

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

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

Горно-металлургический институт имени А.О. Байконурова

Кафедра «Маркшейдерское дело и геодезия»

Төлебаева Әмина Еркебұланқызы

Оценка зон риска стихийных бедствий и их влияние на
инфраструктуру населенных пунктов с помощью
пространственного анализа

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

6B07303 – Геопространственная цифровая инженерия

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 А.О. Байконурова

Кафедра «Маркшейдерское дело и геодезия»



ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой
«Маркшейдерское дело и геодезия»
к.т.н., ассоц. профессор

Мейрамбек.Г.

« 06 » июля 2025 г.

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

На тему: «Оценка зон риска стихийных бедствий и их влияние на инфраструктуру
населённых пунктов с помощью пространственного анализа»

6B07303 – Геопространственная цифровая инженерия

Выполнил

Төлебаева Ә.Е.

Рецензент

к.т.н., ассоц. профессор
кафедры «Геодезия и картография,
кадастр», МОК



Кузнецова.И.А.

« 9 » 06 2025 г.

Подпись Кузнецовой И.А.
завещаю
HR департамент В
« 9 » 2025 г.

Научный руководитель
Доктор PhD, ст. преп.

Ержанқызы А.

« 06 » 06 2025 г.

Алматы 2025

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

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

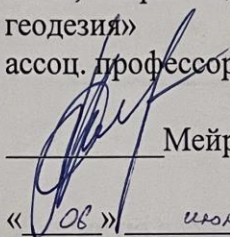
Горно-металлургический институт имени О.А.Байконурова

Кафедра «Маркшейдерское дело и геодезия»

6B07303 – Геопространственная цифровая инженерия

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой
к.т.н., «Маркшейдерское дело и
геодезия»
ассоц. профессор


Мейрамбек.Г.

« 06 » июня 2025 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломной работы

Обучающемуся Төлебаева Әмина Еркебұланқызы

Тема: «Оценка зон риска стихийных бедствий и их влияние на инфраструктуру населённых
пунктов с помощью пространственного анализа»

Утверждена приказом Проректора по академическим вопросам №26-П/Ө от 29.01.2025г.

Срок сдачи законченной работы «27» мая 2025г.

Исходные данные к дипломной работе: Спутниковые снимки Landsat 8/9 и Sentinel-2 для
анализа растительности и водных ресурсов. Программное обеспечение QGIS для обработки
данных и расчёта индексов (NDVI, SAVI, NDWI). Отчёты по геодезическим изысканиям на
территории Западного Казахстана.

Краткое содержание дипломной работы. Значение и этапы пространственного анализа
рисков:

- а) Оценка рисков засух и деградации экосистем с использованием ГИС и спутниковых данных.
- б) Анализ изменений растительности и водных ресурсов с использованием индексов NDVI, SAVI и NDWI.
- в) Применение QGIS для анализа спутниковых данных, расчёта индексов и создания карт.
- г) Применение Google Earth Engine и QGIS для расчёта и анализа индексов.

Рекомендуемая основная литература:

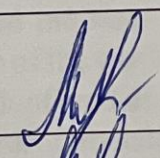
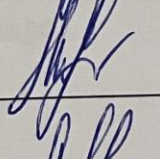
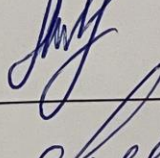
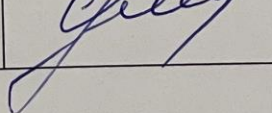
- 1.Подшивалов В.П., Нестеренок М.С. Инженерная геодезия. Минск, 2014.
- 2.СНиП 3.01.03-2011. Геодезические работы в строительстве.
- 3.Авакян В.В. Прикладная геодезия. М., 2019

ГРАФИК подготовки дипломной работы

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
Геоинформационные технологии для оценки рисков, использование индексов	25.02.2025	нет замечаний
Геодезические изыскания и анализ рисков в Западном Казахстане Геодезические работы для анализа экосистем, разработка геодезических разбивок.	16.03.2025	нет замечаний
Применение QGIS и Google Earth Engine для обработки данных.	23.04.2025	нет замечаний

Подписи

консультантов и норм контролера на законченную дипломную работу с указанием относящихся к ним разделов работы

Наименования разделов	Консультанты, И.О.Ф. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Природно-климатические и экологические особенности Западного Казахстана	Ержанқызы А. доктор PhD, стар.преп.	25.02.25	
Теоретико методологические основы пространственного анализа природных рисков	Ержанқызы А. доктор PhD, стар.преп.	16.03.25	
Практическое исследование: пространственный анализ деградации пастбищ под влиянием засух	Ержанқызы А. доктор PhD, стар.преп.	23.04.25	
Норм контролер	Мадимарова.Г.С. к.т.н., ассоц. профессор	2.06.25	

Научный руководитель

Задание принял к исполнению обучающийся

Дата

Ержанқызы А.

Төлебаева Ә.Е.

« 3 » 06 2025 г

АНДАТПА

Бұл Бұл жұмыс батыс Қазақстанның ауыл шаруашылығы мен инфрақұрылымына төтенше жағдайлардың, атап айтқанда құрғақшылықтың әсерін бағалауға арналған. Зерттеуде ғарыштық мәліметтер және геоақпараттық технологиялар, сондай-ақ өсімдіктер мен ылғалдылық индекстері (NDVI, SAVI, NDWI) пайдаланылды, олар 2015-2023 жылдар аралығындағы экожүйелердің динамикасын бақылауға мүмкіндік береді. Жұмыста практикалық бөлім бар, онда есептеулер мен кеңістік бойынша талдау жүргізіліп, жерлердің деградациясы мен мал шаруашылығы үшін қауіп-қатер аймақтары анықталды. Алынған нәтижелер климаттың өзгеру жағдайында ауыл шаруашылығы мен сумен жабдықтауды тұрақтандыру бойынша ұсыныстар әзірлеуге көмектеседі.

АННОТАЦИЯ

В данной работе проводится оценка зон риска стихийных бедствий, с особым акцентом на засухи и их влияние на сельское хозяйство и инфраструктуру Западного Казахстана. Для анализа были использованы спутниковые данные и геоинформационные технологии, а также индексы растительности (NDVI, SAVI) и влажности (NDWI), позволяющие отслеживать

динамику экосистем на протяжении 2015-2023 годов. Работа включает практическую часть, в которой выполнены расчёты и пространственный анализ, что позволило выделить зоны с наибольшими рисками деградации земель и угрозами для скотоводства. Полученные результаты могут быть использованы для разработки рекомендаций по улучшению устойчивости сельского хозяйства и водоснабжения в условиях изменения климата.

ANNOTATION

This study assesses the risk zones of natural disasters, with a special focus on droughts and their impact on agriculture and infrastructure in Western Kazakhstan. Satellite data and geographic information technologies were used, along with vegetation (NDVI, SAVI) and moisture (NDWI) indices, to monitor ecosystem dynamics from 2015 to 2023. The practical section of the work includes calculations and spatial analysis, which helped identify areas with the highest risk of land degradation and threats to livestock farming. The results obtained can be used to develop recommendations for improving agricultural resilience and water supply in the context of climate change.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	7
1 Природно-климатические и экологические особенности Западного Казахстана	8
1.1 Географическое положение и рельеф региона	8
1.2 Климатические условия и влияние засух	9
1.3 Водные ресурсы и водоснабжение	10
1.4 Деградация земель и опустынивание пастбищ	11
1.5. Сельское хозяйство: состояние и вызовы	12
2 Теоретико-методологические основы пространственного анализа природных рисков	14
2.1 Понятие природного риска и пространственного анализа	14
2.2 Геоинформационные технологии в оценке природных опасностей	14
2.3 Методы зонирования и картографирования рисков	15
2.4 Индексный анализ среды: NDVI, SAVI, NDWI	17
2.5 Оценка уязвимости территорий к природным бедствиям	19
3 Практическое исследование: пространственный анализ деградации пастбищ под влиянием засух	20
3.1 Исходные данные и инструменты исследования	20
3.2 Расчёт индексов NDVI, SAVI и NDWI (2015–2023)	22
3.3 Динамика растительного покрова и влажности: анализ карт	26
3.4 Зональная статистика и пространственное распределение изменений	32
3.5 Выводы: деградация пастбищ, угрозы скотоводству и пути устойчивого использования ресурсов	33
Заключение	34
Список использованной литературы	36

ВВЕДЕНИЕ

Современные изменения климата, сопровождающиеся частыми засухами и экстремальными погодными условиями, оказывают значительное влияние на экосистемы различных регионов, в том числе Западного Казахстана. Этот регион характеризуется преимущественно аридным климатом, что делает его уязвимым к воздействию климатических аномалий. В условиях уменьшения водных ресурсов и деградации земель возникает угроза устойчивости экосистем, что в свою очередь влияет на сельское хозяйство, особенно на скотоводство.

Западный Казахстан традиционно является важным сельскохозяйственным регионом страны, где скотоводство играет ключевую роль в экономике. Однако из-за изменения климата и регулярных засух наблюдается ухудшение состояния пастбищ и водоемов, что приводит к значительным потерям в животноводстве. Важно отметить, что традиционные методы мониторинга экосистем и природных рисков зачастую не позволяют в полной мере учитывать масштаб изменений, особенно в таких удаленных и труднодоступных районах, как западные области Казахстана.

Одним из наиболее эффективных инструментов для оценки воздействия климатических изменений является использование геоинформационных технологий (ГИС) и спутниковых данных. Эти технологии позволяют проводить пространственный анализ рисков, таких как деградация растительности, снижение уровня водоемов и опустынивание, на основе данных индексов, таких как NDVI, SAVI, NDWI. Спутниковые снимки с высоким разрешением, обработанные с помощью ГИС, предоставляют подробную информацию о состоянии экосистем, что позволяет своевременно реагировать на экологические угрозы.

Целью данной работы является оценка природных рисков и анализ состояния экосистем Западного Казахстана, используя современные методы пространственного анализа. Основной задачей является использование спутниковых данных для расчёта индексов растительности и влажности, выявление зон с наибольшим риском деградации экосистем и предложений по устойчивому использованию природных ресурсов региона. Работа направлена на использование геоинформационных технологий как инструментов для мониторинга и прогнозирования изменений в экосистемах, что важно для эффективного управления природными рисками и адаптации к изменяющимся климатическим условиям.

