

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

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

Горно-металлургический институт имени О.А.Байконурова

УДК 528.9

На правах рукописи

Мамытов Аянбек Артурович

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

На соискание академической степени магистра

Название диссертации

Комплексное обеспечение цифровизации  
сельского хозяйства Республики Казахстан  
7M07306 – Геопространственная цифровая  
инженерия

Направление подготовки

Научный руководитель  
доктор PhD, ассоц. профессор  
Токтаров А.А.  
«27» 06 2024г.

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

Рецензент  
к.т.н. ассоц. профессор  
Кузнецова И.А.  
«26» 06 2024г.



Нормоконтролер  
старший преподаватель  
Нукарбекова Ж.М.  
«26» 06 2024г.

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ  
Зав. Кафедрой «МДиГ»  
доктор PhD, ассоц. профессор  
Орынбасарова Э.О.  
«27» 06 2024г.

Алматы 2024 г.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

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

Институт горно-металлургический им. О. А. Байконурова

Кафедра маршейдерского дела и геодезии

7M07306\_ – Геопространственная цифровая инженерия

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
маршейдерского дела и геодезии  
Ph.D., Ассоциированный  
профессор  
Орынбасарова Э. О.  
«07» 06 2024 г.

**ЗАДАНИЕ  
на выполнение магистерской диссертации**

Магистранту Мамытову Аянбеку Артуровичу

Тема: «Комплексное обеспечение цифровизации сельского хозяйства Республики  
Казахстан»

Утверждена приказом проректора по академическим вопросам №408-П/Ө от 23.11.2022г.

Срок сдачи законченной диссертации « 25 » 06 2024 г.

Исходные данные к магистерской диссертации:

Перечень подлежащих разработке в магистерской диссертации вопросов:

- а) Какие методы геоинформационной поддержки могут быть интегрированы в процессы управления сельским хозяйством в Казахстане
- б) В чем заключается текущая роль географических информационных систем (ГИС) в цифровизации сельского хозяйства и как их можно улучшить
- в) Какие проблемы и вызовы стоят перед внедрением цифровых технологий в сельском хозяйстве Казахстана и как их можно преодолеть
- г) Как международный опыт цифровизации сельского хозяйства может быть применен в Казахстане

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей): 11 рисунков, 2 таблицы.

Рекомендуемая основная литература:

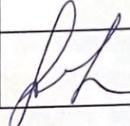
1 Задворнева, Е. П. Цифровизация сельского хозяйства Казахстана как вектор инновационного развития инфраструктуры отрасли / Е. П. Задворнева // Региональные проблемы преобразования экономики: интеграционные процессы и механизмы формирования и социально-экономическая политика региона : 2018. – С. 348-351. – EDN VLJCNQ.

2 Жумашева С.Т., Муханова А., Смагулова Ж.Б. цифровизация как основа инновационного потенциала аграрного производства казахстана. Проблемы агрорынка. 2020;(2):45-52.

**ГРАФИК**  
подготовки магистерской диссертации

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
История цифровизации сельского хозяйства	12.02.2024	-
Состояние сельского хозяйства Республики Казахстан	11.03.2024	-
Выбор используемых технологий и разработка проекта, методология исследования	06.05.2024	-
Результаты и исследования	03.06.2024	✓

**Подписи**  
консультантов и нормоконтролера на законченную магистерскую диссертацию с указанием относящихся к ним разделов диссертации

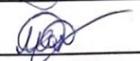
Наименования разделов	Консультанты, И. О.Ф. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Нормоконтролер	Нукарбекова Ж. М.	26.06.2024 <sub>2</sub>	

Научный руководитель



Токтаров А.А.

Задание принял к исполнению обучающийся



Мамытов А.А.

Дата

«27» 06 2024 г.

## АНДАТПА

Қазіргі жағдайда ауыл шаруашылығын цифрландыру агроөнеркәсіптік кешеннің тиімділігі мен тұрақтылығын арттырудың маңызды қадамы болып табылады. Қазақстан елеулі ауыл шаруашылық ресурстарына ие бола отырып, ресурстарды басқаруды жақсарту және өнімділікті арттыру үшін геоақпараттық жүйелерді (ГАЗ) озық технологияларды белсенді түрде енгізуде.

Осы магистрлік диссертацияның мақсаты – Қазақстандағы ауыл шаруашылығын цифрландыру үшін кешенді геоақпараттық жүйелерді қамтамасыз етудің әдістемесін әзірлеу. Зерттеу айналасында ауыл шаруашылығы секторының ағымдағы жағдайы талданып, цифрландырудағы ГАЗ-дың принциптері мен рөлдері қарастырылады. Зерттеу деректерді жинау, өңдеу және талдауды Google Earth Engine платформасын және Python, Django, Mapbox GL JS, WebSocket, Django Channels және PostgreSQL сияқты құралдарды пайдалану арқылы жүзеге асырылады.

Зерттеуде фермерлерге өз алқаптарының жағдайын тереңірек түсінуге және бақылауға мүмкіндік беретін вегетациялық индекстерді (NDVI, SAVI, LAI, NDWI, MNDWI) есептеу мен қолдануға ерекше назар аударылады. Бұл индекстерді пайдалану өнімділікті арттыруға, ресурстарды пайдалануды оңтайландыруға және қоршаған ортаға теріс ықпалдың азайтуға ықпал етеді.

Диссертация сондай-ақ ауыл шаруашылығын цифрландырумен байланысты техникалық, экономикалық және әлеуметтік мәселелерді қарастырады және оларды еңсеру жолдарын ұсынады. Атап айтқанда, инфрақұрылым, кадрларды даярлау, әртүрлі жүйелердің үйлесімділігі және жаңа технологияларды енгізудің экономикалық мақсатқа сәйкес мәселелері талқыланады.

Зерттеу нәтижелері Қазақстанның агроөнеркәсіптік кешенінің бәсекеге қабілеттілігі мен тұрақты дамуын арттыруға бағытталған стратегиялар мен бағдарламаларды әзірлеуге негіз бола алады. Ұсынылған әдістемені енгізу ауыл шаруашылығын басқару процестерін оңтайландыруға, оның өнімділігі мен климаттық өзгерістерге төзімділігін арттыруға мүмкіндік береді, бұл Қазақстан үшін оның ерекше климаттық жағдайларын және табиғи ресурстарды тиімді пайдалануды ескеруі - өте маңызды.

Осы жұмыс ауыл шаруашылығында ресурстарды басқаруды жақсарту, өнімділікті арттыру және Қазақстанның аграрлық секторының тұрақтылығын арттыру үшін инновациялық тәсілдер мен шешімдерді ұсына отырып, ауыл шаруашылығын цифрландыруды дамытуға елеулі үлес қосылады.

## АННОТАЦИЯ

В современных условиях цифровизация сельского хозяйства является важным шагом к повышению эффективности и устойчивости агропромышленного комплекса. Казахстан, обладающий значительными сельскохозяйственными ресурсами, активно внедряет передовые технологии, включая геоинформационные системы (ГИС) для улучшения управления ресурсами и повышения продуктивности.

Целью данной магистерской диссертации является разработка методологии комплексного геоинформационного обеспечения для цифровизации сельского хозяйства в Казахстане. В рамках исследования анализируется текущее состояние сельскохозяйственного сектора, рассматриваются принципы и роли ГИС в цифровизации. Исследование включает в себя сбор, обработку и анализ данных с использованием платформы Google Earth Engine и таких инструментов, как Python, Django, Mapbox GL JS, WebSocket, Django Channels и PostgreSQL.

Особое внимание уделяется расчету и применению вегетационных индексов (NDVI, SAVI, LAI, NDWI, MNDWI), которые позволяют фермерам лучше понимать и контролировать состояние своих полей. Применение этих индексов способствует повышению урожайности, оптимизации использования ресурсов и снижению негативного воздействия на окружающую среду.

Диссертация также рассматривает технические, экономические и социальные вызовы, связанные с цифровизацией сельского хозяйства, и предлагает решения для их преодоления. В частности, обсуждаются вопросы инфраструктуры, подготовки кадров, совместимости различных систем и экономической целесообразности внедрения новых технологий.

Результаты данного исследования могут служить основой для разработки стратегий и программ, направленных на повышение конкурентоспособности и устойчивого развития агропромышленного комплекса Казахстана. Внедрение предложенной методологии позволит оптимизировать процессы управления сельским хозяйством, повысить его продуктивность и устойчивость к климатическим изменениям, что особенно важно для Казахстана, учитывая его специфические климатические условия и потребность в эффективном использовании природных ресурсов.

Настоящая работа представляет собой значимый вклад в развитие цифрового сельского хозяйства, предлагая инновационные подходы и решения для улучшения управления ресурсами, повышения производительности и устойчивости аграрного сектора Казахстана.

## ANNOTATIONS

In modern conditions, the digitalization of agriculture is a critical step towards enhancing the efficiency and sustainability of the agro-industrial complex. Kazakhstan, possessing significant agricultural resources, is actively implementing advanced technologies, including geographic information systems (GIS) to improve resource management and productivity.

The objective of this master's thesis is to develop a comprehensive geoinformation support methodology for the digitalization of agriculture in Kazakhstan. The study analyzes the current state of the agricultural sector, examines the principles and roles of GIS in digitalization, and develops and tests approaches to the utilization of modern geodetic tools. The research involves the collection, processing, and analysis of data using the Google Earth Engine platform and tools such as Python, Django, Mapbox GL JS, WebSocket, Django Channels, and PostgreSQL.

Particular attention is given to the calculation and application of vegetation indices (NDVI, SAVI, LAI, NDWI, MNDWI), which enable farmers to better understand and monitor the condition of their fields. The application of these indices contributes to increased crop yields, optimized resource use, and reduced environmental impact.

The thesis also addresses the technical, economic, and social challenges associated with the digitalization of agriculture and proposes solutions to overcome them. Specifically, it discusses issues related to infrastructure, workforce training, system compatibility, and the economic feasibility of implementing new technologies.

The results of this study can serve as a foundation for developing strategies and programs aimed at enhancing the competitiveness and sustainable development of Kazakhstan's agro-industrial complex. The implementation of the proposed methodology will optimize agricultural management processes, increase productivity, and improve resilience to climate change, which is particularly important for Kazakhstan, given its specific climatic conditions and the need for efficient use of natural resources.

This work makes a significant contribution to the advancement of digital agriculture by offering innovative approaches and solutions for improving resource management, increasing productivity, and enhancing the sustainability of Kazakhstan's agricultural sector.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение	8
1 Обзор литературы	10
1.1 Исторический обзор цифровизации сельского хозяйства	10
1.2 Состояние сельского хозяйства в Казахстане	11
1.3 Роль геоинформационных систем. Преимущества использования ГИС в сельском хозяйстве	17
1.4 Современные геодезические инструменты. Примеры использования современных геодезических инструментов	20
1.5 Цифровизация сельскохозяйственного комплекса	21
1.5.1 Цифровизация сельского хозяйства в других странах	21
1.5.2 Примеры успешного внедрения технологий в Казахстане	24
1.5.3 Примеры успешного внедрения технологий в других странах	24
1.5.4 Программы и инициативы в Казахстане	26
1.5.5 Планы и стратегии в области электронного сельского хозяйства по странам	27
1.6 Будущее ГИС и спутниковых технологий в сельском хозяйстве	30
1.7 Проблемы и вызовы цифровизации сельского хозяйства	32
1.7.1 Технические проблемы	32
1.7.2 Экономические проблемы	33
1.7.3 Социальные проблемы	34
2 Методология исследования	37
2.1 Технологии и инструменты	37
2.2 Сбор и анализ данных	39
3 Применение разработанной методологии	42
3.1. Анализ состояния полей с использованием веб-приложения	42
3.2 Преимущества использования веб-приложения	45
3.3 Экономическое воздействие	47
3.4 Сравнительный анализ с другими платформами мониторинга и цифровизации сельского хозяйства	48
4 Выводы	53
4.1 Основные результаты исследования	53
4.2 Практическая значимость	54
Заключение	
Перечень терминов и сокращений	
Список использованной литературы	

## ВВЕДЕНИЕ

В последние годы цифровые технологии широко проникли в различные сферы жизни, включая экономику, образование и здравоохранение. В последнее время Казахстан активно пытается внедрить эти технологии в сельское хозяйство. Речь идет об использовании географических информационных систем (ГИС) и современных геодезических инструментов для совершенствования различных процессов в сельскохозяйственном секторе.

Эти современные технологии способствуют значительному улучшению управления ресурсами, повышению эффективности принятия решений и поддержке устойчивого развития сельского хозяйства. Оцифровка в этой области включает в себя сбор, обработку и анализ больших объемов данных, помогающих фермерам лучше понимать и управлять своими полями. Она также способствует повышению экологической устойчивости и экономической эффективности сельскохозяйственных предприятий.

*Актуальность данного исследования* объясняется несколькими факторами, которые подчеркивают необходимость цифровизации сельскохозяйственного сектора в Казахстане.

Во-первых, Казахстан обладает значительными сельскохозяйственными ресурсами, оптимальное использование которых имеет решающее значение для стабильного развития агропромышленного сектора. В условиях роста населения планеты и увеличения потребления продуктов питания использование цифровых технологий, таких как ГИС и современные геодезические инструменты, может значительно повысить производительность, улучшить качество продукции и оптимизировать затраты.

Во-вторых, растущее внимание к изменению климата и экологическим проблемам сделало цифровизацию агробизнеса стратегически важным направлением: ГИС позволяет точно оценивать климатические условия и следить за состоянием почвы и посевов, чтобы лучше распоряжаться природными ресурсами и минимизировать негативное воздействие на окружающую среду.

