

**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»

Өтегенов Ақжол Талипбайұлы

Анализ состояния земельных ресурсов на основе данных дистанционного зондирования
Земли

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

6B07304 – 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 О.А. Байконурова
Кафедра «Маркшейдерское дело и геодезия»

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

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой
«Маркшейдерское дело и
геодезия»
к.т.н., асс. профессор
Г. Мейрамбек
2025 г.

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

На тему: «Анализ состояния земельных ресурсов на основе данных дистанционного зондирования Земли»

6B07304 – Геопространственная цифровая инженерия

Выполнил

Өтегенов А.Т.

Рецензент

к.т.н., асс. профессор
КазНУ им. Аль-Фараби

«18» _____ 2025 г.
ТАБИГАТТЫ
ПАЙДАЛАНЫ
ФАКУЛЬТЕТІ



Научный руководитель
м.т.н., ст. преподаватель

«18» _____ 2025 г.
Тиржанова С.Е.

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»
6B07304 – Геопространственная цифровая инженерия

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой
«Маркшейдерское дело и геодезия»,
к.т.н., доцент, профессор
Г. Мейрамбек
«06» 06 2025 г.

ЗАДАНИЕ
на выполнение дипломной работы

Обучающемуся Оттегенов Акжол Татитбайулы

Тема: «Анализ состояния земельных ресурсов на основе данных дистанционного зондирования Земли»

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

Срок сдачи законченной работы «04» июня 2025г.

Исходные данные к дипломной работе: данные космической съемки Landsat 8 за 2015 и 2024 годы, программный продукт QGIS и GEE

Краткое содержание дипломной работы:

- Анализ и описание территории ВКО и программное обеспечение для обработки
- Обработка космических снимков, выявление изменений через и оформление графической части в программе QGIS;
- Получение результатов, применение методики ДЗЗ и предложение по улучшению мониторинга;

Перечень графического материала: представлены 13 слайдов презентации работы

Рекомендуемая основная литература

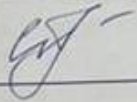
- Google Earth engine Timelapse сервис по интервальный съемке Земли за последние годы
- Абдуллаев, К.Ш., Ашимов, А.А., Бектурганов, М.Р. Природно-ресурсный потенциал Восточно-Казахстанской области. - Алматы: Казак университети, 2021.
- Лупян, Е.А., Бачурин, С.П., Ященко, П.И. Дистанционное зондирование лесов: методы, технологии, применение. - Москва: Наука, 2020.

ГРАФИК
подготовки дипломной работы

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
Сбор данных теоретических данных об объекте исследования	19.05.2025	нет
Обработка и анализ данных о состоянии лесных территории и исследование уничтожение лесов	26.05.2025	нет
Экологические, социально-экономические последствия и предложения по улучшению управления земельными ресурсами	3.06.2025	нет

Подписи

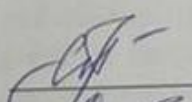
консультантов и нормоконтролера на законченную дипломную работу с указанием относящихся к ним разделов работы

Наименования разделов	Консультанты, И.О.Ф. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Сбор данных теоретических данных об объекте исследования	Тиржанова С.Е. м.т.н., ст. преподаватель	19.05.25	
Обработка и анализ данных о состоянии лесных территории и исследование уничтожение лесов	Тиржанова С.Е. м.т.н., ст. преподаватель	26.05.25	
Экологические, социально-экономические последствия и предложения по улучшению управления земельными ресурсами	Тиржанова С.Е. м.т.н., ст. преподаватель	03.06.25	
Нормоконтролер	Кенесбаева А. PhD, ассоц. профессор	17.06.25	

Научный руководитель

Задание принял к исполнению обучающийся

Дата




Тиржанова С.Е.

Өтегенов А.Т.

«03» февраля 2025 г.

АНДАТПА

Дипломдық жұмыс жер ресурстарының жағдайын зерттеуге, жерді қашықтықтан зондтау технологияларын қолдануға арналған. Тақырыптың өзектілігі деградациялық немесе қалпына келтірілген процестердің жүйелі мониторингін жүргізудің, жер қорын тиімді пайдаланудың және экологиялық тепе-теңдікті сақтаудың қажеттілігімен түсіндіріледі. Жұмыстың барысында 2015 және 2024 жылдары алынған Sentinel-2 және Landsat 8 спутниктік деректерін өңдеу және талдау жүргізілді, жер пайдалану классификациясы, вегетациялық индекстерді (NDVI, NBR және басқа) есептеу және кеңістіктік-уақыттық өзгерістерді модельдеу жүзеге асырылды. Алынған нәтижелер қалпына келтіру аймақтарын және азайған аудандарды анықтауға, сондай-ақ жер пайдаланудағы өзгерістерді бағалауға және тұрақты жер ресурстарын басқару үшін тәсілдер ұсынуға мүмкіндік берді. Қорытындыда ДЗЗ, геоақпараттық жүйелер және қазіргі заманғы аналитикалық әдістерді интеграциялау негізінде мониторингті жақсарту және рационалды жер пайдалану бойынша практикалық ұсыныстар әзірленді.

АННОТАЦИЯ

Дипломная работа посвящена исследованию состояния земельных ресурсов с применением технологий дистанционного зондирования Земли. Актуальность темы обусловлена необходимостью системного мониторинга деградационных или восстановленных процессов, оптимального использования земельного фонда и поддержания экологического равновесия. В ходе работы проведена обработка и анализ многоспектральных спутниковых данных Sentinel-2 и Landsat 8 за 2015 и 2024 годы, осуществлена классификация землепользования, расчёт вегетационных индексов (NDVI, NBR и др.) и моделирование пространственно-временных изменений. Полученные результаты позволили выявить зоны восстановления и уменьшенные площади, а также оценить изменения в землепользовании и предложить подходы для устойчивого управления земельными ресурсами. В заключении разработаны практические рекомендации по улучшению мониторинга и рациональному землепользованию на основе интеграции ДЗЗ, геоинформационных систем и современных аналитических методов.

ANNOTATION

The diplom thesis is dedicated to the study of land resources using Earth remote sensing technologies. The relevance of the topic is due to the need for systematic monitoring of degradation or restored processes, optimal use of land resources, and maintaining ecological balance. The work involves the processing and analysis of multispectral satellite data from Sentinel-2 and Landsat 8 for the years 2015 and 2024, land use classification, calculation of vegetation indices (NDVI, NBR, etc.), and modeling of spatio-temporal changes. The obtained results allowed for the identification of restoration zones and reduced areas, as well as assessing changes in land use and proposing approaches for sustainable land resource management. In conclusion, practical recommendations were developed for improving monitoring and rational land use based on the integration of remote sensing, geographic information systems, and modern analytical methods.

СОДЕРЖАНИЕ

	Введение	7
1	Теоретико-методологические основы анализа земельных ресурсов и дистанционного зондирования	9
1.1	Понятие земельных ресурсов: сущность, значение и классификация	9
1.2	Основные проблемы деградации, трансформации земель и мониторинг земельных ресурсов	10
1.3	Дистанционное зондирование Земли: понятие, принципы, классификация методов	14
1.4	Спутниковые системы, источники данных и их применение	16
1.5	Зарубежный и казахстанский опыт в применении ДЗЗ для управления земельными ресурсами	19
2	Практическая реализация анализа земельных ресурсов Восточно-Казахстанской области на основе ДЗЗ	21
2.1	Физико-географическая характеристика Восточно-Казахстанской области	21
2.2	Сбор, классификация, подготовка исходных данных и программное обеспечение	23
2.3	Методика обработки изображений	26
2.4	Моделирование изменений и выявление измененных участков	28
2.5	Обобщение результатов практического анализа	33
3	Анализ изменений лесных массивов Восточного Казахстана по данным ДЗЗ	35
3.1	Общие итоги практического анализа и интерпретация результатов	35
3.2	Полученные результаты и их интерпретация	36
3.3	Экологические, социально-экономические последствия и предложения по улучшению управления земельными ресурсами	39
	Заключение	42
	Список использованной литературы	43

ВВЕДЕНИЕ

Рациональное использование и охрана земельных ресурсов представляют собой важнейшие направления устойчивого развития современного общества. Земля - это ограниченный и невозобновляемый природный ресурс, который служит основой для сельского хозяйства, строительства, промышленности и природоохранных мероприятий. Качество, структура и устойчивость земель оказывают существенное влияние на экономическое развитие государства, продовольственную безопасность, экологическое равновесие и здоровье населения.

Однако за последние десятилетия в результате интенсивной хозяйственной деятельности, расширения урбанизации, неконтролируемой вырубки лесов, эрозии почв и засух земельный покров многих регионов подвергается значительным изменениям и деградации. Казахстан, обладая обширной территорией и разнообразием ландшафтов - от степей до горных районов, сталкивается с рядом острых проблем, связанных с деградацией земель.

По данным различных исследований, до 60% территории страны подвержено различным формам опустынивания, водной и ветровой эрозии, истощению почвенного покрова. В условиях глобальных климатических изменений и роста нагрузки на землю, возрастает необходимость точного, регулярного и масштабного мониторинга земельного фонда, позволяющего принимать обоснованные управленческие решения и разрабатывать эффективные стратегии землепользования.

В последние десятилетия технологии дистанционного зондирования Земли стали одним из важнейших источников информации о состоянии природных ресурсов. Использование спутниковых данных позволяет объективно, оперативно и с высокой детализацией отслеживать изменения в структуре земного покрова, выявлять зоны деградации, определять плотность и тип растительности, а также анализировать динамику использования земель в различных временных срезах. ДЗЗ также позволяет вести наблюдение за труднодоступными или опасными территориями, снижая затраты на полевые работы и повышая точность оценки.

Применение ДЗЗ становится особенно актуальным в сочетании с геоинформационными системами, которые обеспечивают пространственный анализ, визуализацию и интеграцию данных из различных источников. Комплексный подход, основанный на объединении спутниковой информации, ГИС-аналитики и полевых данных, открывает новые горизонты в управлении земельными ресурсами и формировании экологически обоснованных решений.

Актуальность темы дипломной работы обусловлена необходимостью создания современных, научно обоснованных подходов к оценке состояния земельных ресурсов на основе высокотехнологичных методов наблюдения. В условиях цифровой трансформации экономики и развития зеленой повестки,

обработка и анализ данных ДЗЗ становится неотъемлемой частью управления земельным потенциалом страны.

Цель дипломной работы - провести анализ состояния земельных ресурсов на основе данных дистанционного зондирования Земли и геоинформационных технологий, выявить пространственные и временные изменения землепользования, а также разработать предложения по их рациональному использованию на примере конкретного региона Казахстана. Для достижения цели поставлены следующие задачи:

- 1) Проанализировать научные подходы и теоретические аспекты использования данных дистанционного зондирования для оценки состояния земель;
- 2) Изучить методы обработки спутниковых данных, включая спектральные индексы (NDVI, EVI, SAVI, NBR и др.);
- 3) Определить программные инструменты для анализа (QGIS, ENVI, Google Earth Engine и др.);
- 4) Провести практическое исследование состояния земель на примере Восточно-Казахстанской области;
- 5) Проанализировать результаты: выявить уничтоженные участки, участки восстановления и изменения землепользования;
- 6) Подготовить картографические и аналитические материалы;
- 7) Разработать рекомендации для эффективного мониторинга и устойчивого землепользования.

Объектом исследования выступают земельные ресурсы Республики Казахстан как важнейший элемент природно-ресурсного потенциала страны. Предмет исследования - это динамика изменений земного покрова, выявляемая с помощью спутниковых и картографических данных. Методы исследования включают: анализ научной литературы, сбор и систематизацию спутниковых снимков, геоинформационное моделирование, расчет индексов растительности и изменения, визуализацию данных в картографическом виде, сопоставление с официальной статистикой и кадастровыми материалами.

Практическая значимость исследования состоит в том, что предложенные методы и полученные результаты могут быть применены: в деятельности государственных органов, занимающихся мониторингом земель, в работе кадастровых служб, экологических и аграрных организаций, в научных и образовательных учреждениях, занимающихся вопросами устойчивого землепользования и пространственного анализа.

1 Теоретико-методологические основы анализа земельных ресурсов и дистанционного зондирования

1.1 Понятие земельных ресурсов: сущность, значение и классификация

Земельные ресурсы являются основой функционирования хозяйственных, социальных и экологических систем. Они включают участки земной поверхности, обладающие природными и правовыми характеристиками, которые позволяют использовать их в сельском хозяйстве, строительстве, промышленности, природоохранной деятельности и других сферах. Земля представляет собой уникальный ресурс, который ограничен по площади, не воспроизводим, и требует бережного отношения и рационального использования.

Понятие земельных ресурсов охватывает не только физическую территорию, но и её качественные характеристики. Сельскохозяйственная пригодность, климатические условия, плодородие почвы, наличие растительного покрова и водоёмов - всё это влияет на эффективность использования земель. Их экономическая и экологическая значимость делает анализ и классификацию земельных ресурсов важным этапом в планировании и управлении территорией.