1 Природно-климатические и экологические особенности Западного Казахстана

1.1 Географическое положение и рельеф региона

Западный Казахстан представляет собой обширную территорию на стыке Европы и Азии, расположенную в пределах Прикаспийской низменности и прилегающих степных плато. Рельеф региона преимущественно равнинный: высоты над уровнем моря снижаются от северо-востока к юго-западу примерно со 140 м до отметок ниже уровня моря (до –15 м), (эти данные можно наблюдать в таб.1 снизу) в наиболее низких участках Прикаспийской впадины к югу рельеф плавно переходит в полупустынные плато и увалы – здесь расположены отроги Мугоджарских гор и плато Устюрт, отделяющие западно-казахстанские степи от пустынь Прикаспия. Таким образом, большая часть территории – это равнины и низменности с небольшими холмистыми возвышениями на окраинах.

Таблица 1.1. Климатические показатели Западного Казахстана по регионам (2015–2023)

Регион	Среднегодовая температура (°C)	Среднее количество осадков (мм)	Длительность засушливых периодов (мес.)	Количество дней с экстремально высокой температурой (>35°C)
Северная часть	5–7	250–300	2–3	20–30
Центральная часть	8–10	150–250	3–4	25–35
Южная часть	12–15	100–150	4–5	30–40
Западная часть	8–10	200–250	3–4	15–25

Геологическое строение и почвенный покров региона отражают его полупустынный характер. Преобладают каштановые и тёмно-каштановые почвы, на юге переходящие в бурые почвы и солонцы (засоленные участки). Естественная растительность представлена злаково-разнотравными степями на севере и более разреженной полынно-злаковой растительностью к югу. В южных районах встречаются также песчаные массивы с пятнами пустынной растительности.

1.2 Климатические условия и влияние засух

Климат Западного Казахстана отличается резкой континентальностью и аридностью. Для региона характерны жаркое сухое лето и холодная малоснежная зима; переходные сезоны выражены слабо. Атмосферные осадки весьма неустойчивы и недостаточны, воздух и почва отличаются высокой сухостью. В среднем за год выпадает от около 200 мм осадков на юге области до 330 мм на севере, причем большая часть осадков приходится на тёплый период года. Выпадение дождей носит неравномерный характер – более влажные годы чередуются с засушливыми сезонами. Летом осадки редки, часто устанавливаются продолжительные бездождевые периоды, (можно наблюдать на таблице 1.2.) приводящие к летним засухам. Зимой количество снега невелико, снежный покров низкий и держится 2–4 месяца, поэтому весеннего влагозаряда почвы обычно недостаточно.

Таблица 1.2. Водные ресурсы Западного Казахстана: данные по основным водоемам (2015–2023)

Водоем	Площадь (км ²)	Средний годовой сток (млн м ³)	Проблемы водообеспечения	Изменение уровня воды (м)
Река Урал	2,000	2,500	Частичное пересыхание	–0.5 (2023)
Река Эмба	1,300	400	Мелкование	–1.0 (2023)
Озеро Балқаш	16,400	4,500	Понижение уровня воды	–1.5 (2021)
Озеро Капшагай	1,800	1,200	Засоление, загрязнение	–0.3 (2022)

Резкие колебания температур и осадков – обычное явление для климата региона. Средняя температура января составляет около –10...–14 °С, а июля +22...+25 °С, однако в отдельные годы возможны сильные аномалии. Абсолютные минимумы зимой достигают –40 °С, а максимумы лета поднимаются до +40...+45 °С. Летом часты суховеи – горячие ветры, усиливающие испарение влаги. В сухую жаркую погоду при наличии ветра бывают пыльные бури, переносящие высушенный верхний слой почвы. Эти процессы усиливают опустынивание и усугубляют воздействие засух на экосистемы

Засухи в Западном Казахстане – регулярное природное явление, определяющее риск для сельского хозяйства. По многолетним данным, с начала XXI века засушливые явления стали происходить чаще: в двух из

каждых пяти лет более половины территории Казахстана подвергается засухе разной интенсивности. Особенно сильные засухи наблюдаются при сочетании бесснежных зим и сухих летних сезонов, что ведёт к острому дефициту влаги. Современные климатические тренды (повышение температуры, изменение режима осадков) способствуют учащению экстремальных погодных событий. Так, в 2021 году и вновь в 2023 году экстремальная жара и отсутствие дождей привели к масштабной летней засухе на западе республики. В результате подобных аномалий резко снижается продуктивность растительного покрова: по оценкам, сильная засуха 2021 года сократила индекс NDVI (показатель “зелености” растительности) приблизительно на 10% по сравнению со средним уровнем. Накопленный дефицит влаги отражается и на водных объектах – мелеют реки и озёра, пересыхают мелкие водотоки. Таким образом, климатические условия Западного Казахстана определяют высокую вероятность засух, а последние десятилетия характеризуются тенденцией к усилению аридности и связанным с этим риском.

1.3 Водные ресурсы и водоснабжение

Водные ресурсы Западного Казахстана крайне ограничены и уязвимы к климатическим колебаниям. Регион беден на постоянные водотоки: единственной крупной рекой является Урал (Жайық), который протекает с севера на юг через Западно-Казахстанскую область и впадает в Каспийское море. Река Урал – трансграничная, значительная часть её стока формируется на территории России. Малые реки (Деркул, Чаган и др. в бассейне Урала) имеют нерегулярный водный режим и в засушливые годы местами пересыхают. Южнее, на границе с Атырауской областью, протекает река Эмба, однако она также маловодна и часто не достигает моря в сухие периоды. Многие небольшие озёра и временные водотоки Западного Казахстана пополняются только талыми и дождевыми водами и в засуху полностью высыхают.

Каспийское море формирует западную границу макрорегиона, однако его воды солёные и непригодны для питьевого или сельскохозяйственного использования. Тем не менее, близость Каспия влияет на климат прибрежных зон (смягчая зимы и увлажняя воздух). Отмечается тенденция падения уровня Каспийского моря в последние десятилетия, что приводит к отступлению береговой линии и, косвенно, к трансформации прибрежных экосистем.

Подземные воды распространены неравномерно имеются артезианские бассейны в Прикаспийской впадине и предгорьях Мугоджар, однако многие из них отличаются повышенной минерализацией. Согласно исследованиям, значительная часть доступных грунтовых вод имеет повышенное солесодержание и требует очистки перед хозяйственным использованием. В сельской местности традиционно используются колодцы и скважины для водопоя скота, но их дебит сокращается в засушливые периоды.

1.4 Деградация земель и опустынивание пастбищ

Аридный климат и антропогенное воздействие обусловили острые экологические проблемы региона. Прежде всего, это деградация земель – процесс утраты плодородия почв, сокращения растительного покрова и опустынивания. Западный Казахстан, как и большая часть страны, подвержен риску опустынивания: по оценкам, уже около 70% земель Казахстана склонны к засухам и деградации, причем почти 25% населения проживает на территориях с нарушенными землями. В засушливых экосистемах степей и полупустынь любое превышение нагрузки на землю быстро приводит к ухудшению её состояния.

Основной фактор деградации пастбищ – переразгрузка и нерациональное использование земель сельскохозяйственного назначения. Ещё со времён распада СССР система управляемого пастбищеоборота нарушилась, и в постсоветский период выпас скота стал концентрироваться вокруг населённых пунктов. Это привело к локальному перевыпасу – вокруг аулов и сёл пастбища сильно истощены, выедены ценные кормовые травы, почва уплотнена и подвержена эрозии. В то же время отдалённые пастбищные угодья используются мало из-за отсутствия водоснабжения и инфраструктуры, что ведёт к неравномерной нагрузке на экосистемы. Таким образом, значительная часть пастбищ находится в неудовлетворительном состоянии.

По данным дистанционного мониторинга, в 2023 году 87,2% всех пастбищных земель Казахстана оценивались как находящиеся в плохом или очень плохом состоянии (вплоть до полного отсутствия растительности). Особенно тяжёлая обстановка сложилась в западных областях: например, в Мангистауской области деградировано 99% пастбищных угодий. В Западно-Казахстанской области доля нарушенных пастбищ также превышает 80–90%, что свидетельствует о почти повсеместном ухудшении кормовой базы. Учёные отмечают, что сохранение и восстановление растительного покрова пастбищ – одна из наиболее актуальных проблем региона. Деградация земель вызывает снижение продуктивности экосистем: на месте разнотравных степей остаются выгоревшие пустоши с колючками и сорной растительностью. Нарастание процессов опустынивания фиксируется на юге региона – здесь усиливается засоление почв (солонцы), расширяются площади подвижных песков, исчезают закрепляющие растительные сообщества.

Последствия деградации проявляются не только экологически, но и социально-экономически. Сокращение кормовых ресурсов напрямую бьёт по животноводству: снижается упитанность скота, уменьшаются надои и привесы, растёт заболеваемость и смертность животных. Обнажённые почвы подвержены ветровой эрозии – усиливаются пыльные бури, выдувающие плодородный слой и ухудшающие качество воздуха. Кроме того, деградированные земли хуже удерживают влагу, ускоряя сток и способствуя засухам и паводкам. Таким образом, возник порочный круг: засухи и антропогенное давление приводят к деградации земель, а деградированные

ландшафты становятся ещё более уязвимыми к новым экстремальным явлениям. Для разрыва этого круга необходимы меры по рациональному использованию пастбищ (регулирование нагрузки, искусственное улучшение угодий, создание поилок на отгонных пастбищах) и по восстановлению растительного покрова (посев трав, противоэрозионные мероприятия). Решение проблемы деградации пастбищ является ключевым условием устойчивого развития сельских территорий Западного Казахстана.

1.5 Сельское хозяйство: состояние и вызовы

Агросектор Западного Казахстана исторически специализируется на животноводстве и экстенсивном пастбищном хозяйстве. Растениеводство развито преимущественно в северных и центральных районах региона, где возделываются засухоустойчивые культуры – яровая пшеница, ячмень, кормовые травы. Тем не менее, весь регион относится к зоне рискованного земледелия: урожайность здесь сильно зависит от природных условий. Казахстан в целом находится в зоне рискованного земледелия – объём урожая во многом определяется запасами почвенной влаги, осадками в период вегетации и своевременного и качественного проведения весенне-полевых работ. В благоприятные по осадкам годы аграрии получают неплохие урожаи зерновых и овощей, однако в засушливые сезоны возможно недополучение значительной части урожая или гибель посевов.

Например, во время засухи 2023 года в четырёх областях (включая Западно-Казахстанскую) было уничтожено около 170 тыс. га посевов зерновых культур. Таким образом, земледелие региона постоянно балансирует между урожаем и неурожаем, и требуется внедрение засухоустойчивых сортов, технологии влагосбережения и орошения для стабилизации производства.