Это особенно важно для Казахстана, где значительные территории страдают от засухи и других неблагоприятных погодных условий. Процесс глобализации и интеграции Казахстана в мировую экономику требует повышения конкурентоспособности сельскохозяйственной продукции. Использование передовых технологий, таких как дистанционное зондирование, GPS-навигация, беспилотники и автоматизированные системы управления, поможет повысить качество продукции и снизить затраты, что позволит казахстанским фермерам успешно конкурировать на международных рынках. Еще одним важным фактором является государственная поддержка. Реализация таких программ, как «Цифровой Казахстан» и «Национальная программа развития агробизнеса», будет

способствовать активной интеграции цифровых технологий в сельское хозяйство и создаст предпосылки для развития инфраструктуры, профессионального обучения и финансовой поддержки. Наконец, цифровизация сельского хозяйства будет способствовать социально-экономическому развитию сельских территорий. Внедрение цифровых технологий позволит создать новые рабочие места, повысить уровень цифровой грамотности населения и улучшить качество жизни в сельской местности. Кроме того, это сократит миграцию в города и укрепит сельские общины.

*Цель исследования* - изучить, как интегрированная геоинформационная поддержка может способствовать цифровизации сельского хозяйства в Казахстане. Для достижения этой цели необходимо решить следующие задачи:

1. Анализ текущего состояния сельскохозяйственного сектора в Республике Казахстан.
2. Изучение принципа работы геоинформационных систем и установление их роли и влияния на цифровизацию сельского хозяйства.
3. Разработка комплексной методологии организации геоинформационных данных для цифровизации сельского хозяйства.
4. Оценка возможности применения предлагаемой методологии для решения практических задач.
5. Сравнение предложенной методологии организации геоинформационных данных с существующими геоинформационными системами для цифровизации сельского хозяйства.

Апробация статьи:

1. Мамытов А.А. Инновационное развитие веб-гис для агромониторинга земель Казахстана / А.А. Мамытов // Наука и инновации – современные концепции. – 2024. – Т. 2. – с. 122–127.
2. Мамытов А.А., Токтаров А.А., Абдыгалиева С. С., Байтурбай О. Применение дистанционного зондирования земли и геоинформационных систем в обеспечении цифровизации сельского хозяйства Республики Казахстан / А.А. Мамытов, А.А. Токтаров, С. С. Абдыгалиева, О. Байтурбай // Маркшейдерия и недропользование. – 2024–№2(130). – с. 69-74.

# 1 Обзор литературы

## 1.1 Исторический обзор цифровизации сельского хозяйства

Цифровизация сельского хозяйства имеет долгую историю технологических инноваций. Этот путь можно разделить на несколько важных этапов, каждый из которых ознаменовался определенными достижениями и изменениями в подходе к управлению сельскохозяйственным производством.

В 1970-х и 1980-х годах начали появляться первые компьютерные системы для учета и управления фермами. Эти системы автоматизировали такие задачи, как посев, сбор урожая и контроль запасов. Цель этих систем состояла в том, чтобы упростить и ускорить процесс управления фермой, помогая сэкономить значительное количество времени и ресурсов. Фермеры начали использовать компьютеры для ведения бухгалтерского учета и контроля запасов, и это стало отправной точкой для цифровой трансформации сельского хозяйства.

В 1990-х годах развитие технологий глобального позиционирования (GPS) и географических информационных систем (ГИС) продвинуло сельское хозяйство в сторону точного земледелия: GPS позволила фермерам точно определять местоположение полей и отслеживать передвижение техники; ГИС дала возможность анализировать пространственные данные и оптимизировать посев, орошение и внесение удобрений. Эти технологии позволили более точно и эффективно использовать ресурсы, способствуя повышению производительности полей и снижению затрат.

В 2000-х годах сельское хозяйство стало еще более сложным с развитием интернета и коммуникационных технологий и использованием интернета вещей (IoT). Интернет вещей (IoT) используется для мониторинга состояния почвы, растений и погодных условий в режиме реального времени. Установленные на полях датчики собирают информацию, которая затем передается на сервер для анализа и принятия решений. Это значительно повышает точность и скорость управления сельским хозяйством. Системы мониторинга, такие как автоматические метеостанции и датчики почвы, становятся стандартом для многих ферм, обеспечивая непрерывный поток данных для оптимизации всех аспектов сельскохозяйственной деятельности.

В 2010-х годах сельское хозяйство претерпело значительные изменения в связи с расцветом больших данных и искусственного интеллекта (ИИ). Анализ огромных массивов информации, собранной датчиками и другими устройствами, стал ключом к выявлению закономерностей и точному прогнозированию урожайности; применение ИИ для анализа данных и принятия решений на основе машинного обучения позволило автоматизировать многие процессы, включая посевную, орошение полей и сбор урожая. Использование технологий предиктивной аналитики позволило создавать модели для прогнозирования урожайности и оптимальных сроков

проведения сельскохозяйственных операций, что повышает эффективность и снижает риски [1].

Роботы и автоматизированные системы активно используются в современном сельском хозяйстве. Роботы выполняют целый ряд задач, от посадки и ухода до сбора урожая. Автоматизированные системы управления фермой помогают оптимизировать использование ресурсов, повысить эффективность процессов и снизить затраты. Использование таких технологий способствует устойчивому развитию сельского хозяйства, улучшает состояние окружающей среды и повышает экономическую эффективность производства. Одним из важнейших компонентов современного сельскохозяйственного бизнеса являются роботизированные системы, такие как автономные тракторы и культиваторы [2].

В последние годы биотехнологии и геномика получили широкое распространение в сельскохозяйственном секторе. Эти науки позволили создать виды растений, более устойчивые к болезням и неблагоприятным погодным условиям, что способствует повышению урожайности и качества продукции. Генная инженерия и методы редактирования генетического кода, включая CRISPR, позволили точно изменять генетическую информацию растений для создания новых видов со значительными улучшениями [3].

Сельское хозяйство сегодня интегрируется с другими отраслями, такими как энергетика и информационные технологии. Солнечные батареи и ветряные турбины могут использоваться для питания ферм, что позволяет экономить энергию и минимизировать выбросы углекислого газа. Информационные технологии облегчают интеграцию различных систем мониторинга и контроля, создавая централизованную платформу для управления операциями на ферме.

Цифровизация ключевых процессов агробизнеса представляет собой постепенную интеграцию различных технологических инноваций, каждая из которых способствует эффективной организации сельскохозяйственных процессов, увеличению производства и оптимизации затрат.

Разработки в этой области продолжаются и открывают новые перспективы для устойчивого развития сельскохозяйственного сектора в Казахстане и во всем мире.

## **1.2 Состояние сельского хозяйства в Казахстане**

Казахстан обладает значительными возможностями для развития сельскохозяйственной диверсификации и укрепления экономического прогресса. Среди основных преимуществ аграрного сектора страны выделяются обширные земельные ресурсы, низкая плотность населения и большие сельскохозяйственные угодья. Общая площадь сельскохозяйственных земель достигает приблизительно 217 миллионов гектаров, из которых около 35 миллионов гектаров приходятся на пахотные

земли. Структура аграрного производства в разных регионах Казахстана различается из-за неравномерного распределения земель, с пахотными землями в северных районах и животноводством, преобладающим в центральной части, в то время как юго-восток страны характеризуется смешанным сельским хозяйством [4].

Казахстан испытывает острый недостаток водных ресурсов, несмотря на обилие плодородных почв, и является одной из самых засушливых территорий в Евразии. Водные ресурсы составляют всего 2,8% территории страны, а две трети территории находятся в аридных зонах. Согласно прогнозам ООН, к 2040 году будет удовлетворяться только половина потребностей в воде за счет имеющихся ресурсов. Аграрный сектор, потребляющий большую часть воды, страдает от значительных потерь в процессе транспортировки и неэффективности ирригационных систем. Из 4 миллионов гектаров орошаемых земель только 1,9 миллиона активно используется, что является почти половиной всей сельскохозяйственной продукции [5].

Растениеводство занимает важное место в аграрной экономике Казахстана, где страна выделяется на мировом уровне по производству и экспорту пшеницы, особенно известной своими высокими качественными и перерабатывающими характеристиками. Животноводство, базирующееся на старинных кочевых традициях, включает производство говядины, птицы, овец и молочной продукции, хотя оно сталкивается с ограничениями из-за дефицита кормов и инфраструктурных проблем.

Казахстан обладает потенциалом для экспорта сельскохозяйственной продукции, особенно учитывая его географическую близость к таким крупным рынкам, как Китай, Россия и Иран. Однако отсутствие морских портов и высокие транспортные издержки являются сдерживающими факторами. Несмотря на высокий аграрный потенциал и конкурентоспособность, вклад аграрного сектора в ВВП страны остаётся относительно низким [6].

С начала 21 века в Казахстане наблюдается значительный рост урожайности и продуктивности животных, что позволило увеличить показатели в 1,5–2 раза. Высокая урожайность заметна в производстве таких культур, как сахарная свекла, овощи, бахчевые культуры и картофель. Зерновые и бобовые культуры занимают большую часть пахотных земель и являются основой сельскохозяйственного производства, оставаясь на стабильном уровне за последние двадцать лет (Рисунок 1). Несмотря на улучшение производительности, многие культуры всё ещё не соответствуют мировым стандартам, с производством зерновых и подсолнечника значительно ниже, чем в США и Канаде, и производством картофеля и сахарной свеклы ниже, чем в развитых странах. Для повышения конкурентоспособности необходимо расширить посевные площади и предоставить дополнительные субсидии [7].

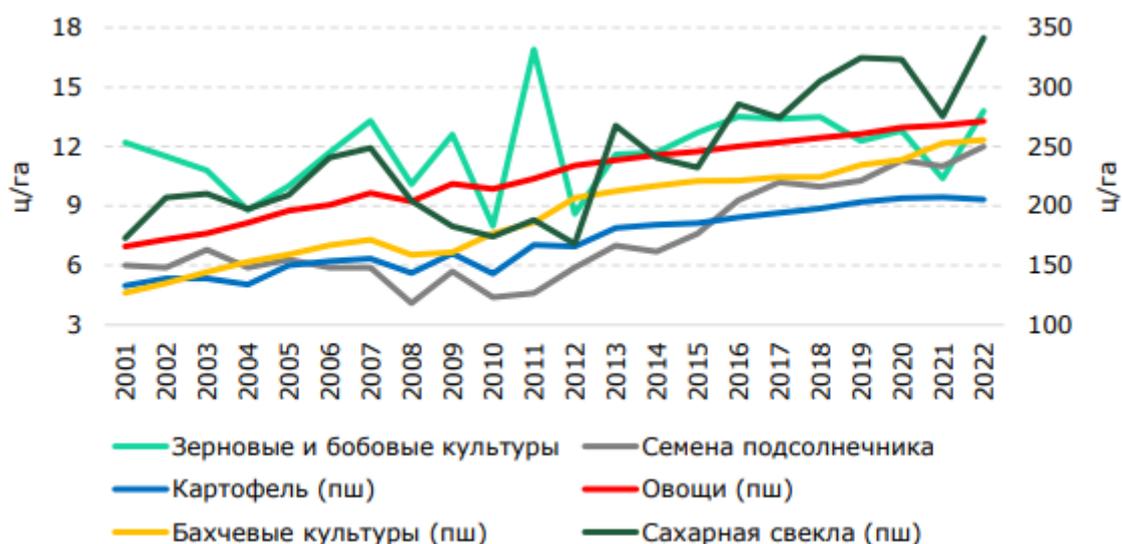


Рисунок 1 - Урожайность сельскохозяйственных культур в РК (2001–2022 гг.)



Рисунок 2 - Урожайность сельскохозяйственных культур в различных странах в 2021 году

В условиях засухи или нехватки осадков, урожайность основных культур в Казахстане резко падает, как это случилось в 2023 году. В 2022 году сбор пшеницы составил 16,4 млн тонн при урожайности 12,4 центнера с гектара, но, согласно предварительным данным, в 2023 году эти показатели упали до 11,5 млн тонн и 8,5 центнера с гектара. Во многих регионах, за исключением северных, почвы характеризуются низким плодородием, что усугубляется неэффективным использованием удобрений и отсутствием современных технологий севооборота.

К концу третьего квартала 2023 года в сельском хозяйстве было занято около 1,1 миллиона человек. Из них 621 тысяча (55,8%) были самозанятыми, а остальные — наемными работниками. Сельскохозяйственные работники составляли 12,2% от общей занятости в стране. С 2010 года число занятых в

сельском хозяйстве неуклонно снижается, отражая уменьшение занятости и рост формализации сектора.

Среднемесячная заработная плата в сельскохозяйственном секторе в третьем квартале 2023 года составила 236 665 тенге, что на 32,5% ниже средней зарплаты по сектору (350 542 тенге). Это самая низкая зарплата среди всех отраслей, за исключением индустрии развлечений (226 546 тенге). Несмотря на уменьшение разрыва в оплате труда с 2010 года, разница остаётся значительной (около 40%) (Рисунок 3).

Рынок труда в сельском хозяйстве также характеризуется высокой долей неформальной занятости. Хотя доля самозанятых постепенно уменьшается, их количество всё ещё превышает число работников в формальном секторе. Это приводит к недостаточной защите трудовых прав работников. Реальные масштабы проблемы могут быть значительно выше, поскольку статистика самозанятости основана на опросах. Низкий уровень предпринимательства и конкуренции в сельскохозяйственном секторе, а также глубокие структурные проблемы социально-экономического развития и урбанизации сельских районов формируют текущую ситуацию на рынке труда.

Аграрный сектор Казахстана характеризуется разнообразной структурой производителей. Основную часть составляют семейные фермеры, которые обеспечивают 85% сельскохозяйственной продукции, в основном выращивая зерновые культуры. Также присутствуют фермеры, занимающиеся преимущественно животноводством, а также субсидируемые частные хозяйства и индивидуальные предприниматели, многие из которых представляют малый и средний бизнес. Доля агрохолдингов, которые в основном функционируют в форме товариществ и обществ с ограниченной ответственностью, значительно ниже по сравнению с другими категориями производителей, как по объёму производства, так и по отраслевой доле (Рисунок 4).



Рисунок 3 - Оплата труда в экономике и сельском хозяйстве (2010–2022 гг.)