Земельные ресурсы имеют пространственно-территориальный характер. Они определяют размещение населения и объектов инфраструктуры, влияют на уровень продуктивности сельского хозяйства и служат основой природных экосистем. Их состояние отражает уровень устойчивости региона, его способность противостоять климатическим изменениям и демографическим нагрузкам.

В зависимости от целей анализа и направления использования, земельные ресурсы классифицируются по различным признакам.

По целевому назначению: в государственном кадастре земли разделяются на основные категории, такие как земли сельскохозяйственного назначения, земли населённых пунктов, земли промышленности и транспорта, земли лесного фонда, земли водного фонда и земли запаса. Каждая из категорий имеет установленный правовой режим и допустимые формы использования.

По природным и агроэкологическим условиям: земельные ресурсы различаются по качеству почвы, уровню увлажнённости, типу растительности, рельефу и другим природным признакам. Выделяются плодородные и слабоплодородные земли, земли, подверженные эрозии, засолению, заболачиванию и другим видам деградации.

По степени освоенности и хозяйственного использования: существуют освоенные земли, вовлечённые в активную хозяйственную деятельность, такие как пашни, застройки и промышленные территории. Есть также неосвоенные земли, которые по тем или иным причинам не используются. Сюда могут

относиться пустоши, территории с ограниченным доступом, деградированные участки или земли с охранным статусом.

По правовому статусу: земли могут находиться в государственной или частной собственности, а также предоставляться во временное или постоянное пользование. Правовой режим определяет, кто имеет право на владение, пользование и распоряжение земельным участком, а также несёт ответственность за его состояние.

По экологическому режиму: определённые участки могут иметь особые природоохранные требования. Это касается земель особо охраняемых природных территорий, санитарных зон, водоохраных полос и других территорий, где установлены ограничения на хозяйственную деятельность в целях охраны окружающей среды.

Классификация земельных ресурсов необходима для эффективного пространственного планирования, оценки земельного потенциала, разработки сельскохозяйственных программ и проведения мониторинга. Она также лежит в основе обработки данных дистанционного зондирования, где корректное определение типа земного покрова обеспечивает точность анализа.

Таким образом, понятие и классификация земельных ресурсов создают основу для понимания территориального распределения и состояния земель, что в дальнейшем позволяет проводить оценку их изменений, рисков деградации и потенциала восстановления. В следующих разделах будет рассмотрено, с какими проблемами сталкивается современное землепользование и как они проявляются на региональном и глобальном уровнях.

1.2 Основные проблемы деградации, трансформации земель и мониторинг земельных ресурсов

Современное землепользование всё чаще сопряжено с чрезмерной нагрузкой на природную среду. На фоне роста населения, расширения сельского хозяйства, промышленного освоения территорий и изменения климата усиливаются процессы, нарушающие устойчивость почвенного покрова и земной поверхности в целом. Одним из самых острых проявлений этих процессов является деградация земельных ресурсов. В условиях Казахстана большая часть территории подвержена рискам деградации и опустынивания [1].

Деградация земель представляет собой устойчивое ухудшение свойств почвы, снижающее её способность выполнять хозяйственные, экологические и биопродуктивные функции. В результате деградации почва теряет плодородие, разрушается её структура, уменьшается водоудерживающая способность, нарушается естественный растительный покров. Это снижает эффективность сельского хозяйства, способствует разрушению экосистем и увеличивает уязвимость регионов к экстремальным климатическим явлениям.

На глобальном уровне деградация охватывает все континенты. Международные организации, включая ООН и ФАО, отмечают, что значительная часть сельхозугодий мира уже частично или полностью утратила продуктивность. По оценкам учёных, каждый год в мире теряются миллионы гектаров земли, пригодной для ведения хозяйства. Особенно уязвимыми являются аридные и полуаридные зоны, где осадки ограничены, а давление со стороны сельского хозяйства и скотоводства велико.

Причины деградации могут быть как природными, так и антропогенными. Среди природных причин можно выделить засухи, сильные ветры, эрозию склонов, засоление в результате изменения водного баланса. К числу антропогенных факторов относятся неправильная агротехника, чрезмерная распашка земель, неконтролируемый выпас скота, обезлесивание, урбанизация, загрязнение почв отходами и химикатами.

На региональном уровне проблема деградации особенно актуальна для Республики Казахстан. Страна характеризуется обширными пастбищами, полупустынными зонами и зонами с неустойчивым увлажнением. В условиях сухого климата неправильное землепользование быстро приводит к опустыниванию, потере гумуса, формированию солончаков, снижению продуктивности пастбищ и посевных площадей.

Одним из наиболее известных примеров трансформации земель в Казахстане является высыхание Аральского моря. Утрата водоёма сопровождалась опустошением прибрежных территорий, исчезновением сельхозугодий, засолением почв и ухудшением микроклимата. Также в степных и предгорных районах Восточно-Казахстанской области наблюдаются процессы выветривания почв, потеря растительного покрова и снижение водоудерживающей способности ландшафта.

Последствия деградации выражаются не только в аграрной сфере. Они затрагивают устойчивость экосистем, уровень загрязнения воздуха и воды, здоровье населения, уровень занятости в сельской местности. Кроме того, деградация земель провоцирует внутреннюю миграцию, рост социальной нестабильности и усиливает зависимость от импорта продовольствия.

Преодоление деградации требует внедрения устойчивых практик землепользования, восстановления нарушенных территорий, мониторинга и своевременного реагирования на ранние признаки разрушения земельного покрова. Для этого необходимо применение современных инструментов анализа, в том числе технологий дистанционного зондирования, которые позволяют оперативно получать пространственную информацию о состоянии земель на больших территориях.

Таким образом, деградация и трансформация земельных ресурсов представляют собой системную проблему, затрагивающую как глобальные, так и региональные уровни. Для её решения необходим комплексный подход, включающий научную диагностику, природоохранные меры, политическую волю и использование новых технологий мониторинга.

Рациональное и устойчивое использование земельных ресурсов невозможно без постоянного контроля за их состоянием. Мониторинг земель представляет собой систематическое наблюдение за изменениями земной поверхности с целью своевременного выявления процессов деградации, оценки последствий хозяйственной деятельности и обеспечения эффективного управления территориями.

Необходимость мониторинга обусловлена тем, что деградация земель происходит постепенно и часто остаётся незаметной на ранних этапах. Без наблюдений невозможно точно оценить темпы разрушения почв, распространение засоления, изменение растительного покрова, загрязнение и другие важные процессы. В условиях изменения климата и роста антропогенной нагрузки на природу мониторинг становится ключевым элементом системы природопользования.

Мониторинг земель выполняет несколько важных функций. Во-первых, он позволяет отслеживать текущее состояние земельных угодий и фиксировать отклонения от нормы. Во-вторых, обеспечивает базу данных для планирования восстановительных мероприятий. В-третьих, способствует обоснованному принятию управленческих решений в области землепользования, экологии и аграрной политики. Кроме того, мониторинг позволяет осуществлять контроль за соблюдением законодательства, выявлять факты самовольного захвата земель, нарушения правил сельскохозяйственного освоения и другое.

Существуют различные подходы к организации мониторинга земельных ресурсов. Традиционный подход основан на наземных обследованиях, отборе проб почвы, визуальном осмотре и лабораторных анализах. Этот метод обеспечивает высокую точность, однако требует значительных временных и материальных затрат, особенно при работе на обширных и труднодоступных территориях.

Современный подход включает использование дистанционного зондирования и геоинформационных систем. Эти технологии позволяют получать объективную информацию о состоянии земель на больших площадях, в динамике и с высокой частотой. Например, с помощью спутниковых данных можно выявлять участки с низкой плотностью растительного покрова, следить за сезонной динамикой растительности, фиксировать изменения в структуре землепользования и определять очаги деградации. Геоинформационные системы дают возможность визуализировать и анализировать пространственные данные, объединять их с почвенными, кадастровыми и климатическими сведениями.

Выделяют два уровня мониторинга. Оперативный мониторинг проводится регулярно с целью быстрого получения информации о текущем состоянии земель. Он используется для раннего выявления проблем и оценки краткосрочных изменений. Базовый мониторинг имеет стратегический характер и проводится с целью оценки долгосрочных тенденций, анализа последствий изменений в землепользовании и формирования политики устойчивого развития.

Для повышения эффективности мониторинга требуется межведомственное взаимодействие, единые стандарты сбора и обработки данных, развитие технической инфраструктуры, а также подготовка специалистов в области анализа пространственной информации.

Таким образом, мониторинг земельных ресурсов представляет собой неотъемлемую часть устойчивого управления территориями. Он обеспечивает основу для принятия решений, направленных на предотвращение деградации, восстановление нарушенных земель и повышение продуктивности землепользования. В следующих разделах будут рассмотрены принципы дистанционного зондирования, которое занимает центральное место в системе современного мониторинга.

Функции мониторинга земель включают сбор информации о текущем состоянии почв, растительного покрова, землепользования и антропогенных воздействий. Он позволяет оценить эффективность природоохранных мероприятий, выявить участки с высоким риском деградации, контролировать соблюдение землепользователями экологических и правовых требований. Также мониторинг служит основой для формирования государственной земельной политики, ведения кадастрового учёта, экологического планирования и научных исследований.

Существуют различные подходы к организации мониторинга земельных ресурсов. Традиционно он осуществлялся с использованием наземных наблюдений и лабораторных анализов, однако такие методы ограничены по территории охвата, требуют больших затрат времени и ресурсов. Современные технологии позволяют существенно расширить возможности мониторинга за счёт применения дистанционного зондирования, геоинформационных систем и автоматизированной обработки данных.

Подходы к мониторингу могут быть оперативными и долговременными. Оперативный мониторинг направлен на быстрое выявление изменений, например, после стихийных бедствий, пожаров или интенсивной хозяйственной деятельности. Долговременный мониторинг основывается на многолетнем наблюдении и предназначен для отслеживания тенденций, таких как постепенное опустынивание, снижение продуктивности сельхозугодий, урбанизация.

Эффективный мониторинг требует интеграции различных источников информации. Наиболее результативным считается комплексный подход, сочетающий спутниковые данные, наземные наблюдения, кадастровую и климатическую информацию. Такая интеграция позволяет повысить точность оценки, выявить скрытые процессы и обеспечить принятие обоснованных решений в области землепользования.

В условиях Казахстана, где большая часть территории труднодоступна и подвержена рискам деградации, внедрение современных систем мониторинга имеет особое значение. Это позволит не только отслеживать текущее состояние земель, но и прогнозировать последствия изменения климата, разрабатывать меры по адаптации сельского хозяйства и управлению природными рисками.

Таким образом, мониторинг земельных ресурсов является необходимым элементом устойчивого природопользования. Он обеспечивает информационную базу для принятия решений, способствует предупреждению экологических угроз и поддержанию равновесия между экономическим развитием и сохранением окружающей среды. В следующих разделах будут рассмотрены технологические и методические основы дистанционного зондирования как ключевого инструмента современного мониторинга.

1.3 Дистанционное зондирование Земли: понятие, принципы, классификация методов

Современное управление земельными ресурсами невозможно без комплексной оценки земной поверхности и регулярного наблюдения за её изменениями. Одним из наиболее эффективных методов получения объективной пространственной информации о состоянии земель является дистанционное зондирование Земли. Этот метод позволяет получать данные о больших территориях без физического контакта с объектами наблюдения и используется как в научных, так и в прикладных целях.

Дистанционное зондирование Земли представляет собой процесс получения информации о свойствах земной поверхности с использованием приборов, размещённых на спутниках, самолетах или беспилотных летательных аппаратах. В основе технологии лежит регистрация электромагнитного излучения, отражённого или испущенного различными объектами [2]. В зависимости от длины волны и характеристик поверхности отражённый сигнал может меняться, что позволяет различать типы земного покрова, определять структуру и состав почв, уровень растительности и наличие нарушений. Дистанционное зондирование Земли на сегодняшний момент является приоритетным источником информации о состоянии и динамике лесов и обеспечивает повышенный уровень достоверности, оперативности и регулярности измерения ключевых характеристик состояния и динамики всего лесного покрова [3].

Принцип работы дистанционного зондирования основан на том, что каждый объект на поверхности Земли отражает и поглощает солнечное или искусственно направленное излучение по-своему. Например, вода, почва и растительность имеют разные спектральные характеристики, что позволяет отделить одни объекты от других на изображениях. При этом используются различные участки электромагнитного спектра, включая видимый свет, ближний и дальний инфракрасный диапазон, микроволны и тепловое излучение.

Методы дистанционного зондирования делятся по нескольким основным признакам. Первый - это способ получения сигнала. По этому критерию различают пассивное и активное зондирование. Пассивное основано на регистрации солнечного света, отражённого от земной поверхности. Оно

используется в большинстве современных спутников, например Sentinel или Landsat. Активное зондирование предполагает, что сам прибор испускает сигнал, а затем регистрирует его отражение. Примерами таких технологий являются радиолокационные и лазерные сенсоры.