Животноводство является основой сельского хозяйства Западного Казахстана. Просторные степные пастбища издавна использовались для выпаса скота – разводятся крупный рогатый скот (мясного и молочного направления), овцы, лошади, в южных районах также верблюды. По состоянию на настоящее время, большая часть сельского населения занята в мелкотоварном животноводстве, содержат личные подворья с выпасом на общинных пастбищах. Однако деградация пастбищ (см. выше) и частые засухи наносят серьёзный урон отрасли. Сокращение кормовой базы приводит к падению привесов и надоев, росту заболеваемости скота. В экстремально засушливые годы возникают массовые случаи падежа животных из-за голода и обезвоживания. Летом 2021 года в западных и южных регионах наблюдался острый кризис: в Мангистауской и Кызылординской областях от засухи погибло свыше 1 700 голов скота.

Сильнейшая засуха и отсутствие кормов вынудили фермеров забивать или терять значительную часть поголовья, что вызвало социальный резонанс и требовало вмешательства правительства.

2. Теоретико-методологические основы пространственного анализа природных рисков

2.1 Понятие природного риска и пространственного анализа

Природные риски представляют собой вероятность наступления опасных природных явлений, способных причинить ущерб населению, хозяйству и окружающей среде. Риск как научное понятие можно определить как вероятностную меру ущерба, отнесённую к определённому периоду времени и конкретному типу опасного явления. В контексте стихийных бедствий под риском понимают сочетание характеристик опасности (интенсивности и частоты природного явления) и уязвимости подвергаемых ему объектов. Иными словами, риск возникает там и тогда, где пересекаются само опасное природное событие (например, засуха, наводнение, землетрясение) и объекты, неспособные полностью противостоять его воздействию. Пространственный анализ – это подход, при котором исследуются географические аспекты риска: распределение опасных процессов в пространстве, размещение уязвимых объектов, геометрия зон возможного воздействия.

Стихийные бедствия имеют ярко выраженную географическую привязку: они происходят в конкретных местах, охватывают определённые территории. Поэтому для оценки рисков чрезвычайно важно задействовать методы геопространственного анализа данных. С их помощью можно выявлять опасные зоны, устанавливать закономерности распределения явлений, оценивать перекрытие опасностей с населёнными пунктами и инфраструктурой. Например, анализ многолетних климатических данных в ГИС позволяет выделить районы с наибольшей повторяемостью засух, то есть своего рода “горячие точки” риска засухи.

Эти зоны рискованного земледелия затем сопоставляются с картой сельскохозяйственных угодий и населённых пунктов, что даёт наглядную картину того, какие территории наиболее подвержены ущербу. Пространственный анализ тем самым служит основой для научно обоснованного зонирования рисков и разработки профилактических мер.

2.2 Геоинформационные технологии в оценке природных опасностей

Современные геоинформационные технологии (ГИС) и дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ) являются ключевыми инструментами для исследования природных рисков. ГИС позволяет собирать, хранить, обрабатывать и визуализировать пространственные данные о разнообразных явлениях – от климатических показателей до распределения населения. С помощью ГИС-анализа можно выполнять наложение (оверлей) карт различных факторов, проводить пространственную статистику и моделирование сценариев развития опасных процессов. Например, в задаче оценки риска

засухи в ГИС можно объединить слой с данными осадков и температур (характеризующий опасность засухи) со слоем землепользования (показывающим, где расположены пашни, пастбища, населённые пункты) – в результате получится карта потенциального риска для сельского хозяйства.

Дистанционное зондирование предоставляет оперативные и объективные данные о состоянии природной среды на больших территориях. Спутниковые снимки различных спектральных диапазонов позволяют отслеживать изменения растительного покрова, влажности почв, водоёмов – то есть те параметры, которые важны для мониторинга стихийных бедствий. С развитием спутниковых систем (таких как Landsat, Sentinel, MODIS и др.) стали широко доступны многолетние ряды данных, необходимые для выявления тенденций (например, тренда к опустыниванию или участившимся засухам). Геопорталы и облачные платформы (Google Earth Engine, NASA SERVIR и др.) облегчают доступ к этим данным и предоставляют инструменты для их анализа. Таким образом, интеграция ГИС и данных ДЗЗ даёт мощный методический аппарат для оценки природных рисков. Геоинформационные технологии позволяют не только картировать текущее состояние территории, но и прогнозировать зоны влияния потенциальных стихийных бедствий, моделируя, к примеру, распространение засухи при различных сценариях изменения климата.

2.3 Методы зонирования и картографирования рисков

Одной из главных целей пространственного анализа рисков является районирование территории по степени опасности и уязвимости. Методика зонирования подразумевает разделение пространства на однородные в том или ином отношении участки – например, зоны высокой, средней и низкой степени риска. Для этого используются как детерминистские, так и статистические подходы. К детерминистским относится, например, построение буферных зон вокруг опасного объекта (вокруг русла реки для паводка, вокруг эпицентра для сейсмике и т.д.) с фиксированными радиусами влияния. Статистические и геостатистические методы основываются на анализе эмпирических данных: строятся карты плотности событий (kernel density), интерполяционные модели распространения параметров опасности, вычисляются вероятности превышения определённых порогов.

На практике зонирование риска часто реализуется через суперпозицию карт опасностей и уязвимости в среде ГИС. Каждый пиксель или полигон территории получает оценку по двум осям – насколько сильное опасное воздействие он потенциально испытывает и насколько он устойчив к нему. Путём комбинирования этих данных получается так называемая карта риска, на которой выделены опасные зоны. Например, при картировании риска засухи могут быть объединены: карта климатического засушливого индекса (показывающая вероятность засухи) и карта землепользования с отмеченными орошаемыми и неорошаемыми землями (показывающая способность

территории противостоять засухе). Там, где совпадают высокие значения засухоопасности и низкая адаптация (неорошаемое земледелие), будет зона высокого риска засухи. Аналогично, для наводнений комбинируют карту высот и склонов (способствующих скоплению воды) с картой застройки – в низинах с плотной застройкой риск максимален.

Результаты зонирования представляются в виде тематических карт, понятных для управленческих решений. Цветовым кодированием выделяются районы, требующие первоочередного внимания (напр., красные – наивысший риск, зелёные – минимальный). Такое картографирование риска облегчает планирование мероприятий по снижению ущерба: например, зная, где вероятен падеж скота от засухи, власти могут заранее заготовить резервы кормов и воды именно для этих районов. Методическое преимущество пространственного зонирования – целостный обзор ситуации на территории, учет множества факторов одновременно и возможность регулярно обновлять оценки по мере поступления новых данных мониторинга.

QGIS: использование в пространственном анализе рисков засухи QGIS (Quantum GIS) — это бесплатная и с открытым исходным кодом геоинформационная система (ГИС), которая широко используется для анализа и визуализации географических данных. Она поддерживает работу с различными форматами пространственных данных, включая растровые и векторные данные, а также предоставляет обширные инструменты для анализа, моделирования и визуализации.

Основные возможности QGIS, используемые в исследовании:
Обработка спутниковых данных: QGIS позволяет работать с растровыми данными, полученными с спутников, что особенно важно для анализа растительности и влажности в условиях засухи. В твоей дипломной работе, например, использовались спутниковые снимки Landsat и Sentinel-2 для расчёта индексов растительности (NDVI, SAVI) и влажности (NDWI). Эти данные можно легко импортировать в QGIS и использовать для дальнейшего анализа.

Для расчёта индексов в QGIS можно использовать простые математические выражения или специализированные плагины. Пример расчёта NDVI (Нормализованный разностный индекс растительности): NDVI рассчитывается как разность между значениями ближнего инфракрасного диапазона (NIR) и красного спектра (RED), нормированная на их сумму:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

Рисунок 1 - Расчет формулы NDVI

В QGIS можно создать новый растровый слой, используя это выражение для каждого пикселя в изображении спутникового снимка, чтобы получить результат в виде растровой карты, отображающей индекс растительности.

Зональная статика: Для оценки рисков засухи можно использовать функцию Зональной статистики в QGIS. С помощью этой функции можно вычислить средние значения индексов (например, NDVI, SAVI) по различным районам или зонам, таким как административные районы, а также по природным зонам (степи, полупустыни). Зональная статистика позволяет сопоставить изменения в растительности с географией региона и оценить уязвимость разных территорий к засухам.

Визуализация данных: QGIS предоставляет широкие возможности для визуализации геопространственных данных, таких как создание тематических карт, отображение изменений на карте с использованием цветовой градации или диаграмм. Для твоей работы это может включать:

1. Карты, показывающие изменения индексов NDVI, SAVI и NDWI за разные годы.
2. Визуализацию зон деградации пастбищ и водных ресурсов.
3. Картирование зон с повышенным риском деградации, основываясь на изменениях растительности.

В QGIS можно создать макеты карт, которые могут быть использованы в качестве визуальных материалов для дипломной работы. Эти карты могут быть вставлены в текст работы как иллюстрации, показывающие пространственные изменения по годам и различные показатели (например, снижение NDVI в южных районах в 2023 году).

2.4 Индексный анализ среды: NDVI, SAVI, NDWI

Важной частью пространственного анализа природных рисков является использование индексов удалённого зондирования, которые количественно характеризуют состояние природной среды. Индексный анализ особенно широко применяется при мониторинге засух, деградации растительности и других медленно развивающихся опасных процессов. К классическим индикаторам относят спектральные вегетационные индексы, рассчитываемые по спутниковым изображениям.

Наиболее известен NDVI (нормализованный разностный индекс растительности) – показатель “зелёности” растительного покрова. NDVI вычисляется по формуле $(NIR - RED) / (NIR + RED)$, где NIR – отражение в ближнем инфракрасном диапазоне, а RED – в красном gisproxima.ru. Значения NDVI находятся в диапазоне от -1 до +1; положительные указывают на наличие живой растительности, причём чем ближе к 1, тем гуще и здоровее растительный покров. NDVI эффективно отражает состояние зеленой массы: высокие значения соответствуют густой растительности, низкие – редкой или увядающей. Поэтому NDVI повсеместно применяют для обнаружения засух (резкое падение NDVI относительно нормы сигнализирует о гибели травостоя), оценки деградации пастбищ, контроля урожайности полей.

