

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

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

Горно-металлургический институт имени А.О. Байконурова

Кафедра «Маркшейдерское дело и геодезия»

Разикова Сурия Галимжановна

Мониторинг сельскохозяйственных угодий Жетысуской области по данным космической
съемки

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

6B07303 – Геопространственная цифровая инженерия

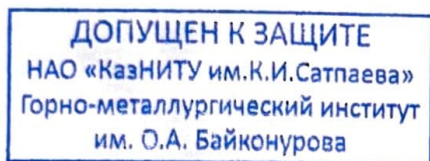
Алматы 2025

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

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

Горно-металлургический институт имени А.О. Байконурова

Кафедра «Маркшейдерское дело и геодезия»



ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ

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

Г.Мейрамбек

« 12 » июня 2025 г.

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

На тему: «Мониторинг сельскохозяйственных угодий Жетысуской области по данным космической съемки »

6B07303 – Геопространственная цифровая инженерия

Выполнил

Разикова С.Г.

Рецензент

к.т.н., ассоц. профессор, МОК
Кузнецова И.А.

« 2 » 06 2025 г.

Научный руководитель
к.т.н., ассоц. профессор

Мадимарова Г.С.

« 2 » июня 2025 г.

Алматы 2025

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

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

Горно-металлургический институт имени О.А.Байконурова

Кафедра «Маркшейдерское дело и геодезия»

6B07303 – Геопространственная цифровая инженерия

УТВЕРЖДАЮ

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

 .Г.Мейрамбек

«июня» 2025 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломной работы

Обучающемуся Разиковой С.Г.

Тема: «Мониторинг сельскохозяйственных угодий Жетысуской области по данным космической съемки»

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

Срок сдачи законченной работы « 2 » июня 2025г.

Исходные данные к дипломной работе: Материал, накопленный во время производственной практики, и данные лекций

Краткое содержание дипломной работы: _

- а) Провести анализ доступных источников спутниковых данных (Landsat)
- б) Составить классификационную карту сельскохозяйственных угодий региона.
- в) Рассчитать и проанализировать индексы растительности (NDVI, GNDWI и др.).
- с) Оценить изменения землепользования за заданный период.

Перечень графического материала: представлены 16 слайдов презентации работы

Рекомендуемая основная литература:

1 Министерство сельского хозяйства Республики Казахстан. Государственная программа развития агропромышленного комплекса Республики Казахстан на 2021–2025 годы - Астана, 2021

2 Лопатин Н В. Дистанционное зондирование Земли: учебное пособие. – М.: МГУ, 2020. – 304 с.

3 Бондаренко, О.Г., Мельник, Д.В. Анализ вегетационных индексов на основе данных Landsat. - «Геоинформатика», 2021, № 2(59), с. 45–52.

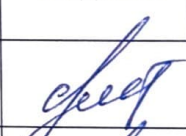
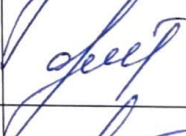
ГРАФИК

подготовки дипломной работы

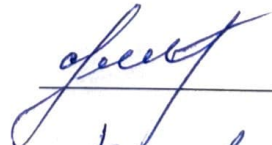
Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
Анализ сельскохозяйственных земель Жетысуской области	27.02.2025	-
Состояние сельскохозяйственных земель с применением космических снимков	19.03.2025	-
Применение спутниковых данных для наблюдения за сельскохозяйственными угодьями Жетысуской области	09.04.2025	-

Подписи

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

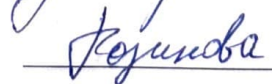
Наименования разделов	Консультанты, И.О.Ф.(уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Анализ сельскохозяйственных земель Жетысуской области	Г.С. Мадимарова к.т.н. ассоц. профессор	28.04.25	
Состояние сельскохозяйственных земель с применением космических снимков	Г.С. Мадимарова к.т.н. ассоц. профессор	5.05.25	
Применение спутниковых данных для наблюдения за сельскохозяйственными угодьями Жетысуской области	Г.С. Мадимарова к.т.н. ассоц. профессор	30.05.25	
Норм контролер	Г.С. Мадимарова к.т.н. ассоц. профессор	02.06.25	

Научный руководитель



Мадимарова Г.С.

Задание принял к исполнению обучающийся



Разикова С. Г.

Дата

«30» мая 2025 г

АНДАТПА

Бұл Бұл дипломдық жұмыста Жетісу облысындағы ауыл шаруашылығы алқаптарын мониторингілеу үшін спутниктік деректерді қолдану мүмкіндігі зерттеледі. Зерттеу нысаны ретінде Жетісу облысы аумағында орналасқан ауыл шаруашылығы мақсатындағы жерлер алынды.

Спутниктік суреттерді қолдану аграрлық аумақтардың жай-күйін жүйелі түрде бақылауға, жер пайдалану құрылымындағы өзгерістерді уактылы анықтауға және өсімдіктер жамылғысының жағдайы туралы объективті мәліметтер алуға мүмкіндік береді.

Дипломдық жұмыстың негізгі мақсаты – 2014 жылдан 2022 жылға дейінгі кезеңді қамтитын спутниктік бейнелерді пайдалана отырып, Жетісу облысындағы ауыл шаруашылығы алқаптарының сапалық сипаттамаларындағы және өсімдік жамылғысының тығыздығындағы өзгерістерді анықтау.

АННОТАЦИЯ

В данной дипломной работе исследуется возможность применения космических данных для мониторинга сельскохозяйственных угодий в Жетысуской области. Объектом исследования являются земли сельскохозяйственного назначения, расположенные на территории Жетысуской области.

Применение космических снимков позволяет осуществлять систематическое наблюдение за состоянием аграрных территорий, своевременно выявлять изменения в структуре землепользования и получать объективные сведения о состоянии растительного покрова.

Основная цель дипломной работы заключается в определении изменений в качественных характеристиках сельхозугодий и плотности растительности на территории Жетысуской области с использованием спутниковых изображений, охватывающих период с 2014 по 2022 годы.

ANNOTATION

This thesis explores the potential of using satellite data for monitoring agricultural lands in the Zhetysu region. The object of the study is agricultural land located within the territory of the Zhetysu region.

The use of satellite imagery enables systematic observation of the condition of agricultural areas, timely detection of changes in land use structure, and the acquisition of objective information about the state of vegetation cover.

The main objective of this thesis is to identify changes in the qualitative characteristics of agricultural land and vegetation density in the Zhetysu region using satellite images covering the period from 2014 to 2022.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	7
1 Анализ сельскохозяйственных земель Жетысуской области	8
1.1 Физико-географические и климатические особенности региона	8
1.2 Основные виды сельскохозяйственных угодий	12
1.3 Сложности и задачи сельского хозяйства региона	14
2 Состояние сельскохозяйственных земель с применением космических снимков	16
2.1 Подходы и способы наблюдения за сельскохозяйственными угодьями	16
2.2 Использование данных космической съемки для управления земельными ресурсами	17
2.3 Перспективные направления использования космических снимков.	19
3 Применение спутниковых данных для наблюдения за сельскохозяйственными угодьями Жетысуской области	22
3.1 Определение индикаторов растительности и выбор программных средств для анализа	22
3.2 Расчет вегетационных индексов для оценки состояния почвы и растительного покрова	24
3.3 Сравнительный анализ индексов	27
Заключение	36
Список используемой литературы	37

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время внедрение передовых технологий и инновационных решений в сельское хозяйство играет ключевую роль в эффективном управлении и развитии аграрной отрасли. Одним из таких инструментов является применение спутниковых данных для мониторинга сельскохозяйственных земель. Это позволяет оперативно получать точную и актуальную информацию о состоянии почвы и динамике использования земельных ресурсов.

Жетысуская область, расположенная на юго-востоке Казахстана, образованная в июне 2022 года путём выделения её из состава Алматинской области. Административный центр – город Талдыкорган, является важным регионом сельского хозяйства.

В этом регионе активно развивается многопрофильное сельскохозяйственное производство, охватывающее выращивание зерновых, овощных и плодовых культур, а также разведение сельскохозяйственных животных. Контроль и наблюдение за состоянием сельскохозяйственных земель играют важную роль в повышении эффективности землепользования, увеличении урожайности и оптимизации производственных процессов.

Применение спутниковых снимков для мониторинга сельскохозяйственных угодий открывает широкие возможности для сбора данных о состоянии растительности, анализа почвенных свойств, оценки уровня увлажненности и других важных параметров, необходимых для эффективного управления земельными ресурсами.

Цель данной дипломной работы заключается в оценке изменения урожайности Жетысуской области за период 2022 по 2025 год, по данным ДЗЗ и установить динамику изменения. Данная дипломная работа направлена на исследование и оценку состояния сельскохозяйственных земель Жетысуской области с применением данных спутникового мониторинга. Основная задача исследования заключается в анализе динамики изменений почвенного покрова, выявлении уровня загрязнения и процессов эрозии, а также в оценке пригодности земель для эффективного сельскохозяйственного использования.

1 Анализ сельскохозяйственных земель Жетысуской области

1.1 Физико-Географические особенности области

Жетысуская область, расположенная на юго-востоке Казахстана, обладает разнообразным почвенным покровом и земельными ресурсами, что создаёт благоприятные условия для развития сельского хозяйства (рисунок 1).

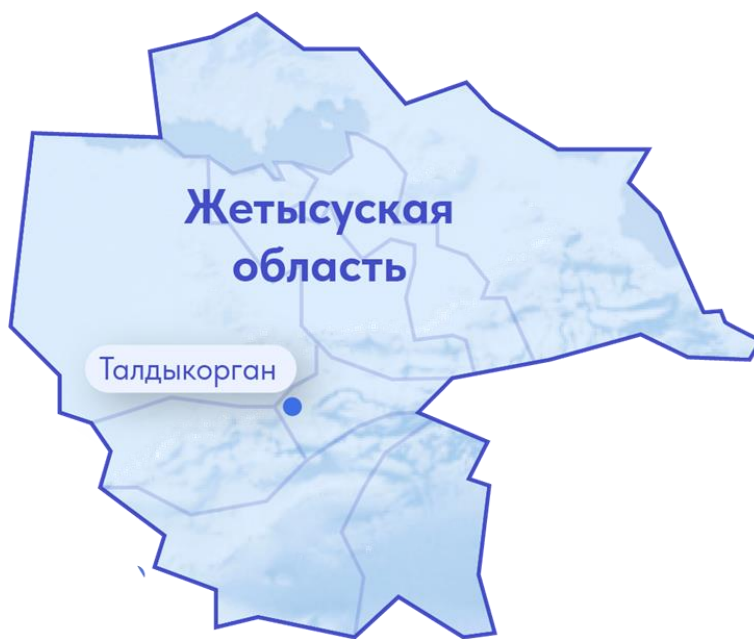


Рисунок 1 – Карта Жетысуской области

Благодаря выгодному географическому положению, климатическим условиям и наличию ирригационных систем, область имеет потенциал для расширения посевных площадей и увеличения объемов сельскохозяйственного производства. Развитие инфраструктуры, внедрение современных агротехнологий и привлечение инвестиций играют ключевую роль в повышении эффективности аграрного сектора региона. При этом государственная поддержка фермеров и повышение уровня цифровизации земельных кадастров позволяют более рационально использовать имеющиеся ресурсы. (таблица 1)

В северной части области преобладают бурые почвы с мощностью плодородного слоя 25-30 см. При правильном удобрении и орошении эти земли способны давать высокие урожаи. Южные районы характеризуются суглинистыми и серыми почвами, которые также подходят для сельскохозяйственного использования

Общая площадь Жетысуской области составляет около 11,8 млн га, из которых 4,4 млн га отведены под сельскохозяйственные нужды. В регионе зарегистрировано более 18 тысяч сельскохозяйственных субъектов, что свидетельствует о высокой активности в аграрном секторе. Несмотря на потенциал, значительная часть сельскохозяйственных земель остается

неиспользуемой. В 2022 году было выявлено около 100 тыс. га таких земель, половина из которых уже возвращена в государственную собственность. Особенно остро проблема стоит в Аксуском районе, где не используется свыше 219 тыс. га пастбищных угодий, что составляет четверть территории области.