Рисунок 4 - Занятость в сельском хозяйстве (2010–2022 гг.)

Большие аграрные хозяйства в Казахстане часто сталкиваются с экономическими затруднениями, особенно во времена экономических потрясений, таких как глобальные финансовые кризисы или текущие экономические неприятности. В такие периоды колебания в объемах производства и изменения в ценах могут усугублять их финансовые проблемы, углубляя долги. Правительство считает такие хозяйства слишком значимыми для потери, и вместо закрытия предоставляет им значительные субсидии, чтобы поддержать их финансовое здоровье.

Малые фермеры, в отличие от крупных, сталкиваются с другими трудностями, такими как доступ к цепочкам поставок, конкуренция с большими агробизнесами и проблемы, связанные с ограниченными объемами производства. Высокие затраты на сбор урожая и транспортировку, риски безопасности продуктов питания, нестабильное качество продукции, ограниченный доступ к аграрным знаниям и консультациям, слабые кредитные системы и недостаточная связь с перерабатывающими предприятиями усложняют их деловую деятельность. Сельскохозяйственные кооперативы могли бы помочь мелким фермерам улучшить производительность и воспользоваться эффектом масштаба, предоставляя им больше возможностей для торговли, доступа к информации и технологиям. В 2015 году был введен закон о сельскохозяйственных кооперативах, однако эта система все еще развивается медленно. Опыт работы с колхозами в прошлом оставил недоверие к кооперативной модели среди фермеров. По данным на конец 2022 года, в Казахстане было зарегистрировано 33 000 кооперативов, которые объединяли около 44 000 фермеров, включая 54,5% семейных ферм, 44,7% фермеров и животноводов, и 0,8% крестьянских хозяйств (юридических лиц). Ожидается, что к концу 2022 года число участников кооперативов составит всего 2,3% от общего числа сельскохозяйственных производителей, превышающего 1,9 миллиона.

Большинство сельскохозяйственного производства в стране выполняется частными домашними хозяйствами, которые часто действуют как неформальные индивидуальные предприниматели и по большей части не участвуют в государственных программах. Их доступ к государственной поддержке ограничен, поскольку она в основном нацелена на крупные хозяйства, и из-за отсутствия достаточной поддержки у них мало стимулов для улучшения своих методов производства.

Сельскохозяйственный сектор Казахстана в значительной степени зависит от государственной поддержки. По оценкам ОЭСР, в 2022 году бюджетная поддержка сельского хозяйства составила примерно 1,7 миллиарда долларов США, что составляет 0,8% ВВП. С 2020 года хотя объем поддержки растет, его доля в ВВП сокращается, и за период с 2020 по 2022 годы поддержка производителей в Казахстане составляла в среднем 4,5% от общего дохода аграрного сектора. В то же время трансферты производителям в среднем оказывали наибольшее негативное воздействие на рынок, составляя 59% (Рисунок 5). Несмотря на налоговые льготы, доходы от сельскохозяйственных налогов остаются низкими. В 2019 году было выделено 356 миллиардов долларов из национального бюджета и около 200 миллиардов долларов из местных бюджетов на улучшение сельскохозяйственного производства, в то время как налоговые поступления от сельского хозяйства составили всего 66 миллиардов долларов, что делает государственную поддержку в этом году более чем в восемь раз превышающей уплаченные налоги [8].

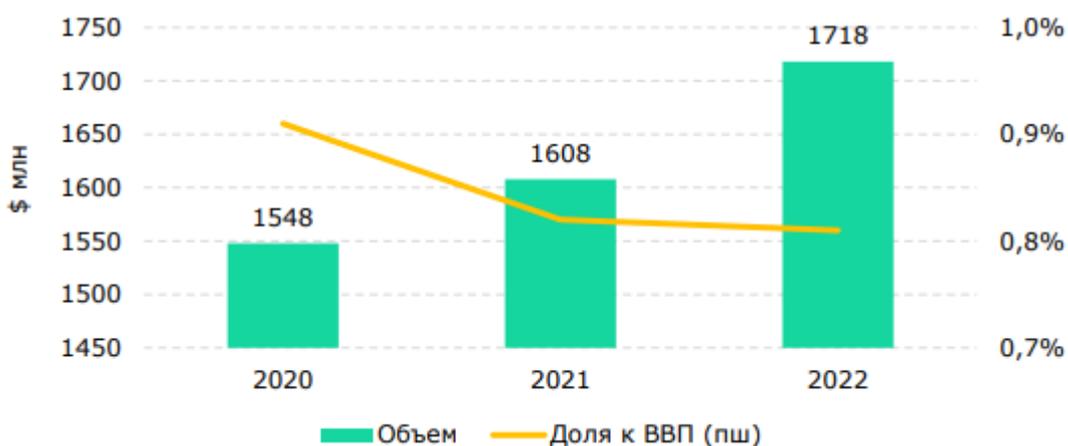


Рисунок 5 - Бюджетная поддержка сельского хозяйства (2020–2022 гг.)

В Казахстане поддержка сельскохозяйственного сектора осуществляется через предоставление прямых субсидий, выдачу кредитов под низкий процент из государственного бюджета, а также различные инвестиционные и налоговые льготы, включая внешнеторговые регулирования. Страна обладает значительным аграрным потенциалом, который пока не освоен в полной мере. Правительство считает развитие аграрного сектора одним из приоритетных

направлений и располагает экономическими ресурсами для его стимулирования и ускорения роста. Этот сектор играет ключевую роль в социально-экономическом развитии страны.

Несмотря на значительные возможности и обширную государственную поддержку, сельское хозяйство в Казахстане развивается медленно и остается малоэффективным и неконкурентоспособным. Как уже было отмечено, в стране существуют значительные различия в структуре и производительности аграрного сектора. Эти факторы создают серьезные препятствия для развития предпринимательской активности в этой области.

Одной из основных проблем является недостаточный уровень предпринимательской активности, что ведет к отсутствию новых и эффективных фермерских инициатив и сохранению устаревших методов ведения хозяйства. В результате этого уровень конкурентоспособности и продуктивности сельскохозяйственного сектора значительно отстает от показателей развитых стран. Частный аграрный сектор в большой степени зависит от государственной поддержки и не стремится к развитию конкуренции, так как фермеры полагаются на постоянные государственные субсидии даже в сложные времена.

Международный опыт показывает, что частная собственность на земли и развитие рыночных механизмов являются ключевыми условиями для создания эффективного и конкурентоспособного агробизнеса. Нынешний подход правительства к поддержке аграрного сектора, не фокусирующийся на рыночных механизмах, является одной из основных причин низкой эффективности и доли этого сектора в общем ВВП страны.

С точки зрения налоговой политики, сельскохозяйственный сектор в Казахстане в значительной мере является частью "серой" экономики, получая обширные налоговые льготы и субсидии из государственного бюджета, что снижает стимулы к повышению эффективности и конкурентоспособности.

### **1.3 Роль геоинформационных систем. Преимущества использования ГИС в сельском хозяйстве**

Географические информационные системы (ГИС) оказывают большую помощь фермерам и открывают широкие возможности для улучшения сельского хозяйства. Эта передовая технология позволяет им управлять ресурсами, анализировать данные о почве и климате и принимать более обоснованные решения, повышая тем самым эффективность, устойчивость и производительность сельского хозяйства [9].

Одним из главных преимуществ ГИС является возможность тщательного мониторинга состояния посевов. Представьте, что вы можете наблюдать за полями из своего офиса, используя данные со спутниковых снимков или беспилотников. Это позволило бы в режиме реального времени отслеживать состояние посевов, выявлять проблемные участки и оперативно

принимать меры. Возможно выявить участки с недостаточной или избыточной влажностью и вовремя скорректировать полив. Это может предотвратить стрессовые ситуации для растений и привести к повышению урожайности.

ГИС также может помочь оценить состояние растений. Спутниковые снимки и беспилотные летательные аппараты могут обнаружить признаки болезней и вспышек вредителей задолго до того, как они станут заметны невооруженным глазом. Это позволяет фермерам быстро реагировать на проблемы и минимизировать потери урожая. Кроме того, с их помощью можно отслеживать эффективность удобрений, оптимизируя их использование и снижая затраты.

Еще одно важное применение ГИС в сельском хозяйстве - составление карт плодородия и влажности почвы. Эти карты показывают изменения в составе почвы и уровне влажности в разных местах поля. Используя эти карты, фермеры могут более эффективно распределять ресурсы и оптимизировать внесение удобрений и орошение. Зная, какие участки поля наиболее плодородны, фермеры могут сосредоточиться на улучшении менее плодородных участков, что приведет к повышению общей урожайности. Карты плодородия почвы могут помочь разработать долгосрочные стратегии по улучшению качества почвы. Эти стратегии включают использование органических удобрений, агротехнические приемы и другие меры по повышению плодородия почвы.

Одна из самых мощных функций ГИС - возможность интегрировать данные из разных источников для комплексного анализа. Сюда входят данные с полевых датчиков, метеостанций, спутниковых снимков и лабораторных анализов. Такая интеграция позволяет фермерам получить более полную и точную картину состояния полей. Данные с метеостанций и спутниковые снимки могут быть объединены для создания подробных карт погодных условий и их влияния на урожай. Это позволит им прогнозировать урожай, планировать сельскохозяйственные мероприятия и принимать взвешенные решения. Интеграция данных обеспечивает комплексный подход к управлению фермой, позволяя фермерам более эффективно использовать ресурсы.

ГИС играют важную роль в адаптации сельского хозяйства к меняющимся климатическим условиям: используя ГИС, фермеры могут подготовиться к экстремальным погодным явлениям, таким как засухи, обильные дожди и внезапные похолодания. Отслеживая погодные условия и заблаговременно предупреждая о неблагоприятных изменениях, фермеры могут принять меры для минимизации ущерба. Если прогнозируется засуха, фермеры могут принять меры по сохранению влаги в почве, например, использовать поверхностный покров или сократить полив менее важных культур. В районах, где водные ресурсы ограничены, ГИС может помочь разработать стратегии управления водными ресурсами, чтобы лучше использовать имеющуюся воду и предотвратить ее нехватку.

Эффективное управление земельными ресурсами - еще одно важное применение ГИС в сельском хозяйстве. Эти системы позволяют фермерам анализировать использование и продуктивность земель и выявлять области, где можно увеличить производство. Это может помочь оптимизировать землепользование, повысить производительность и предотвратить деградацию земель. ГИС также могут отслеживать изменения в землепользовании и своевременно принимать меры для поддержания качества почвы. Возможно отслеживать плодородие почвы на разных участках поля и принимать меры по предотвращению эрозии и истощения почвы. Это особенно важно для долгосрочной устойчивости сельского хозяйства.

Географические информационные системы являются мощным инструментом, позволяющим фермерам принимать более обоснованные и точные решения. Эти системы могут улучшить управление фермой, повысить эффективность использования ресурсов, адаптироваться к изменению климата и улучшить качество почвы и урожая. В результате фермеры могут более эффективно управлять своими хозяйствами, снижать затраты и повышать урожайность. ГИС могут способствовать развитию более устойчивого и продуктивного сельского хозяйства, что особенно важно в современных условиях.

ГИС открывают перед фермерами новые горизонты. Они не только помогают фермерам лучше понять свои поля, но и более эффективно использовать имеющиеся ресурсы. Объединив данные из разных источников, можно составить подробные карты погодных условий, состояния почвы и растений. Это позволяет фермерам принимать более обоснованные решения и повышать производительность труда.

Мониторинг состояния посевов с помощью спутниковых снимков и данных с беспилотников позволяет отслеживать изменения в реальном времени и оперативно реагировать на проблемы. Это позволяет предотвратить потери урожая и повысить его качество. Карты плодородия и влажности почвы позволяют более рационально распределять ресурсы, что ведет к снижению затрат и повышению урожайности. Интеграция данных обеспечивает комплексный подход к управлению фермой и помогает фермерам более эффективно использовать ресурсы.

ГИС также играют важную роль в адаптации сельского хозяйства к меняющимся климатическим условиям: используя ГИС, фермеры могут подготовиться к экстремальным погодным явлениям и минимизировать ущерб; эффективное управление земельными ресурсами с помощью ГИС может повысить производительность и предотвратить деградацию почв; ГИС могут помочь фермерам улучшить методы управления земельными ресурсами. В результате фермеры могут работать более эффективно, снижать затраты и повышать урожайность. ГИС могут способствовать развитию более устойчивого и продуктивного сельского хозяйства, что особенно важно в современных условиях.

Географические информационные системы — это поистине переломный момент для сельского хозяйства. Они не только помогают фермерам лучше понимать свои поля, но и позволяют им более эффективно использовать имеющиеся ресурсы. Это открывает новые возможности для повышения производительности и устойчивости сельского хозяйства: ГИС может помочь фермерам принимать более обоснованные и точные решения, что в итоге приведет к более эффективному и устойчивому ведению хозяйства.

#### **1.4 Современные геодезические инструменты. Примеры использования современных геодезических инструментов**

Современные картографические инструменты, такие как беспилотники, GPS-технологии и дистанционное зондирование, произвели революцию в сельском хозяйстве. С их помощью можно собирать точные данные о почве, растительности и климатических условиях, что позволяет лучше управлять сельскохозяйственными процессами [10].

Дроны: использование дронов стремительно растет во всех секторах экономики, и особенно бурно оно развивается в сельскохозяйственном секторе.

За здоровьем растений следят беспилотники, которые могут составлять цветочные карты на полях и в садах. Они используют нормализованный дифференциальный индекс растительности (NDVI) - нормализованный относительный индекс растительности, отражающий количество растительности, способной к фотосинтезу. Цветочные карты позволяют фермерам следить за ростом культур и быстро выявлять проблемные участки на полях. Камеры, установленные на дронах, дают более точные данные, чем спутниковые снимки, поскольку на них не влияют облака и освещение. Компании предлагают платформы, объединяющие данные с беспилотников для составления карт полей с различными показателями.