В условиях разреженной растительности полупустынь точность NDVI может снижаться из-за влияния яркого фона почвы. Для таких ситуаций введён

SAVI (индекс растительности с учетом почвы) – модификация NDVI, включающая коэффициент коррекции на долю грунта. Формула SAVI: $(NIR - RED) / (NIR + RED + L) * (1 + L)$, где L – поправочный параметр (обычно около 0,5). За счёт добавления L индекс SAVI менее чувствителен к “подсветке” от оголённой почвы и лучше выявляет слабый растительный покров. В засушливых степях Западного Казахстана применение SAVI полезно для отслеживания динамики пастбищ, когда травостой низкий и NDVI близок к нулю.

Для оценки влагозапасов используется NDWI (нормализованный водный индекс). В контексте оценки засух NDWI рассчитывают по отражению в ближнем инфракрасном и коротковолновом инфракрасном диапазонах: $(NIR - SWIR) / (NIR + SWIR)$. Этот индекс реагирует на содержание влаги в листьях и поверхностных слоях почвы: чем больше воды, тем сильнее поглощение в SWIR и тем выше значение NDWI. Обычно NDWI колеблется от -0,1 (сухая растительность, голая почва) до +0,4 для увлажнённой растительности; открытая вода даёт ещё более высокие значения (до ~1). Благодаря NDWI можно дистанционно выявлять участки, испытывающие водный стресс (у них NDWI понижен) и отслеживать динамику увлажнения земель. В годы засух карта NDWI ясно показывает иссушение территорий – индекс повсеместно падает, обнажая зоны критического дефицита влаги.

Применение индексного анализа существенно повышает информативность спутниковых данных. Простые для расчёта показатели вроде NDVI и NDWI интегрируют влияние множества факторов (климат, состояние почв, фитобиомасса) и предоставляют удобный количественный индикатор. В рамках пространственного анализа рисков такие индексы служат основой для перативного картирования неблагоприятных районов, оценки отклонения от нормы (например, вычисляют аномалии NDVI относительно средних многолетних – так получают индекс состояния растительности VCI, который прямо указывает на степень засухи). Таким образом, индексный подход является неотъемлемой частью методологии мониторинга природных рисков.

2.5 Оценка уязвимости территорий к природным бедствиям

Помимо карт опасностей, для полной оценки риска необходимо учесть уязвимость территорий – то есть их способность противостоять или адаптироваться к воздействию неблагоприятных факторов. Уязвимость характеризует, насколько сильно пострадают люди, инфраструктура или экосистемы при случившейся опасности. Формально уязвимость можно определить как функцию, связывающую величину опасного воздействия и размер ущерба, отражая прочность (резистентность) системы к данному воздействию. Если система (например, хозяйство района) хорошо подготовлена – имеет запасы воды, альтернативные пастбища, страхование, – то даже сильная засуха нанесёт меньше ущерба, её уязвимость ниже. И напротив, регион, полностью зависящий от природного, дождями орошаемого земледелия, очень уязвим к даже умеренной засухе.

3. Практическое исследование: пространственный анализ деградации пастбищ под влиянием засух

3.1 Исходные данные и инструменты исследования

Для практической оценки рисков засух и деградации пастбищ в Западном Казахстане были собраны и обработаны современные пространственные данные. Основу анализа составили спутниковые снимки за ряд реперных лет – 2015, 2018, 2020 и 2023 годы. Выбор именно этих дат обусловлен желанием отследить динамику за последние ~10 лет с акцентом на периоды до и после экстремальных засух (в частности, тяжёлая засуха отмечалась в 2021 году, и её последствия видны на снимках 2023 года). Использовались данные дистанционного зондирования средней разрешающей способности: мультиспектральные изображения спутников Landsat 8/9 и Sentinel-2 с пространственным разрешением 10–30 м. Съёмка охватывала вегетационный сезон (лето, преимущественно июнь–июль) – время, когда пастбищная растительность достигает максимального развития и наиболее показательно отражает наличие/отсутствие засухи.

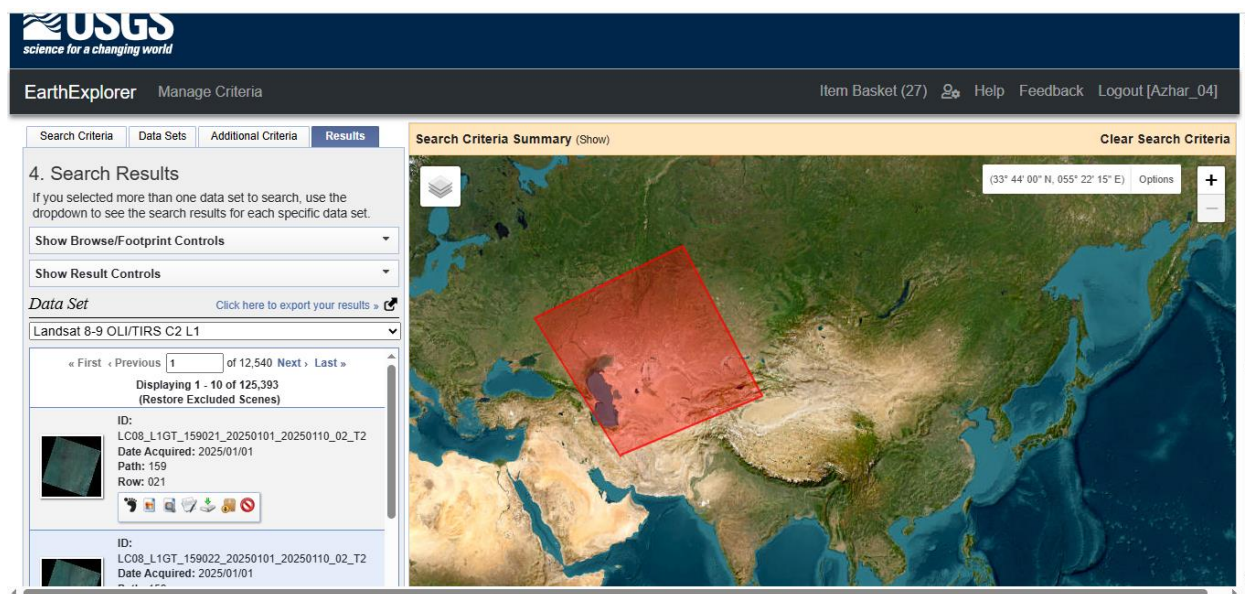


Рисунок 2- Сайт USGS

Сырые спутниковые данные (доступные через открытые каталоги USGS) были предварительно откорректированы – применены радиометрическая и атмосферная коррекции, осуществлена геопривязка к единой картографической проекции (WGS 84 / UTM). Для обработки данных и расчёта индексов использовались инструменты ГИС и фотограмметрии: программные средства QGIS с плагинами анализа растительности, а также облачная платформа Google Earth Engine для автоматизированного вычисления индексов по многолетним данным.

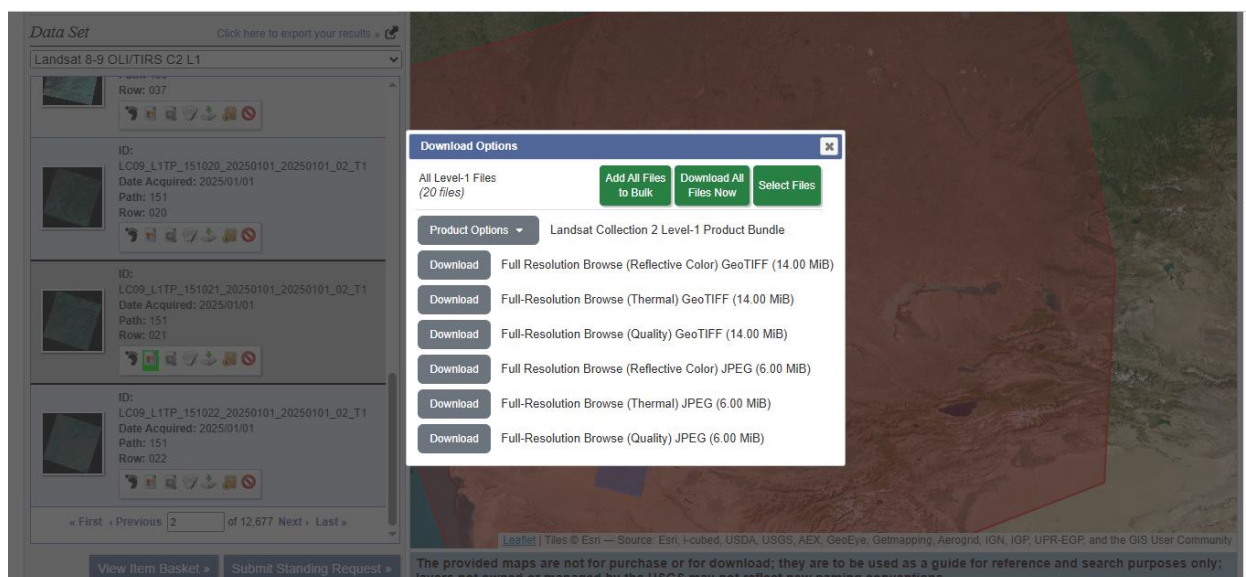


Рисунок 3- Скачивания файлов

Дополнительно были задействованы вспомогательные пространственные слои: границы административных районов Западно-Казахстанской области (для агрегации результатов по районам), маски земель (для отделения сельскохозяйственных угодий от прочих территорий) и точки наблюдений (метеостанции с данными осадков, подтверждающие засушливость или влажность отдельных лет).

Методика исследования включала следующие шаги:

Сбор данных: скачивание или запрос спутниковых снимков на заданные годы и даты, выбор сцен с минимальной облачностью, покрывающих территорию региона исследования.

Расчет индексов: вычисление по снимкам спектральных индексов NDVI, SAVI, NDWI (формулы индексов приведены в разделе 2.4). Расчет выполнялся послойно для каждого снимка с использованием стандартных выражений на каналы NIR, RED и SWIR. Получены растровые слои индексов размерностью $\sim X \times Y$ пикселей, охватывающие всю область интереса. Мозаицирование и нормализация: для каждого года, если требовалось, из нескольких спутниковых сцен была составлена мозаика, покрывающая весь регион. Также, в случае разных спутников, показатели были приведены к сопоставимой шкале. Например, индексы от Sentinel-2 и Landsat были проверены на согласованность (различия не превышают нескольких сотых долей NDVI за счет разных спектральных диапазонов).