Второй признак - количество спектральных диапазонов, фиксируемых системой. Существуют многоспектральные и гиперспектральные методы. Многоспектральное зондирование фиксирует отражение в нескольких основных диапазонах. Гиперспектральное позволяет получить данные в десятках и сотнях узких спектральных полос, что обеспечивает более высокую детализацию и возможность точной идентификации материалов.

Третий критерий - тип носителя оборудования. Источниками данных могут быть спутники, самолёты, беспилотники. Спутниковые данные охватывают большие территории и предоставляют регулярную информацию, тогда как воздушные и наземные платформы обеспечивают более высокое пространственное разрешение и гибкость в планировании наблюдений.

Также различают методы по характеру анализируемых данных. Например, оптическое зондирование регистрирует отражённый солнечный свет, радиолокационное - отражённые радиоволны, а тепловое - тепловое излучение поверхности. Каждый метод имеет свои преимущества и ограничения в зависимости от целей исследования, погодных условий и типа исследуемой поверхности.

Дистанционное зондирование применяется в различных областях. В контексте анализа земельных ресурсов оно позволяет отслеживать границы сельхозугодий, выявлять участки уничтожения, контролировать вырубку лесов, мониторить засухи, пожары и другие природные процессы. Также данные дистанционного зондирования используются для построения индексов растительности, анализа водного баланса, оценки состояния почв и планирования землепользования.

Преимущество дистанционного зондирования заключается в возможности регулярного получения информации в масштабах страны или региона, независимо от удалённости или труднодоступности территории. Кроме того, методы дистанционного зондирования позволяют проводить ретроспективный анализ, сравнивая состояние земель за разные годы на основе архивных спутниковых снимков.

Таким образом, дистанционное зондирование Земли является важнейшим инструментом анализа и мониторинга земельных ресурсов. Благодаря разнообразию методов и высокой информативности получаемых данных оно обеспечивает основу для принятия решений в сфере природопользования, землепользования, экологии и пространственного планирования. В следующем разделе будут рассмотрены конкретные спутниковые системы и источники данных, которые применяются для оценки состояния земель в научной и практической деятельности.

1.4 Спутниковые системы и источники данных и их применение

Дистанционное зондирование Земли невозможно без надёжных и регулярно функционирующих источников спутниковых данных. Развитие технологий наблюдения из космоса обеспечило доступ к обширным архивам изображений земной поверхности, которые применяются в различных отраслях, включая мониторинг земельных ресурсов. Наиболее широко используемыми на практике являются спутниковые системы Landsat, Sentinel, MODIS, а также данные, предоставляемые коммерческими платформами.

Спутниковая программа Landsat представляет собой один из самых длительных и устойчивых проектов дистанционного наблюдения, реализуемый совместно Национальным управлением США по аэронавтике и исследованию космического пространства и Геологической службой США. Начиная с 1972 года, спутники этой серии обеспечивают многоспектральные изображения земной поверхности с пространственным разрешением от 15 до 30 метров и периодичностью съёмки один раз в шестнадцать дней. Landsat позволяет наблюдать за долгосрочными изменениями земного покрова, вырубкой лесов, ростом городов и деградацией сельхозугодий.

Европейская программа Copernicus, реализуемая Европейским космическим агентством, включает серию спутников Sentinel. Особенно важными для анализа земель являются Sentinel-2, обеспечивающие изображения высокого разрешения в тринадцати спектральных диапазонах с пространственной детализацией до десяти метров. Частота обновления данных для одной и той же территории составляет около пяти дней, что делает Sentinel удобным для мониторинга сезонных изменений, растительности и оценки ущерба от чрезвычайных ситуаций. Данные Sentinel предоставляются бесплатно и активно используются как в научных, так и в государственных проектах [4].

Миссия MODIS, установленная на спутниках Terra и Aqua, используется для глобального мониторинга биофизических характеристик поверхности. MODIS предоставляет данные в широком спектре длин волн, охватывая от видимого света до термического инфракрасного диапазона. Несмотря на невысокое пространственное разрешение, составляющее от 250 до 1000 метров, эти данные ценны благодаря ежедневной частоте наблюдений и возможности анализа глобальных и региональных процессов. MODIS применяется для изучения растительного покрова, температуры поверхности, уровня влажности и других экологических параметров.

Кроме государственных программ, значительное развитие получили коммерческие спутниковые системы, которые предоставляют данные с высоким и сверхвысоким пространственным разрешением. К числу таких операторов относятся компании Maxar Technologies, Planet Labs, Airbus Defence and Space и другие. Они предоставляют изображения с детализацией от одного до пяти метров и даже ниже. Такие данные особенно востребованы в кадастровой съёмке, градостроительном планировании, управлении чрезвычайными

ситуациями, а также при локальном анализе сельхозугодий и инженерных объектов.

Использование коммерческих данных имеет как преимущества, так и ограничения. С одной стороны, они обеспечивают высокую точность и оперативность, позволяют анализировать мелкомасштабные объекты и детализировать локальные изменения. С другой стороны, доступ к ним требует финансирования, что ограничивает возможности их применения в некоммерческих и образовательных проектах.

Все перечисленные источники данных находят широкое применение в задачах мониторинга земель. Выбор конкретной спутниковой системы зависит от цели исследования, необходимой частоты обновления данных, требуемого уровня детализации и доступности информации. Важно учитывать также спектральные характеристики сенсоров, так как различные задачи требуют использования различных диапазонов электромагнитного спектра.

Таким образом, современные спутниковые системы, как государственные, так и коммерческие, формируют основу для оперативного, точного и масштабного анализа состояния земельных ресурсов. Их применение позволяет не только отслеживать текущие изменения, но и проводить ретроспективный анализ, формировать прогнозы и обосновывать управленческие решения. В следующих разделах будет рассмотрено, как данные из этих источников используются в мониторинге сельскохозяйственных, лесных и деградированных территорий.

Применение данных дистанционного зондирования Земли открыло новые возможности в сфере мониторинга различных типов земель. В отличие от традиционных наземных методов наблюдения, которые требуют больших затрат времени и ресурсов, спутниковые технологии позволяют получать актуальную, масштабную и объективную информацию о состоянии земного покрова. Это особенно важно для наблюдения за сельскохозяйственными угодьями, лесными массивами и территориями, подверженными деградации.

Сельскохозяйственные земли представляют собой один из наиболее уязвимых типов землепользования. Их состояние подвержено влиянию климатических факторов, водного режима, качества почвы и антропогенной нагрузки. С помощью спутниковых данных можно проводить регулярный мониторинг посевных площадей, оценивать плотность и здоровье растительности, прогнозировать урожайность и определять зоны, находящиеся под угрозой засухи или эрозии. Одним из наиболее широко применяемых инструментов является индекс NDVI, который отражает уровень фотосинтетической активности растительности. Также используются другие индексы, такие как SAVI и EVI, позволяющие учитывать фон почвы и влажность.

Кроме того, данные дистанционного зондирования позволяют различать культуры, отслеживать сроки посева и уборки, а также выявлять отклонения от нормы. Это даёт возможность оперативно реагировать на изменения условий и принимать решения по корректировке агротехнических мероприятий. В

регионах с высокими рисками засухи и нерегулярными осадками спутниковый мониторинг играет ключевую роль в управлении водными ресурсами и распределении орошения.

Лесные территории также находятся под постоянной угрозой. Основные риски включают вырубку, пожары, заражение вредителями, изменение структуры древостоя. С помощью данных ДЗЗ можно выявлять зоны вырубки, отслеживать восстановление лесного покрова, оценивать плотность крон деревьев и уровень биомассы. Радиолокационные и многоспектральные снимки позволяют фиксировать повреждения леса даже при наличии облачности. Индекс NBR широко применяется для выявления последствий пожаров, а данные с высоким пространственным разрешением используются для детального картографирования лесных нарушений.

Лесная продукция – лесные ресурсы, предназначенные в первую очередь для производства древесины, волокон, биоэнергии и недревесных лесных продуктов [5].

Незаконная и нерегулируемая вырубка лесов приводит к разрушению экосистем, потере почвенного покрова и ускорению процессов эрозии [6].

В условиях Казахстана мониторинг лесных массивов особенно актуален в Восточно-Казахстанской и Акмолинской областях, где сосредоточены природные леса и защитные лесополосы. Потеря этих экосистем ведёт к снижению водоудерживающей способности территории, усилению эрозионных процессов и уменьшению биоразнообразия.

Деградированные земли требуют постоянного внимания со стороны природоохранных органов и аграрных служб. С помощью спутниковых данных можно выявлять участки с утратой растительности, уплотнением почв, засолением и опустыниванием. Многолетние данные позволяют фиксировать постепенные изменения, отслеживать эффективность восстановительных мероприятий и прогнозировать дальнейшее развитие процессов деградации.

Особенно важным является использование ретроспективных снимков, позволяющих оценивать динамику состояния земель на протяжении десятков лет. Это даёт возможность сравнивать последствия хозяйственной деятельности, изменения климата и эффективности принятых мер. В районах, пострадавших от техногенных воздействий или природных катастроф, данные ДЗЗ становятся практически единственным источником объективной информации.

Таким образом, применение данных дистанционного зондирования обеспечивает основу для системного и масштабного мониторинга сельскохозяйственных, лесных и деградированных земель. Эти данные способствуют принятию обоснованных решений, направленных на восстановление территорий, повышение продуктивности и сохранение природного потенциала. В следующем разделе будет рассмотрен международный и национальный опыт использования технологий ДЗЗ для целей управления земельными ресурсами.

1.5 Зарубежный и казахстанский опыт в применении ДЗЗ для управления земельными ресурсами

Дистанционное зондирование Земли активно применяется во многих странах как важный элемент системы управления земельными ресурсами. Зарубежная практика показывает, что использование спутниковых данных позволяет значительно повысить эффективность мониторинга, оценку состояния земель и принятие решений в сфере землепользования. Казахстан также постепенно внедряет данные технологии, развивая национальную инфраструктуру пространственного анализа.

В международной практике данные дистанционного зондирования широко используются в государственных и научных проектах, связанных с инвентаризацией, картографированием, сельским хозяйством, охраной окружающей среды и урбанистическим планированием.

Примером эффективного применения спутниковых данных является программа Global Land Cover Facility, реализуемая в Соединённых Штатах. Она предоставляет научным учреждениям и государственным органам доступ к архиву данных Landsat, используемому для мониторинга земных покровов, вырубки лесов, роста городов и изменений в сельском хозяйстве.

В Бразилии дистанционное зондирование применяется для слежения за вырубкой лесов в Амазонии в рамках национальной системы PRODES. Эта система использует спутники Landsat и CBERS и позволяет с высокой точностью фиксировать незаконные рубки, оценивать темпы восстановления лесов и координировать работу природоохранных служб.

Китай активно использует данные Sentinel-2 и Gaofen для контроля за качеством сельхозугодий, прогнозирования урожайности и предотвращения опустынивания в северных провинциях страны. В рамках программы восстановления плодородия деградированных земель в провинциях Ганьсу и Нинся применяются индексы растительности и теплового баланса.

В Индии работает национальная программа FASAL, где спутниковые данные объединяются с метеорологической и агрономической информацией. Это позволяет оценивать динамику посевов, управлять засухами и оптимизировать водные ресурсы. Аналогичная система Geo-Spatial Agro Advisory используется для поддержки фермеров в принятии решений.

В странах Европейского союза система Copernicus предоставляет бесплатный доступ к спутниковым данным Sentinel. Эти данные интегрированы в системы агроэкологического мониторинга, планирования территорий и оценки соответствия сельхозпрактик требованиям устойчивого развития.

Что касается опыта Казахстана, в последние годы наблюдается рост интереса к использованию ДЗЗ в государственных и научных структурах. С 2019 года в рамках государственной программы «Цифровой Казахстан» внедряются платформы пространственного мониторинга, основанные на данных Sentinel-2 и Landsat. Основное внимание уделяется сельскому хозяйству,

мониторингу пастбищ, борьбе с опустыниванием и контролю за соблюдением землепользования.

Одним из примеров является система дистанционного мониторинга, внедрённая Министерством экологии и природных ресурсов, которая позволяет отслеживать изменения в пастбищных угодьях. Спутниковые данные анализируются с использованием Google Earth Engine, а полученные индексы сравниваются с официальной статистикой и данными полевых обследований.

Кроме того, Институт космических исследований и Министерство цифрового развития Казахстана совместно разрабатывают геопорталы, интегрирующие карты землепользования, данные о состоянии почв и индексы растительности. Некоторые проекты поддерживаются международными организациями, такими как ПРООН и ФАО.