Таблица 1 – Категория земель

Категория земель	Площадь (млн га)	Доля (%)
Земли сельскохозяйственного назначения	116,5	44,3
Земли лесного фонда	22,9	8,7
Земли водного фонда	4,1	1,6
Земли особо охраняемых природных территорий, оздоровительного, рекреационного и историко-культурного назначения	7,7	2,8
Земли населенных пунктов, промышленности, транспорта, связи, обороны и иного несельскохозяйственного назначения	118,3	43,4
Земли запаса	2,7	1,0
Итого	272,5	100

Анализ распределения земельного фонда Республики Казахстан по категориям позволяет получить объективное представление о приоритетах в использовании территории страны. Земельный ресурс является одним из ключевых факторов устойчивого развития экономики, природоохранной политики и регионального планирования.

Наибольшую долю в структуре занимают земли сельскохозяйственного назначения – 116,5 млн гектаров, что составляет 44,3% от общего объема. Этот показатель свидетельствует о высоком значении аграрного сектора для национальной экономики. Сельскохозяйственные земли охватывают пашню, пастбища, сенокосы, многолетние насаждения и залежи, что обеспечивает как растениеводство, так и животноводство.

Почти равную долю – 43,4% – занимают земли, используемые под нужды населенных пунктов, промышленности, транспорта, обороны и иных несельскохозяйственных отраслей. Их площадь составляет 118,3 млн гектаров, что говорит о масштабной урбанизации, развитии промышленного потенциала и транспортной инфраструктуры страны. Это соотношение между аграрными и несельскохозяйственными землями указывает на сбалансированное территориальное развитие.

На третьем месте по площади находятся земли лесного фонда – 22,9 млн гектаров или 8,7% от общей территории. Леса выполняют важную функцию в поддержании экологического равновесия, водообеспечения, регулирования

климата и сохранения биоразнообразия. Несмотря на сравнительно небольшую долю, лесные земли требуют особо бережного отношения и активных мер по охране и восстановлению.

Земли водного фонда занимают 4,1 млн гектаров или 1,6%. Эти территории включают реки, озера, водохранилища, каналы и гидротехнические сооружения. В условиях климатических изменений и засушливых зон, характерных для значительной части Казахстана, значение водных ресурсов возрастает многократно. Эффективное управление этими землями – стратегическая задача государства.

Особо охраняемые природные территории, зоны отдыха, курорты и объекты историко-культурного значения охватывают 7,7 млн гектаров, что составляет 2,8%. Эти земли представляют высокую природную и культурную ценность. Они обеспечивают охрану экосистем, развитие экотуризма и поддержание национальной идентичности. Рост их доли в будущем может способствовать экологически ориентированному развитию регионов.

Земли запаса занимают всего 2,7 млн гектаров или 1,0%. Это земли, не вовлечённые в постоянное землепользование и находящиеся в распоряжении государства для перспективного распределения. Они могут быть перераспределены в любую другую категорию в зависимости от социально-экономических потребностей страны. Такие земли представляют резервный ресурс для будущих проектов в сельском хозяйстве, промышленности или строительстве.

Совокупная площадь земельного фонда Казахстана составляет 272,5 миллиона гектаров. Эта внушительная цифра подчёркивает значительный потенциал страны в плане развития различных секторов: от агропромышленного комплекса до транспортной и рекреационной инфраструктуры. При этом грамотное распределение и правовое регулирование всех категорий земель – ключевой элемент национальной политики.

Важно отметить, что соотношение между сельскохозяйственными и несельскохозяйственными землями практически равное, что требует особого внимания к вопросам баланса и устойчивого землепользования. Рост промышленных и городских территорий не должен происходить за счёт деградации сельхозугодий и природных зон.

Также необходимо усилить контроль за использованием лесного и водного фондов. Сохранение и рациональное использование этих территорий определяет экологическую безопасность и качество жизни населения. Государственная поддержка экологических программ и мелиоративных мероприятий должна быть системной и долгосрочной. (рисунок 2)

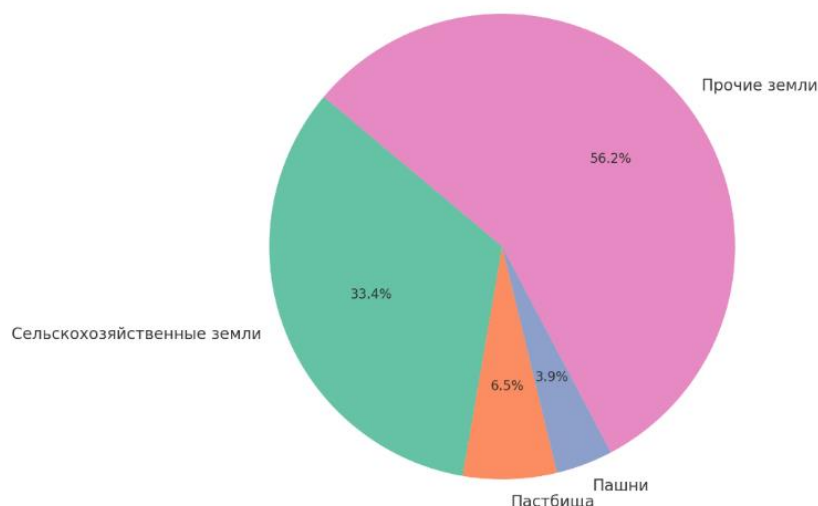


Рисунок 2 - Распределение земельного фонда Жетысуской области

Таким образом, представленная структура земельного фонда отражает реальные приоритеты в пространственном развитии Казахстана. Для устойчивого роста страны необходимо обеспечить комплексный подход к планированию, мониторингу и охране земель всех категорий. Только при сбалансированном землепользовании возможно гармоничное развитие экономики, социальной сферы и окружающей среды.

Распределение земельного фонда по категориям Жетысуской области (тыс. га) за 2022-2025 год

Данные о динамике общей площади сельскохозяйственных земель в Жетысуской области за период 2022–2025 годов можно отметить следующие тенденции:

-2022 год: в результате аэрокосмической инвентаризации было выявлено большое количество неиспользуемых сельскохозяйственных земель, из которых 857,2 тыс. га составляли пастбищные угодья. В течение года в оборот было возвращено 327 тыс. га пастбищ, а 128,5 тыс. га возвращены в государственную собственность.

-2023 год: На поддержку сельского хозяйства региона было выделено 29,9 млрд тенге, из которых 23,3 млрд тенге направлены на господдержку аграрного сектора. Площадь посевных земель увеличилась на 1,9 тыс. га, достигнув 519,2 тыс. га.

-2024 год: Общий объем инвестиций в агропромышленный комплекс региона составил 32 млрд тенге, включая 25,4 млрд тенге на субсидии. Площадь посевов сахарной свеклы увеличилась вдвое, достигнув 8,5 тыс. га.

-2025 год: В рамках реализации государственной программы по эффективному использованию земель был проведён дополнительный мониторинг, по результатам которого в оборот возвращено ещё 215 тыс. га

пастбищ. Увеличилось финансирование на мероприятия по мелиорации и восстановлению деградированных земель

1.2 Основные виды сельскохозяйственных угодий

Жетысуская область обладает разнообразными сельскохозяйственными угодьями, играющими ключевую роль в аграрном секторе региона.

Сельскохозяйственные угодья представляют собой земли, используемые для производства сельскохозяйственной продукции. В Республике Казахстан такие земли занимают значительную часть всей территории страны и имеют особое значение в формировании аграрной политики и обеспечении продовольственной безопасности.

Сельскохозяйственные угодья подразделяются на следующие основные виды: пашня, сенокосы, пастбища, многолетние насаждения и залежи. Каждый тип имеет своё функциональное назначение и особенности использования в зависимости от природных условий региона.

Пашни – земли, используемые для выращивания зерновых, овощных и технических культур. В 2022 году площадь посевов сельскохозяйственных культур в регионе составила около 517 тысяч гектаров, что почти вдвое больше по сравнению с предыдущим годом. В Казахстане пашня наиболее распространена в северных и центральных регионах, где климатические условия благоприятны для выращивания зерновых и технических культур.

Данные земли активно используются под пшеницу, ячмень, овёс, подсолнечник и картофель. Для эффективного использования пашни применяются агротехнические приёмы, внесение удобрений, севооборот и мелиорация. Пашня требует интенсивного использования техники и ресурсов, но обеспечивает высокую урожайность.

Сенокосы – угодья, предназначенные для заготовки сена, используемого в качестве корма для скота в зимний период. Такие угодья обычно располагаются в пойменных участках рек, на равнинах и в предгорьях.

Пастбища – земли, обеспечивающие выпас крупного рогатого скота, овец и коз. В 2022 году в результате аэрокосмической инвентаризации было выявлено 1 077,2 тысячи гектаров неиспользуемых сельскохозяйственных земель, из которых 857,2 тысячи гектаров составляли пастбищные угодья.

В зависимости от времени года пастбища делятся на зимние, весенние, летние и осенние. Чередование сезонных пастбищ позволяет сохранить продуктивность травяного покрова и избежать его деградации. Для рационального использования этих угодий применяются меры по орошению, борьбе с эрозией и пересеву кормовых трав.

Многолетние насаждения территории, занятые садами, виноградниками и ягодниками. В регионе активно развиваются садоводство и виноградарство, особенно выращивание яблонь и винограда.

Каждый из этих видов земель имеет свои особенности в использовании и

требует комплексного подхода к управлению, включая мониторинг состояния почв и применение современных технологий в сельском хозяйстве.

Залежные земли – это участки, ранее использовавшиеся под пашню, но временно выведенные из сельскохозяйственного оборота с целью восстановления плодородия. В течение нескольких лет они находятся без обработки, что способствует естественному возобновлению структуры почвы.

В Казахстане залежи распространены в регионах, подверженных эрозии и переутомлению земель. Государственные программы предусматривают мелиорацию таких участков и их поэтапное возвращение в активное землепользование.(рисунок 3)

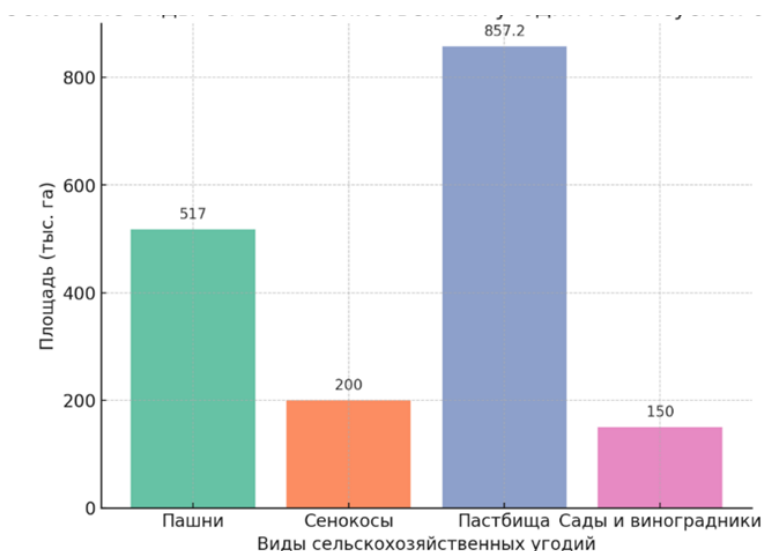


Рисунок 3 - Основные виды сельскохозяйственных угодий

Сельскохозяйственные угодья в Республике Казахстан составляют более 80% земельного фонда страны. Основу аграрного сектора составляет животноводство, однако растениеводство также активно развивается, особенно в регионах с благоприятным климатом и доступом к воде.

Для повышения эффективности использования угодий применяются современные технологии: спутниковый мониторинг, электронные карты полей, системы точного земледелия. Государство реализует меры по защите почв, предотвращению опустынивания и развитию орошаемого земледелия.