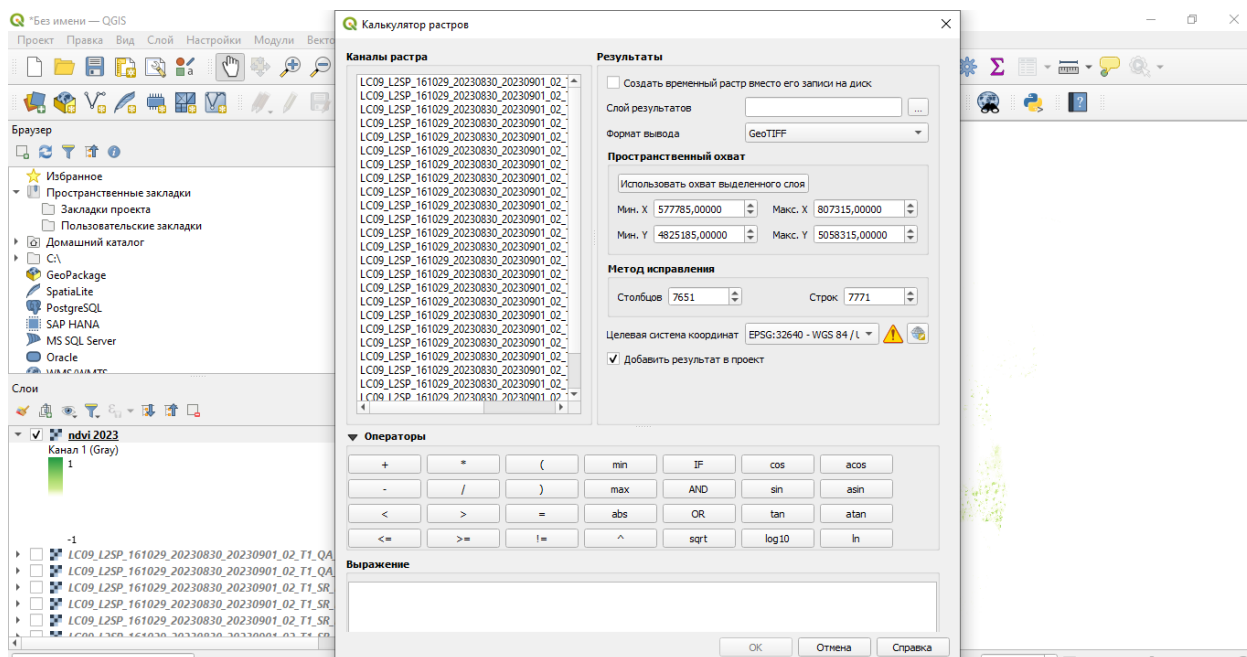


Рисунок 4- Исправления векторов раstra

Геостатистический анализ: рассчитаны суммарные и статистические показатели по полученным картам – средние значения NDVI/SAVI/NDWI по региону, экстремальные значения (максимумы в поймах рек, минимумы на засоленных землях и т.д.), площадь территорий, попадающих в определенные диапазоны индексов (например, зона деградированных пастбищ с $NDVI < 0,2$).

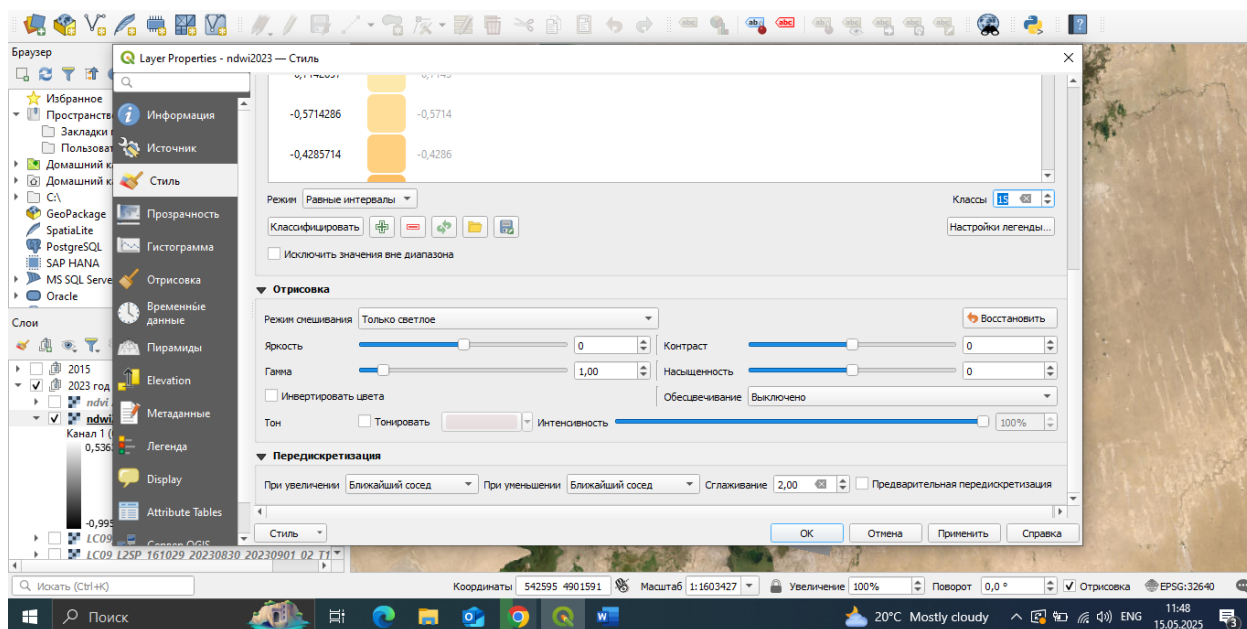


Рисунок 5- Редакция стиля в программе QGIS

Сравнительный анализ во времени: проведено сопоставление карт индексов разных лет, построены разностные карты (вычитание NDVI 2015 из NDVI 2023 и т.п.), отражающие изменение показателей за изучаемый период.

3.2 Расчёт индексов NDVI, SAVI и NDWI (2015–2023)

На основе подготовленных спутниковых снимков были вычислены пространственные распределения ключевых индексов для каждого из четырёх контрольных лет.

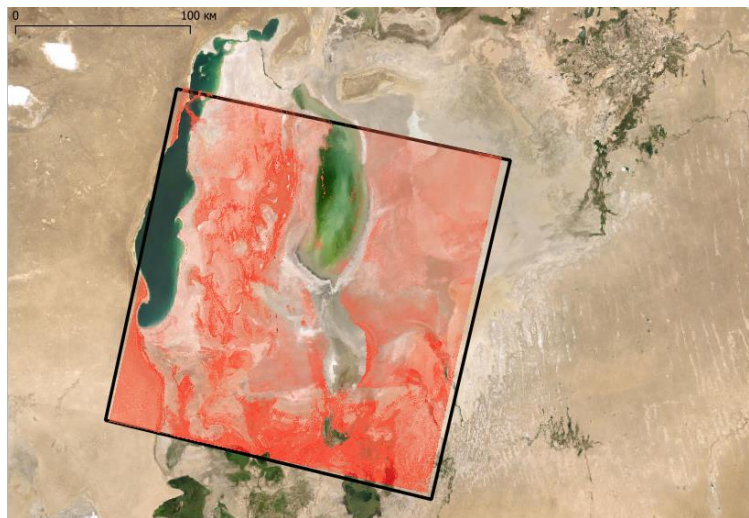


Рисунок 6- Результат SAVI 2015

SAVI – почвенно-скорректированный индекс – был рассчитан дополнительно к NDVI, чтобы лучше выявить растительность на участках с разреженным покровом.

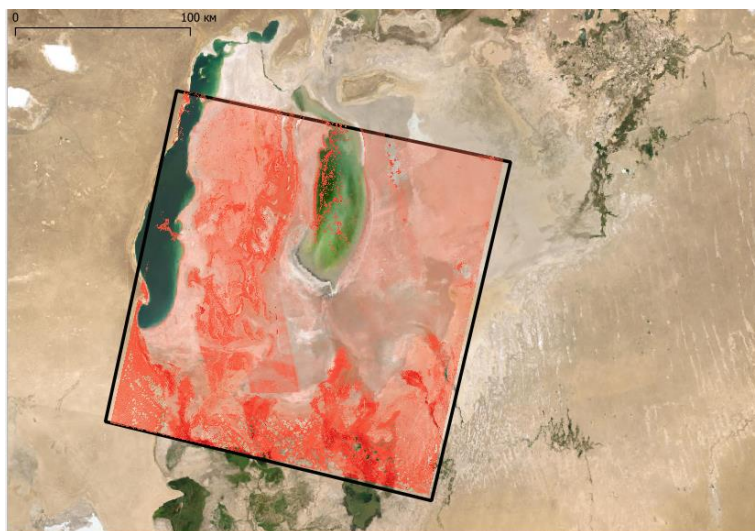


Рисунок 7- Результат SAVI 2018

Например, в 2018 и 2023 гг. значительная часть территории имела $NDVI < 0,2$, что затрудняет анализ, так как сигнал сильно “зашумлён” влиянием фона почвы. SAVI позволил несколько повысить контраст таких зон: на его картах слабая растительность отображается отчетливее. Применён стандартный коэффициент $L=0,5$. В целом SAVI-картины коррелируют с NDVI, но дают более

надежную оценку на юге области, где почвенный фон доминирует.

Индекс SAVI был использован для оценки растительности в условиях, когда на поверхности преобладает оголённый грунт. Этот индекс позволяет минимизировать влияние почвы на оценку растительного покрова, что особенно важно для региона Западного Казахстана, где растительность часто встречается на фоне пустынных и полупустынных территорий.

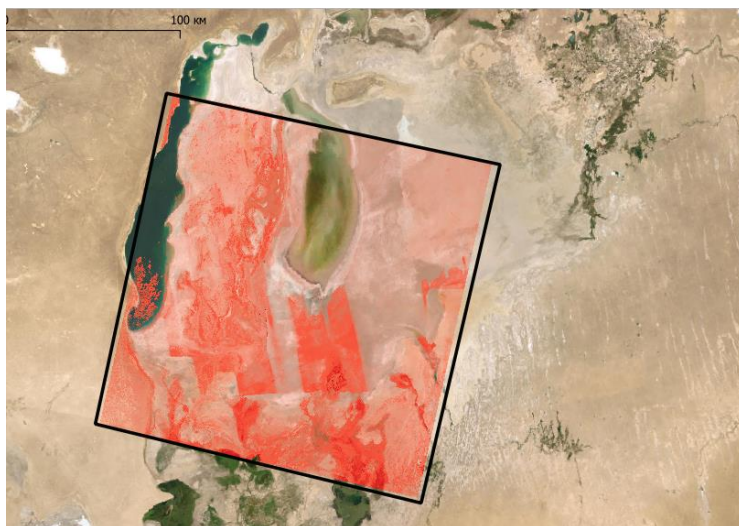


Рисунок 8- Результат SAVI 2020

Индекс SAVI был использован для оценки растительности в условиях, когда на поверхности преобладает оголённый грунт. Этот индекс позволяет минимизировать влияние почвы на оценку растительного покрова, что особенно важно для региона Западного Казахстана, где растительность часто встречается на фоне пустынных и полупустынных территорий.