Несмотря на положительные примеры, в Казахстане всё ещё сохраняются проблемы в сфере системной интеграции данных, нехватки подготовленных специалистов, слабой координации между ведомствами и ограниченного доступа к высокоточным данным. Тем не менее, потенциал для развития этих технологий значителен.

Обобщая зарубежный и отечественный опыт, можно выделить несколько ключевых направлений успешного внедрения ДЗЗ:

- разработка национальных стратегий мониторинга земель с регулярным использованием спутниковых данных
- интеграция спутниковых данных с наземной информацией и данными кадастра
- развитие образовательных и исследовательских программ в области ДЗЗ и ГИС
- обеспечение открытого доступа к данным и платформам для обработки
- сотрудничество с международными организациями для обмена опытом и технологиями

Таким образом, международный и казахстанский опыт свидетельствуют о высокой эффективности применения дистанционного зондирования в управлении земельными ресурсами. Системное внедрение таких технологий позволяет формировать научно обоснованную политику в сфере землепользования и устойчивого природопользования.

2 Практическая реализация анализа земельных ресурсов Восточно-Казахстанской области на основе ДЗЗ

2.1 Физико-географическая характеристика Восточно-Казахстанской области

В рамках настоящего исследования в качестве объекта анализа состояния земельных ресурсов на основе данных дистанционного зондирования выбрана Восточно-Казахстанская область (рис. 2.1). Этот регион представляет особый интерес ввиду своего географического положения, разнообразия природных условий, сложной структуры землепользования, а также наличия участков, подверженных как природным, так и антропогенным изменениям.

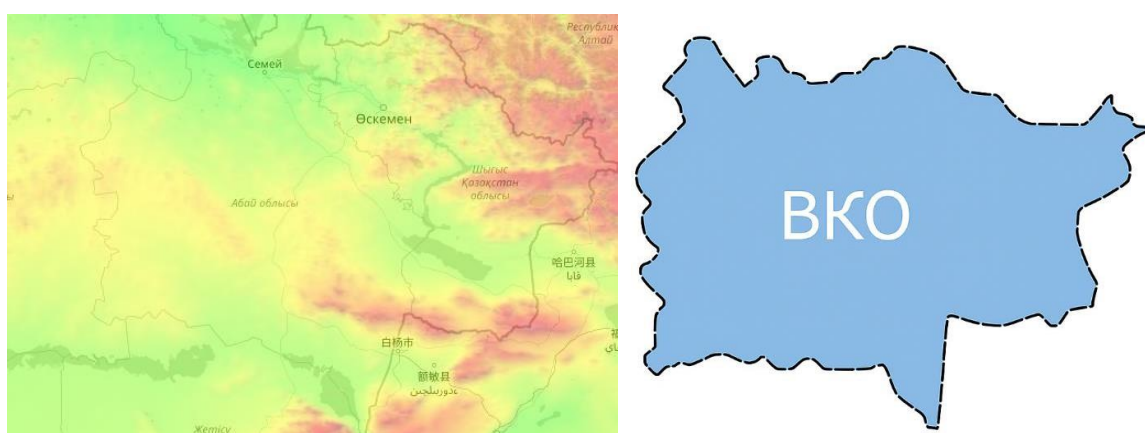


Рисунок 2.1 – Топографическая карта Восточно-Казахстанской области

Область расположена на востоке Республики Казахстан и граничит с Алтайским краем Российской Федерации и Синьцзян-Уйгурским автономным районом Китая. Площадь региона превышает 283 тысячи квадратных километров, что делает его одним из крупнейших в стране (таб. 2.1). В административном отношении Восточно-Казахстанская область включает такие районы, как Зайсанский, Катон-Карагайский, Урджарский, Тарбағатайский, Курчумский, Глубоковский, Бородулихинский, а также города Семей, Риддер и Усть-Каменогорск [7]. Регион отличается выраженной пространственной неоднородностью и включает как равнинные, так и горные ландшафты. Северо-восточная часть характеризуется высокогорными массивами и хребтами Южного Алтая, покрытыми хвойными и смешанными лесами с преобладанием ельников, сосновых и лиственничных насаждений. Эти территории обладают высоким водоудерживающим и почвозащитным потенциалом. Центральная часть области представлена возвышенностями и предгорными равнинами, активно используемыми для сельского хозяйства. Южные и юго-западные районы представлены степями и полупустынями, служащими главным образом пастбищами. Климат региона резко континентальный, с продолжительными морозными зимами (средняя температура января - от -15 до -22 °С) и жарким,

относительно сухим летом (в июле - от 20 до 25 °С). Годовое количество осадков варьируется от 200 мм в равнинных и засушливых зонах до 600 мм и более в горных районах. Это оказывает существенное влияние на продуктивность сельскохозяйственных угодий и уровень риска деградации земель.

Почвенно-растительный покров Восточно-Казахстанской области отличается высокой мозаичностью. В равнинных районах распространены темно-каштановые и каштановые почвы, пригодные для возделывания зерновых и кормовых культур. В предгорьях преобладают бурозёмы, а в высокогорьях - горно-луговые и горно-лесные почвы, способствующие формированию плотного растительного покрова. В низинных и прибрежных зонах встречаются солончаки и засоленные почвы, подверженные сезонному подтоплению или опустыниванию.

Лесной покров региона распределён неравномерно. Наиболее густые леса сосредоточены в северо-восточных районах области, таких как Катон-Карагайский и Глубоковский, где преобладают хвойные и смешанные насаждения (ель, лиственница, сосна). Эти территории обладают высокой экологической ценностью, играют важную роль в стабилизации климата, предотвращении эрозии и сохранении биоразнообразия. В центральных и южных частях области лесистость значительно ниже, а леса имеют фрагментированный характер.

Особую озабоченность вызывают районы, где наблюдаются противоположные тенденции: в Курчумском районе зафиксировано сокращение лесных участков и снижение плотности древесного покрова, что может быть связано с вырубкой и природными пожарами. В то же время в Катон-Карагайском районе отмечается частичное восстановление леса на ранее нарушенных участках. Эти различия подчёркивают важность регулярного лесного мониторинга, оценки состояния древостоев и выявления зон риска.

Таким образом, Восточно-Казахстанская область представляет собой регион с разнообразной лесной экосистемой, в которой переплетаются процессы деградации и восстановления.

Использование данных дистанционного зондирования Земли в рамках данного исследования позволяет эффективно отслеживать изменения в структуре лесного покрова, выявлять участки потерь и восстановления, а также разрабатывать меры по устойчивому управлению лесными ресурсами. А также лес составляет 12% территории ВКО (рис 2.2).

Таблица 2.1 – Сравнение Казахстана с ВК

	Казахстан	Восточный Казахстан
Общая площадь	2 724 900 км	283 300 км
Лесная площадь	12,6 млн га	3,6 млн га
Доля лесов от общей территории	4,8%	11-12%



Рисунок 2.2 – Типы земель Восточного Казахстана

2.2 Сбор, классификация, подготовка исходных данных и программное обеспечение

Для выполнения анализа состояния земельных ресурсов на основе данных дистанционного зондирования необходимо сформировать репрезентативный и разнообразный набор исходных данных. В него входят спутниковые изображения, топографические карты, кадастровая информация, а также статистические и пространственные материалы, характеризующие землепользование, климат и рельеф исследуемой территории. Все данные проходят обязательный этап систематизации, пространственного выравнивания и подготовки к дальнейшей обработке.

Ключевым источником пространственной информации стали спутниковые снимки, полученные со спутников Sentinel-2 и Landsat 8. Эти платформы предоставляют многоспектральные изображения высокого качества с открытым доступом. Выбор именно этих спутников обусловлен их широкой географической охватностью, достаточным пространственным разрешением и регулярностью съёмки. Кроме того, данные с этих миссий официально поддерживаются такими авторитетными организациями, как Европейское космическое агентство и Геологическая служба США.

Sentinel-2 обеспечивает изображения с разрешением от десяти до шестидесяти метров в тринадцати спектральных диапазонах, включая видимый, ближний инфракрасный и коротковолновой инфракрасный каналы. Эти данные особенно полезны для расчёта вегетационных индексов, оценки состояния растительного покрова и выявления нарушений в структуре землепользования. Для анализа были использованы снимки за летние месяцы 2015 и 2024 годов, позволяющие отследить пространственные и временные изменения.

Landsat 8 предоставляет изображения с разрешением тридцать метров в мультиспектральных каналах и пятнадцать метров в панхроматическом режиме. Благодаря многолетнему архиву эта программа позволяет отслеживать долгосрочные тенденции деградации, восстановления или изменения в сельскохозяйственном и лесном покрове. Использование Landsat в данной работе позволило получить историческую перспективу на состояние земель в Восточно-Казахстанской области.

Изображения были загружены с официальных платформ Google Earth Engine. При отборе сцен учитывались сезонность, степень облачности, охват нужной территории и дата съёмки. Приоритет отдавался изображениям с минимальным уровнем облачности. Были выбраны сцены, покрывающие как горные районы, так и равнинные пастбищные и сельхозугодья.

Дополнительными источниками пространственных данных стали топографические карты масштаба один к двумстам тысячам. Они использовались для уточнения физико-географических особенностей территории, в том числе водных объектов, рельефа, линий дорог и границ населённых пунктов. Это важно для корректной географической привязки и интерпретации спутниковых изображений.

Кадастровые данные, полученные из публичного геопортала Республики Казахстан, включали информацию о границах землевладений, формах собственности и разрешённом использовании. Эти сведения использовались при сопоставлении фактического землепользования с юридическим статусом участков. Также они позволили провести более точную пространственную классификацию по категориям земель - пашни, пастбища, леса, водоохранные зоны и деградированные земли.

Данные о землепользовании, аграрной активности и природных характеристиках были собраны из статистических бюллетеней Министерства сельского хозяйства, отчётов региональных управлений и ежегодных мониторинговых документов. Они дополняли картографическую и спутниковую информацию, позволяя лучше понять функциональное распределение земель.

На основе собранных материалов была выполнена их предварительная классификация. Спутниковые изображения распределены по платформам, датам и уровням облачности. Топографические данные систематизированы по районам и масштабам. Земельные участки сгруппированы по видам землепользования. Дополнительно были выделены тематические категории, связанные с сельским хозяйством, лесным фондом и участками с признаками деградации.

Все данные были приведены к единой географической системе координат и откалиброваны. Осуществлена атмосферная коррекция, маскирование облаков и обрезка по административным границам области. После подготовки данные были импортированы в геоинформационные системы, в частности QGIS, ENVI и Google Earth Engine, где они стали основой для дальнейших этапов обработки, визуализации и анализа.

Для эффективной обработки спутниковых данных, проведения пространственного анализа и визуализации результатов в рамках данного исследования использовались современные геоинформационные и аналитические программные инструменты. Выбор программного обеспечения основывался на его функциональности, доступности, совместимости с открытыми данными дистанционного зондирования, а также на требованиях к точности и воспроизводимости результатов.

Основными программными средствами стали QGIS, ENVI и облачная платформа Google Earth Engine. Каждое из них выполняет отдельные задачи в рамках комплексного подхода к обработке пространственной информации.

QGIS представляет собой свободно распространяемую геоинформационную систему с широкими возможностями по работе с растровыми и векторными данными. Она используется для визуализации спутниковых изображений, объединения различных источников информации, создания тематических карт, выполнения пространственных операций и анализа изменений. В рамках данного исследования QGIS применялась для предварительного анализа территории, наложения административных границ, загрузки спутниковых слоёв, а также для векторизации результатов классификации. Одним из преимуществ QGIS является наличие большого количества подключаемых модулей, поддержка большинства форматов данных и удобный интерфейс для визуального сравнения многослойных карт. QGIS как свободное программное обеспечение предоставляет гибкие возможности визуализации и анализа пространственных данных [8].

ENVI является специализированным программным обеспечением для работы с многоспектральными и гиперспектральными изображениями. Оно широко используется в научных и прикладных задачах дистанционного зондирования. В рамках данной работы ENVI применялось для детального анализа спутниковых снимков Sentinel-2 и Landsat 8, в том числе для выполнения радиометрической и атмосферной коррекции, расчёта индексов растительности, фильтрации шумов, классификации земельного покрова и создания масок облачности. Программа также позволила выполнять сравнение изображений за разные годы и проводить точную интерпретацию спектральных характеристик.

Google Earth Engine (рис. 2.3) представляет собой облачную платформу для масштабной обработки спутниковых данных. Её ключевым преимуществом является возможность работы с глобальными архивами изображений без необходимости локального хранения. В данной работе Google Earth Engine применялся для поиска и загрузки сцен Sentinel-2, быстрой генерации временных рядов NDVI, оценки сезонных изменений, а также первичной классификации земельного покрова с использованием встроенных алгоритмов машинного обучения. Платформа позволила сократить время на подготовку данных и автоматизировать рутинные операции обработки [9].

