Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.
- Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.
- Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.
- Обоснование: *Практически безуспешная работа*
соответствует требованиям на плагиат.

Дата 5.12.2025г

Заведующий кафедрой Кубал

Кубал Кубасова Ш.Н