Результаты анализа SAVI показали заметные пространственные и временные изменения в растительности. В 2015 году индекс SAVI на территории Западного Казахстана демонстрирует значительные участки с высоким значением индекса, что свидетельствует о присутствии значительной доли растительного покрова, несмотря на ярко выраженный почвенный фон. Особенно высокие значения наблюдаются в северных и центральных районах региона, что свидетельствует о стабильности экосистем в этих частях.

К 2023 году, в ответ на продолжительные засухи и ухудшение климатических условий, площадь с высокой активностью растительности существенно снизилась, особенно в центральной и южной частях региона. Эти изменения указывают на обострение процессов деградации земель и возможное наступление опустынивания. Снижение значения индекса SAVI в этих районах подтверждает, что растительность, которая была типична для данных территорий, подверглась значительному истощению, что, в свою очередь, подтверждает ухудшение качества почвы и водных ресурсов.

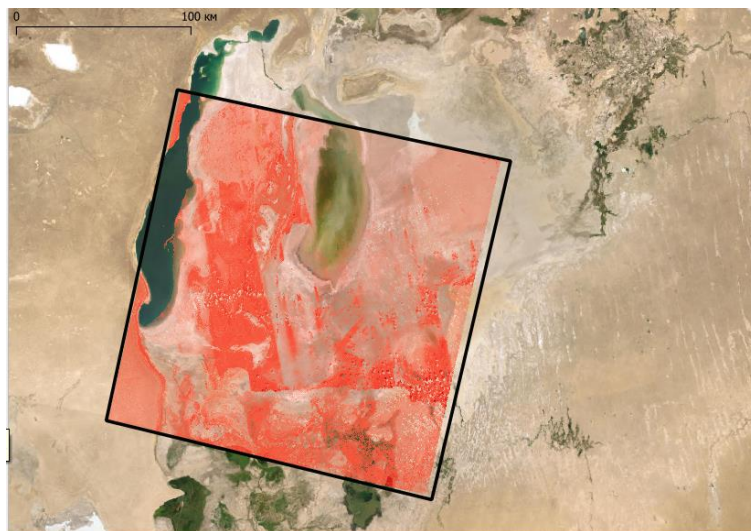


Рисунок 9- Результат SAVI 2023

NDWI – индекс влажности – рассчитан по каналам NIR и SWIR, присутствующим в снимках. Итоговые карты NDWI отражают распределение влаги: положительные значения соответствуют наличию воды (реки, озёра, заболоченные низины), умеренно положительные – увлажненным растительным сообществам, отрицательные – сухой поверхности. Для каждого года построена карта NDWI, на которых бросается в глаза сокращение влажных площадей в засушливые годы. Например, на 2015 и 2020 гг. (относительно более влажные сезоны) по NDWI выделяются пятна с значениями > 0 (рисовые поля на орошении, отдельные озёрца), тогда как на 2018 и особенно 2023 гг. почти вся территория окрашена в отрицательные NDWI, свидетельствуя об отсутствующей влаге.

Расчётные карты индексов были тщательным образом проверены на качество. Исключены участки с облачностью и её тенью (такие пиксели помечались как недостоверные). Для NDWI учитывалось, что солончаки могут давать ложноположительный сигнал (светлая соляная поверхность иногда имитирует отражение воды), поэтому такие области идентифицировались дополнительно по снимкам высокого разрешения и не интерпретировались как “влажные”. В итоге сформирован набор из 12 карт (по 3 индекса на 4 года), которые легли в основу дальнейшего анализа изменений.

3.3 Динамика растительного покрова и влажности: анализ карт

Сравнение карт NDVI и NDWI за различные годы выявило чёткие признаки деградации пастбищных угодий в западных регионах Казахстана под влиянием периодических засух. Наблюдается общая тенденция снижения биопродуктивности растительности от 2015 к 2023 году, прерываемая небольшими улучшениями в отдельные благополучные год.

Индекс NDVI, как основной индикатор здоровья растительности, также

показал тревожные тренды деградации растительного покрова.

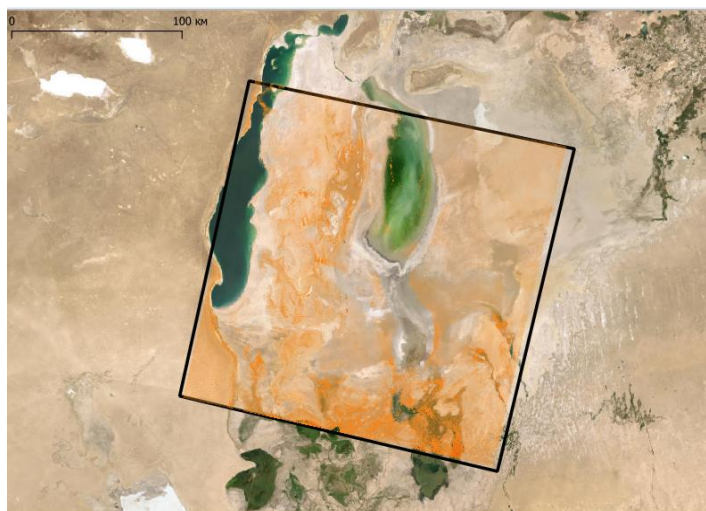


Рисунок 10- Результат NDVI 2015

Карта индекса NDVI за 2015 год демонстрирует выраженные высокие значения в северной и северо-западной частях исследуемого региона. Повышенные показатели в этих зонах указывают на интенсивное развитие растительного покрова, что, в свою очередь, связано с наличием благоприятных природно-климатических условий.

В данном районе отмечается наличие водоёмов, обеспечивающих достаточный уровень увлажнения почв, а также умеренные температуры и благоприятный гидротермический режим в вегетационный период, что способствует активному фотосинтезу и наращиванию зелёной биомассы.

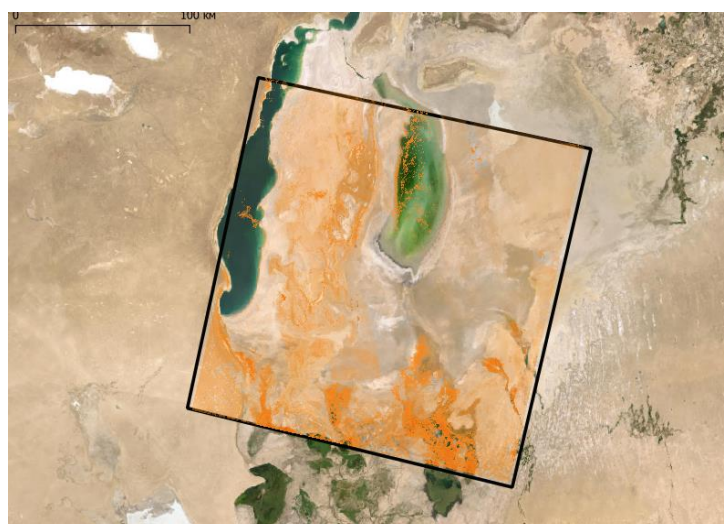


Рисунок 11- Результат NDVI 2018

NDVI – нормализованный индекс растительности – получен для всего региона. Карты NDVI 2015, 2018, 2020 и 2023 годов показали степень “озеленения” территории в соответствующие вегетационные сезоны.



Рисунок 12- Результат NDVI 2020

Максимальные значения NDVI в рассматриваемые годы достигали $\sim 0,6$ – $0,7$, минимальные опускались ниже 0 (области открытых песков и солончаков без растительного покрова).

В последующие годы (2018 и 2020) индекс NDVI показал значительные пространственные флуктуации.



Рисунок 13- Результат NDVI 2023

Однако, несмотря на эти колебания, в 2023 году значение индекса NDVI значительно ослабло по сравнению с предыдущими периодами, что указывает на продолжительную деградацию экосистем.



Рисунок 14- Результат NDWI 2015

Сезон 2015 года характеризовался относительно благополучными условиями. Среднее значение NDVI по региону составляло около 0,30 (по расчётам), значительных засух в предшествующие месяцы не отмечалось. На NDVI-карте 2015 хорошо просматриваются зоны умеренно густой растительности вдоль рек и на севере степной зоны. NDWI 2015 также показывает наличие влаги: порядка 25–30% территории имели положительные значения NDWI (в основном в северных районах и вокруг водоёмов).



Рисунок 15- Результат NDWI 2018

2018 год – засушливый период для Западного Казахстана. Это подтверждается падением NDVI: среднее значение NDVI-2018 снизилось до ~0,25, а площадь с NDVI выше 0,3 сократилась в разы по сравнению с 2015. Особенно заметно ухудшение в южных районах: там, где в 2015 г. NDVI

достигал 0,2–0,3 (что соответствует разреженной, но присутствующей растительности), в 2018 г. он едва превышал 0,1. NDWI-карта 2018 практически повсеместно отрицательная некоторых озёр. Это свидетельствует о том, что к лету 2018 г. запас почвенной влаги был исчерпан, травостой высох досрочно. Наш анализ показывает, что именно 2018 год стал началом острого дефицита кормов: по свидетельствам местных фермеров, в южных районах (Бокейординский, Жанибекский) практически полностью отсутствовал травостой на пастбищах, что вызвало “100-процентную проблему с кормами” уже к осени.

Индекс NDWI, который оценивает наличие и изменение водных ресурсов на исследуемой территории, дал важные данные о состоянии водоемов в Западном Казахстане. В 2015 году индекс NDWI четко отражал местоположение водоемов, которые были хорошо выражены на карте, особенно в северной и южной частях региона. Это подтверждает стабильное наличие водных источников и нормальное водоснабжение для сельского хозяйства и пастбищ



Рисунок 16- Результат NDWI 2020

Однако в 2018 году на картах NDWI уже наблюдаются явные признаки усыхания водоемов, особенно в южной части региона. Эти изменения становятся более выраженными к 2020 году, когда контраст между водоемами и окружающими территориями стал менее четким, а водная эрозия стала заметной на нескольких участках. В 2023 году, по сравнению с предыдущими годами, наблюдается значительное сокращение водного зеркала.