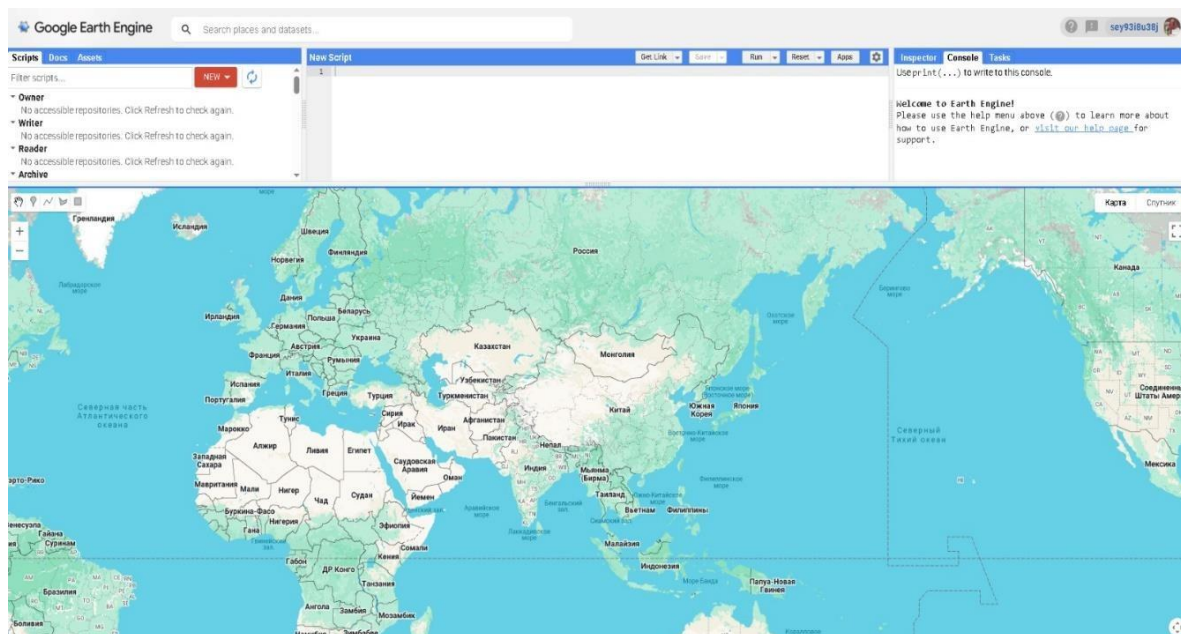


Рисунок 2.3 – Google Earth Engine

Дополнительно использовались вспомогательные инструменты, включая: – GDAL и SNAP для конвертации форматов и базовой обработки данных – Excel и Python для обработки статистических таблиц и расчёта показателей. Комбинированное использование указанных программных продуктов обеспечило гибкость и надёжность аналитического процесса. Такой подход позволил выполнить как базовые, так и продвинутые этапы анализа, включая построение индексов, сравнение по годам, пространственную классификацию и картографирование результатов. В следующих разделах подробно рассматривается методика обработки изображений и логика выполнения каждого этапа анализа.

2.3 Методика обработки изображений

После сбора и подготовки исходных данных следующим этапом анализа является обработка спутниковых изображений. Этот процесс включает в себя несколько взаимосвязанных шагов, направленных на извлечение информации из многоспектральных данных и преобразование её в формат, пригодный для анализа состояния земельных ресурсов. Для обеспечения точности и воспроизводимости результатов была разработана единая методика обработки, применимая ко всем выбранным сценам спутников Sentinel-2 и Landsat 8.

Первым шагом стала предварительная коррекция изображений. Для данных Sentinel-2 использовались уже атмосферно откорректированные продукты уровня L2A, предоставляющие значения отражательной способности поверхности. Это устраняет влияние атмосферы и позволяет сравнивать снимки между собой в разные сезоны и годы. Для данных Landsat 8 была

дополнительно применена коррекция с помощью специализированного программного обеспечения, чтобы привести изображения к единой шкале значений и пространственной точности. Затем был выполнен процесс выравнивания и обрезки изображений. Все сцены были приведены к проекции UTM зоны 45N, охватывающей Восточно-Казахстанскую область. Изображения были обрезаны по административным границам региона, что позволило сократить объём данных и сосредоточиться на исследуемой территории. Облака и тени от них были замаскированы с помощью встроенных слоёв качества, а также вручную.

После подготовки изображений основное внимание было уделено расчёту вегетационных индексов, позволяющих количественно оценить состояние лесного покрова. Центральное место занял NDVI - индекс, отражающий уровень фотосинтетической активности растительности. Он рассчитывался по формуле:

$$NDVI = (B8 - B4) / (B8 + B4) \quad (1)$$

где B8 - ближний инфракрасный канал, а B4 - красный канал.

Для густых, здоровых лесов NDVI обычно превышает 0.6, что свидетельствует о высокой плотности и активности растительности. Снижение NDVI до значений ниже 0.3 может указывать на повреждение лесного покрова, вырубки, деградированные участки или зоны, пострадавшие от пожаров. Дополнительно использовался индекс NBR (Normalized Burn Ratio) - специализированный показатель, чувствительный к термическим и структурным изменениям растительности после пожаров. Он рассчитывался по формуле:

$$NBR = (B8 - B12) / (B8 + B12) \quad (2)$$

где B12 - канал коротковолнового инфракрасного диапазона, улавливающий следы горения, зольности и потери влаги. Снижение NBR указывает на выгоревшие и обугленные участки леса. При сравнении NBR до и после пожара можно точно определить масштаб повреждений и построить карту сгоревших зон.

Использование NDVI и NBR в комплексе позволило не только оценить текущее состояние лесных массивов Восточно-Казахстанской области, но и выявить участки, подверженные деградации, определить зоны восстановления, а также зафиксировать последствия пожаров, например, в Катон-Карагайском и Курчумском районах. Индекс NBR используется для определения зон пожаров и оценки степени повреждения лесов по спутниковым данным [10].

Далее были выполнены этапы классификации земельного покрова. Сначала применялась визуальная интерпретация сцен в разных спектральных комбинациях, таких как ложный цвет, SWIR и оптимизированный естественный цвет. Затем проводилась автоматическая классификация. Для этого использовались алгоритмы супервизорной классификации в ENVI и модуль Random Forest в Google Earth Engine. Классы включали сельхозугодья,

пастбища, леса, урбанизированные территории, водоёмы и деградированные земли.

На финальном этапе были созданы тематические карты и векторные слои с результатами обработки. Также выполнено сравнение данных за 2015 и 2024 годы (рис. 2.4). Это позволило выделить зоны изменений, в том числе увеличение или сокращение площади лесов. Все результаты были визуализированы в QGIS в виде карт, а также представлены в виде таблиц и графиков (рис. 2.5).

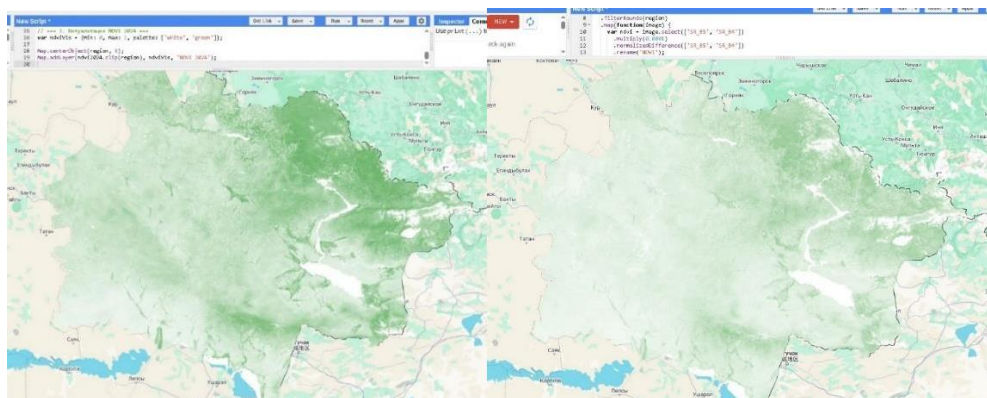


Рисунок 2.4 – Скачиваем снимки 2024 и 2015 годов.

Таким образом, методика обработки спутниковых изображений включает в себя полный цикл - от предварительной подготовки до анализа и классификации. Она обеспечила возможность получения объективной и структурированной информации о состоянии земельных ресурсов Восточно-Казахстанской области и создаёт основу для дальнейшей интерпретации в практической работе.

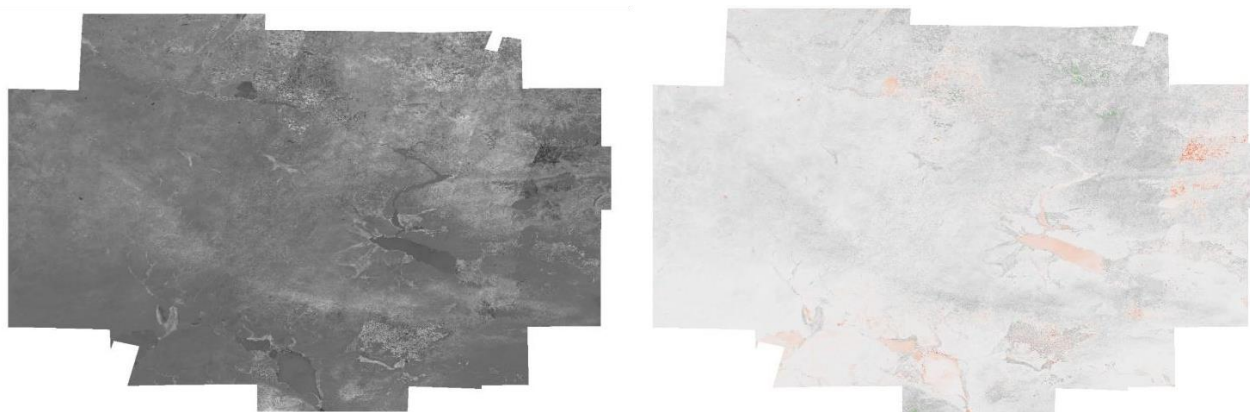


Рисунок 2.5 – Результат обработки в GEE и настройка отображение изменений

2.4 Моделирование изменений и выявление измененных участков

Анализ динамики изменений в состоянии земельных ресурсов требует не только фиксации текущего положения, но и сопоставления данных за разные временные периоды. Это позволяет определить направления трансформации ландшафтов, выявить участки, подверженные к уничтожению, и оценить последствия хозяйственной или природной деятельности. В рамках настоящего исследования был применён подход пространственно-временного моделирования на основе спутниковых данных за 2015 и 2024 годы, полученных с миссий Sentinel-2 и Landsat 8.

На первом этапе были сопоставлены изображения за разные годы, приведённые к единому пространственному охвату, географической проекции и спектральным условиям. Для каждого года рассчитывались индексы растительности, в частности NDVI и NBR. Индекс NDVI позволил оценить плотность растительности, а NBR (Normalized Burn Ratio) использовался для определения изменений, связанных с вырубкой, уничтожением или пожарами (рис. 2.6 и рис. 2.7).

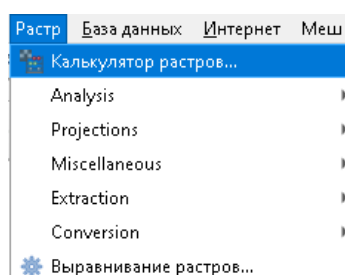


Рисунок 2.6 – Создаём маски уничтожение и восстановления

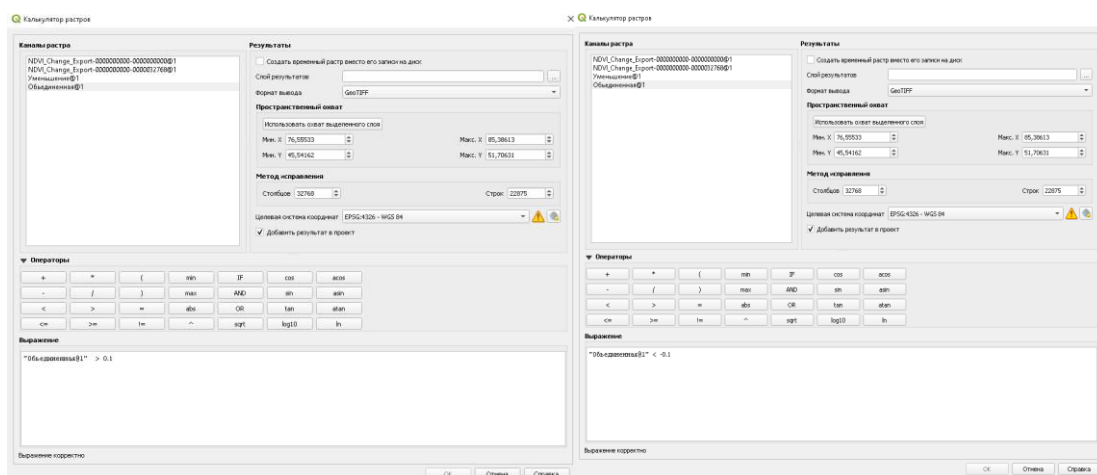


Рисунок 2.7 – Для выявления мы используем NDVI (восстановление и уничтожение)

На основе разницы значений NDVI за разные годы была построена карта изменений состояния лесного покрова. Вычитание индексов позволило количественно оценить динамику - улучшение или ухудшение состояния древесной растительности. Положительные значения NDVI difference указывают на восстановление леса: увеличение плотности крон, естественную регенерацию после вырубок или пожаров, либо лесовосстановительные мероприятия, выделен зеленым цветом. В свою очередь, отрицательные значения NDVI difference свидетельствуют о уничтожении лесных участков - снижении плотности древесного слоя, санитарных рубках, потере растительного покрова вследствие пожаров, выделен красным цветом (рис 2.7). Такой подход позволяет выявлять наиболее уязвимые лесные массивы, отслеживать динамику восстановления. А также для точности анализа были исключены участки с высокой сезонной изменчивостью, где растительность временно исчезает по природным причинам. Это было достигнуто за счёт сравнения многолетних значений, усреднённых за вегетационные периоды.