В целом, Жетысуская область обладает значительным потенциалом в сельском хозяйстве благодаря обширным сельскохозяйственным угодьям, разнообразию культур и наличию природных ресурсов. Это способствует развитию сельского хозяйства и обеспечению продовольственной безопасности региона.

Сельскохозяйственные угодья являются неотъемлемой частью земельного фонда Республики Казахстан и выполняют важную экономическую, социальную и экологическую функции. Их рациональное использование напрямую влияет на устойчивость аграрного сектора

Разнообразие видов угодий – пашни, пастбищ, сенокосов, многолетних насаждений и залежей – позволяет адаптировать сельское хозяйство к различным природно-климатическим условиям регионов Казахстана.

На современном этапе особое внимание уделяется вопросам восстановления деградированных земель, внедрению цифровых технологий, орошения и переходу к устойчивым формам земледелия. Эти меры позволяют повысить продуктивность сельскохозяйственных угодий, улучшить экологическое состояние почв и обеспечить долгосрочное развитие аграрного сектора.

Таким образом, грамотное управление сельскохозяйственными угодьями, их охрана и модернизация агротехнологий являются ключевыми условиями для эффективного землепользования и устойчивого развития сельского хозяйства в Казахстане.

1.3 Сложности и задачи сельского хозяйства региона

Жетысуская область обладает значительным аграрным потенциалом, однако развитие сельского хозяйства в регионе сопровождается рядом сложностей.

Сельское хозяйство Жетысуской области является одним из ключевых направлений в социально-экономическом развитии региона. Область обладает благоприятными природно-климатическими условиями, плодородными почвами, разветвлённой ирригационной системой и значительным аграрным потенциалом. Основными отраслями сельского хозяйства являются земледелие и животноводство, которые играют важную роль в обеспечении продовольственной безопасности как региона, так и страны в целом.

Однако, несмотря на потенциал, сельское хозяйство Жетысуской области сталкивается с рядом серьёзных трудностей. Одной из главных проблем остаётся изношенность и нехватка оросительных систем. Большая часть оросительных каналов и дренажных сетей построена ещё в советское время и сегодня требует срочной модернизации. Недостаток воды в период вегетации отрицательно сказывается на урожайности и устойчивости сельхозпроизводства.

Следующей значимой проблемой является изменение климата. Увеличение среднегодовых температур, снижение уровня осадков и учащение засух негативно влияют на состояние посевов и пастбищ. Истощение водных источников, особенно рек Или и Каратал, влияет на ирригационные системы. Это особенно остро отражается на мелких фермерских хозяйствах, у которых ограничены ресурсы для борьбы с последствиями климатических изменений. Требуется внедрение водосберегающих технологий и переход к более устойчивым агротехнологиям.

Немалую сложность представляет и нехватка квалифицированных кадров в аграрной отрасли. Молодёжь в большинстве своём уезжает в крупные города, оставляя села без перспективных специалистов. Это тормозит внедрение

инновационных подходов в земледелии и животноводстве. Для решения данной задачи необходимо развивать аграрное образование и обеспечивать социальную поддержку молодых специалистов в сельской местности.

Проблемой остаётся низкая техническая оснащённость хозяйств. Многие фермеры используют устаревшую технику, что снижает производительность труда и качество обработки почвы. При этом высокая стоимость современной сельхозтехники делает её малодоступной для большинства крестьянских хозяйств. Решением может стать государственная программа по субсидированию закупки техники и внедрению точного земледелия.

Животноводство, являющееся важной отраслью в регионе, также сталкивается с трудностями. Нехватка кормов, слабая инфраструктура содержания скота и низкий уровень ветеринарного обслуживания влияют на продуктивность и здоровье животных. Особенно остро стоит проблема зимовки скота, когда нехватка кормов приводит к массовому падежу.

Сбыт продукции - ещё одна болевая точка сельхозпроизводителей. Отсутствие эффективных каналов реализации, недостаточная логистика и зависимость от перекупщиков приводят к занижению цен на продукцию и снижению доходов фермеров. Развитие кооперации и цифровых торговых платформ может стать важным шагом в решении этой проблемы.

Также стоит отметить нехватку инвестиций в сельское хозяйство Жетысуской области. Местные фермеры сталкиваются с трудностями в получении кредитов из-за высоких процентных ставок и недостатка залоговой базы. Требуется активизация государственной и частной поддержки аграрного сектора, а также привлечение инвестиций через аграрные фонды и международные программы.

Одной из приоритетных задач остаётся улучшение инфраструктуры в сельской местности. Дороги, доступ к интернету, водоснабжение и энергетика напрямую влияют на эффективность сельхозпроизводства и качество жизни сельчан. Комплексное развитие сельской инфраструктуры является основой для устойчивого развития всей агропромышленной системы региона.

Важно отметить и задачу по сохранению плодородия почв. Чрезмерное использование удобрений, несоблюдение севооборота и эрозионные процессы угрожают агроэкосистемам. Повышение агроэкологической грамотности, внедрение органического земледелия и применение технологий почвосбережения становятся приоритетными направлениями.

Таким образом, сельское хозяйство Жетысуской области находится на перекрестке вызовов и возможностей. Несмотря на наличие проблем, регион обладает всеми ресурсами для их преодоления. Скоординированные усилия государства, аграриев и инвесторов могут дать импульс для устойчивого роста аграрного сектора, повышения продовольственной безопасности и улучшения качества жизни в сельских территориях.

Не менее важным является развитие кооперации между мелкими и средними фермерскими хозяйствами, что позволит повысить их конкурентоспособность.

2 Состояние сельскохозяйственных земель с применением космических снимков.

2.1 Подходы и способы наблюдения за сельскохозяйственными угодьями

Эффективное управление сельскохозяйственными угодьями невозможно без постоянного мониторинга их состояния. Современные методы наблюдения позволяют получать точные данные о почвенно-климатических условиях, динамике посевов, урожайности и других важных показателях. В зависимости от целей и доступных ресурсов используются различные подходы к контролю и анализу состояния земель.

Традиционные способы контроля за сельскохозяйственными угодьями основаны на визуальном осмотре и ручном сборе данных. Они включают полевые обследования, когда специалисты оценивают состояние растений и почвы, а также проводят анализ на наличие вредителей или заболеваний.

Лабораторный анализ почвы применяется для определения содержания питательных веществ, кислотности, структуры, уровня засоления и других характеристик. Это позволяет точно подбирать удобрения и методы обработки почвы.

Агротехнические измерения это анализ влажности, температуры, плотности почвы и параметров роста растений с использованием приборов. Несмотря на точность, такие методы требуют много времени и ресурсов, что делает их малоприменимыми для больших территорий.

С развитием технологий всё большее значение приобретают дистанционные методы мониторинга. Они позволяют собирать информацию с больших площадей за короткое время, минимизируя физическое присутствие человека в полевых условиях.

Спутниковый мониторинг обеспечивает наблюдение за сельхозугодьями с орбиты. Спутники (Landsat, Sentinel, MODIS) фиксируют изменения в структуре почвы, растительности и влажности. Индексы NDVI позволяют отслеживать уровень фотосинтетической активности растений и прогнозировать урожайность.

Аэрофотосъёмка с дронов - ещё один современный метод. Дроны оснащаются высокоточными камерами и сенсорами, собирающими изображения и спектральные данные. С их помощью можно выявить переувлажнение, засуху, нехватку питания и другие аномалии в развитии культур.

Цифровые системы мониторинга включают использование геоинформационных технологий (ГИС), которые объединяют различные данные - от спутниковых снимков до климатических показателей. Это позволяет планировать посевные работы, рационально распределять ресурсы и оптимизировать севооборот.

Интернет вещей (IoT) применяется в виде датчиков, установленных непосредственно в полях. Эти устройства в режиме реального времени

отслеживают температуру, влажность, освещённость и передают данные в облачные системы, где они анализируются автоматически.

Искусственный интеллект (ИИ) и машинное обучение играют всё более важную роль. Они помогают обрабатывать большие объёмы информации, выявлять закономерности, строить прогнозы и предоставлять рекомендации по управлению урожайностью.

Особое значение в последние годы приобрёл прогностический мониторинг. Он позволяет моделировать будущие климатические условия и риски, связанные с урожайностью, благодаря чему аграрии могут заблаговременно адаптировать свою стратегию.

Интеграция всех вышеуказанных методов в единую систему мониторинга позволяет реализовать стратегию точного земледелия. Это современный подход, сочетающий эффективность, экономичность и экологическую устойчивость.

Современные методы наблюдения за сельхозугодьями позволяют принимать обоснованные управленческие решения, минимизировать потери урожая и обеспечить рациональное использование ресурсов. Благодаря цифровизации и автоматизации агропроизводства возрастает его устойчивость и конкурентоспособность.

2.2 Использование данных космической съемки для управления земельными ресурсами.

Современные технологии дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) играют важную роль в эффективном управлении земельными ресурсами. Космическая съёмка предоставляет высокоточные и своевременные данные о состоянии почвы, структуре растительности, динамике посевов и водных объектов. Это позволяет более рационально планировать использование земель и своевременно реагировать на экологические и хозяйственные изменения.

Одним из главных преимуществ спутниковых наблюдений является способность охватывать обширные территории. Высокое пространственное и спектральное разрешение современных спутников даёт возможность точно отслеживать изменения в структуре земель, выявлять участки с деградацией почв, засолением, эрозией и другими проблемами. Кроме того, регулярные съёмки обеспечивают возможность построения временных рядов и прогнозирования долгосрочных тенденций.

Доступ к архивным спутниковым данным позволяет проводить ретроспективный анализ. Это особенно важно для оценки эффективности землепользования, последствий засух, изменения структуры посевов или восстановления растительности после техногенных или природных воздействий. Такие данные способствуют принятию решений, направленных на устойчивое развитие сельского хозяйства.

Использование спутников снижает потребность в трудоёмких и дорогих полевых исследованиях. Вместо длительных обследований, можно в течение

нескольких часов получить информацию о десятках тысяч гектаров земли. Кроме того, современные алгоритмы обработки данных позволяют анализировать полученные изображения в автоматическом режиме, ускоряя процессы планирования и мониторинга.

Среди ключевых направлений применения ДЗЗ в аграрной сфере выделяется мониторинг почвенно-растительного покрова. Спутниковые данные позволяют определять степень увлажнённости почвы, выявлять эрозионные участки, анализировать плодородие и классифицировать земли по степени пригодности для сельхозпроизводства. Это даёт возможность проводить обоснованный выбор культур и корректировать севооборот.

Для оценки продуктивности сельхозугодий активно используется спектральный индекс NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). Он отражает фотосинтетическую активность растений и позволяет прогнозировать урожайность. Долгосрочное наблюдение за динамикой NDVI помогает выявлять проблемные зоны и адаптировать агротехнологии к местным условиям.

Кроме того, спутниковые технологии играют важную роль в контроле за использованием земель. С их помощью можно выявить нарушения границ землевладений, факты незаконного землепользования, а также анализировать антропогенное воздействие на экосистему. Такие данные используются в том числе для кадастрового учёта и нормативного регулирования.

Ещё одно направление – прогнозирование и предупреждение рисков. Снимки со спутников позволяют заранее выявить очаги засух, потенциальные зоны подтоплений, опустынивания и распространения вредителей. Это существенно снижает потенциальные убытки фермеров и позволяет адаптировать агротехнические мероприятия.

Для обработки и анализа спутниковых данных применяются современные геоинформационные технологии (ГИС), облачные вычисления и алгоритмы машинного обучения. Платформы, такие как Google Earth Engine, обеспечивают доступ к большому объёму информации в реальном времени. Это делает мониторинг доступным даже для небольших хозяйств и фермерских кооперативов.

ГИС-системы (например, ArcGIS, QGIS) позволяют строить точные тематические карты, моделировать сценарии изменения землепользования, а также оптимизировать размещение посевов. Объединение геоданных с метеоинформацией и почвенными картами даёт комплексное представление о текущем состоянии агроэкосистем.