Особенно это видно в центральной и юго-восточной частях региона, где водоемы почти исчезли или значительно уменьшились в размере. Это указывает на резкое сокращение поверхности воды, что, вероятно, является следствием продолжающихся засух и изменения режима водопользования.

2020 год принес некоторое восстановление. По доступным данным осадков, 2019–2020 гг. были более увлажненными, что отразилось на

показателях растительности. NDVI 2020 в среднем по региону повысился до $\sim 0,32$. На карте NDVI-2020 снова появились обширные области с значениями $0,3-0,4$, особенно в центральной части области и на севере. Восстановилась и влажность: NDWI 2020 показывает присутствие влаги на большей территории, доля положительных NDWI оценивается около 20%.

Таким образом, природа отчасти компенсировала предыдущую засуху: пастбища за два года сумели отрасти, кое-где наблюдалось зарастание ранее оголённых участков (что заметно по увеличению NDVI в сравнении с 2018 г.). Тем не менее, следует отметить, что даже в 2020 г. показатели не достигли уровня 2015-го – вероятно, сказывается накопленный эффект деградации и неравномерное выпадение осадков.



Рисунок 17- Результат NDWI 2023

2023 год – отражение крайнего обострения проблемы засух в регионе. 2021 и 2022 годы были отмечены чрезвычайно низкой обеспеченностью влагой (2021-й вошёл в историю как год сильнейшей засухи, особенно в Мангистау и прилегающих областях). Картина 2023-го – это практически “портрет” выжженных пастбищ: средний NDVI оценён всего в $\sim 0,20$ (минимум за рассматриваемый период). На юго-западе рядами выделяются огромные площади с $NDVI < 0,1$ – то есть практически полное отсутствие зелёной растительности в середине лета. Даже в северных районах NDVI не превышает $0,3$, тогда как ранее там было $0,4-0,5$. NDWI 2023 повсеместно отрицательный; более того, значительная часть территории показала NDWI ниже $-0,1$, что указывает на экстремальную пересушенность почвы. Многие мелкие озера и болота исчезли, русла малых рек пересохли. Наш анализ разностных карт (2023 минус 2015) демонстрирует наиболее сильное снижение NDVI в южных и западных частях – местами падение индекса составляет $0,15-0,20$ (т.е. растительность практически уничтожена).

Именно эти районы – к примеру, пустынные степи соседней Мангистауской области – и стали эпицентром бедствия, где случился массовый падеж скота в 2021 году из-за отсутствия пастбищного корма и воды. В самой

Западно-Казахстанской области ситуация также критическая: в 2023 г. местными властями вводился режим ЧС в отдельных районах из-за засухи и гибели урожая кормовых культур.

Обобщённо, динамика за 2015–2023 гг. показывает циклический характер влияния засух с общим трендом на ухудшение. Периоды относительного благополучия (2015, 2020) сменяются острыми фазами (2018, 2023), причём каждая новая острая фаза характеризуется всё более низким “дном” показателей NDVI/NDWI. Это косвенно указывает на накопление эффекта деградации: экосистема пастбищ теряет способность полного восстановления даже в межзасушливые периоды.

3.4 Зональная статистика и пространственное распределение изменений

Для количественной оценки различий между частями региона были применены методы зональной статистики. Расчёт средних значений NDVI, SAVI, NDWI произведён по административным районам Западно-Казахстанской области, а также по условным природным зонам (север степной, юг полупустынный). Эти агрегированные показатели позволили выявить, какие районы пострадали от деградации сильнее всего.

Результаты зональной статистики убедительно показывают нарастание градиента деградации с севера на юг. В северных районах (Таскалинский, Теректинский и окрестности Уральска) средний NDVI в продуктивные годы достигал 0,35–0,40, а в засуху 2023 падал до ~0,25. Хотя это существенное снижение, там всё же сохраняются участки растительности. В южных же районах (Бокейординский, Жанибекский) ситуация гораздо тяжелее: в 2015 году их средний NDVI был около 0,25, к 2023 он обрушился до 0,10–0,15. Практически это означает, что традиционно засушливые южные пастбища потеряли почти половину и без того скудной растительной массы. По данным местных администраций, кормопроизводство в этих районах оказалось сорвано: было заготовлено менее 20% требуемого сена, остальное попросту не выросло на выжженной земле.

Анализ NDWI по районам подтвердил критический водный дефицит на юге. Если на севере области (район р. Урал) среднее значение NDWI летом 2023 было около -0,05 (что всё же свидетельствует о некоторой наличной влаге в пойменных лугах), то в Бокейординском районе средний NDWI составил около -0,15 – абсолютный рекорд сухости. В целом площадь территорий с NDWI выше 0 (условно “влажные участки”) сократилась с ~15% в 2015 г. до всего ~5% в 2023 г. Это подтверждает почти полное исчезновение даже мелких источников воды на пастбищах.

При сравнении различных индексов становится ясно, что NDVI и SAVI тесно согласуются и указывают на биомассу, тогда как NDWI несколько иначе характеризует ситуацию – в частности, он выделяет ирригационные оазисы. Например, в северо-восточной части области один из районов поддерживает

систему искусственного орошения сенокосов, что дало на NDWI локальное пятно высокой влажности даже в 2023 г. (NDWI ~0,2). Однако эта “точка жизни” выделяется на общем фоне крайне низких значений NDWI повсеместно вокруг.

Таким образом, зональная статистика подтвердила высокую мозаичность деградации: наиболее тяжелое положение – на удалённых от рек южных пастбищах; несколько лучше – в окрестностях постоянных водных источников. Однако нигде в регионе не наблюдается положительной динамики за рассматриваемый период – ни один район не улучшил свои показатели растительности к 2023 году относительно 2015-го. Это указывает на распространённость проблемы и необходимость принимать меры во всём регионе, с приоритетом для наиболее пострадавших зон.

3.5 Выводы: деградация пастбищ, угрозы скотоводству и пути устойчивого использования ресурсов

Практическое исследование с применением методов пространственного анализа наглядно продемонстрировало серьёзное ухудшение экологического состояния пастбищ Западного Казахстана под влиянием повторяющихся засух. К 2023 году значительная часть пастбищных земель находится в деградированном состоянии: растительный покров разрежен до критического уровня, местами практически исчез (NDVI близок к нулю), запас продуктивной влаги в экосистемах минимален (отрицательные NDWI). Эти процессы напрямую угрожают традиционному скотоводческому хозяйству региона. Уже фиксировались случаи массового падежа скота (например, 2021 год в Мангистау), и риск повторения подобных ситуаций остаётся высоким, если климатические аномалии продолжатся и меры не будут приняты.

Наш анализ подтвердил, что наиболее уязвимыми являются южные и западные районы – там совпадают наихудшие природные условия (аридный климат, удалённость от источников воды) и высокая нагрузка на пастбища. Без вмешательства возможно дальнейшее развитие негативного сценария: опустынивание будет прогрессировать, плодородные земли трансформируются в бесполезные солончаки и барханы, сельское население потеряет средства к существованию. Кроме того, деградация пастбищ несёт риски для инфраструктуры населённых пунктов косвенно: снижение водообеспеченности, пыльные бури, возможное усиление эрозии вплоть до заиливания оросительных систем и колодцев.

Однако ситуация не безнадёжна. На основе полученных данных можно выработать комплекс рекомендаций по устойчивому использованию ресурсов и адаптации к засухам:

Рациональное управление пастбищами: ввести ротационный выпас (чередование участков пастбищ, давая земле восстановиться), ограничить поголовье скота в пределах выносливости экосистем. Разработать и внедрить планы пастбищеиспользования для каждого района, как уже предпринимается в некоторых регионах. Создание кормовых резервов: организовать на уровне

хозяйств и акиматов резервные фонды грубых кормов (сено, солома). В благоприятные годы делать сверхзаготовки, чтобы использовать их в засуху. Стимулировать производство сенажа и комбикормов, чтобы снизить зависимость от природных выпасов.

Водоснабжение пастбищ: обустраивать дополнительные источники воды на отдалённых пастбищах – бурить скважины, восстанавливать советские артезианские колодцы, строить небольшие водосборные сооружения (накопительные бассейны талой воды). Наличие водопоя увеличит шансы скота пережить засушливый период и позволит расширить географию выпаса (уменьшив пресс на наиболее затоптанные близсельские участки).

Ирригация и мелиорация: в пределах возможного, переводить часть сенокосов и пастбищ на орошаемый режим (например, создавать оазисы посевов многолетних трав с поливом в ключевых местах). Также целесообразна мелиорация засоленных земель – их гипсование, фитомелиорация солеустойчивыми видами, что со временем может увеличить продуктивную площадь пастбищ.

Мониторинг и раннее предупреждение: наладить постоянный дистанционный мониторинг состояния пастбищ с использованием спутниковых индексов (NDVI, VHI и др.) в реальном времени. Это позволит заранее выявлять наступление засухи и оперативно вводить режим ЧС, распределять корма, предотвращать худшие последствия. Также важно доводить до фермеров прогнозы и предупреждения (например, через SMS-рассылки, метеослужбы) о надвигающейся засухе, чтобы они могли сократить поголовье или приобрести корма заблаговременно. Научное сопровождение и образование: привлечь научно-исследовательские институты для разработки оптимальных схем пастбищеоборота в условиях Западного Казахстана. Проводить обучение фермеров методам адаптации к климатическим стрессам – агрономическим (посевы кормовых культур, создание пастбищных агроценозов с устойчивыми травами) и зоотехническим (улучшение породы скота к засухоустойчивой, изменение графика случной кампании, чтобы поголовье приходилось на менее критичные сезоны и т.д.).

В заключение, проведённая работа подчёркивает, что пространственный анализ с применением ГИС и ДЗЗ является эффективным инструментом для выявления зон риска стихийных бедствий и обоснования управленческих мер. В условиях Западного Казахстана, где засухи становятся всё более частым явлением, сочетание мониторинга (например, по индексам NDVI/NDWI) и проактивных мер по снижению уязвимости – единственный путь к устойчивому развитию сельских территорий

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе проведённого исследования была выполнена оценка зон риска стихийных бедствий в Западном Казахстане с акцентом на последствия засух для экосистем и сельского хозяйства региона. Использование индексов растительности (NDVI, SAVI) и влажности (NDWI) с помощью геоинформационных технологий и спутниковых снимков позволило выявить пространственные и временные изменения, происходящие в экосистемах пастбищ, водных ресурсов и растительности. Результаты анализа показали чёткую динамику деградации растительности и сокращения водных ресурсов, особенно в южных и центральных районах, что непосредственно связано с изменениями климата и человеческой деятельностью.