Для выявления деградированных лесных участков использовались как расчетные индексы, так и классифицированные данные, полученные с помощью алгоритмов машинного обучения. В процессе анализа были выделены классы, характеризующие нарушения лесного покрова - участки с утратой древесной растительности, зоны с пониженной кроновой плотностью, а также территории, где зафиксированы признаки последствий пожаров или санитарных рубок. Используемые алгоритмы распознавания позволили выделить эти зоны на основе спектральных признаков, характерных для ослабленного или разрушенного леса.

Дополнительно был выполнен пространственный анализ плотности изменений. Построенные тепловые карты визуализировали масштабы трансформации лесного покрова по районам Восточно-Казахстанской области. Наибольшая плотность негативных изменений зафиксирована в восточных и в южных районах, где в период с 2015 по 2024 год произошло значительное снижение NDVI - более чем на 0.2, что свидетельствует о деградации лесных насаждений, вероятно в результате пожаров и несанкционированной рубки или климатических стрессов. В то же время, в некоторых районах наблюдалась положительная динамика, отражающая восстановление лесного покрова. Отдельным направлением анализа стало изучение границ лесных массивов. С помощью карт NBR были зафиксированы участки с уменьшением лесного покрова, в том числе в Катон-Карагайском районе. Частично это связано с рубкой, частично - с климатическими факторами, включая засуху и повышение температуры воздуха. Такой подход позволил не только локализовать проблемные участки, но и оценить пространственно-временные тенденции в изменении состояния лесов региона (рис 2.8).

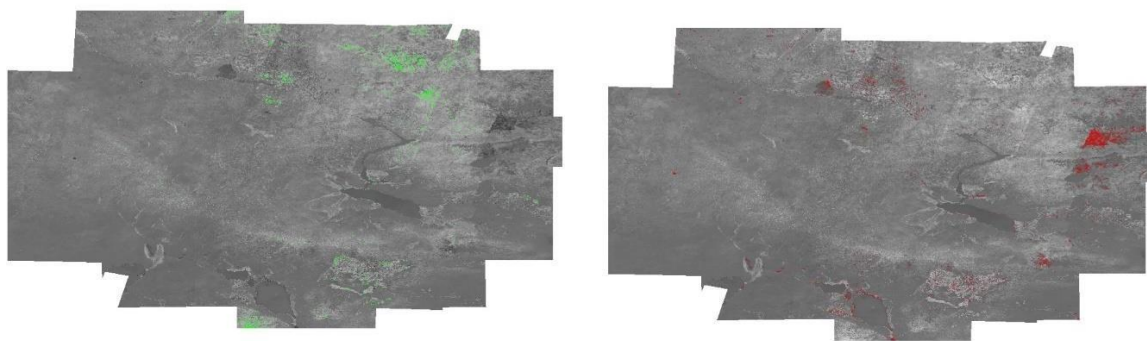


Рисунок 2.8 – Результаты анализа изменений лесного фонда и мы получаем территории для расчета

Результаты моделирования позволили нам создать итоговую карту деградированных участков, которые можно использовать для планирования восстановительных мероприятий. Эта карта включает полигональные слои, отражающие зоны с наибольшей потерей растительности, изменения в категориях землепользования и признаки эрозионных процессов. На основании этих данных мы можем рассчитать площади изменений (рис. 2.9).

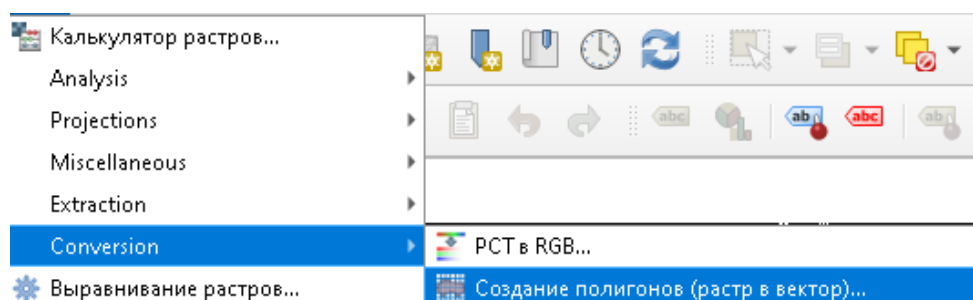


Рисунок 2.9 – Для подсчёта площадей создаем полигоны

Далее после создание полигонов открываем таблицу атрибутов для подсчета территории и калькулятор полей, там будет присутствовать только одно поле, и мы через калькулятор полей добавляем новое поле под именем площадь, указывая десятичное число и для получение точную площадь в гектарах мы используем формулу: $S_{area} / 10000$ и получаем результат площади. При получение измененных территории делая тоже самое в конце просто через суммирование можно посчитать в EXCEL (рис. 2.10 и 2.11).

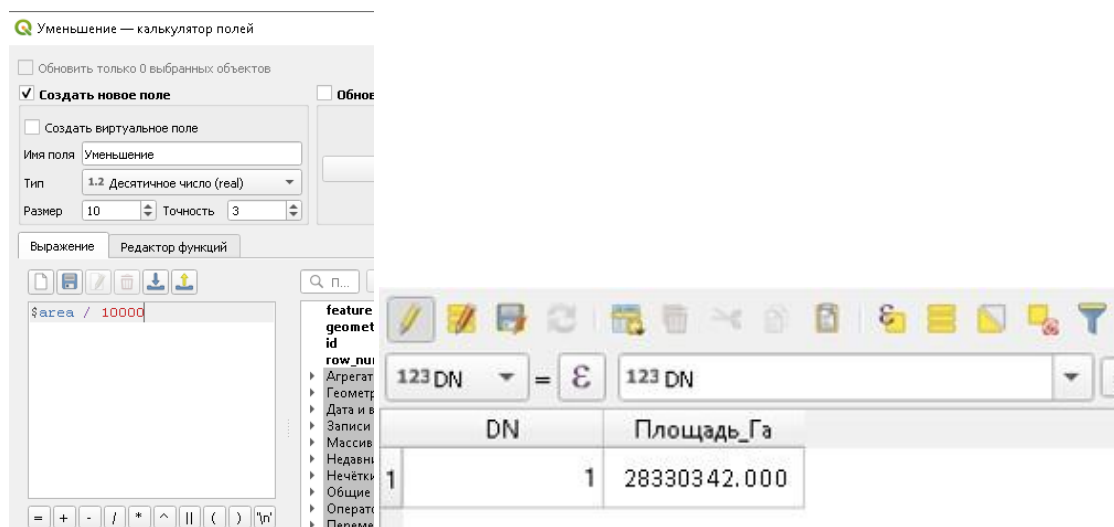


Рисунок 2.10 – Калькулятор растров (расчет площади) и получаем результат общей территории

D3									
=СУММ(B2:B42000)					А	В	С	Д	Е
	А	В	С	Д		Площадь_Га			
1		Площадь_Га				0.223			
2		0.056				0.056		310455.16	
3		0.279		504747.16		0.335			
4		0.168				0.056			
5		0.223				0.447			
6		0.112				0.335			
7		0.503				0.112			
8		0.056							

Рисунок 2.11 – Получаем территории уничтожение и восстановление в га

Моделирование также показало, что в некоторых зонах наблюдается положительная динамика. Так, в северо-восточной части области NDVI стабильно увеличивается, что может быть связано с естественным восстановлением лугов или мерами по ограничению пастбищной нагрузки.

Таким образом, моделирование изменений и выявление деградированных земель на основе данных дистанционного зондирования даёт объективную и масштабируемую оценку текущего состояния лесного покрова. Полученные результаты могут использоваться как основа для принятия решений в области охраны земель, рационального землепользования и разработки программ по восстановлению нарушенных территорий (2.12).

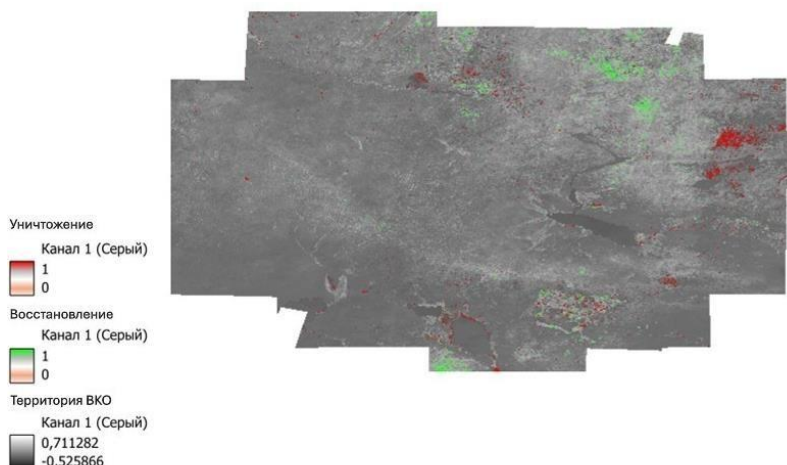


Рисунок 2.12 – Итоговый результат изменении лесных массивов

2.5 Обобщение результатов практического анализа

В рамках практической части исследования была реализована комплексная методика анализа состояния лесного покрова Восточно-Казахстанской области на основе данных дистанционного зондирования. Использование спутников Sentinel-2 и Landsat 8 позволило провести многолетнее сравнение и построить индексы NDVI и NBR, отражающие плотность и здоровье растительности, а также последствия пожаров и вырубок. Были созданы тематические карты, выявлены участки деградации и восстановления лесов, выполнена классификация территорий с помощью алгоритмов машинного обучения и построены тепловые модели изменений.

Отдельное внимание уделено проверке достоверности полученных результатов. Для этого были использованы визуальная проверка, контрольные участки, матрица ошибок и пространственная калибровка изображений. Средняя точность автоматической классификации составила около 87%, что является приемлемым показателем для регионального уровня. Дополнительные источники, включая кадастровые и климатические данные, подтвердили соответствие результатов реальному положению дел.

Таким образом, проведённый анализ доказал эффективность применения методов дистанционного зондирования и геоинформационных систем для мониторинга лесных экосистем. Полученные материалы могут быть использованы для оценки последствий природных и антропогенных воздействий, планирования восстановительных мероприятий и повышения устойчивости управления земельными ресурсами.

Кульминацией проведённого анализа стала итоговая карта пространственных изменений лесного покрова за период 2015–2024 гг., представленная на рисунке 2.13. На ней с помощью цветовой дифференциации визуализированы зоны восстановления и уничтожение растительности. Карта наглядно отражает масштаб и территориальное распределение трансформаций, позволяя быстро идентифицировать участки с критическими изменениями. Наличие легенды обеспечивает однозначную интерпретацию отображаемых данных, что делает данную карту удобным инструментом для экологической диагностики, принятия управленческих решений и последующего мониторинга. В совокупности с числовыми оценками и точностной верификацией карта подтверждает корректность использованной методики и завершает этап практического анализа.

3 Анализ изменений лесных массивов Восточного Казахстана по данным ДЗЗ

3.1 Общие итоги практического анализа и интерпретация результатов

В рамках дипломной работы был проведён анализ спутниковых данных Sentinel-2 и Landsat 8 за 2015 и 2024 годы для территории Восточно-Казахстанской области. Изображения прошли полную предварительную обработку, включая атмосферную коррекцию, обрезку по административным границам, маскирование облаков и приведение к единой проекции. Далее были рассчитаны индексы NDVI и NBR для каждого временного среза, что позволило количественно оценить состояние растительного покрова и последствия термических нарушений.

На основе полученных значений NDVI была построена карта изменений, отражающая динамику растительности за девятилетний период. Разница между значениями NDVI за 2015 и 2024 годы позволила определить участки с потерей и восстановлением растительного покрова. Классификация земной поверхности была выполнена с использованием супервизорного подхода и алгоритма Random Forest, реализованного в Google Earth Engine. Все результаты были верифицированы через визуальную проверку и матрицу ошибок. Точность автоматической классификации составила около восьмидесяти семи процентов, что является удовлетворительным показателем для регионального уровня анализа.