Искусственный интеллект и нейросети используются для автоматического распознавания объектов на снимках, выявления закономерностей, прогнозирования урожайности и других аналитических задач. Это значительно ускоряет процесс интерпретации данных и повышает точность агротехнических решений.

Интеграция данных ДЗЗ с датчиками, размещёнными непосредственно на полях (в рамках концепции «умного земледелия»), позволяет вести мониторинг

в режиме реального времени и оперативно корректировать процессы полива, удобрения или защиты растений.

Для детального мониторинга сельскохозяйственных угодий в Жетысуской области рекомендуется использовать данные, полученные с помощью спутника Landsat-8. Эта платформа обеспечивает съёмку с пространственным разрешением до 30 метров и охватывает широкий спектр длин волн, что делает её особенно полезной для аграрного анализа.

Спутник Landsat-8 оснащён двумя основными сенсорами: OLI (Operational Land Imager) и TIRS (Thermal Infrared Sensor), которые позволяют получать данные как в видимом, так и в инфракрасном диапазоне. Это даёт возможность анализировать температуру поверхности, выявлять переувлажнённые или засушливые участки, а также оценивать состояние растительности.

В период с 2014 по 2022 год Landsat-8 обеспечивал регулярную съёмку территории Жетысуской области. Использование ложных цветовых композиций (например, полосы 5-4-3) позволяет выделить активные зоны роста культур, а индекс NDVI помогает прогнозировать урожайность и выявлять участки с отклонениями от нормы.

Платформа Google Earth Engine предоставляет удобный доступ к архивным снимкам Landsat-8, что даёт возможность проводить сравнительный анализ за разные годы. Это особенно важно при разработке стратегий повышения продуктивности и оценки влияния климатических факторов на сельское хозяйство региона.

Таким образом, использование спутниковых данных Landsat-8 в Жетысуской области открывает широкие возможности для комплексного мониторинга сельскохозяйственных земель. Эти данные позволяют своевременно выявлять проблемы, повышать эффективность земледелия и обеспечивать устойчивое развитие аграрного сектора. Внедрение дистанционного зондирования в систему управления сельским хозяйством делает аграрное производство более современным, конкурентоспособным и экологически ответственным.

2.3 Перспективные направления использования космических снимков

Использование данных спутниковой съёмки становится неотъемлемой частью современных аналитических и управленческих процессов. Технологии дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) предоставляют актуальную, масштабную и точную информацию о состоянии природной среды и антропогенных объектов, что делает их востребованными в различных сферах деятельности.

Сельское хозяйство. Одной из ключевых сфер применения космических данных является аграрный сектор. Снимки с орбиты позволяют в режиме реального времени отслеживать состояние посевов, выявлять очаги засухи или

переувлажнения, диагностировать заболевания растений и определять фазу вегетации культур. Это повышает эффективность планирования, позволяет точно дозировать удобрения и орошение, снижает производственные издержки и минимизирует потери урожая.

Экология и природные ресурсы. Спутниковый мониторинг даёт возможность отслеживать состояние лесных массивов, болот, водоёмов и других природных экосистем. Он используется для выявления незаконной вырубki леса, загрязнения водных объектов, а также для оценки последствий стихийных бедствий. Космические снимки позволяют оперативно реагировать на экологические угрозы и разрабатывать стратегии по восстановлению окружающей среды.

Градостроительство и урбанистика. В городском планировании спутниковые изображения применяются для анализа плотности застройки, распределения зелёных зон, контроля за строительными работами и расширением инфраструктуры. На основе этих данных можно моделировать развитие территорий, прогнозировать транспортную нагрузку и выявлять несанкционированные постройки.

Геологоразведка. В сфере добычи полезных ископаемых дистанционное зондирование используется для картографирования потенциальных месторождений. С помощью анализа спектральных характеристик земной поверхности можно выявлять минералы, руды, нефтегазовые структуры. Это снижает затраты на предварительные исследования и повышает точность разведки.

Логистика и инфраструктура. Спутниковые данные способствуют оптимизации транспортных маршрутов, мониторингу состояния дорог, мостов и железнодорожных магистралей. Также их применяют при анализе трафика, оценке состояния дорожного полотна и планировании реконструкции объектов инфраструктуры.

Оборона и безопасность. В военной сфере спутниковые снимки служат для наблюдения за границами, мониторинга перемещения войск, выявления стратегических объектов. Они также помогают в борьбе с незаконной деятельностью - браконьерством, контрабандой, нелегальной вырубкой и добычей ресурсов.

Наука и образование. Учебные заведения и научные центры используют спутниковые данные в исследованиях по географии, климатологии, экологии, геологии и другим наукам. Эти материалы позволяют моделировать природные явления, анализировать глобальные климатические изменения и обучать студентов реальным примерам природных процессов.

Устойчивое развитие территорий. Одним из новых направлений является использование спутниковых данных для сохранения природного и культурного наследия. С их помощью можно отслеживать состояние национальных парков, охраняемых территорий, археологических зон, а также контролировать антропогенное воздействие на уникальные природные объекты.

Мониторинг климатических изменений. Космические технологии играют ключевую роль в изучении глобальных климатических процессов. С их помощью фиксируются масштабы таяния ледников, подъем уровня моря, расширение пустынных зон и миграция растительности. Эти данные служат основой для разработки климатических стратегий на уровне государств и международных организаций.

Аналитика для управления рисками. Использование спутниковых снимков в комплексной системе предупреждения и реагирования на чрезвычайные ситуации позволяет значительно сократить ущерб от природных и техногенных катастроф. Заблаговременное выявление угроз - оползней, наводнений, пожаров - даёт возможность эффективно распределять ресурсы и организовать эвакуационные мероприятия.

Экономическое планирование. В странах с большой территорией и разнообразным природным ландшафтом, таких как Казахстан, применение данных ДЗЗ даёт объективную картину использования земель. Это помогает не только в агросекторе, но и при разработке стратегий регионального развития, рационализации землепользования и реализации инвестиционных проектов.

Туристическая отрасль получает дополнительные возможности за счёт анализа спутниковых изображений. На основе данных ДЗЗ разрабатываются маршруты, оценивается привлекательность объектов, планируется размещение инфраструктуры с учётом природных ограничений и экологической устойчивости. Особенно актуально это направление в контексте развития экологического и этнотуризма.

Кадастровая и земельная политика также выигрывают от интеграции данных ДЗЗ. Космические снимки позволяют регулярно обновлять кадастровую информацию, контролировать изменения в использовании земель и выявлять случаи самовольного занятия территорий. Это способствует повышению прозрачности в сфере земельных отношений и снижению административной нагрузки.

Наконец, данные спутниковой съёмки становятся важным инструментом в сфере энергетики, в частности - при выборе оптимальных площадок для развития возобновляемых источников энергии. Моделирование солнечного и ветрового потенциала, оценка доступности территорий и мониторинг инфраструктуры позволяют более эффективно внедрять устойчивые энергетические решения.

Таким образом, технологии дистанционного зондирования Земли играют ключевую роль в обеспечении устойчивого развития, рационального природопользования и повышения эффективности управления на всех уровнях - от хозяйствующих субъектов до государственных и международных структур.

3 Применение спутниковых данных для наблюдения за сельскохозяйственными угодьями Жетысуской области

3.1 Определение индикаторов растительности и выбор программных средств для анализа

Понятие индикаторов растительности. Индикаторы растительности представляют собой расчетные показатели, используемые для оценки состояния растительного покрова. Они вычисляются на основе данных дистанционного зондирования Земли и позволяют анализировать плотность, здоровье и динамику растительности. Применение таких индексов актуально в сельском хозяйстве, экологии, лесном хозяйстве и мониторинге климатических изменений.

Одним из наиболее распространённых индексов является NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) - нормализованный вегетационный индекс. Он используется для количественной оценки фотосинтетической активности растительности, отражая её биологическое состояние. NDVI вычисляется на основе отражательной способности растительности в красном (RED) и ближнем инфракрасном (NIR) диапазонах. (формула 1)

$$NDVI = \frac{NDVI-RED}{NDVI+RED}(1)$$

Высокие значения NDVI (близкие к 1) соответствуют густой и здоровой растительности, низкие значения (менее 0,2) указывают на отсутствие растительного покрова или его плохое состояние.

SAVI – почвенно-корректированный индекс растительности. Индекс SAVI (Soil-Adjusted Vegetation Index) был разработан для уменьшения влияния почвенного фона, особенно в условиях редкой растительности и открытых почв. Он особенно актуален в засушливых и полузасушливых регионах, где открытая почва может искажать значения NDVI.

EVI (Enhanced Vegetation Index) - усовершенствованный индекс, устраняющий недостатки NDVI при анализе густой растительности, особенно в тропических регионах. NDWI (Normalized Difference Water Index) используется для оценки влажности растений и обнаружения водоёмов. MSAVI (Modified SAVI) автоматически подбирает значение L, что делает индекс более универсальным при анализе неоднородных территорий.

Расчет индексов в разные сезоны позволяет отслеживать сезонные изменения и выявлять тренды в развитии растительности. Это важно для своевременного реагирования на засухи, болезни растений или деградацию земель.

Данные с беспилотников могут дополнять спутниковые наблюдения, обеспечивая более высокое пространственное разрешение и оперативность. Такая интеграция усиливает точность и расширяет возможности мониторинга.

Индикаторы растительности являются ключевыми инструментами в экологическом мониторинге и управлении природными ресурсами. Их применение позволяет повышать урожайность, контролировать деградацию земель, разрабатывать стратегии устойчивого развития и адаптации к изменениям климата. Развитие программных средств и доступ к спутниковым данным делают анализ растительности доступным, точным и масштабируемым.

Области применения: Мониторинг засушливых территорий – позволяет оценивать состояние растительности в пустынных и степных зонах. Анализ сельскохозяйственных угодий – используется для оценки урожайности на полях с низкой плотностью посадки. Экологические исследования – помогает выявлять процессы деградации почв и опустынивания. Картографирование растительности – применяется для выделения зон с разреженной флорой.

Данные для расчета индекса доступны в спутниковых миссиях Landsat (Landsat-8, Landsat-9), Sentinel-2, MODIS (Terra и Aqua), а также в аэрофотоснимках и беспилотных летательных аппаратах (БПЛА).

SAVI является надежным инструментом для оценки состояния растительности в сложных природных условиях, обеспечивая точные данные для мониторинга экосистем и сельскохозяйственных угодий.

GNDVI (Green Normalized Difference Vegetation Index) – показатель, чувствительный к содержанию хлорофилла, используется для оценки продуктивности растений.

Программные средства для анализа. Для расчёта и интерпретации индикаторов растительности используются различные программные инструменты.

Современные геоинформационные и аналитические платформы предоставляют широкие возможности для обработки спутниковых данных и расчёта вегетационных индексов. Ниже представлены наиболее востребованные программные решения:

QGIS - это свободно распространяемая ГИС-платформа, предназначенная для работы с растровыми и векторными пространственными данными. Она поддерживает множество плагинов, включая модули для анализа спутниковых изображений, что делает её удобным инструментом для экологических и агрономических исследований.

ArcGIS - коммерческое программное обеспечение с мощным функционалом по визуализации, анализу и моделированию пространственных данных. Программа позволяет интегрировать спутниковые снимки различных форматов и проводить точный расчет вегетационных индексов.

Google Earth Engine (GEE) - облачная платформа, ориентированная на обработку больших массивов данных дистанционного зондирования. Поддерживает скриптовые языки JavaScript и Python, что позволяет автоматизировать вычисления и выполнять анализ на глобальном или локальном уровне.

ENVI - профессиональное средство для научной обработки многоспектральных и гиперспектральных изображений.

SNAP (Sentinel Application Platform) - специализированная программа, разработанная Европейским космическим агентством (ESA) для работы с данными спутников Sentinel. Поддерживает широкий спектр алгоритмов обработки изображений, включая коррекцию, калибровку и расчет индексов.