Состояние почвы и полей также отслеживается с помощью беспилотников. Дроны наносят на карту поверхность полей, выявляют неровности, берут образцы дренажа и земли для эффективного планирования и использования ирригации. Дроны анализируют засоленность почвы и содержание в ней таких элементов, как азот, калий и фосфор, для более точного планирования посевов, прогнозирования урожайности и внесения удобрений.

Дроны могут вспахивать поля на высоких скоростях и покрывать труднодоступные участки, например, опрыскивать высокогорные чайные плантации, чтобы обеспечить правильное использование химикатов и сэкономить ресурсы.

Технология GPS. Использование новейших технологий позволяет фермерам сосредоточиться на правильном выполнении работы и сэкономить массу времени.

GPS-навигация может помочь в решении многих задач. Среди них - отслеживание оборудования, точное определение места проведения работ, контроль скорости и направления движения. Вы также можете оценить эффективность работы и отследить отклонения от маршрута. Программное обеспечение с базовыми функциями оптимизирует работу всего агропромышленного комплекса, а постоянные усовершенствования расширяют возможности использования GPS.

Современные технологии привнесли в сельское хозяйство точное земледелие, позволяющее вспахивать поля в соответствии с реальными потребностями культур. Это не только снижает затраты, но и минимизирует ущерб окружающей среде. GPS используется для создания электронных карт земли, позволяющих собирать данные о характеристиках почвы и пестицидов. Также были разработаны системы для оценки пестицидов, механического контроля и картирования урожайности. Все это способствует более точному внесению удобрений и планированию урожая.

Использование GPS-навигации в сельском хозяйстве дает множество преимуществ, включая оптимизацию использования сырья, повышение урожайности, улучшение качества продукции и рациональное использование земли. Оснащение машин GPS-трекерами позволяет точно рассчитать затраты топлива и времени. Однако есть и недостатки, такие как высокая стоимость оборудования, технические трудности и нехватка квалифицированного персонала.

Географические информационные системы и современные измерительные приборы играют важную роль в оцифровке сельского хозяйства и обеспечивают эффективные инструменты для улучшения управления ресурсами, повышения производительности и минимизации воздействия на окружающую среду. Интеграция этих технологий способствует устойчивому развитию агропромышленного комплекса и повышает конкурентоспособность сельского хозяйства.

## **1.5 Цифровизация сельскохозяйственного комплекса**

### **1.5.1 Цифровизация сельского хозяйства в других странах**

Цифровизация сельского хозяйства приобретает все большее значение во всем мире, и многие страны добиваются впечатляющих успехов в этой области. В США активно продвигается точное земледелие, где фермеры могут использовать данные GPS и ГИС для оптимизации посева, внесения удобрений и орошения. Беспилотники отслеживают состояние полей в режиме реального времени, помогая повысить урожайность и снизить затраты на производство. Технология позволяет фермерам более точно управлять ресурсами, минимизировать потери и повышать производительность ферм. В Калифорнии, одном из крупнейших сельскохозяйственных регионов США,

фермеры активно используют эту технологию для борьбы с засухой и повышения эффективности использования воды» [11].

Канада также активно использует геоинформационные системы и спутниковые данные для управления своими сельскохозяйственными угодьями. В стране разрабатываются автоматические системы управления сельскохозяйственной техникой, которые минимизируют влияние человеческого фактора и повышают точность операций. Автоматическое управление тракторами и комбайнами позволяет осуществлять точный посев и уборку урожая, сокращая потери и повышая производительность. Канадские фермеры также активно используют данные со спутников и беспилотников для мониторинга состояния почвы и посевов, что помогает им принимать более обоснованные решения и повышать урожайность. В Манитобе, где сельское хозяйство играет важную роль в экономике, использование таких технологий помогает фермерам справиться с изменением климата и улучшить управление ресурсами [12].

Нидерланды стали лидером в области сельскохозяйственных технологий благодаря применению инновационных решений в сельском хозяйстве. В стране широко используются вертикальное земледелие и теплицы с системами климат-контроля и ирригации. Эта технология позволяет контролировать такие параметры окружающей среды, как температура, влажность и освещение, что помогает оптимизировать рост растений и повысить урожайность. Голландские фермеры также успешно используют гидропонные системы для выращивания растений без почвы, экономя воду и получая высококачественный урожай. В районах с ограниченным доступом к земле, таких как Амстердам, использование вертикального земледелия и гидропонных систем становится все более популярным для обеспечения устойчивого сельского хозяйства и поставок продовольствия [13].

В Израиле достигнут значительный прогресс в эффективном использовании водных ресурсов благодаря технологии капельного орошения. Эти инновации позволяют экономить воду, подавая ее непосредственно к корням растений. В условиях крайне засушливого климата Израиля эта технология значительно повышает производительность сельского хозяйства и сокращает потери воды. Израиль активно использует беспилотники и спутниковые данные для мониторинга состояния полей и управления водными ресурсами, помогая фермерам эффективно использовать имеющиеся ресурсы и добиваться высоких урожаев. В засушливых регионах, таких как Негев, внедрение технологии капельного орошения значительно повысило производительность и устойчивость сельского хозяйства [14].

Австралия активно внедряет технологии точного земледелия. Используя данные со спутников, беспилотников и датчиков, австралийские фермеры могут более точно оценивать состояние почвы и посевов, прогнозировать урожай и оптимизировать использование ресурсов. Использование автоматизированных систем управления машинами и мониторинга полей позволяет значительно повысить эффективность производства и снизить

затраты. В районах с сильно меняющимися климатическими условиями, таких как Новый Южный Уэльс, использование методов точного земледелия может помочь фермерам стать более адаптируемыми и улучшить управление фермой» [15].

Германия делает ставку на интеграцию информационных технологий и робототехники в сельском хозяйстве. Страна активно развивает системы управления фермами, включающие анализ данных в режиме реального времени, прогнозирование погоды и автоматизацию процессов. Использование роботизированных систем для выполнения таких задач, как посев, уход за посевами и сбор урожая, позволяет повысить точность и снизить затраты. Немецкие фермеры активно используют эти технологии для повышения эффективности и продуктивности ферм. В Баварии внедрение роботизированных систем помогло фермерам справиться с нехваткой рабочей силы и повысить качество продукции [16].

Япония активно работает над внедрением робототехники и систем автоматизации в сельскохозяйственный сектор для борьбы с нехваткой рабочей силы и повышения производительности. Роботы используются для посадки, ухода и сбора урожая, значительно сокращая трудозатраты и повышая точность операций. Из-за ограниченности свободных земель в Японии также активно развиваются технологии вертикального и гидропонного выращивания, которые позволяют выращивать культуры в контролируемых условиях и экономить пространство. Использование вертикального земледелия становится все более актуальным в таких городах, как Токио, поскольку свежий урожай можно доставлять прямо в город [17].

В Сингапуре, где земли ограничены, активно развиваются вертикальное земледелие и гидропоника. Эти инновационные методы позволяют выращивать культуры в контролируемых условиях, что помогает экономить пространство и ресурсы. Автоматизированные системы климат-контроля для вертикального земледелия способствуют оптимальному росту культур и увеличению объемов производства. В таких городах, как Сингапур, вертикальное фермерство помогает обеспечить население свежими продуктами без необходимости импортировать их из других стран [18].

Эстония активно использует технологию блокчейн для обеспечения прозрачности и прослеживаемости в цепочке поставок сельскохозяйственной продукции. Блокчейн позволяет отслеживать продукцию и предоставляет достоверную информацию о каждом этапе производства и транспортировки. Это помогает повысить доверие потребителей и улучшить контроль качества продукции. Технология блокчейн может улучшить управление цепочками поставок и повысить прозрачность сельскохозяйственного производства. В Эстонии использование технологии блокчейн помогло сельскохозяйственным кооперативам более эффективно управлять своей продукцией и обеспечивать высокие стандарты качества [19].

В ряде стран представлены успешные примеры цифровизации сельского хозяйства, которые значительно повышают производительность,

оптимизируют использование ресурсов и снижают воздействие на окружающую среду. Эти примеры могут послужить вдохновением для других стран, стремящихся повысить эффективность сельского хозяйства за счет цифровой трансформации. Цифровизация сельского хозяйства открывает новые возможности для фермеров по всему миру, помогая им лучше понимать свои сельскохозяйственные угодья, эффективнее использовать ресурсы и добиваться лучших результатов. Цифровые технологии делают сельское хозяйство более устойчивым, продуктивным и экологичным. Ожидается, что все больше стран будут активно применять цифровые технологии в сельском хозяйстве, чтобы улучшить управление ресурсами и повысить конкурентоспособность на мировом рынке.

### **1.5.2 Примеры успешного внедрения технологий в Казахстане**

Компании Казахстана, такие как Terra Point, Олжа Агро и Атамекен-Агро, продемонстрировали успешный опыт комплексной цифровизации с использованием геоинформационных систем и технологий. В одном из крупнейших хозяйств в Карагандинской области были внедрены пять поливочных машин кругового типа с GPS-позиционированием и мониторингом маршрута. Это позволило начать выращивание картофеля на площади 500 гектаров, исключив зависимость урожайности от осадков и летних засух. Благодаря анализу грунта и точечным подкормкам, урожайность увеличилась до 400 центнеров с гектара, что вдвое превышает средний показатель по области [20].

С 2014 года Акционерное Общество «Атамекен-Агро» начало изучение технических возможностей автоматизации управления аграрным хозяйством. В 2015 году была введена система дистанционного зондирования территорий и спутникового мониторинга посевов от компании Geosys. Также началась реализация пилотных проектов по внедрению программного обеспечения российских и зарубежных фирм. В 2016 году «Атамекен-Агро» совместно с казахстанской фирмой «Agrostream» приступило к разработке интегрированной системы управления сельскохозяйственным производством. В этой системе функционирует ряд модулей, таких как Agrofact, который с помощью спутникового мониторинга позволяет контролировать технику, реализацию процессов и подсчет затрат на семена, химикаты и другие ресурсы [21].

### **1.5.3 Примеры успешного внедрения технологий в других странах**

Основываясь на опыте использования ГИС и спутниковых технологий в других странах мира, можно привести несколько примеров успешного применения этих технологий в сельском хозяйстве:

В последнее время российский агропромышленный комплекс начал активно использовать беспилотные летательные аппараты (БПЛА) для мониторинга качества урожая и состояния почвы. Некоторые из этих технологий уже прошли испытания и доступны для массового использования. Компании Agrodrome Group и Geoscan используют БПЛА, оснащенные камерами, для аэрофотосъемки.

В ходе таких съемок создаются ортофотографические карты, представляющие собой аэрофотоснимки, обработанные в том же масштабе. Эти данные также используются для создания карт нормализованного индекса растительности (NDVI), помогающих определить состояние растений; БПЛА также делают снимки состояния и всхожести культур и предоставляют информацию о водной эрозии почвы.

В хозяйстве «Мираторг» установлена высокотехнологичная система точного земледелия, для оценки урожайности используются GPS и геоинформационные системы (ГИС). В хозяйстве «Ивнянский» на «Мираторге» улучшили состояние почвы, повысили содержание гумуса и микроэлементов. В хозяйстве «Ивнянский» на Мираторге улучшилось состояние почвы, повысился уровень гумуса и микроэлементов.

Специалисты института берут образцы почвы с полей и анализируют содержание гумуса, микро- и макроэлементов, а также кислотность почвы. Эти данные используются для корректировки норм высева, применения органических и минеральных удобрений и других мер по повышению урожайности. Они также определяют оптимальное направление движения сельскохозяйственной техники на поле.

Приложения спутникового мониторинга помогают управлять местоположением сельскохозяйственной техники, посевными площадями, расходом топлива и другими ключевыми показателями. Благодаря всем этим мерам, включая компонент «умного земледелия», Агрохолдинг «Ивнянский» добился самой высокой урожайности зерновых в Белгородской области (более 73 центнеров с гектара). Общая урожайность агрофирмы «Мираторг» в Белгородской и Курской областях составляет более 53 центнеров с гектара.

В 2021 году Alibaba запустила новое приложение ET AgriculturalBrain. Это приложение можно использовать для цифрового учета урожайности и управления производственными циклами. Автоматизируя многие процессы, оно значительно упрощает работу фермеров, уменьшает бюрократию и повышает эффективность и качество производства [22].

Основная цель этих инициатив - снизить затраты на массовое производство. В последние годы достигнут значительный прогресс во внедрении инноваций, направленных на повышение продовольственной безопасности и экономической независимости фермеров. Сокращение факторов производства ведет к увеличению прибыли, и благодаря технологическому прогрессу и межсекторному сотрудничеству эти цели становятся все более достижимыми.

Согласно докладу Китайской академии сельскохозяйственных наук, современные технологии используются для выведения высококачественных сортов растений, преобразования продуктов, разработки автономных транспортных средств, более эффективного использования воды, борьбы с загрязнением, переработки отходов и восстановления экосистем.

#### **1.5.4 Программы и инициативы в Казахстане**

Казахстан уделяет особое внимание цифровизации сельского хозяйства - одному из ключевых направлений развития страны. В последние годы был запущен ряд стратегических программ и инициатив, направленных на внедрение современных технологий в сельскохозяйственный сектор. Рассмотрим некоторые из основных программ и инициатив, реализуемых в настоящее время.

Одна из них - «Цифровой Казахстан» - была запущена в 2017 году и направлена на цифровую трансформацию всех отраслей экономики, включая сельское хозяйство. Основными направлениями программы являются развитие инфраструктуры для сбора и анализа данных, использование современных технологий управления фермерскими хозяйствами и обучение фермеров и агрономов использованию современных цифровых инструментов. Программа также поощряет развитие Интернета вещей (IoT) для мониторинга состояния почвы и растений, что позволяет более эффективно распределять ресурсы и повышать урожайность.