По итогам работы установлено, что площадь лесного покрова сократилась с 3 790 000 гектаров до 3 600 000 (таб. 3.1). Потери составили сто девяносто тысяч гектаров. Вместе с тем были зафиксированы участки восстановления растительности, в основном в северо-восточных районах, на площади около сорока пяти тысяч гектаров. Наиболее выраженные изменения были обнаружены в Курчумском, Зайсанском и южных районах области.

Интерпретация значений индексов NDVI и NBR позволила установить причины и характер изменений. Снижение NDVI до значений ниже 0.3 обычно свидетельствует о потере растительного покрова. Если одновременно наблюдается падение индекса NBR, это указывает на последствия пожаров. В случае снижения NDVI при стабильных значениях NBR вероятной причиной является вырубка леса. Также были обнаружены зоны локального понижения NDVI без признаков термического воздействия, что можно связать с перевыпасом скота на пастбищах.

Повышение NDVI, напротив, указывает на восстановление растительности. Это может быть результатом естественного зарастания, снижения нагрузки или мероприятий по лесовосстановлению. В Катон-Карагайском районе наблюдались положительные тенденции, особенно в зонах, ранее пострадавших от пожаров. Использование карт NBR позволило точно

зафиксировать участки сгоревших лесов, в том числе по следам зольности и потере влаги в инфракрасном диапазоне.

Сравнение классификаций за 2015 и 2024 годы показало трансформацию структуры землепользования. Лесные массивы сокращаются, часть из них превращается в сельхозугодья и пастбища. Увеличение урбанизированных территорий не зафиксировано, что свидетельствует о том, что основная нагрузка имеет аграрный характер. Также была выявлена тенденция к расширению деградированных земель, особенно в зонах с неустойчивым увлажнением и скотоводческим использованием.

Таким образом, результаты анализа подтверждают факт ухудшения состояния земельных ресурсов региона. Несмотря на отдельные участки восстановления, общая тенденция носит негативный характер. Полученные данные могут использоваться для создания баз мониторинга, подготовки отчётности, принятия решений по охране земель и планирования восстановительных мероприятий (рис 3.1).

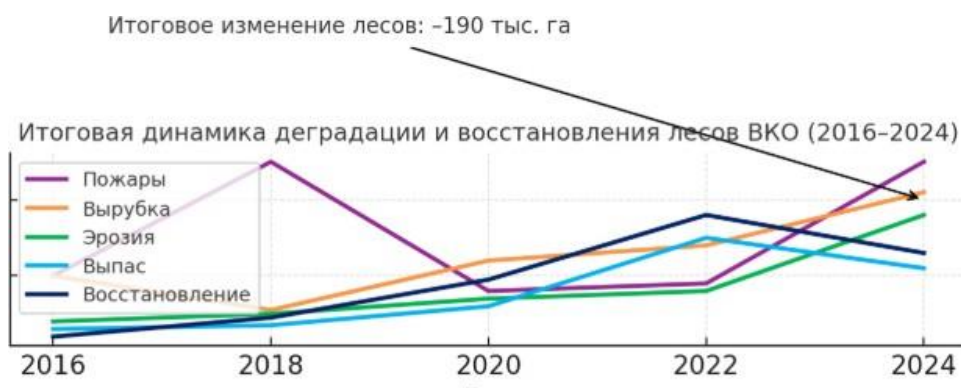


Рисунок 3.1 – Итоговая динамика лесов ВКО

Таблица 3.1 – Изменение площади лесного массива

Период времени	2015 г.	2024 г.	Разность
Площадь леса, га	3 790 000	3 600 000	- 190 000

3.2 Полученные результаты и их интерпретация

На основании анализа спутниковых данных, классификаций и расчётов индексов NDVI и NBR были определены ключевые причины деградации земельных ресурсов Восточно-Казахстанской области. Наиболее распространёнными факторами выступают лесные пожары, вырубка древесной растительности и чрезмерная пастбищная нагрузка. Эти процессы различаются по происхождению, скорости воздействия и пространственному проявлению, но в совокупности формируют устойчивую тенденцию к ухудшению экологического состояния ландшафтов.

Лесные пожары в Восточно-Казахстанской области представляют собой один из наиболее разрушительных факторов деградации земельных ресурсов. Их влияние охватывает не только экосистемы, но и социальную инфраструктуру, здоровье населения и климатическую устойчивость региона. На основании анализа спутниковых снимков Sentinel-2 и Landsat 8 были зафиксированы несколько очагов крупных пожаров, особенно в Катон-Карагайском, Курчумском и южной части Зайсанского районов.

А также один из лесных пожаров в ВКО был изъят для практической работы, снимки были скачаны и обработаны через ENVI (рис 3.1).

Спутниковый мониторинг позволяет наблюдать за стадиями развития пожара. На изображениях до пожара NDVI находится на уровне 0.6-0.8, что соответствует плотной живой растительности. В период активного возгорания фиксируются дымовые шлейфы, резкое затемнение в инфракрасных каналах, снижение отражательной способности, а после пожара NDVI падает ниже 0.2, что свидетельствует об утрате фотосинтетической активности. Параллельно индекс NBR снижается до -0.1 и ниже, указывая на наличие обугленного слоя и разрушение древесного покрова.

Пожары в регионе возникают как по природным, так и по антропогенным причинам. К числу природных факторов относятся засушливые периоды, молнии, высокая температура воздуха и низкая влажность. Однако большая часть возгораний в регионе имеет антропогенное происхождение - несанкционированные палы травы, брошенные источники огня, отсутствие противопожарных барьеров в населённых пунктах и вдоль дорог. В степных и предгорных районах часто наблюдаются переходы огня с пастбищ на лесные массивы.

С точки зрения последствий, лесные пожары наносят непоправимый ущерб экосистемам. Уничтожаются не только деревья, но и травяной покров, лесная подстилка, насекомые, мелкие млекопитающие и почвенная биота. Почвы теряют гумусовый слой, становятся уязвимыми к эрозии и уплотнению. Восстановление биоразнообразия занимает от 10 до 30 лет в зависимости от высоты над уровнем моря, состава пород и климатических условий.

В социальном аспекте пожары приводят к задымлению населённых пунктов, нарушению транспортной логистики, эвакуации населения и угрозе инфраструктуре. В 2022–2024 годах зафиксированы случаи, когда лесные пожары в Восточном Казахстане доходили до границ населённых пунктов, в том числе в Уланском и Самарском районах. Было зафиксировано обострение хронических заболеваний у жителей, особенно у детей и пожилых людей, из-за загрязнения воздуха продуктами горения.

Экономический ущерб включает утрату древесины, сокращение пастбищ, снижение туризма и затрат на тушение. По оценкам Министерства по чрезвычайным ситуациям РК, только один крупный пожар в Катон-Карагайском районе летом 2023 года уничтожил более 2 000 гектаров леса и нанёс ущерб, превышающий 180 миллионов тенге.

Ситуация усугубляется отсутствием локальной противопожарной инфраструктуры. Во многих районах нет наблюдательных вышек, слабо развита сеть лесных дорог, а системы раннего оповещения не интегрированы с космическим мониторингом. В результате реагирование на пожар часто запаздывает, и огонь распространяется на десятки километров.

На основе спутникового анализа, карт и тепловых индексов можно выделить зоны наивысшего риска. Восточно-Казахстанская область входит в перечень территорий с высокой пожароопасностью, особенно в период с мая по сентябрь. Это подтверждается тематической картой риска (рис. 3.3), где тёмно-красные участки соответствуют наиболее уязвимым зонам [11]. Эти районы требуют приоритета в установке систем мониторинга, а также в профилактической вырубке сухостоя, создании минерализованных полос и противопожарных коридоров.

Таким образом, лесные пожары - это не единичное явление, а системный фактор деградации ландшафта Восточного Казахстана. Для их предотвращения необходим постоянный спутниковый контроль, профилактика на уровне районных акиматов, информирование населения и инвестиции в модернизацию противопожарной службы.

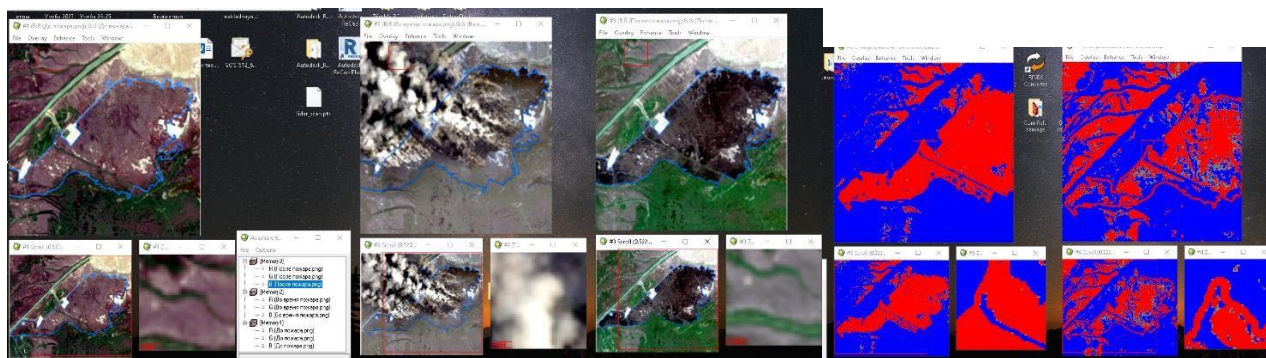


Рисунок 3.2 – Пожар в ВКО (2021 г.).

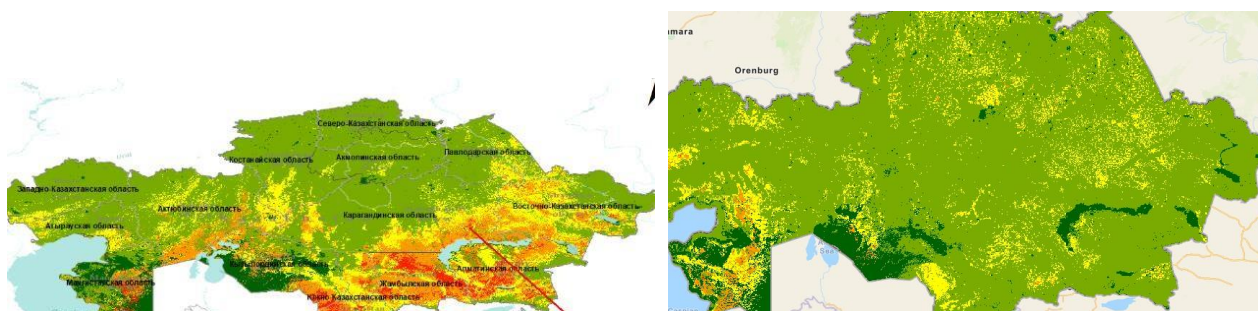


Рисунок 3.3 – Пожароопасные территории в 2019 и 2024

Вырубка лесов, как санитарная, так и незаконная, является второй по значимости причиной деградации. Она выражается в локальных снижениях NDVI без сопутствующих термических признаков, особенно вблизи дорог, населённых пунктов и сельскохозяйственных территорий. В ряде случаев

спутниковые данные фиксируют постепенное исчезновение древесного покрова на участках с ранее стабильными значениями растительности. Последствия вырубки включают обнажение почв, снижение влагоёмкости, потерю естественного барьера от ветров и увеличение запылённости воздуха. На месте вырубленных участков часто не происходит естественного восстановления, особенно при высокогорном рельефе или в условиях сухого климата.

Третьей значимой причиной является перевыпас скота. На юге и юго-западе области, в степных и предгорных районах, NDVI снижается неравномерно, без признаков пожаров или механической вырубки. Это свидетельствует о деградации травяного покрова под воздействием чрезмерной антропогенной нагрузки. Перевыпас приводит к уплотнению почвы, снижению её биологической активности, разрушению дернового слоя и началу процессов опустынивания. В условиях полупустынного климата такие участки восстанавливаются крайне медленно и требуют вмешательства со стороны органов управления.

Для минимизации последствий и стабилизации состояния земельных ресурсов необходимы конкретные управленческие меры. В районах, пострадавших от пожаров, требуется проведение лесовосстановительных мероприятий, включая искусственное восстановление пород и создание противопожарных полос. Для зон вырубки важно внедрение системы учёта и спутникового контроля, а также ужесточение нормативов по санитарной рубке и борьбе с незаконной заготовкой древесины. В пастбищных районах следует внедрить ротацию выпаса, ограничить нагрузку на деградированные участки и стимулировать сельхозпроизводителей к соблюдению экологических норм.