Выбор программного обеспечения зависит от конкретных задач, уровня подготовки специалиста и доступности спутниковых данных. Например, QGIS предоставляют бесплатный доступ и подходят для образовательных или научно-исследовательских целей. В то время как ArcGIS и ENVI применяются в проектах, требующих высокой точности и профессионального анализа. SNAP, в свою очередь, является оптимальным решением для пользователей, работающих с миссией Copernicus и спутниками серии Sentinel.

Применение соответствующего программного обеспечения в сочетании с вегетационными индексами позволяет эффективно проводить мониторинг сельскохозяйственных земель, выявлять зоны деградации экосистем и оценивать.

3.2 Расчет вегетационных индексов для оценки состояние почвы и растительного покрова

Индикаторы растительности представляют собой численные показатели, вычисляемые на основе спутниковых данных дистанционного зондирования, которые позволяют оценивать состояние растительного покрова на различных территориях. Эти индексы отражают плотность, здоровье и динамику растительности, что является ключевым для мониторинга экосистем, сельскохозяйственных угодий и лесных массивов.

Индикаторы растительности широко применяются в экологии, сельском хозяйстве, лесном хозяйстве и климатологии. Они позволяют выявлять стрессовые состояния растений, оценивать продуктивность почв, а также прогнозировать урожайность.

На сегодняшний день существует ряд онлайн-платформ, предоставляющих открытый доступ к спутниковым данным дистанционного зондирования Земли. К числу наиболее популярных ресурсов относятся:

1. NASA Earth Observing System Data and Information System (EOSDIS)
2. United States Geological Survey (USGS) Earth Explorer
3. European Space Agency (ESA) Copernicus Open Access Hub
4. Google Earth Engine (GEE)
5. Sentinel EO Browser

Эти ресурсы предоставляют широкий выбор спутниковых снимков, доступных для анализа в области сельского хозяйства, охраны окружающей среды, геологических и климатических исследований. В рамках данного анализа использовались изображения, полученные с платформы USGS Earth Explorer.

Источником данных послужили спутниковые снимки Landsat 8, предоставляющие высокоточное многоспектральное изображение поверхности

Земли. Landsat 8 оснащён сенсорами, которые позволяют извлекать информацию в красном (RED) и ближнем инфракрасном (NIR) диапазонах, что идеально подходит для расчёта вегетационных индексов.(рисунок 4)

В качестве объекта исследования был выбран участок сельскохозяйственных земель. Анализ проводился на основе спутниковых снимков, сделанных в июле с 2014 по 2022 год. Выбор именно этого временного диапазона позволил оценить динамику развития растительности в течение длительного периода в однородных сезонных условиях.

Такой подход обеспечивает возможность выявления долговременных изменений, связанных с факторами окружающей среды, землепользованием или климатическими воздействиями. Вегетационные индексы, рассчитанные на основе данных Landsat 8, служат надёжным инструментом для оценки продуктивности почв и состояния сельскохозяйственных угодий.

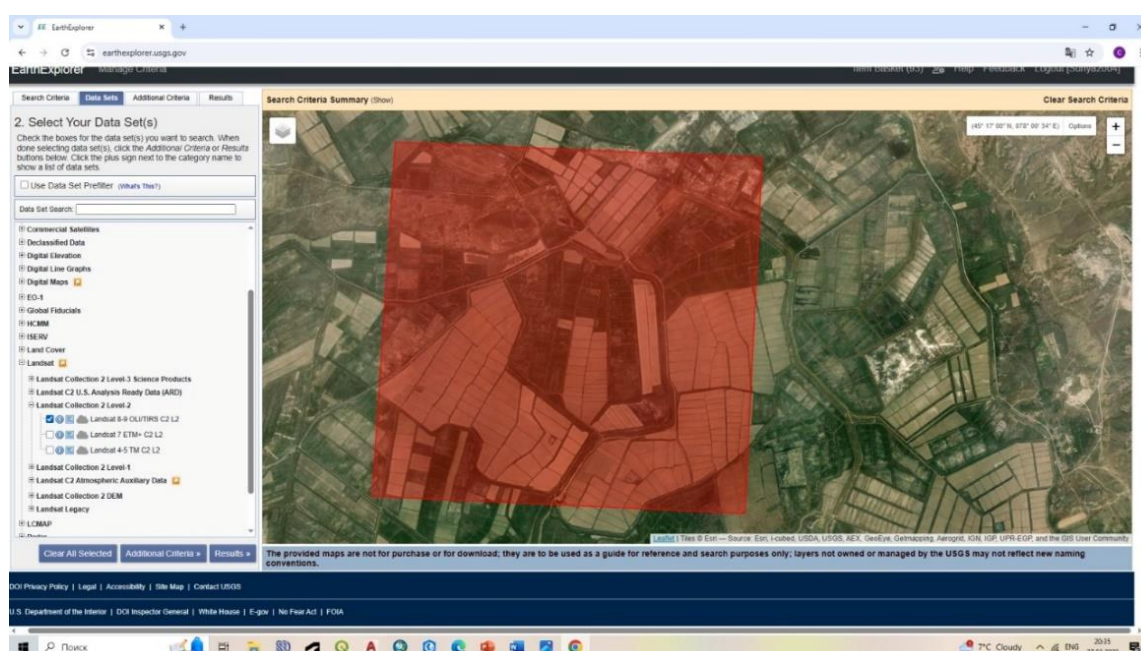


Рисунок 4 - Настройки снимка

Все требуемые спутниковые изображения, предназначенные для расчёта вегетационных индексов и последующего картографирования, были успешно загружены и обработаны в среде ArcGIS. После импорта визуализация снимка в программном интерфейсе отображается в следующем виде: рисунков 5 -7

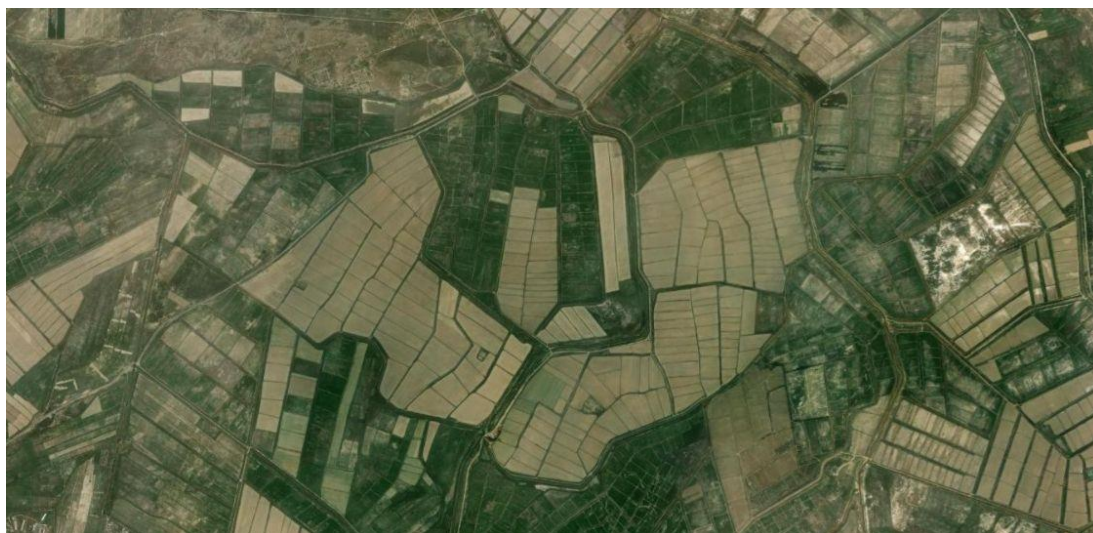


Рисунок 5 - Обзор снимка Жетысуской области в ArcGIS, за 2014 год

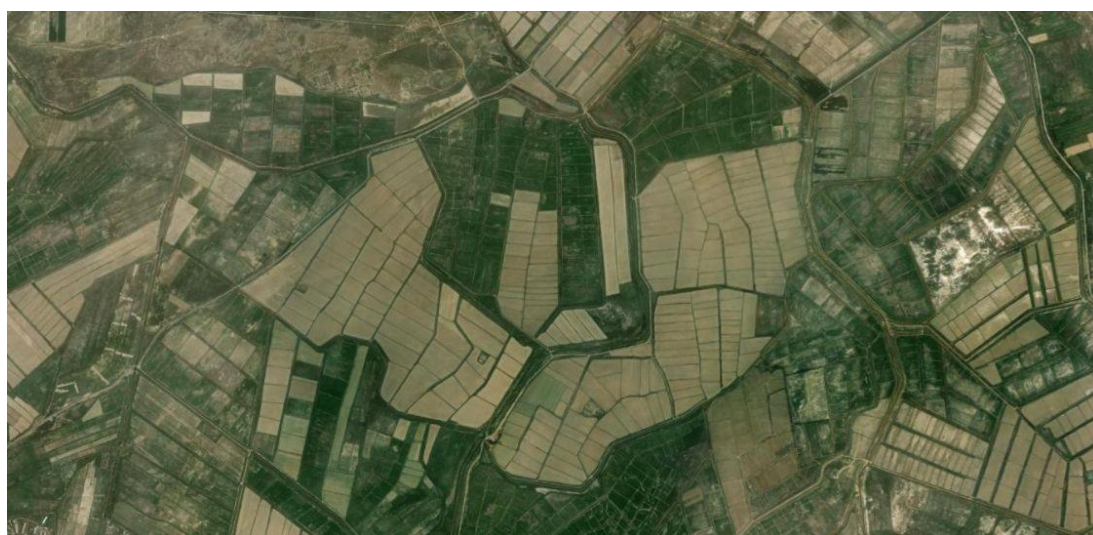


Рисунок 6 - Обзор снимка Жетысуской области в ArcQGIS, за 2018 год

На спутниковых снимках Жетысуской области за период 2014–2018 годов прослеживается четкая структура сельскохозяйственных угодий с упорядоченной формой полей. Территория активно используется для орошаемого земледелия, что подтверждается наличием развитой системы каналов и равномерным распределением полей.

Между 2014 и 2018 годами значительных изменений в конфигурации полей не наблюдается, однако видна разница в степени вегетационного развития. Более тёмные участки указывают на активный рост культур, тогда как светлые поля могут свидетельствовать о периодах без растительности, смене культур или временном снижении уровня орошения



Рисунок 7 - Обзор снимка Жетысуской области в ArcQGIS, за 2022 год

Сравнивая спутниковые снимки Жетысуской области за 2018 и 2022 годы, можно отметить, что на изображении 2022 года наблюдается увеличение количества обрабатываемых земель — больше участков имеют четкие границы и характерный оттенок культивируемых полей. Это свидетельствует об активизации сельхоздеятельности и вовлечении ранее неиспользуемых участков в сельскохозяйственный оборот.

3.3 Сравнительный анализ индексов

Для выполнения всех расчетов используется инструмент «Raster Calculator», представляющий собой удобный и многофункциональный растровый калькулятор. Этот инструмент встроен в свободно распространяемую и открытую геоинформационную систему ArcGIS, где он доступен как одно из расширений.

Расчёт индекса NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) в среде ArcMap представляет собой один из наиболее распространённых методов дистанционного зондирования для оценки состояния и степени развития растительности. В качестве исходных данных используются спутниковые изображения Landsat 8 или Landsat 9, которые содержат мультиспектральные каналы, необходимые для анализа. Наиболее значимыми каналами являются Band 4 (красный спектр) и Band 5 (ближний инфракрасный спектр), так как именно они обеспечивают максимальную чувствительность к вегетационным изменениям на земной поверхности.

На первом этапе пользователь загружает соответствующие растр-данные в проект ArcMap с помощью команды «Add Data». Важно убедиться, что загружаемые растры имеют одинаковую проекцию, пространственное разрешение и охватывают одну и ту же территорию. Несовпадение указанных параметров может повлиять на корректность вычислений. После добавления

данных рекомендуется проверить их метаданные, удалить облачные или искажённые области, а также убедиться в корректной подписи каналов.