Еще одна важная программа - недавно принятая Национальная программа развития агропромышленного комплекса на 2021–2025 годы. Программа направлена на общее развитие сельского хозяйства как ключевого сектора казахстанской экономики. Основная цель программы - повышение производительности труда, экспорта агропромышленной продукции и доходов сельского населения. Программа направлена на использование передовых технологий в сельском хозяйстве, модернизацию инфраструктуры и повышение цифровой грамотности фермеров. Особое внимание уделяется модернизации сельскохозяйственной техники и оборудования, использованию географических информационных систем (ГИС) и систем управления данными на основе дистанционного зондирования.

Следует также упомянуть о недавно принятой концепции развития агропромышленного комплекса Республики Казахстан до 2030 года.

Развитие сельского хозяйства в Казахстане является важной стратегической целью. Основными задачами концепции являются повышение урожайности, обеспечение продовольственной безопасности и стимулирование инвестиций в аграрный сектор. Концепция предусматривает применение передовых методов ведения сельского хозяйства, таких как точное земледелие, автоматизация процессов и использование инновационных технологий. Важно отметить, что концепция также направлена на привлечение

инвестиций и содействие развитию частного сектора в сельскохозяйственной отрасли.

В 2021 году «Казагро» и «Байтрек» объединились, и все функции, связанные с финансированием сельского хозяйства, животноводства, растениеводства и другой поддержки, были переданы «Байтреку» как единому агентству развития. Это повысило координацию и эффективность государственной поддержки агропромышленного комплекса и облегчило доступ фермеров к финансированию и технологиям.

В 2017 году была принята Программа развития агропромышленного комплекса Республики Казахстан на 2017–2021 годы, направленная на поддержку и развитие малых форм хозяйствования, фермерских кооперативов и аграрно-производственных кооперативов. Основными целями программы являются совершенствование механизмов управления, увеличение финансовой поддержки и расширение рынков сбыта агропродукции.

#### Поддержка инноваций и исследований

В Казахстане также разработаны программы поддержки технологических инноваций и исследований в сельском хозяйстве. Эти программы включают в себя финансирование научных проектов, разработку новых технологий и методов ведения сельского хозяйства, а также создание условий для превращения научных результатов в коммерчески успешную продукцию. Ключевым элементом является интеграция исследований в реальные потребности фермеров и агропродовольственных предприятий, что приводит к более эффективному применению инноваций на практике.

#### Конкретные проекты и результаты

Проект «Умная ферма»: внедрение автоматизированной системы управления фермой с использованием датчиков для мониторинга состояния почвы и растений, систем автоматического орошения и внесения удобрений, а также беспилотных летательных аппаратов для наблюдения за территорией.

Создание сельскохозяйственных технопарков: Казахстан создает сельскохозяйственные технопарки для тестирования и внедрения новых сельскохозяйственных технологий. Эти парки позволяют фермерам и ученым обмениваться опытом и лучшими практиками.

Разработка образовательных программ: внедрение цифровых технологий в сельское хозяйство требует разработки образовательных программ, чтобы вооружить специалистов знаниями и навыками, необходимыми для работы с современными технологиями.

#### Программы и инициативы 2024 года

'AgroDigital': новые инициативы по созданию цифровой экосистемы сельского хозяйства, включая платформы для обмена данными, аналитические инструменты и мобильные приложения для фермеров.

«eAgriculture»: программа по автоматизации и цифровизации всех аспектов управления сельскохозяйственными процессами, включая бухгалтерский и административный учет, прогнозирование урожая и управление ресурсами.

Зеленая инициатива": программа, направленная на устойчивое развитие сельского хозяйства, в частности использование возобновляемых источников энергии, органическое земледелие и сокращение выбросов углекислого газа.

Казахстан активно разрабатывает и реализует программы и инициативы по цифровизации сельского хозяйства. Эти меры помогают повысить эффективность управления сельскохозяйственными ресурсами, увеличить производительность и конкурентоспособность агропромышленного комплекса и обеспечить устойчивое развитие сельских территорий.

### **1.5.5 Планы и стратегии в области электронного сельского хозяйства по странам**

Несколько стран активно реализуют стратегии и программы развития электронного сельского хозяйства. Армения приняла стратегию устойчивого развития сельского хозяйства, направленную на повышение эффективности и устойчивости сельскохозяйственного производства. Эта стратегия включает в себя меры по внедрению современных технологий для улучшения управления ресурсами и повышения производительности. Внедрение геоинформационных систем и автоматизированных систем управления позволило армянским фермерам более точно планировать свою деятельность и оптимизировать использование удобрений и воды, что в итоге способствует устойчивому развитию сельскохозяйственного сектора.

Азербайджан разрабатывает и внедряет передовые технологии в рамках стратегического видения и «дорожной карты» развития сельского хозяйства, а также стратегии создания электронных сельскохозяйственных информационных систем. Эти инициативы направлены на модернизацию агропромышленного комплекса, улучшение качества сельскохозяйственной продукции и повышение ее конкурентоспособности на международных рынках. Благодаря использованию данных дистанционного зондирования и GPS-навигации азербайджанские фермеры получают точную информацию о состоянии своих полей, что помогает оптимизировать процессы посева, орошения и внесения удобрений.

В Беларуси реализуется программа социально-экономического развития на 2021–2025 годы и национальная программа «Агробизнес», направленная на повышение производительности труда и улучшение состояния почв. Внедрение современных сельскохозяйственных технологий и использование данных анализа почвы помогают белорусским фермерам более эффективно распоряжаться ресурсами и повышать урожайность. Эти программы также включают меры по улучшению инфраструктуры и созданию условий для устойчивого развития сельских районов.

В Боснии и Герцеговине действует Федеральная программа развития сельских районов на 2018–2021 годы, которая направлена на совершенствование методов ведения сельского хозяйства. Программа

включает меры по внедрению инновационных технологий для улучшения управления ресурсами и повышения производительности; использование ГИС и данных дистанционного зондирования позволит фермерам более точно планировать и оптимизировать использование удобрений и воды, что будет способствовать устойчивому развитию сельскохозяйственного сектора.

Грузия активно работает над развитием сельских территорий в рамках Стратегии развития сельского хозяйства и сельских территорий (ARDS) на 2021–2027 годы, которая направлена на модернизацию агропромышленного комплекса, улучшение качества сельскохозяйственной продукции и повышение ее конкурентоспособности на международных рынках. Благодаря использованию данных дистанционного зондирования и GPS-навигации грузинские фермеры могут получать точную информацию о состоянии своих полей, что помогает оптимизировать процессы посева, орошения и внесения удобрений.

Республика Молдова также активно занимается развитием сельского хозяйства, реализуя Национальную стратегию развития сельского хозяйства и сельских территорий на период 2014–2020 годов. Эта стратегия направлена на модернизацию агропромышленного комплекса, улучшение качества сельскохозяйственной продукции и повышение ее конкурентоспособности на международных рынках. Благодаря использованию данных дистанционного зондирования и GPS-навигации молдавские фермеры получают точную информацию о состоянии своих полей, что позволяет им оптимизировать процессы посева, орошения и внесения удобрений.

В Турции передовые технологии внедряются в сельское хозяйство в рамках стратегического плана Министерства сельского и лесного хозяйства на 2019–2023 годы, который включает меры по повышению эффективности производства и благоустройству сельских районов. Эти инициативы направлены на модернизацию сельского хозяйства, улучшение качества сельскохозяйственной продукции и повышение конкурентоспособности на международных рынках. Использование данных дистанционного зондирования и GPS-навигации обеспечивает турецких фермеров точной информацией о состоянии полей и помогает им оптимизировать посев, орошение и внесение удобрений [23].

Все эти страны добились значительного прогресса в улучшении сельскохозяйственных процессов, урожайности и устойчивости, используя новейшие технологии и стратегии. Каждая из этих программ и стратегий отвечает на конкретные проблемы и потребности сельскохозяйственного сектора и вносит вклад в его модернизацию и устойчивое развитие. Использование инновационных технологий и подходов позволяет фермерам этих стран лучше управлять своими ресурсами, повышать производительность и минимизировать негативное воздействие на окружающую среду. Это не только способствует экономическому росту, но и повышает качество жизни в сельской местности, обеспечивает продовольственную безопасность и экологическое благополучие.

## 1.6 Будущее ГИС и спутниковых технологий в сельском хозяйстве

Достижения в области географических информационных систем (ГИС) и спутниковых технологий обладают огромным потенциалом для повышения эффективности и устойчивости сельского хозяйства. Интеграция этих технологий с Интернетом вещей (IoT) обещает сделать сельское хозяйство еще более точным и автоматизированным. В будущем ГИС и спутниковые технологии будут активно взаимодействовать с устройствами IoT, такими как датчики влажности почвы, температуры и другие, чтобы предоставить фермерам более точные и своевременные данные о состоянии полей и растений. Такая интеграция откроет новые горизонты для автоматизации таких процессов, как орошение и внесение удобрений, повышая общую эффективность и производительность сельского хозяйства.

В ближайшем будущем будут фермы, где каждая деталь отслеживается и контролируется IoT-устройствами, подключенными к ГИС. Датчики влажности почвы сообщают системе о необходимости полива, и автоматическая система орошения немедленно реагирует, обеспечивая оптимальные условия для роста растений. Датчики температуры предупреждают о надвигающейся жаре, и система принимает меры для защиты урожая. Такой подход сводит к минимуму человеческий фактор и максимально эффективно использует ресурсы, что особенно важно в условиях меняющегося климата. Кроме того, IoT-устройства могут собирать данные о состоянии почвы и растений в режиме реального времени, позволяя фермерам быстро реагировать на любые изменения и принимать превентивные меры до возникновения проблем [24].

Использование машинного обучения и искусственного интеллекта (ИИ) также играет важную роль в развитии сельского хозяйства. Эти технологии позволяют анализировать большие объемы данных и выявлять скрытые закономерности и тенденции. Фермеры могут использовать ИИ для прогнозирования урожайности, оценки рисков и разработки стратегий управления сельскохозяйственными угодьями. ИИ анализирует данные о погоде, состоянии почвы и растениях, чтобы предсказать лучшее время для посева и сбора урожая. ИИ также может анализировать данные о вредителях и болезнях растений, чтобы выявить потенциальные вспышки и предлагать профилактические меры для минимизации потерь урожая [25].

Разработка новых технологий обработки данных также играет важную роль в развитии сельского хозяйства. По мере развития технологий обработки данных могут быть разработаны новые методы и алгоритмы, позволяющие анализировать геопространственные данные с большей точностью и эффективностью. Новые технологии обработки данных включают в себя использование облачных вычислений, которые позволяют обрабатывать большие объемы данных в режиме реального времени и быстро получать результаты анализа. Все данные с полей, собранные датчиками и спутниками, мгновенно обрабатываются и анализируются в облаке, а фермеры получают

оперативные рекомендации по управлению своими землями. Это позволит фермерам более точно планировать свою деятельность, снижать риски и повышать урожайность.

Благодаря интеграции ГИС и спутниковых технологий с устройствами IoT у фермеров появится возможность создать «умные» фермы, где все процессы автоматизированы и оптимизированы. автоматизированные системы орошения смогут автономно регулировать количество воды на основе данных о влажности почвы, экономя водные ресурсы и обеспечивая оптимальные условия для роста растений. Аналогичным образом автоматические системы внесения удобрений смогут точно дозировать необходимое количество удобрений в зависимости от состояния почвы и растений, повышая эффективность использования удобрений и снижая негативное воздействие на окружающую среду.

Машинное обучение и ИИ также могут использоваться для разработки прогностических моделей, которые помогут фермерам лучше понять будущие изменения условий на полях. Эти модели могут предсказывать изменения, которые могут произойти в ближайшие недели и месяцы, принимая во внимание целый ряд факторов, таких как погодные условия, состояние почвы и уровень влажности. Это позволяет фермерам своевременно принимать меры, чтобы избежать проблем и оптимизировать свою работу. Если фермеры знают, что в ближайшее время ожидается засуха, они могут заранее подготовить свои ирригационные системы и избежать потерь урожая [26].

Кроме того, по мере развития новых технологий обработки данных фермеры смогут получать более точные и подробные данные о состоянии своих полей. Облачные вычисления способны быстро обрабатывать большие объемы данных, благодаря чему фермеры будут иметь доступ к актуальным данным и смогут принимать обоснованные решения. Облачные вычисления смогут мгновенно анализировать данные о состоянии почвы и растений, полученные с датчиков и спутников, и предоставлять фермерам готовые к использованию рекомендации по обработке земли. Это позволит более точно планировать посев, орошение, внесение удобрений и т. д., повышая общую эффективность сельского хозяйства.

Интеграция IoT с ГИС и спутниковыми технологиями, применение машинного обучения и искусственного интеллекта, а также разработка новых технологий обработки данных открывают широкие возможности для повышения эффективности и устойчивости сельского хозяйства. Эти технологии позволяют фермерам более точно управлять ресурсами, принимать обоснованные решения и адаптироваться к меняющимся условиям. Ожидается, что в будущем все больше фермеров будут использовать эти передовые технологии для управления своими хозяйствами и повышения производительности. Цифровизация сельского хозяйства приведет к появлению «умных» ферм, где все процессы будут автоматизированы и оптимизированы для повышения урожайности, снижения затрат и уменьшения воздействия на окружающую среду.

## **1.7 Проблемы и вызовы цифровизации сельского хозяйства**

Несмотря на очевидные преимущества цифровизации, существуют и вызовы, которые необходимо преодолеть для успешного внедрения новых технологий в сельское хозяйство Казахстана. Эти вызовы можно разделить на несколько категорий: технические, экономические и социальные.

### **1.7.1 Технические проблемы**

Одной из самых серьезных технологических проблем сельского хозяйства в Казахстане является отсутствие инфраструктуры, в частности интернета в сельской местности. В отдаленных районах ограниченный доступ к высокоскоростному интернету затрудняет использование цифровых технологий и систем управления. Это является серьезным препятствием для внедрения современных технологий, требующих стабильного подключения к сети, таких как географические информационные системы (ГИС) и дистанционное зондирование. Отсутствие инфраструктуры также ограничивает использование облачных сервисов для хранения и обработки данных, что, в свою очередь, ограничивает возможности для анализа и принятия решений на основе данных.