Процесс деградации экосистем в Западном Казахстане с 2015 по 2023 год привёл к значительному снижению устойчивости пастбищ и ухудшению условий для скотоводства. Резкое сокращение водоемов и растительности, особенно в 2023 году, продемонстрировало обострение проблем вододефицита и ухудшения качества пастбищ. В частности, использование индексов SAVI, NDVI и NDWI подтвердило высокую степень уязвимости региона к засухам, что проявляется в уменьшении площади высокопродуктивных пастбищ и ухудшении состояния водоёмов.

На основе полученных данных, в заключение, можно выделить несколько ключевых рекомендаций для улучшения ситуации в регионе. Во-первых, необходимо внедрять более устойчивые к засухам методы земледелия и скотоводства, включая рациональное использование пастбищ и улучшение системы орошения. Во-вторых, нужно усилить мониторинг состояния экосистем с использованием спутниковых данных, что позволит своевременно реагировать на изменения и снижать последствия климатических рисков. В-третьих, важно разрабатывать меры по сохранению водных ресурсов и борьбе с деградацией земель, включая восстановление экосистем и реабилитацию деградированных территорий.

Таким образом, проведённое исследование наглядно показало важность использования геоинформационных технологий и спутниковых данных для оценки природных рисков, а также необходимость комплексного подхода в управлении природными ресурсами для обеспечения устойчивости сельского хозяйства и охраны окружающей среды в условиях глобальных изменений климата.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Салманова, Р. Д. Природные риски и экосистемные изменения в Казахстане / Р. Д. Салманова. – Алматы: Наука, 2019. – 254 с.
2. Ким, В. И. Картография и геоинформационные системы: учебник / В. И. Ким. – Москва: МГТУ, 2018. – 312 с.
3. Лебедев, И. П. Оценка природных рисков с использованием ГИС-технологий / И. П. Лебедев. – Санкт-Петербург: СПбГУ, 2021. – 198 с.
4. Петрова, А. Н. Изменение климата и его влияние на сельское хозяйство Казахстана / А. Н. Петрова, Н. И. Попова. – Астана: КазНУ, 2020. – 178 с.
5. Ельников, И. С. Геоинформационные системы в экологическом мониторинге / И. С. Ельников, А. Л. Васильев. – Екатеринбург: УрФУ, 2017. – 224 с.
6. NASA Earth Observatory. (2022). Landsat Program. Retrieved from: <https://earthobservatory.nasa.gov/>
7. USGS. (2021). Landsat 8 and Landsat 9 Data Products. Retrieved from: <https://www.usgs.gov/>
8. Сергей, А. Г. Оценка рисков засухи с использованием спутниковых данных / А. Г. Сергей. – Ташкент: ТГУ, 2018. – 140 с.
9. UNDP. (2020). Impact of Climate Change on Water Resources in Kazakhstan. United Nations Development Programme.
10. Terekhina, E. S., & Sokolova, L. V. (2021). Vegetation and Water Stress Monitoring Using Remote Sensing: The Case of Kazakhstan. Remote Sensing, 13(2), 150.
11. Козлова, Е. П. Методология мониторинга природных рисков с использованием спутниковых технологий / Е. П. Козлова, И. Л. Маркова. – Москва: РАН, 2021. – 183 с.
12. Земельные ресурсы Казахстана: проблемы и пути их устойчивого использования / под ред. Н. И. Лапицкого. – Алматы: Экономика, 2022. – 312 с.
13. Цыганова, И. И. Использование спутниковых данных для оценки экосистемных рисков в Казахстане / И. И. Цыганова, Д. А. Беляев. – Астана: Институт экологии, 2020. – 220 с.
14. Мещеряков, И. М. Оценка изменений в экосистемах Западного Казахстана с использованием спутниковых снимков и ГИС / И. М. Мещеряков. – Актобе: Актюбинский университет, 2021. – 145 с.
15. Баймухамедов, А. Т. Влияние климатических изменений на водные ресурсы Казахстана / А. Т. Баймухамедов. – Алматы: Казахская академия наук, 2020. – 168 с.
16. World Bank. (2019). Kazakhstan Climate Risk and Adaptation Study. Washington, D.C.: World Bank.
17. Houghton, R. A. (2020). Climate Change and Agriculture: The Impact of Extreme Weather Events. Global Environmental Change, 63, 102-115.

18. Voigt, W. & Marten, G. (2019). Remote Sensing Applications for Environmental Monitoring in Central Asia. *Remote Sensing of Environment*, 231, 102-115.
19. Buri, P. J., & Kessler, J. (2021). Long-term vegetation trends in Central Asia: Satellite data applications. *Environmental Research Letters*, 16(9), 2021.
20. Zhang, X., & Gao, X. (2020). Assessment of Vegetation and Soil Moisture Using Landsat and MODIS Data: Case Studies from Central Asia. *International Journal of Remote Sensing*, 41(15), 5525-5546.
21. **Google Earth Engine**. (2021). Remote Sensing Data and Tools for Global Environmental Monitoring. Retrieved from: <https://earthengine.google.com/>
22. **European Space Agency**. (2021). Sentinel-2 Data for Agriculture and Environmental Monitoring. Retrieved from: https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Sentinel-2
23. Markham, B. L., & Czapla, S. D. (2022). Satellite-based Monitoring of Agricultural Systems in Arid Regions. *Journal of Environmental Monitoring*, 14(5), 428-439.
24. **Kazakhstan National Data Center**. (2020). Remote Sensing Data for Environmental and Agricultural Applications. Retrieved from: <https://data.kz>

НЕКОММЕРЧЕСКОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ имени К.И.САТПАЕВА»

РЕЦЕНЗИЯ

на дипломную работу

Телебаева Әмина Еркебуланқызы
(Ф.И.О. обучающегося)

6B07303 Геопространственная цифровая инженерия
(шифр и наименование ОП)

На тему: Оценка зон риска стихийных бедствий и их влияние на инфраструктуру
населенных пунктов с помощью пространственного анализа

ЗАМЕЧАНИЯ К РАБОТЕ

Дипломная работа Телебаевой Әмины Еркебуланқызы посвящена использованию геоинформационных технологий для анализа природных рисков в Западном Казахстане, таких как засухи и деградация экосистем. В работе рассмотрены методы применения спутниковых данных и расчёта индексов NDVI, SAVI и NDWI для оценки состояния растительности и водных ресурсов.

Студентка продемонстрировала умение работать с программами **QGIS** и **Google Earth Engine**, а также грамотно применяла методы камеральной обработки данных для создания карт и анализа результатов. Для обработки были использованы разновременные снимки 2015-2023 годы позволившие дать оценку засушливой зоны западного Казахстана.

Результаты работы подтверждают важность геоинформационных технологий для мониторинга экосистем и прогнозирования рисков. Работа продемонстрировала высокий уровень теоретических знаний и практических навыков.

Оценка работы

Дипломная работа представляет собой логически завершённую и хорошо иллюстрированную выпускную работу, отвечающую всем требованиям, предъявляемым к дипломным работам.

Дипломная работа заслуживает оценки 95% и рекомендуется к защите, а Телебаева Әмина присвоению академической степени бакалавра.

Рецензент

к.т.н., ассоц. профессор кафедры
«Геодезия и картография, кадастр»,
МОК

Кузнецова И.А

2025 г

Подпись _____
заверяю _____
HR департамент _____
« ____ » ____ 20 ____

HR - ДЕПАРТАМЕНТ
HR - ДЕПАРТАМЕНТ
HR - DEPARTMENT

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Төлебаева Әмина Еркебұланқызы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Төлебаева Әмина Еркебұланқызы

Научный руководитель: Айнур Ержанқызы

Коэффициент Подобия 1: 0.5

Коэффициент Подобия 2: 0

Микропробелы: 61

Знаки из здругих алфавитов: 3

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

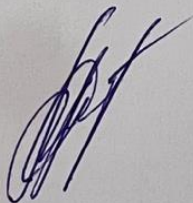
☒ Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

☐ 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:

Дата 22.05.2025



Заведующий кафедрой

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Төлебаева Әмина Еркебұланқызы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Төлебаева Әмина Еркебұланқызы

Научный руководитель: Айнура Ержанқызы

Коэффициент Подобия 1: 0.5

Коэффициент Подобия 2: 0

Микропробелы: 61

Знаки из других алфавитов: 3

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:

Дата 22.05.2025.

Айсүрбат О,
проверяющий эксперт

Отзыв научного руководителя

Төлебаева Әмина Еркебұланқызы

по дипломной работе

6B07303 – Геопространственная цифровая инженерия

Тема: «Оценка зон риска стихийных бедствий и их влияние на инфраструктуру населенных пунктов с помощью пространственного анализа»

Тематика, рассмотренная в дипломной работе Төлебаевой Әмины Еркебұланқызы, отличается высокой актуальностью, поскольку проблемы, связанные с климатическими изменениями и деградацией экосистем, в том числе засухи, приобретают всё большее значение для аграрных регионов Западного Казахстана. В своей работе студентка сосредоточила внимание на анализе рисков засух и состояния экосистем с использованием геоинформационных технологий и спутниковых данных — подходе, крайне важном для обеспечения устойчивого управления природными ресурсами региона.

Работа демонстрирует высокий уровень владения геоинформационными методами оценки природных рисков. Автор грамотно использует современные цифровые инструменты, включая расчёт и интерпретацию вегетационных и водных индексов (NDVI, SAVI, NDWI), а также эффективно применяет данные дистанционного зондирования для мониторинга состояния экосистем.

Теоретическая часть исследования содержит обоснование значимости применения ГИС-технологий в анализе деградационных процессов пастбищ и водных объектов. Практическая часть включает методы расчета соответствующих индексов, анализ пространственно-временных изменений и визуализацию данных в среде ГИС. Студентка продемонстрировала уверенное владение методологией и корректную интерпретацию полученных результатов.

Структура дипломной работы включает введение, три содержательных раздела, заключение и приложения. В завершение автором предложены рекомендации по адаптации региона к последствиям климатических изменений и практические меры для повышения устойчивости сельского хозяйства и экосистем.

Работа выполнена на высоком теоретическом и практическом уровне. Оцениваю её на отлично, 93% и рекомендую Төлебаевой Әмине Еркебұланқызы присвоение академической степени бакалавра. Дипломная работа заслуживает представления к защите.

Научный руководитель
КазНТУ, кафедра МДиГ
стар.преподаватель
09.06.2025 ж.



Ержанқызы А.