Следующим этапом является активация инструмента Raster Calculator, который находится в панели инструментов ArcToolbox по следующему пути: Spatial Analyst Tools → Map Algebra → Raster Calculator. Предварительно необходимо активировать расширение Spatial Analyst через меню Customize → Extensions. В открывшемся окне Raster Calculator пользователь должен ввести формулу для расчёта NDVI:(формула 2)

$$\frac{(Band_5 - Band_4)}{(Band_5 + Band_4)} (2)$$

Здесь Band_5 соответствует ближнему инфракрасному каналу, а Band_4 красному. После ввода формулы указывается имя выходного слоя и путь сохранения, затем выполняется расчёт. (рисунок 8)

Полученный результат представляет собой растровое изображение с диапазоном значений NDVI от -1 до +1. Для корректной интерпретации данных необходимо визуализировать слой, применяя градиентную цветовую шкалу (на вкладке Symbology): высокие положительные значения (0.6–1.0) отображаются зелёными оттенками и соответствуют густой растительности; значения в диапазоне 0.2–0.5 обозначают разреженный растительный покров; нулевые или отрицательные значения (ниже 0) указывают на водные объекты, снежные покровы, искусственные поверхности или голую почву.(рисунок 9)

Таким образом, методика расчёта NDVI в ArcMap является стандартизированной и универсальной, обеспечивая высокую точность и наглядность при проведении пространственного анализа растительного покрова.

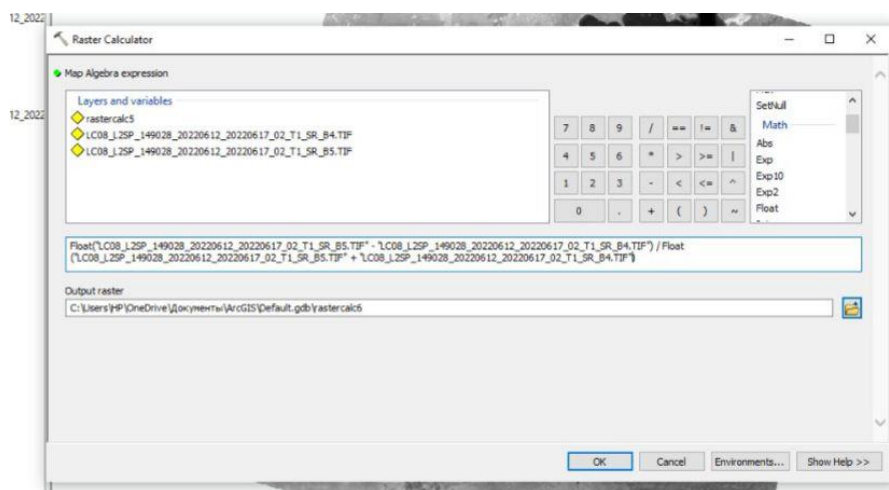


Рисунок 8 - Вычисление NDVI по участку Жетысуской области



Рисунок 9 - Градиентная шкала NDVI

Индекс NDVI может быть представлен с помощью как непрерывной градиентной, так и дискретной цветовой шкалы. Диапазон значений индекса варьируется от -1 до 1, но для удобства визуализации он часто пересчитывается в процентные значения или преобразуется в шкалу от 0 до 255 (что соответствует числу оттенков серого и используется в некоторых системах дистанционного зондирования), либо в шкалу от 0 до 200, при которой каждый шаг соответствует 1% изменения NDVI.(таблица 2)

Такая трансформация облегчает анализ и интерпретацию данных. Благодаря различиям в отражательной способности поверхностей в красной (RED) и ближней инфракрасной (NIR) областях спектра, объекты, не покрытые растительностью, демонстрируют стабильные значения NDVI. Это свойство делает возможным их точное определение и классификацию на спутниковых изображениях.(рисунок 10)

Таблица 2 - «Сравнительная таблица отражательной способности и NDVI для разных объектов»

Тип объекта	Отражение в красной области спектра	Отражение в инфракрасной области спектра	Значение NDVI
Густая растительность	0.1	0.5	0.7
Разряженная растительность	0.1	0.3	0.5
Открытая почва	0.25	0.3	0.025
Облака	0.25	0.25	0
Снег и лед	0.375	0.35	-0.05
Вода	0.02	0.01	-0.25

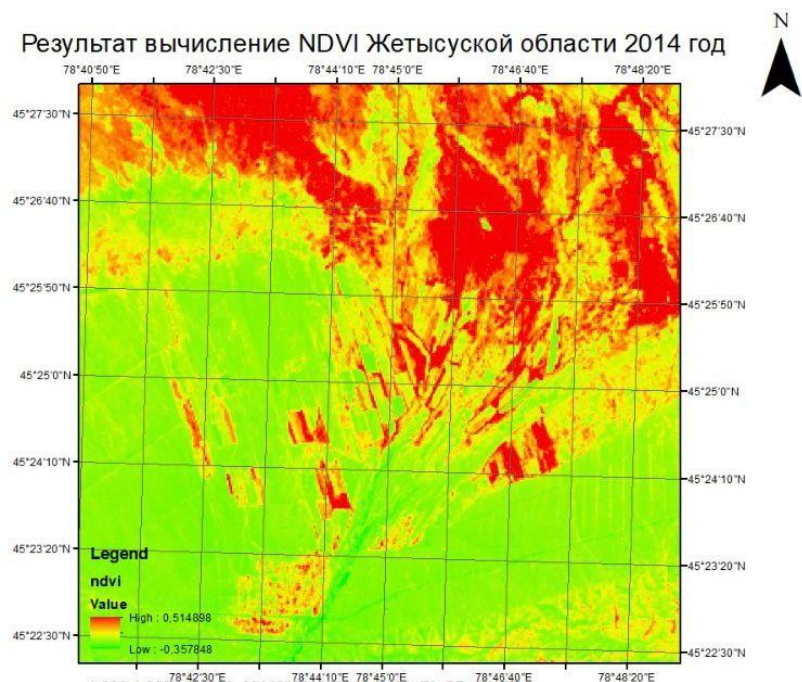


Рисунок 10 - Результат NDVI за 2014 год.

Индекс GNDVI (Green Normalized Difference Vegetation Index) является модификацией классического NDVI и используется для оценки состояния вегетационного покрова, с акцентом на содержание хлорофилла. В отличие от NDVI, который использует красный диапазон спектра, GNDVI оперирует зелёным каналом, что делает его более чувствительным к содержанию хлорофилла в листьях растений. Это особенно важно при мониторинге стрессов растительности, связанных с нехваткой воды или питательных веществ.

Исходными данными для расчёта GNDVI служат спутниковые изображения Landsat 8 или Landsat 9. Необходимы два спектральных канала: Band 3 (зелёный диапазон) и Band 5 (ближний инфракрасный диапазон – NIR). Перед началом расчёта эти каналы необходимо загрузить в проект ArcMap с помощью команды Add Data. Убедитесь, что оба слоя имеют одинаковую проекцию и пространственное разрешение.

Для выполнения расчёта необходимо активировать модуль Spatial Analyst через меню Customize → Extensions, затем открыть Raster Calculator (находится в ArcToolbox → Spatial Analyst Tools → Map Algebra → Raster Calculator). В поле для выражения вводится следующая формула:(2)

После ввода выражения следует задать имя выходного слоя, выбрать папку для сохранения результата и нажать кнопку ОК. ArcMap выполнит расчёт GNDVI и выведет новый растровый слой в таблицу содержимого.(рисунок 11)

Диапазон значений GNDVI, как и NDVI, находится в интервале от -1 до +1. Высокие положительные значения (0.5–0.9) указывают на густую здоровую растительность с активным фотосинтезом. Значения около нуля и отрицательные отражают наличие открытого грунта, водных объектов или искусственных покрытий. Для лучшей визуализации рекомендуется применить градиентную

цветовую палитру: от жёлто-коричневых тонов (низкие значения) до насыщенно-зелёных (высокие значения).

По завершении анализа полученный слой можно экспортировать в нужном формате (например, GeoTIFF) через контекстное меню → Data → Export Data. Выходной файл может быть использован в последующих этапах экологического мониторинга, картографирования сельхозугодий или анализа урожайности культур.

Таким образом, методика расчёта GNDVI в ArcMap позволяет эффективно оценивать биофизическое состояние растительного покрова, особенно в условиях орошаемого земледелия или в зонах с риском фитостресса. Индекс широко применяется в агроэкологических исследованиях, дистанционном мониторинге и системах поддержки принятия решений в сельском хозяйстве.

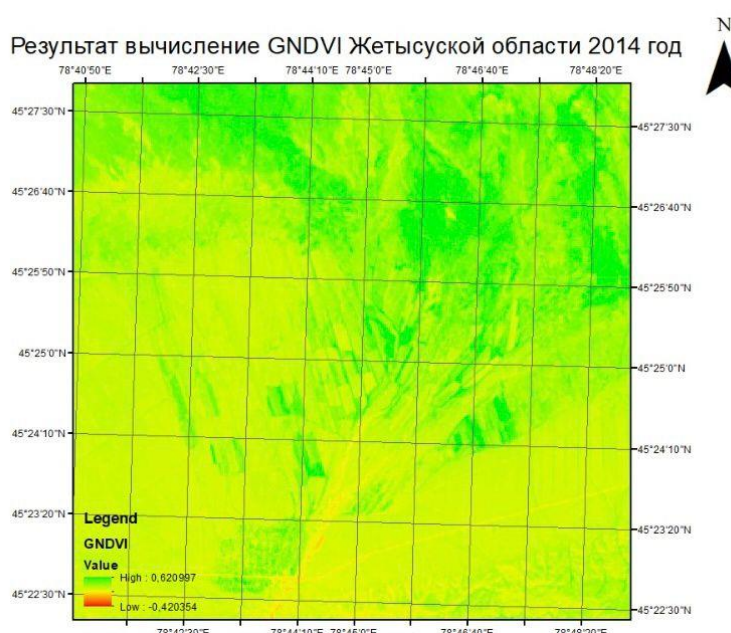


Рисунок 11 - Результат вычисление GNDVI за 2014 год

Гистограмма NDVI показывает распределение пикселей, где большинство значений сосредоточено в высоком диапазоне, указывая на наличие плотной растительности. (рисунок 12)

Гистограмма GNDVI демонстрирует более равномерное распределение значений, также с преобладанием высоких индексов, что подтверждает высокую биомассу и фотосинтетическую активность.