Для внедрения и обслуживания цифровых технологий требуются квалифицированные специалисты, которые могут устанавливать и обслуживать оборудование. В сельской местности таких специалистов часто не хватает, что затрудняет эксплуатацию и обслуживание новых систем. Для решения этой проблемы необходимо разработать программы подготовки и переподготовки кадров, учитывающие специфические потребности сельскохозяйственного сектора. Постоянное обучение и развитие человеческих ресурсов играют ключевую роль в успешной цифровизации сельского хозяйства. Без необходимой технической поддержки фермеры могут столкнуться с проблемами, которые они не смогут решить самостоятельно, что задержит внедрение инноваций.

Еще одна важная техническая проблема - совместимость различных цифровых систем и инструментов. Данные с различных устройств и платформ должны быть интегрированы, синхронизированы и эффективно доступны. Для этого необходимо разработать стандарты и протоколы для обмена информацией. Без них интеграция и анализ данных будут проблематичными, что ограничит возможности комплексного анализа и принятия решений. Отсутствие общих стандартов также может привести к изоляции данных, что затруднит их использование фермерами в повседневной деятельности. Технологическая совместимость также включает в себя обеспечение безопасности и защиты данных, что становится все более важным по мере увеличения объема информации.

Надежная энергетическая инфраструктура необходима для полноценного функционирования цифровых технологий в сельском хозяйстве.

Во многих сельских районах Казахстана случаются перебои с электричеством, что может негативно сказаться на работе цифровых систем и оборудования. Для решения этой проблемы необходимы значительные инвестиции в модернизацию и расширение энергетической сети. Одним из решений этой проблемы может стать внедрение возобновляемых источников энергии, таких как солнечные и ветряные электростанции. Надежное электроснабжение является основой для стабильной работы всех цифровых систем и оборудования, необходимых для современного сельского хозяйства.

Поэтому для успешной цифровизации сельского хозяйства в Казахстане необходимо преодолеть ряд технологических проблем. Неразвитая интернет-инфраструктура ограничивает использование современных технологий, требующих стабильного подключения к сети. Нехватка квалифицированных специалистов затрудняет установку и обслуживание новых систем, поэтому необходимо разработать программы обучения. Операционная совместимость и безопасность данных между различными цифровыми системами - еще один важный аспект, требующий разработки стандартов и протоколов обмена информацией. Наконец, надежная энергетическая инфраструктура является ключевым элементом для стабильной работы всех цифровых технологий в сельском хозяйстве. Для преодоления этих проблем правительствам, частному сектору и образовательным учреждениям необходимо работать вместе, чтобы создать благоприятные условия для цифрового сельского хозяйства. В будущем это не только повысит производительность и устойчивость сельскохозяйственного сектора, но и улучшит качество жизни фермеров и внесет вклад в развитие сельских районов [27].

### **1.7.2 Экономические проблемы**

Для фермеров высокая стоимость внедрения новых технологий является серьезной экономической проблемой. Приобретение такого оборудования, как беспилотники, датчики, GPS-оборудование и программное обеспечение для управления ими, требует значительных финансовых вложений. Для многих фермеров, особенно мелких, такие инвестиции непомерно дороги. Это создает экономические препятствия для распространения цифровых технологий в сельском хозяйстве. Кроме того, обучение и обслуживание оборудования также требуют больших затрат. Многие фермеры не могут позволить себе выделять средства на регулярное обучение своего персонала новым технологиям, что еще больше препятствует их распространению.

Ограниченный доступ к финансированию для инвестиций в новые технологии - еще одна серьезная экономическая проблема. Государственная поддержка и льготные кредитные схемы зачастую не охватывают всех нуждающихся фермеров, особенно мелких, на долю которых приходится большая часть сельскохозяйственного производства в стране. Для стимулирования инноваций в сельскохозяйственном секторе необходимы

более доступные и прозрачные механизмы финансирования. К ним относятся гранты, субсидии, низкопроцентные кредиты и другие формы финансовой помощи. Фермеры часто сталкиваются с бюрократическими препятствиями при попытке получить финансирование, что замедляет процесс модернизации и внедрения новых технологий.

Для многих фермеров экономическая эффективность внедрения цифровых технологий неясна. Принятие решений о внедрении цифровых систем часто осложняется необходимостью экономической оценки затрат и преимуществ новых технологий. Фермерам нужны четкие и наглядные доказательства того, как внедрение цифровых технологий может повысить рентабельность и снизить затраты. Для этого необходимы исследования и демонстрационные проекты, которые покажут реальные преимущества и экономическую эффективность использования цифровых технологий в сельском хозяйстве. Без таких данных фермеры могут не захотеть ставить свои ограниченные ресурсы на неизвестные результаты.

Цифровые технологии и оборудование необходимо регулярно обновлять и модернизировать, что также влечет за собой дополнительные расходы. Фермерам необходимо учитывать амортизацию техники и закладывать в бюджет средства на замену устаревшего оборудования. Из-за быстрых темпов технологических изменений инвестиции в новые технологии могут устареть всего за несколько лет, поэтому необходимо постоянно контролировать и обновлять техническое оборудование. Это ложится дополнительным экономическим бременем на фермеров, которые вынуждены постоянно адаптироваться к новым требованиям и стандартам.

Экономические проблемы являются серьезным препятствием на пути цифровизации сельского хозяйства. Высокие затраты на приобретение и обслуживание оборудования, ограниченность финансовых средств, неопределенная экономическая эффективность и необходимость регулярного технологического обновления являются основными препятствиями для фермеров. Чтобы преодолеть эти трудности, необходимо разработать комплексные меры поддержки, включая программы доступного финансирования, программы обучения и переподготовки, а также исследовательские и демонстрационные проекты, которые покажут фермерам истинные преимущества и экономическую эффективность цифровых технологий. Только так можно создать условия для широкого внедрения инноваций в агропромышленном комплексе и обеспечить устойчивое развитие сельского хозяйства в будущем [28].

### **1.7.3 Социальные проблемы**

Низкий уровень цифровой грамотности среди фермеров и агрономов является основным препятствием на пути цифровизации сельского хозяйства. Многие фермеры не имеют необходимых навыков для работы с новейшими

цифровыми инструментами и системами управления, что значительно затрудняет их внедрение и использование. Программы обучения и курсы повышения квалификации необходимы для успешной интеграции новых технологий в сельскохозяйственное производство. Также важно, чтобы программы обучения были доступны и адаптированы к потребностям и возможностям фермеров. Они могут включать практические семинары на местах, разработку онлайн-курсов и предоставление индивидуальных консультаций. Важно, чтобы фермеры не только знали, как использовать новое оборудование, но и понимали преимущества его применения, рост производительности и экономию средств. Все это утомительно и требует много времени, но в итоге способствует эффективной цифровизации сельского хозяйства.

Сопротивление традиционных фермеров переменам - еще одна важная социальная проблема. Многие фермеры, особенно старшее поколение, предпочитают работать по проверенным методам и не желают принимать перемены. Это связано с недоверием к новым технологиям и опасениями по поводу их эффективности и надежности. Преодоление этого препятствия требует внедрения демонстрационных проектов цифровых технологий и передового опыта. Также важно привлекать лидеров общественного мнения и успешных фермеров, которые могут продемонстрировать преимущества и экономическую эффективность новых технологий. Организация дней поля, где фермеры могут увидеть технологию в действии, может развеять сомнения и продемонстрировать реальные преимущества. Такие мероприятия могут сопровождаться отзывами фермеров, которые уже внедрили технологию и увидели результаты. Такие истории успеха могут вдохновить других фермеров и показать, что перемены не только возможны, но и полезны.

Внедрение цифровых технологий может уменьшить социальное неравенство и повысить конкурентоспособность и доходы, предоставив фермерам доступ к передовым технологиям и информации. Однако без надлежащей поддержки и обучения разрыв между крупными и мелкими фермерами будет увеличиваться: у крупных фермеров будет больше ресурсов для инноваций, а мелкие фермеры останутся на периферии технического прогресса. Чтобы обеспечить равный доступ к цифровым технологиям, необходимо разработать программы поддержки мелких и средних фермеров. Они могут включать в себя гранты на приобретение оборудования, кредиты под низкий процент на внедрение технологий, а также бесплатные или субсидируемые программы обучения. Государственные субсидии и гранты могут значительно снизить финансовые барьеры для мелких фермеров, что позволит им инвестировать в новейшие технологии и повысить свою конкурентоспособность.

Вопросы коммуникации и сотрудничества также играют важную роль в цифровизации сельского хозяйства. Важно наладить эффективную коммуникацию и сотрудничество между различными участниками сельскохозяйственного сектора, включая фермеров, университеты, поставщиков технологий и государственные учреждения. Отсутствие сотрудничества и обмена информацией может замедлить инновационный процесс и снизить его эффективность. Создание платформ и совместных сетей для обмена знаниями и опытом может способствовать более успешному внедрению цифровых технологий в сельском хозяйстве. Создание онлайн-платформ для обмена опытом и знаниями между фермерами, учеными и поставщиками технологий может значительно ускорить внедрение новых решений. Это может стать платформой для фермеров, где они смогут задавать вопросы, обращаться за советом и делиться опытом, создавая сообщество для более быстрого и успешного внедрения инноваций.

Успешная цифровизация сельского хозяйства в Казахстане требует решения широкого спектра технических, экономических и социальных проблем. Целостный подход, включающий развитие инфраструктуры, доступ к финансированию, повышение цифровой грамотности и преодоление сопротивления изменениям, является ключом к устойчивому и эффективному сельскохозяйственному производству в стране. Также важно учитывать специфические условия и потребности каждого региона, чтобы разрабатываемые меры были максимально эффективными и адаптированными к местным реалиям. Только так можно обеспечить широкое внедрение инноваций и конкурентоспособность казахстанского сельского хозяйства на мировом рынке. Развитие сельского хозяйства требует системного подхода, при котором все аспекты, от обучения и финансовой поддержки до инфраструктуры и сотрудничества, работают вместе для достижения общих целей [29].

## 2 Методология исследования

### 2.1 Технологии и инструменты

В этой главе рассматриваются методы и инструменты, используемые в проекте для сбора, обработки и анализа данных. Каждый из этих инструментов способствует точности и эффективности анализа и позволяет лучше управлять сельскохозяйственными землями.

В качестве основных технологий и инструментов использовались.

Python, мощный и гибкий язык программирования с понятным синтаксисом. Его можно использовать для веб-разработки (Django, Flask), научных вычислений (NumPy, SciPy), анализа данных (Pandas, Matplotlib), машинного обучения (TensorFlow, PyTorch) и многих других областей.

В данном проекте Python является основой для написания логики на стороне сервера, обработки данных и подключения к Google Earth Engine; простота и гибкость Python позволяют быстро разрабатывать сложные алгоритмы для анализа данных, автоматизации процессов и интеграции различных сервисов. Простота и гибкость Python позволяют быстро разрабатывать сложные алгоритмы для анализа данных, автоматизации процессов и интеграции различных сервисов. Это особенно важно, поскольку технологии постоянно развиваются, а потребности пользователей меняются: с Python вы сможете быстро реагировать на новые задачи и вызовы.

PyCharm — это интегрированная среда разработки (IDE), разработанная компанией JetBrains специально для Python; PyCharm предлагает широкий спектр инструментов, таких как подсветка синтаксиса, автоматическое завершение кода, отладка, анализ кода и контроль версий.

PyCharm используется для разработки и тестирования кода, создания новых функций и исправления ошибок быстро и эффективно. IDE поддерживает множество фреймворков и инструментов Python, чтобы сделать вашу работу более удобной и продуктивной PyCharm также является отличным инструментом для управления проектами, кода Навигация и интеграция с системами контроля версий, такими как Git. Это позволяет командам лучше сотрудничать, сократить количество ошибок и ускорить процесс разработки.

Django — это высокоуровневый фреймворк для разработки веб-приложений на Python. Он предоставляет множество полезных инструментов и функций, таких как аутентификация пользователей, управление базами данных, создание шаблонов и административные интерфейсы.

Django используется в проектах для создания серверной части веб-приложения, обработки запросов пользователей, управления данными и обеспечения безопасности. Фреймворк содержит множество встроенных компонентов, что позволяет разработчикам сосредоточиться на написании бизнес-логики, а не тратить время на создание базовых функциональных элементов [30].

Mapbox GL JS — это библиотека JavaScript для создания интерактивных карт на веб-сайтах. Она использует векторную графику для отображения карт и позволяет пользователям добавлять различные слои, маркеры, информационные окна и другие элементы для создания интерактивных картографических приложений.

Проект Mapbox GL JS использует Mapbox GL JS для визуализации карт и позволяет пользователям манипулировать ими. Пользователи могут рисовать многоугольники, добавлять маркеры и отображать информацию о выбранных областях. Это обеспечивает удобный визуальный интерфейс для работы с геоданными и позволяет легко анализировать состояние сельскохозяйственных земель. Высокая производительность Mapbox GL JS при работе с большими объемами данных идеально подходит для проектных нужд.

Mapbox GL Draw — это плагин для Mapbox GL JS, который позволяет пользователям создавать и редактировать геометрические объекты на карте. Линии, многоугольники, точки и другие объекты можно рисовать и редактировать непосредственно на карте с помощью мыши или сенсорного экрана.

Проект Mapbox GL Draw позволяет пользователям определять границы полей и областей интереса с помощью GL Draw. Это позволяет точно определить анализируемую территорию и получить более точные и актуальные данные. Инструмент редактирования геометрии делает процесс работы с картой интуитивно понятным и удобным. Пользователи могут легко корректировать границы полей, добавлять новые участки и удалять нежелательные, что способствует более точному и эффективному мониторингу сельскохозяйственных земель [31].