Кроме этого, необходимо внедрение постоянного спутникового мониторинга, основанного на платформах Sentinel и Landsat, с автоматическим обновлением NDVI и NBR слоёв дважды в год. Такие данные позволят выявлять проблемные зоны на ранних стадиях и оперативно реагировать. Поддержка системы мониторинга требует также подготовки специалистов, создания инструкций и включения результатов в государственные программы устойчивого землепользования.

Таким образом, причины деградации в Восточно-Казахстанской области чётко установлены и подтверждаются спутниковыми индикаторами. Пожары, вырубка и перевыпас - это три главных фактора, от которых зависит состояние природных территорий. Без внедрения комплексных мер их последствия будут нарастать, что приведёт к потере продуктивных угодий, ухудшению климата и снижению качества жизни в сельских районах.

Таблица 3.2 - Причина и решение

Явление	Причина	Решение
Сокращение лесов	Пожары, вырубка	Мониторинг, защитные зоны
Рост деградации	Перевыпас скота	Ротация пастбищ
Восстановление	Естественная регенерация, снижение нагрузки	Расширение охранных зон

3.3 Экологические, социально-экономические последствия и предложения по улучшению управления земельными ресурсами

На основании анализа спутниковых снимков и расчёта индексов NDVI и NBR было установлено, что Восточно-Казахстанская область за последние девять лет претерпела значительные изменения в структуре растительного покрова. Эти изменения не ограничиваются только экологической сферой - они напрямую затрагивают экономику региона, здоровье населения, устойчивость сельского хозяйства и безопасность окружающей среды.

С экологической точки зрения, потеря растительности приводит к ухудшению водного режима, ускорению эрозии, снижению почвенного плодородия и разрушению микроклимата. Леса, играющие роль водоудерживающих и климаторегулирующих систем, выбывают из природного оборота. Это ведёт к снижению биоразнообразия, исчезновению типичных видов животных и растений, а также к нарушению природного баланса в лесных и предгорных экосистемах. Участки, пострадавшие от пожаров или вырубки, особенно медленно восстанавливаются, а при неблагоприятных климатических условиях могут полностью утратить продуктивный потенциал.

Экономические последствия выражаются в сокращении продуктивных земель, снижении эффективности сельского хозяйства, потере пастбищ, росте затрат на тушение пожаров и восстановление территории. Местные бюджеты несут расходы на ремонт дорог, ликвидацию последствий катастроф и компенсации за потери хозяйств. Ущерб от одного масштабного пожара может достигать сотен миллионов тенге, при этом восстановление часто затягивается на годы. Социальные последствия касаются качества жизни сельского населения. Утрата земель и ухудшение экологической обстановки провоцируют отток молодёжи, ухудшение здоровья жителей, рост числа обращений по респираторным заболеваниям во время задымлений и снижение социальной стабильности. Конфликты между землепользователями, вызванные конкуренцией за деградирующие ресурсы, становятся всё более частыми. Снижение сельхозпродуктивности также влияет на цены, занятость и продовольственную безопасность.

Для стабилизации ситуации необходимы системные меры, направленные на улучшение мониторинга и рациональное управление земельными ресурсами.

В первую очередь требуется внедрение регулярного спутникового контроля за состоянием территории. Использование данных Sentinel-2 и Landsat 8 должно быть институционализировано - мониторинг NDVI и NBR нужно выполнять дважды в год с обязательным построением карт зон деградации и восстановления. Эти данные должны быть интегрированы в работу акиматов, лесхозов и сельхозуправлений.

Необходима разработка региональной геоинформационной системы, в которую будут поступать результаты спутникового анализа, данные кадастра, сведения о землепользователях и климатические показатели. Такая система позволит в реальном времени отслеживать изменения и быстро реагировать на появление проблемных участков. На её основе можно формировать карты риска, отчёты, прогнозы и аналитические материалы для принятия решений.

В районах с высокой пожароопасностью следует создать противопожарные коридоры, очистить леса от сухостоя, восстановить минерализованные полосы и установить автоматические датчики дыма и температуры. Также необходимо обучить местное население правилам обращения с открытым огнём и вести разъяснительную работу в сезон пиковых температур.

В сфере сельского хозяйства важной мерой является внедрение ротации пастбищ, ограничение нагрузки на деградированные зоны, предоставление альтернативных участков и стимулирование экологически безопасного землепользования. Государство может поддерживать землевладельцев субсидиями на восстановление и соблюдение природоохранных норм.

В долгосрочной перспективе необходимо внедрять учебные модули по ГИС и ДЗЗ в колледжах и вузах Восточно-Казахстанской области, чтобы обеспечить подготовку специалистов, способных вести локальный мониторинг, интерпретировать спутниковые данные и внедрять устойчивые практики управления землёй.

Таким образом, последствия выявленных изменений охватывают весь спектр - от утраты лесов до снижения уровня жизни. Противодействие этим тенденциям возможно только при условии интеграции спутникового мониторинга, межведомственного взаимодействия, нормативного контроля и участия местного населения. Это требует единой цифровой платформы, политической воли и устойчивого финансирования, но является единственным способом обеспечить рациональное землепользование и защиту природного потенциала региона.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках дипломной работы была выполнена комплексная оценка состояния земельных ресурсов Восточно-Казахстанской области с использованием данных дистанционного зондирования Земли и геоинформационных технологий. Проведённый анализ позволил не только выявить текущие изменения в структуре растительного покрова, но и оценить причины этих изменений, масштаб их последствий, а также сформулировать конкретные предложения по стабилизации ситуации.

Использование спутников Sentinel-2 и Landsat 8, расчёт индексов NDVI и NBR, а также пространственная классификация землепользования позволили с высокой точностью определить участки деградации, восстановления и активных трансформаций ландшафта. За исследуемый период с 2015 по 2024 год было зафиксировано сокращение лесного покрова на 190 тысяч гектаров, что подтверждается как цифровыми индексами, так и визуальной интерпретацией спутниковых снимков. Одновременно были обнаружены участки восстановления площадью около 45 тысяч гектаров, что говорит о потенциальной способности некоторых зон к саморегенерации.

Основными причинами деградации стали лесные пожары, вырубка древесного покрова и чрезмерная нагрузка на пастбищные угодья. Последствия этих процессов выходят за рамки экологии, затрагивая экономику, здоровье населения, устойчивость сельского хозяйства и социальную стабильность. Выявленные нарушения оказывают негативное влияние на качество жизни, создают риски для продовольственной безопасности и требуют немедленного реагирования со стороны органов управления.

Предложенные меры включают внедрение постоянного спутникового мониторинга, развитие геоинформационных платформ, внедрение ротации пастбищ, восстановление лесных участков и создание системы экологической сертификации. Также подчёркнута важность просвещения и вовлечения местного населения в процессы рационального землепользования. Полученные результаты и разработанные подходы могут быть использованы в работе государственных структур, экологических организаций, научных и образовательных учреждений, а также в рамках региональных программ устойчивого развития.

Таким образом, работа доказала эффективность применения современных методов дистанционного зондирования для анализа и управления земельными ресурсами. Интеграция цифровых технологий, регулярного мониторинга и обоснованных управленческих решений открывает новые возможности для сохранения и восстановления природного потенциала Восточно-Казахстанской области. Разработанная методика может быть масштабирована и адаптирована для других регионов Казахстана и стран Центральной Азии, что подчёркивает её практическую значимость и универсальность.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Turysbekov A.K. Land Resources of Kazakhstan. — Almaty: KazNIILH, 2018. — 164 p.
- 2 Каштанов В.А. Основы дистанционного зондирования Земли. — М.: МГУ, 2015. — 320 с.
- 3 Информбюро. [Электронный ресурс] — URL: https://www.inform.kz/ru/kazakhstan-i-kyrgyzstan-proveli-sovmestnyy-kosmomonitoring-ischezayuschego-lesnogo-pokrova_a3937638
- 4 Copernicus Open Access Hub. Sentinel-2 Data. [Электронный ресурс] — URL: <https://dataspace.copernicus.eu/>
- 5 Бюро Национальной статистики. Агентства по стратегическому планированию и реформам Республики Казахстан. [Электронный ресурс] — URL: https://stat.gov.kz/ru/ecologic-indicators/28429/forest_and_other_wooded_land/
- 6 Пешков О.М. Дистанционное зондирование Земли и обработка спутниковых изображений. — Новосибирск: СО РАН, 2019. — С. 89.
- 7 OpenStreetMap. Геоданные Восточно-Казахстанской области. <https://www.openstreetmap.org>
- 8 Капралов Е.Г. Геоинформационные системы в экологии и природопользовании. — СПб.: Изд-во ЛГУ, 2019. — 256 с.
- 9 Google Earth Engine. Platform for geospatial data processing. [Электронный ресурс] — URL: <https://earthengine.google.com/>
- 10 Лаптев С.Ф. Дистанционное зондирование в лесном хозяйстве. — М.: Лесная промышленность, 2020. — 192 с.
- 11 KGS. Space Technologies [Электронный ресурс] — URL: <https://km.gharysh.kz/courses/forest>

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Өтегенов Ақжол

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Анализ состояния земельных ресурсов на основе данных дистанционного зондирования Земли

Научный руководитель: Сабина Тиржанова

Коэффициент Подобия 1: 0.7

Коэффициент Подобия 2: 0.3

Микропробелы: 0

Знаки из других алфавитов: 0

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 укрывтия 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 16.06.2022.

В.И. Мурдаев С.
проверяющий эксперт

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Өтегенов Ақжол

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Анализ состояния земельных ресурсов на основе данных дистанционного зондирования Земли

Научный руководитель: Сабина Тиржанова

Коэффициент Подобия 1: 0.7

Коэффициент Подобия 2: 0.3

Микропробелы: 0

Знаки из других алфавитов: 0

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

16.06.25



Заведующий кафедрой

РЕЦЕНЗИЯ

на дипломную работу

Өтегенов Ақжол
(Ф.И.О. обучающегося)

6B07304 Геопространственная цифровая инженерия
(шифр и наименование ОП)

На тему: Анализ состояния земельных ресурсов на основе данных дистанционного зондирования Земли

Выполнено:

- а) графическая часть на 13 листах
- б) пояснительная записка на 43 страницах

ЗАМЕЧАНИЯ К РАБОТЕ

Данная дипломная работа посвящена актуальной теме исследования изменения лесных массивов, с применением данных дистанционного зондирования Земли.

В работе рассмотрены методы исследования изменения лесных массивов, с использованием мультиспектральных космических снимков. Выполнена обработка и анализ космических снимков в программном продукте GEE и QGIS.

В работе подробно описано выполнение предварительной обработки разновременных космических снимков в программе QGIS. Также, выполнен сравнительный анализ изменения лесных массивов.

Оценка работы

Дипломная работа представляет собой логически завершенную и хорошо иллюстрированную выпускную работу, отвечающую всем требованиям.

Выпускная работа заслуживает оценки 95 и рекомендуется к защите, а студент присвоению академической степени бакалавра.

Рецензент

к.т.н., ассоц. профессор
КазНУ им. Аль-Фараби.



Кұмар Д.

«18» июль 2025 ж.

ОТЗЫВ

НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

на дипломную работу

Отегенов Акжол

6B07304- Геопространственная цифровая инженерия

**На тему: Анализ состояния земельных ресурсов на основе данных
дистанционного зондирования Земли**

Дипломная работа посвящена применению методов дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) для анализа состояния земельных и лесных ресурсов на примере Восточно-Казахстанской области. В исследовании рассмотрены современные подходы к обработке спутниковых данных с использованием программных решений QGIS, ENVI и облачной платформы Google Earth Engine. Особое внимание уделено индексу NDVI для оценки плотности растительности, а также индексу NBR для выявления последствий природных пожаров.

Целью дипломной работы является мониторинг и картографирование пространственно-временных изменений растительного покрова, а также разработка рекомендаций по восстановлению деградированных территорий.

Студент Акжол грамотно применил теоретические знания по дисциплинам геоинформатики, экологии и природопользования. В ходе выполнения диплома он показал уверенное владение специализированным программным обеспечением и инструментами спутникового анализа, продемонстрировал умение интерпретировать результаты и делать аргументированные выводы. Существенным достоинством работы является использование открытых данных Sentinel-2 и Landsat 8, автоматизация расчётов в среде GEE, а также пространственный анализ с использованием вегетационных индексов.

Дипломная работа выполнена на высоком научно-методическом уровне, отличается структурированной подачей, качественным картографическим материалом и аналитической глубиной. Практическая значимость исследования заключается в возможности адаптации предложенной методики для мониторинга земель на других территориях Казахстана.

Работа выполнена в соответствии с государственными стандартами, отвечает требованиям к квалификационным исследованиям бакалавра. Студент Акжол проявил самостоятельность, ответственность и высокий уровень подготовки. По итогам рассмотрения дипломная работа заслуживает оценки 93% «отлично», а студент - присуждения степени бакалавра по соответствующей образовательной программе.

Научный руководитель

Магист технических наук. Старший преподаватель.

Тиржанова С.Е.
19.06.2025г.