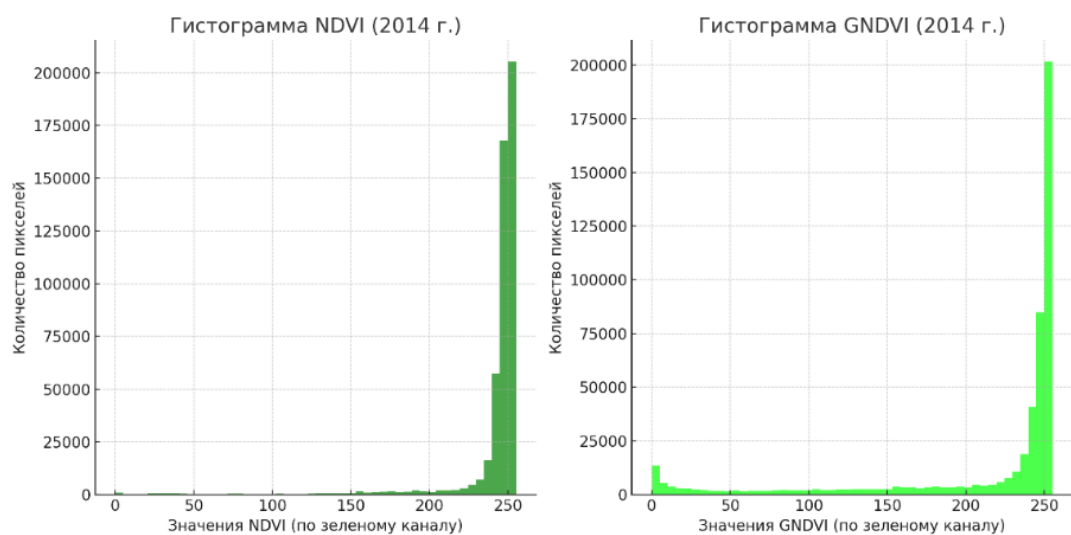


Рисунок 12 - Сравнение NDVI и GNDVI

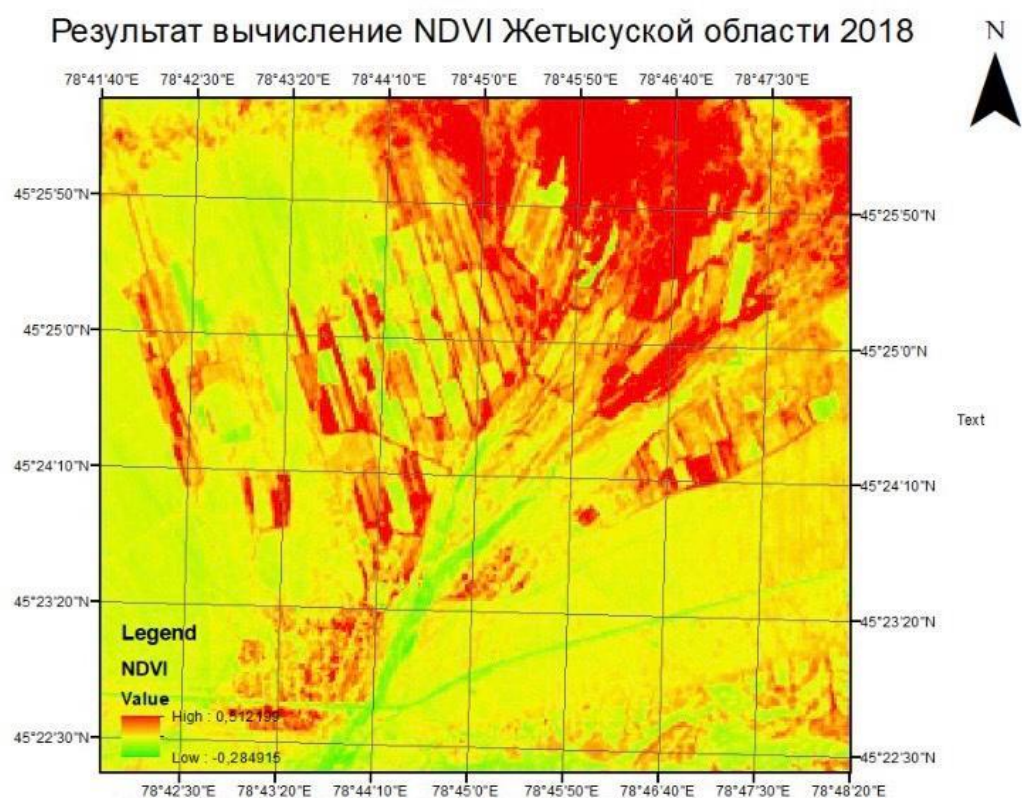


Рисунок 13 - Результат вычисление NDVI за 2018 год

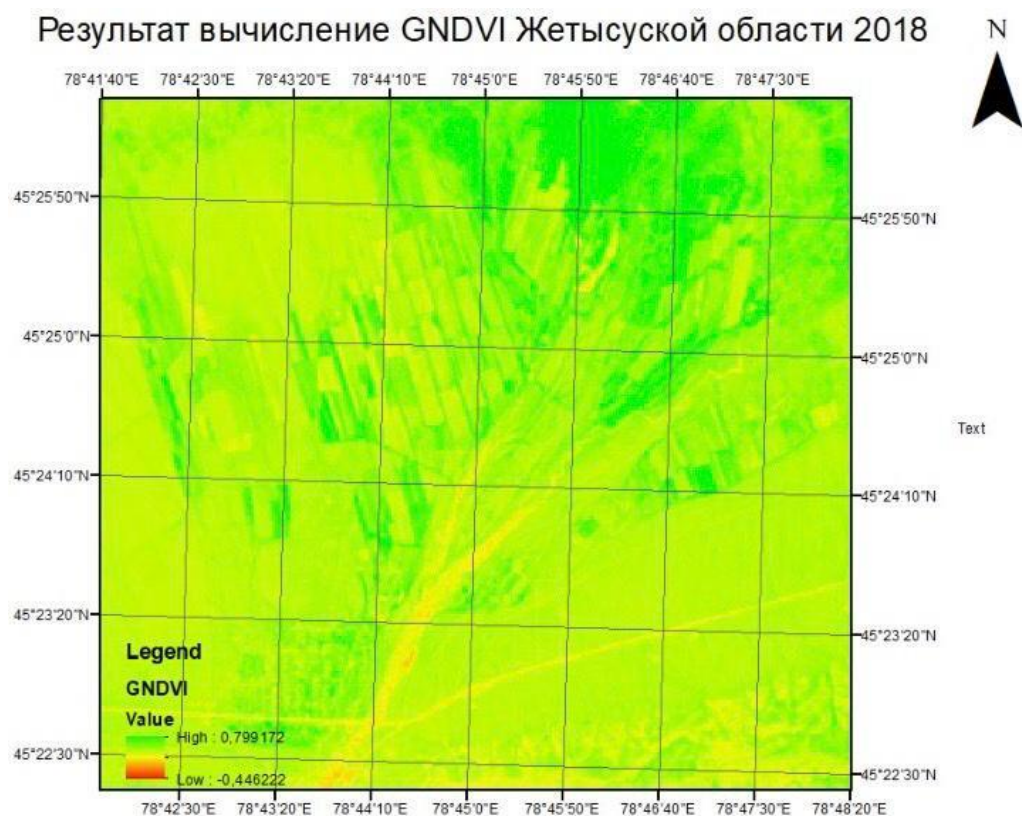


Рисунок 14 - Результат вычисление GNDVI за 2018

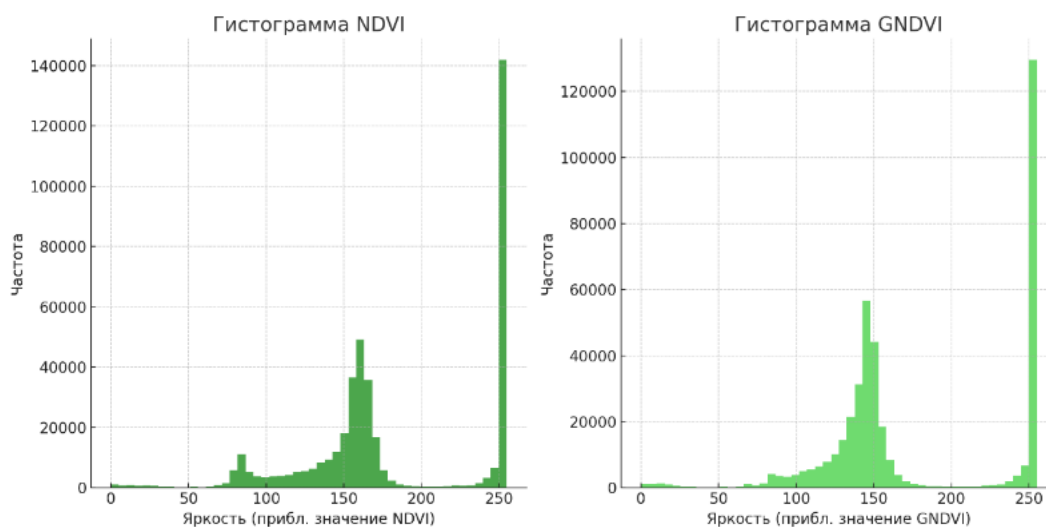


Рисунок 15 - Сравнение NDVI и GNDVI

Значения NDVI распределены неравномерно. Пик в области высокой яркости. Видны также участки со средними и низкими значениями NDVI, что может указывать на разнородную вегетацию

Распределение более равномерное, с выраженным пиком в средней зоне. Это свидетельствует о лучшей чувствительности GNDVI к хлорофиллу, особенно в посевах с плотным покровом.(рисунок 16)