Google Earth Engine — это платформа для анализа и обработки геопространственных данных, полученных со спутниковых снимков и из других источников. Она предоставляет доступ к обширному каталогу данных и мощные инструменты для решения таких аналитических задач, как классификация почвенного покрова, мониторинг изменений растительности и оценка биомассы.

В проекте используется движок Google Earth Engine для расчета индексов растительности и анализа данных. Платформа позволяет пользователям обрабатывать большие объемы данных и выполнять сложные аналитические задачи в кратчайшие сроки; движок Google Earth Engine предоставляет пользователям возможность использовать мощные вычислительные ресурсы и выполнять сложную обработку больших массивов данных. Движок предоставляет пользователям возможность выполнять более эффективный и масштабируемый анализ [32].

WebSocket — это протокол связи между клиентом и сервером, обеспечивающий двустороннюю связь и передачу данных в режиме реального времени.

Проект Django Channels использует WebSockets в приложениях Django, добавляет поддержку асинхронных запросов и реализует WebSockets в

приложениях Django. Поддержка WebSocket позволяет создавать более динамичные и отзывчивые и отзывчивые веб-приложения, улучшая пользовательский опыт. Асинхронная обработка запросов снижает нагрузку на сервер и повышает производительность приложений [33].

PostgreSQL - мощная и расширяемая система управления реляционными базами данных (РСУБД), поддерживающая широкий спектр функций, таких как многопользовательский доступ, транзакционная целостность, геопространственная поддержка, индексация и полнотекстовый поиск.

Проект использует PostgreSQL для хранения данных пользователей, полей, результатов анализа и других важных данных. PostgreSQL поддерживает геопространственные данные, что является важным аспектом проектов, связанных с ГИС, - эффективную карту и геометрию. PostgreSQL обладает высокой производительностью и масштабируемостью и может использоваться в крупных проектах с большими объемами данных [34].

## 2.2 Сбор и анализ данных

В этой главе рассматриваются методы сбора, обработки и анализа данных, используемые для мониторинга состояния сельскохозяйственных земель с помощью географических информационных систем (ГИС). В проекте используется сочетание спутниковых технологий и передовых аналитических инструментов для расчета индексов растительности и оценки состояния растений и урожайности.

Основные этапы сбора и анализа данных

*Сбор данных.*

Основные данные для анализа получены из спутниковых снимков, доступных через платформу Google Earth Engine. Эти данные содержат различные спектральные полосы, необходимые для расчета вегетационных индексов. Спутниковые снимки — это изображения поверхности Земли, сделанные различными спутниками, такими как Landsat, Sentinel-2 и MODIS. Эти спутники оснащены многоспектральными камерами, которые регистрируют отражение света в разных спектральных диапазонах. Спутник Sentinel-2 предоставляет данные с разрешением 10 метров, что позволяет проводить детальный анализ состояния растений на уровне полей.

*Обработка данных.*

Обработка данных начинается с определения пользователем интересующей его области на интерактивной карте. Пользователь может выбрать интересующую его область, нарисовав на карте многоугольники с помощью инструмента редактирования Mapbox GL Draw. Данные о выбранной области отправляются на сервер для дальнейшей обработки.

На сервере данные очищаются и преобразуются в стандартный формат. Данные из разных источников могут отличаться по формату и разрешению и требуют стандартизации и нормализации. Затем движок Google Earth Engine

производит расчеты, вычисляя индекс растительности на основе спектральных данных. После завершения расчетов результаты отправляются обратно на клиентскую часть для визуализации.

#### *Анализ данных*

Для анализа данных в проекте используется несколько ключевых индексов растительности. Каждый индекс служит определенной цели и предоставляет уникальную информацию о состоянии растительности:

Индекс нормализованной разницы растительности (NDVI) определяет зеленую растительность на земле; NDVI рассчитывается как разница между интенсивностью света, отраженного в ближнем инфракрасном (NIR) и красном диапазонах, деленная на сумму этих значений. Более высокие значения NDVI указывают на то, что растительность является здоровой и густая растительность, в то время как низкие значения указывают на наличие воды или непригодную для жизни поверхность земли.

Индекс SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index) корректируется с учетом влияния почвы на отраженный свет. Этот индекс представляет собой модифицированную версию NDVI и включает в себя коэффициент, корректирующий влияние почвы на отражение света.

LAI (индекс площади листьев) оценивает плотность листьев растений; LAI измеряет общую площадь листьев на единицу площади и важен для понимания биологических процессов растений и здоровья экосистемы.

Нормализованный индекс разности воды (NDWI) измеряет площадь воды, рассчитывается как разница между интенсивностью зеленого света и отраженного света в ближней инфракрасной области (NIR), деленная на сумму этих значений. Более высокие значения NDWI указывают на наличие воды, более низкие значения указывают на сухую землю. Более высокое значение NDWI указывает на присутствие воды, а более низкое - на сухую землю.

MNDWI (Modified Normalised Difference Water Index) — это модифицированная версия индекса NDWI, которая дает лучшие результаты в городских и пригородных районах с искусственными поверхностями MNDWI, использует более чувствительные области для обнаружения воды и исключает влияние искусственных сооружений, таких как здания и дороги [35].

#### *Примеры использования данных*

Полученные данные и результаты анализа могут быть использованы для различных целей:

Мониторинг состояния посевов: Определение здоровья растений, выявление проблемных участков и своевременное принятие мер по улучшению условий выращивания. Это помогает быстро реагировать на изменения в состоянии посевов, предотвращать распространение болезней и вредителей, а также оптимизировать агротехнические мероприятия.

Оптимизация использования ресурсов: Планирование и управление поливом, удобрениями и другими агротехническими мероприятиями на основе данных о состоянии почв и растений. Это позволяет снизить затраты на

ресурсы, улучшить их использование и уменьшить негативное воздействие на окружающую среду.



Рисунок 6 - Схема работы веб-ГИС приложения на примере получения анализа ndvi

Прогнозирование урожайности: Оценка потенциальной урожайности и планирование сбора урожая с учетом текущего состояния растений и климатических условий. Это позволяет более точно планировать деятельность, прогнозировать доходы и затраты, а также принимать меры для повышения урожайности и качества продукции.

Оценка воздействия климатических изменений: Мониторинг изменений в растительности и почвах в результате климатических изменений и разработка адаптационных стратегий. Это включает оценку воздействия засух, наводнений, изменений температуры и других климатических факторов на сельскохозяйственные угодья. Полученные данные помогают разрабатывать меры для смягчения негативных последствий и адаптации к новым условиям.

Использование геоинформационных систем и современных аналитических инструментов значительно повышает эффективность управления сельскохозяйственными угодьями, улучшает урожайность и устойчивость агропромышленного комплекса к климатическим изменениям. Это способствует более устойчивому развитию сельского хозяйства, улучшению экономической ситуации в сельских районах и повышению продовольственной безопасности страны.

### 3 Применение разработанной методологии

Эта глава описывает, как разработанная система применяется на практике для анализа состояния растительности на конкретных полях в Казахстане. Применение включает использование веб-приложения для анализа данных, полученных со спутниковых снимков и других геопространственных источников. Рассматриваются различные сценарии использования, примеры и результаты, которые можно получить, применяя методологию на практике.

#### 3.1. Анализ состояния полей с использованием веб-приложения

Веб-приложение предоставляет пользователям возможность анализировать состояние растительности на их полях. Рассмотрим пример использования веб-приложения для анализа состояния одного поля в Акмолинской области. Процесс анализа включает несколько этапов:

*Выбор индекса для анализа:*

Веб-ГИС приложение открывается с главной страницы со списком индексов и картографическими данными. Затем пользователь выбирает интересующий его индекс и переходит на страницу анализа определенного индекса (Рисунок 7–8).

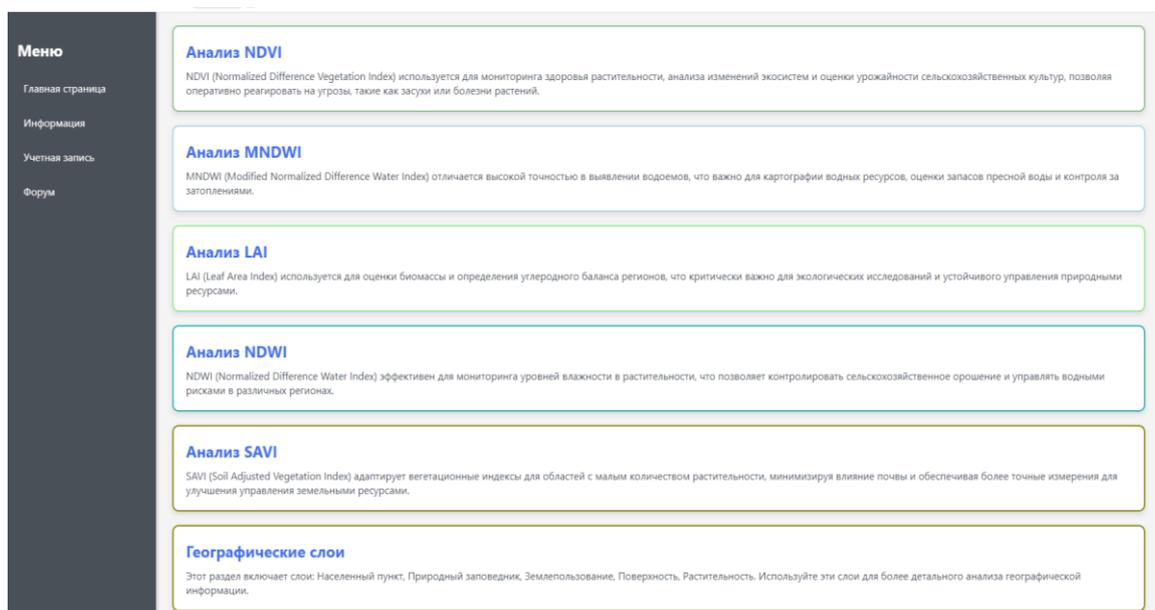


Рисунок 7 - Главная страница веб-ГИС приложения

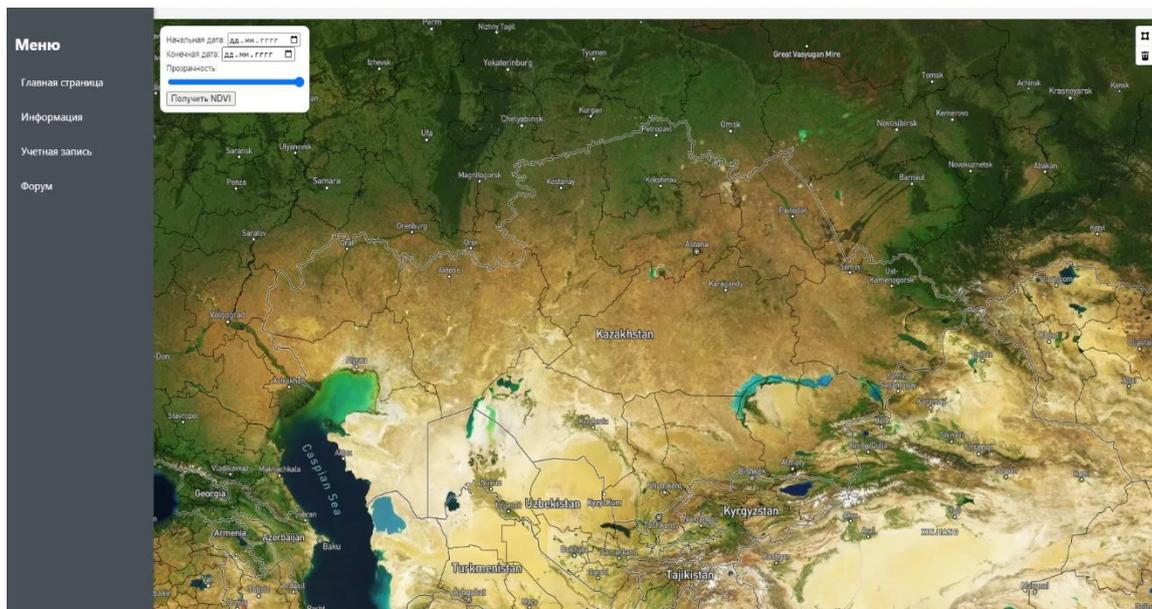


Рисунок 8 - Страница для анализа индекса NDVI.

*Определение границ поля:*

Пользователь определяет границы поля с помощью интерактивных карт и инструментов редактирования. Этот этап включает рисование полигонов, линий или точек на карте для точного определения анализируемой территории.

Границы поля определяются на странице картографических данных, в слое “Землепользование” (Рисунок 9–10).