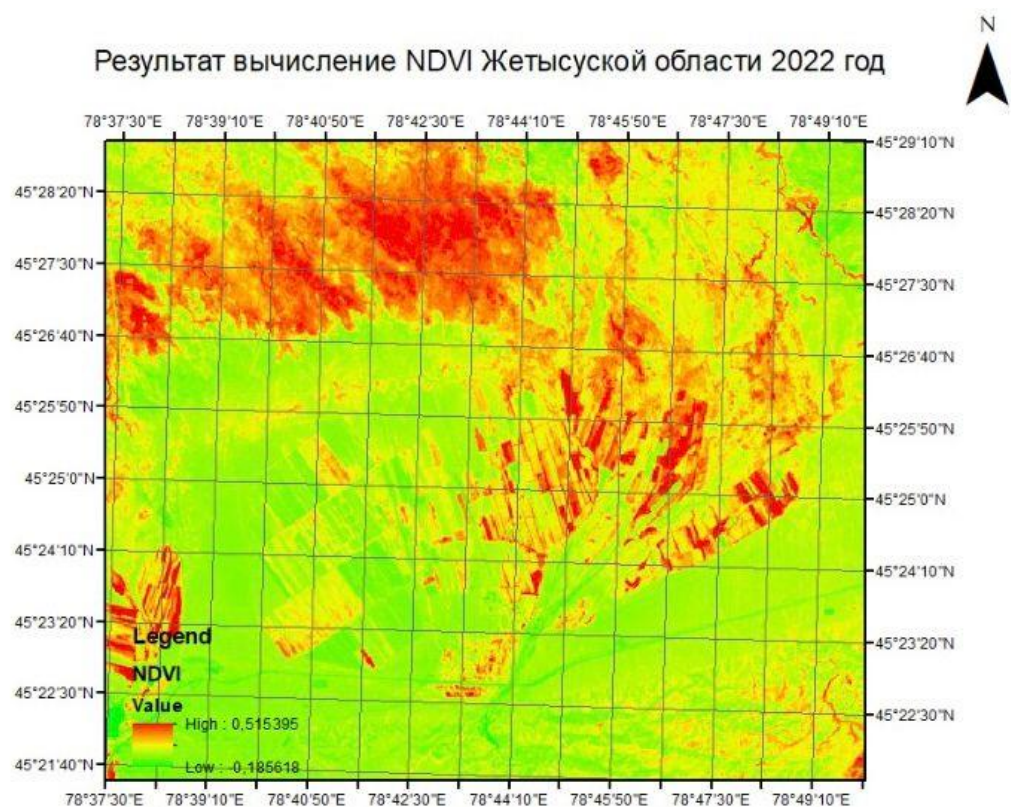


Рисунок 16 - Результат вычисление NDVI за 2022 год

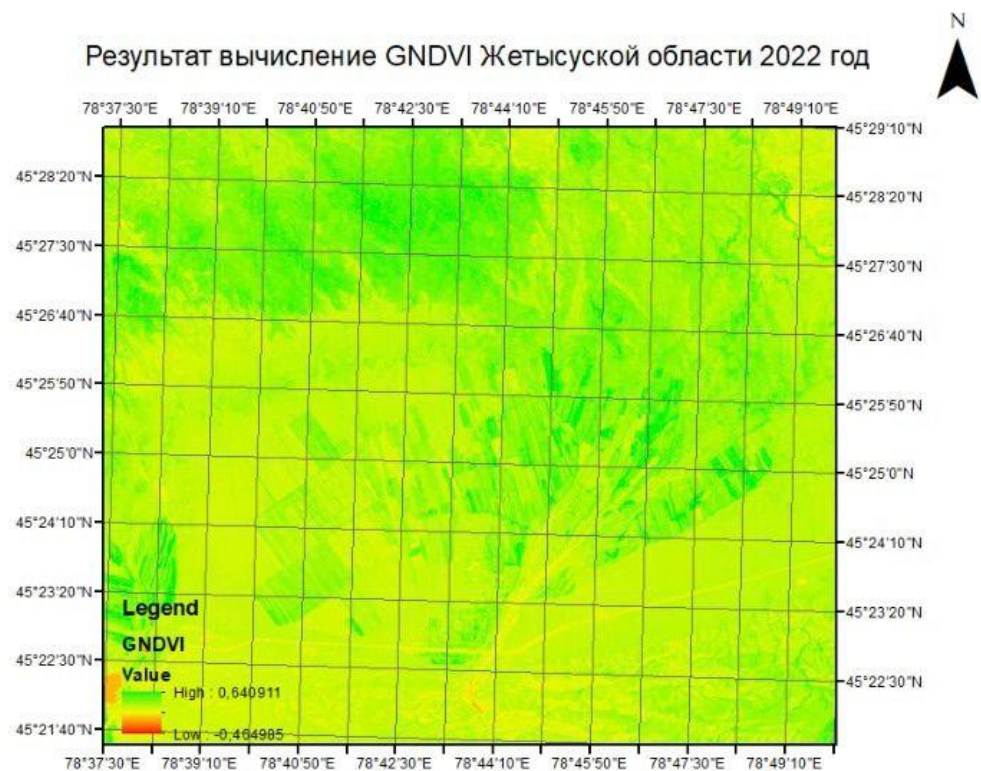


Рисунок 17 - Результат вычисление GNDVI за 2022

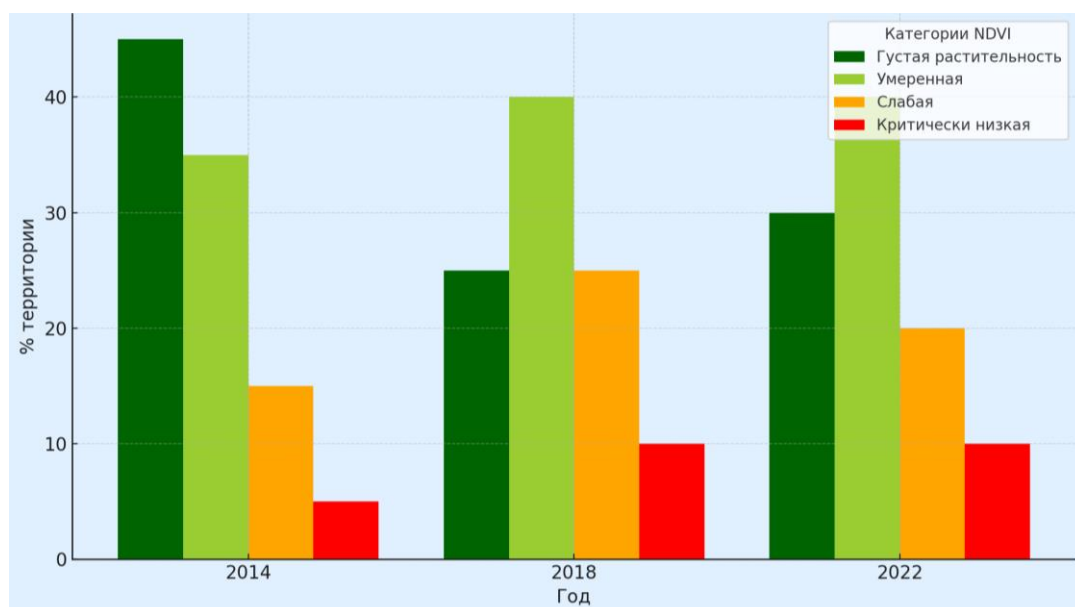


Рисунок 18 - Изменение NDVI на территории за 2014–2022 гг.

На основе проделанной работы можно сделать следующие выводы о динамике NDVI (нормализованного разностного индекса растительности) за период с 2014 по 2022 год. Категории NDVI, такие как "Густая растительность", "Умеренная", "Слабая" и "Критически низкая", демонстрируют изменения в процентном соотношении на исследуемой территории.

Заметна тенденция к снижению доли густой растительности, что может быть связано с антропогенным воздействием, изменением климата или другими факторами. Одновременно наблюдается рост территорий с умеренной и слабой растительностью, что указывает на ухудшение состояния растительного покрова. Особую тревогу вызывает увеличение площадей с критически низким NDVI, что свидетельствует о возможной деградации земель или опустынивании.

Сравнение данных за 2014, 2018 и 2022 годы позволяет предположить ускорение негативных процессов, особенно в последние годы.

Анализ пространственного распределения NDVI показал, что наиболее значительные потери густой растительности происходят в зонах, активно используемых в сельском хозяйстве, особенно в районах интенсивного пашенного земледелия и пастбищ. Здесь нарушение севооборота, чрезмерная нагрузка на почвы и отсутствие достаточных мероприятий по почвозащите способствуют снижению продуктивности растительного покрова. Также изменения NDVI тесно коррелируют с участками, подвергшимися орошению без последующего контроля за солевым режимом почв, что привело к ухудшению их структуры и биологической активности.

Особое внимание следует обратить на территории с устойчиво низкими значениями NDVI на протяжении нескольких лет. Это может указывать на процессы, близкие к необратимым — такие как опустынивание или потеря плодородного слоя. В подобных зонах необходимо проведение углубленных почвенных и гидрологических исследований с целью оценки степени деградации

и возможных путей её обратного развития. Также актуальным становится внедрение почвосберегающих технологий, восстановительных посевов и фитомелиорации.

Наряду с этим следует учитывать климатические тренды — снижение осадков, повышение температур и учащение засух могут усиливать стресс для растительности, особенно в регионах с и без того пониженным уровнем влажности. Это требует адаптивного подхода к управлению сельхозугодьями, включая выбор засухоустойчивых культур, улучшение ирригационных систем и использование климатоориентированных прогнозов в аграрном планировании.

Для эффективного мониторинга ситуации важно развивать системы дистанционного зондирования и ГИС-анализ, позволяющие в реальном времени отслеживать изменения растительного покрова. Объединение данных NDVI с другими вегетационными индексами, такими как EVI, SAVI и GNDVI, а также с социально-экономическими данными даст возможность вырабатывать более точные стратегии землепользования. Только комплексный подход с участием государства, науки и местных сообществ сможет обеспечить устойчивое управление природными ресурсами и сохранение экосистемного баланса в Жетысуской области.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) позволяет существенно повысить эффективность мониторинга сельскохозяйственных угодий. В рамках данной работы анализ NDVI стал ключевым инструментом, так как он позволяет на основе спутниковых данных выявлять пространственные и временные изменения вегетационного покрова. Это особенно актуально для регионов, подверженных сезонным и климатическим колебаниям, таких как Жетысуская область, где сельское хозяйство играет значимую роль в экономике региона.

Особое внимание в исследовании уделено мелиоративным участкам, где состояние растительности напрямую связано с уровнем агротехнических мероприятий, доступностью водных ресурсов и изменениями климата. Анализ спутниковых снимков позволил определить, какие участки нуждаются в дополнительном орошении или изменении агротехнологий. В частности, в 2018 году наблюдалось резкое снижение NDVI на ряде полей, что может свидетельствовать о нехватке влаги или деградации почвенного покрова.

Восстановление NDVI в 2022 году показывает положительную динамику, что может быть связано с улучшением мелиоративных условий, внедрением современных сельскохозяйственных технологий и более благоприятными погодными условиями. Такие данные позволяют специалистам более точно планировать сельхозработы, оптимизировать использование ресурсов и проводить профилактику деградации земель.

Таким образом, регулярный мониторинг сельскохозяйственных угодий с использованием спутниковых данных и вегетационных индексов, таких как NDVI, открывает широкие возможности для устойчивого землепользования. Это особенно важно в условиях изменения климата, когда необходимо оперативно реагировать на стрессовые факторы и обеспечивать продовольственную безопасность региона. Полученные в ходе работы результаты могут быть использованы органами местного управления, аграриями и экологами для повышения эффективности землепользования в Жетысуской области.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Министерство сельского хозяйства Республики Казахстан. Государственная программа развития агропромышленного комплекса Республики Казахстан на 2021–2025 годы - Астана, 2021
- 2 Лопатин Н В. Дистанционное зондирование Земли: учебное пособие. – М.: МГУ, 2020. – 304 с.
- 3 Полевая, О. В., & Григорьева, С. В. Методы экологического мониторинга и оценки состояния природной среды. Издательство "Экосистема". 2020. - 90-100 с.
- 4 Нурмуханов, Ш. М., Шаймерденова, Ж. А. Экологический мониторинг и оценка воздействия антропогенных факторов на окружающую среду Казахстана. Издательство "ЭкоПресс". 2018. - 60-67 с.
- 5 Тургамбаев, Н. С. Методы и технологии мониторинга ландшафтов Казахстана. Издательство "Наука и образование". 2020. - 34-40 с.
- 6 Бобылев С Н. ГИС и дистанционное зондирование для устойчивого землепользования. – М.: Наука, 2019. – 276 с.
- 7 Буров, В.А., Никитин, С.В. Применение ГИС и дистанционного зондирования для оценки состояния агроландшафтов // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. – 2022. – №6. – С. 12–19.
- 8 Государственная программа развития агропромышленного комплекса Республики Казахстан на 2021–2025 годы. – Астана: МСХ РК, 2021. – 92 с.
- 9 Earth Explorer (USGS): <https://earthexplorer.usgs.gov/>
- 10 Интернет - ресурс <https://ru.wikipedia.org/wiki/Казахстан>



ОТЗЫВ

НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

на дипломную работу

Разикова Сурия Галимжановна

6B07303 – Геопространственная цифровая инженерия

На тему: «Мониторинг сельскохозяйственных угодий Жетысуской области по данным
космической съемки»

Дипломная работа студента Разиковой Сурии на тему «Мониторинг сельскохозяйственных угодий Жетысуской области по данным космической съемки» выполнена на высоком уровне и представляет собой практико-ориентированное исследование, отражающее современные подходы к использованию дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ).

Студент уверенно раскрывает все ключевые этапы выполнения геодезических работ — применения космических данных для мониторинга сельскохозяйственных угодий в Жетысуской области. Объектом исследования являются земли сельскохозяйственного назначения, расположенные на территории Жетысуской области.

Применение космических снимков позволяет осуществлять систематическое наблюдение за состоянием аграрных территорий, своевременно выявлять изменения в структуре землепользования и получать объективные сведения о состоянии растительного покрова.

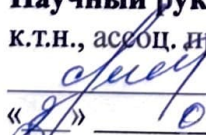
Основная цель дипломной работы заключается в определении изменений в качественных характеристиках сельхозугодий и плотности растительности на территории Жетысуской области с использованием спутниковых изображений, охватывающих период с 2014 по 2022 годы.

Разикова Сурия продемонстрировал высокий уровень подготовки, способность к самостоятельному анализу, умение применять полученные знания на практике и работать с профессиональным оборудованием и программами. Работа актуальна, методически обоснована и имеет высокую прикладную ценность.

Исходя из вышеизложенного, дипломная работа может быть оценена на 97% (отлично) и заслуживает рекомендации к защите. Студент достоин присвоения академической степени бакалавра по образовательной программе «6B07303 – Геопространственная цифровая инженерия».

Научный руководитель

к.т.н., асоц. профессор

 Мадимарова Г.С.

«21» 06 2025 г.

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Разикова Сурия Галимжановна

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Мониторинг сельскохозяйственных угодий Жетысуской области по данным космической съемки

Научный руководитель: Гульмира Мадимарова

Коэффициент Подобия 1: 4.4

Коэффициент Подобия 2: 2.1

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 30.05.2025



Заведующий кафедрой

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Разикова Сурия Галимжановна

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Мониторинг сельскохозяйственных угодий Жетысуской области по данным космической съемки

Научный руководитель: Гульмира Мадимарова

Коэффициент Подобия 1: 4.4

Коэффициент Подобия 2: 2.1

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

30.05.2025.

Бабтурбаев О.,
проверяющий эксперт