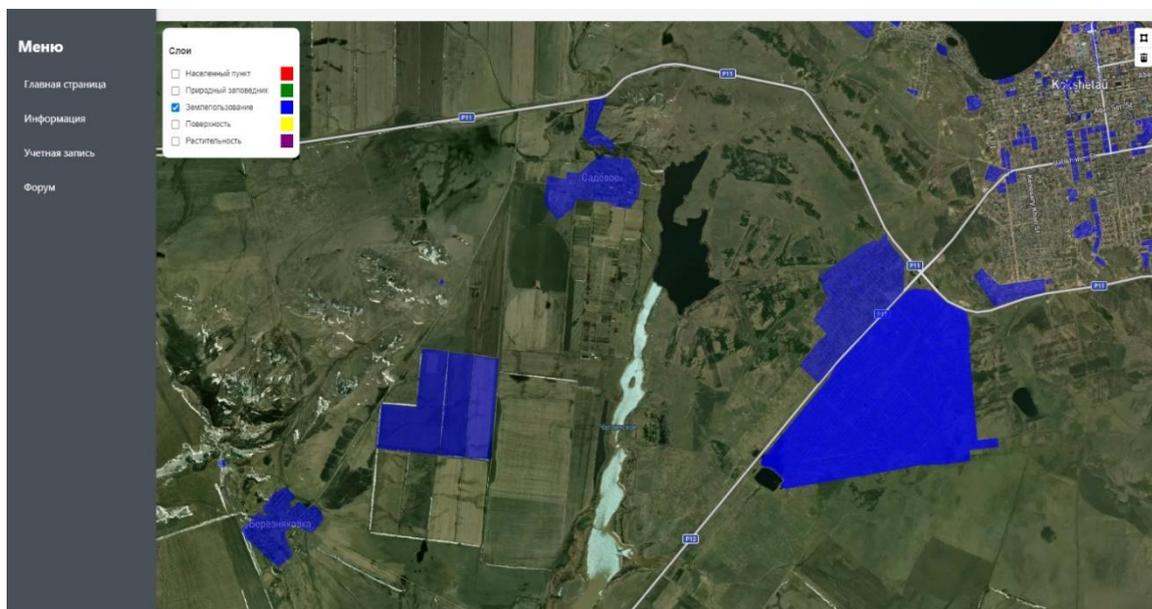


Рисунок 9 - Страница с картографическими данными

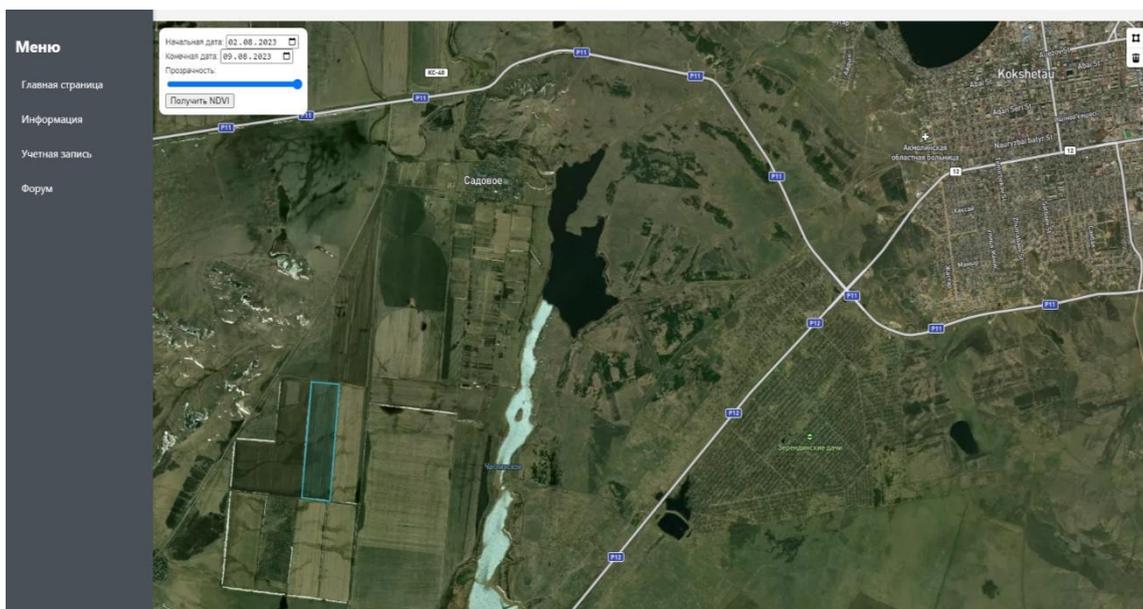


Рисунок 10 - Определение границ на странице с анализом индекса NDVI.

#### *Отправка данных на сервер:*

После определения границ поля данные передаются на сервер через WebSocket. Протокол WebSocket обеспечивает двустороннюю связь между клиентом и сервером, что позволяет быстро и эффективно передавать данные и получать результаты.

Данные включают координаты границ поля, а также дополнительные параметры, такие как тип анализа, временные интервалы и другие настройки.

#### *Обработка данных на сервере:*

На сервере данные обрабатываются с использованием современных технологий. Обработка данных включает фильтрацию, интерполяцию и агрегацию данных, что позволяет получить более точные и релевантные результаты. Фильтрация может исключить облачность и другие помехи, которые могут повлиять на точность анализа.

#### *Возврат результатов и визуализация:*

Результаты анализа возвращаются на клиентскую сторону и визуализируются на интерактивной карте в виде цветных оверлеев. Это позволяет пользователям легко интерпретировать данные и принимать обоснованные решения (Рисунок 11).

Анализ поля в Акмолинской области с использованием индекса NDVI показал, что восточная часть поля имела значительно более низкие значения индексов, что указывало на проблемы с увлажнением и удобрением.

#### *Рекомендации на основе анализа:*

1. *Увеличение полива:*
  - *Проблема:* Низкие значения NDVI в восточной части поля.
  - *Решение:* Увеличить полив желтой части поля для улучшения увлажнения.
2. *Азотное удобрение:*

- *Проблема:* Недостаток питательных веществ, выявленный по низким значениям NDVI.
  - *Решение:* провести точечное азотное удобрение для повышения уровня питательных веществ в почве.
3. *Мониторинг состояния:*
- *Проблема:* Неравномерное развитие растительности.
  - *Решение:* Регулярный мониторинг состояния поля с помощью индекса NDVI для своевременного выявления и устранения проблем.
- Ожидаемые результаты:*
- *Увеличение урожайности:* ожидается увеличение урожайности поля не менее чем на 50% при соблюдении рекомендаций.
  - *Оптимизация затрат:* Сокращение затрат на воду и удобрения за счет целенаправленного применения.
  - *Улучшение устойчивости:* Повышение устойчивости растений к засухе и другим стрессовым условиям.
  - *Здоровье почвы:* Улучшение общего здоровья почвы и рост сельскохозяйственных культур.



Рисунок 11 - Визуализация анализа индекса NDVI на интерактивной карте

### 3.2 Преимущества использования веб-приложения

Применение анализа данных может значительно улучшить управление и продуктивность сельскохозяйственных угодий. Данные играют важную роль в управлении ресурсами, поскольку помогают точно определить состояние растений и своевременно отреагировать на снижение урожайности. Оптимизация использования удобрений и воды на основе точных данных

может привести к более эффективному использованию ресурсов, снижению затрат и экологического следа. Данные о почве и растительности можно использовать для оптимизации севооборота, выбора лучших культур и планирования агрономических мероприятий с учетом особенностей местности. Данные о составе почвы могут быть проанализированы для определения оптимальной культуры для конкретного поля и повышения производительности.

Регулярный мониторинг состояния растений можно использовать для оптимизации этапов роста и внесения агрономических корректировок для повышения урожайности. Точные данные о состоянии почвы и растений позволяют принимать обоснованные решения и своевременно реагировать на изменения, что ведет к повышению качества и количества урожая. Такой анализ может способствовать разработке стратегий повышения производительности, таких как применение новых технологий и методов выращивания, что вносит вклад в устойчивое развитие сельского хозяйства. Если фермеры будут точно знать, когда нужно орошать и удобрять почву, они смогут избежать перерасхода ресурсов и сократить расходы.

Мониторинг и управление здоровьем растений - еще одна важная часть использования данных. Данные используются для мониторинга состояния растений и распознавания ранних признаков болезней и стресса. Можно принять превентивные меры, например, использовать пестициды или изменить режим орошения, чтобы сохранить высокое качество урожая и свести к минимуму потери. Данные могут быть проанализированы для выявления зон повышенной активности вредителей и патогенов, и средства защиты растений могут быть направлены только на эти зоны, что снижает затраты и воздействие на окружающую среду. Возможно использовать беспилотники для регулярных облетов полей и сбора данных о состоянии растений, чтобы выявить проблемные зоны и принять соответствующие меры.

Использование данных в управлении сельским хозяйством создает новые возможности для повышения эффективности и устойчивости. Данные помогают прогнозировать урожайность, что позволяет фермерам планировать мероприятия и принимать более обоснованные решения. Если фермеры знают, какие участки их полей более подвержены болезням и вредителям, они могут заранее подготовиться и принять меры для минимизации ущерба. Это не только повышает производительность, но и снижает затраты на борьбу с вредителями.

Применение новых технологий и сельскохозяйственных методов, основанных на данных, может способствовать устойчивому развитию сельского хозяйства. Использование датчиков для контроля влажности почвы позволяет точно контролировать полив, сокращать расход воды и улучшать условия роста растений. Анализ данных также позволяет оптимизировать использование удобрений, сократить их чрезмерное применение и уменьшить негативное воздействие на окружающую среду. Данные становятся важным

инструментом для повышения эффективности и устойчивости сельского хозяйства.

Важность данных в современном сельском хозяйстве невозможно переоценить. Данные позволяют фермерам принимать обоснованные решения и оптимизировать свое поведение. Данные помогают фермерам лучше понять свои поля и посевы, эффективнее распоряжаться ресурсами и добиваться лучших результатов. Анализируя данные о погоде и состоянии почвы, фермеры могут принять меры и предотвратить проблемы до их возникновения.

Использование данных в сельском хозяйстве открывает новые возможности для повышения эффективности и устойчивости. Данные могут помочь фермерам принимать обоснованные решения, оптимизировать использование ресурсов и повышать производительность. Это способствует развитию устойчивого сельского хозяйства, которое не только повышает урожайность, но и снижает негативное воздействие на окружающую среду.

### **3.3 Экономическое воздействие**

Применение методов и использование полученных данных может оказать значительное влияние на рентабельность сельскохозяйственного производства. Точный мониторинг и целенаправленное использование пестицидов могут значительно сократить расходы на удобрения и орошение. Оптимизация использования ресурсов на основе точных данных может снизить производственные затраты и повысить рентабельность хозяйства. Данные о состоянии полей могут помочь фермерам лучше планировать закупку и использование ресурсов, тем самым снижая производственные затраты и увеличивая прибыль. Фермеры могут точно определить количество и сроки внесения удобрений и воды, необходимых для каждого участка, что позволит избежать чрезмерных затрат и потерь.

Повышение урожайности и улучшение качества продукции также увеличит доход от ее продажи. Повышая производительность и улучшая качество продукции, фермеры смогут получать более высокие доходы и стать более конкурентоспособными на рынке. Использование передовых технологий и анализа данных могут позволить разработать новые бизнес-модели, способствующие повышению доходов и устойчивому развитию.

Анализ данных позволяет более точно прогнозировать и планировать урожайность, снижать риски и улучшать финансовое планирование. Данные могут помочь в разработке долгосрочных стратегий управления, включая инвестиции в новые технологии и инфраструктуру, способствуя устойчивому росту и повышению конкурентоспособности. Знание точных прогнозов урожайности позволяет фермерам заранее планировать продажи и контракты, сводя к минимуму риск перепроизводства или нехватки продукции.

Точный мониторинг и использование данных помогут лучше понять свои поля и ресурсы, что в итоге приведет к экономии затрат и увеличению

доходов. Данные можно использовать для планирования и оптимизации, чтобы избежать чрезмерных затрат, улучшить управление ресурсами и повысить производительность. Данные о почве и погоде могут помочь фермерам выбрать оптимальное время для посева и сбора урожая, а также повысить качество и количество продукции.

Данные также играют важную роль в развитии новых рынков и продуктов. С помощью анализа данных фермеры могут определить тенденции рынка и адаптировать свою продукцию к этим тенденциям. Это создает новые возможности для сбыта и увеличивает доходы. Фермеры могут использовать данные для выведения новых сортов растений, пользующихся спросом на рынке, или перехода на органическую продукцию, которая становится все более популярной среди потребителей.

Используя данные для улучшения планирования и прогнозирования, можно лучше подготовиться к будущим проблемам и возможностям. Это включает в себя разработку долгосрочных стратегий ведения сельского хозяйства, инвестирование в новые технологии и улучшение инфраструктуры. Анализ данных может показать, что инвестиции в системы капельного орошения и мониторинг полей с помощью беспилотников могут привести к значительному росту производительности и экономии средств в долгосрочной перспективе.

Использование данных и аналитики в сельском хозяйстве открывает новые возможности для более эффективного управления ресурсами, повышения производительности и доходов, разработки новых продуктов и рынков, улучшения планирования и прогнозирования. Все эти аспекты способствуют устойчивому развитию сельскохозяйственного производства и его экономической эффективности.

### **3.4 Сравнительный анализ с другими платформами мониторинга и цифровизации сельского хозяйства**

В рамках проекта возможно провести комплексный анализ различных показателей растительности (NDVI, NDWI, LAI, MNDWI и SAVI) с использованием функциональности API Google Earth Engine, которая особенно подходит для нужд сельского хозяйства Казахстана. Пользователи могут выбрать необходимые им показатели для более точного мониторинга состояния посевов и почв. Функции проекта позволяют пользователям рисовать полигоны на карте и выбирать конкретные сельскохозяйственные районы для анализа. Также можно задать временной период, чтобы отслеживать изменения показателей растительности с течением времени. Визуализация данных осуществляется непосредственно на карте, что делает ее очень наглядной и удобной в использовании.

Проект ориентирован на простоту и удобство использования, чтобы агрономы и фермеры могли получить доступ к аналитическим данным без глубоких технических знаний; интеграция с Google Earth Engine обеспечивает доступ к новейшим спутниковым снимкам и геопространственным данным, что делает анализ более точным и своевременным. Это дает пользователям инструменты, помогающие принимать обоснованные решения по управлению сельскохозяйственными процессами, оптимизации операций и повышению урожайности.

Google Earth Engine (GEE) — это мощная облачная платформа, разработанная компанией Google, которая предоставляет исследователям и разработчикам доступ к большим объемам спутниковых снимков и других геопространственных данных. Платформа предназначена для анализа и обработки больших массивов геопространственных данных, что делает ее незаменимым инструментом для исследователей, ученых, экологов и аналитиков, работающих в области экологического мониторинга.

Одной из ключевых особенностей Google Earth Engine является возможность обработки больших объемов данных с помощью облачных технологий. Это позволяет пользователям быстро и эффективно анализировать большие объемы спутниковых снимков, исторические погодные данные, информацию о почве и другие геопространственные данные. Платформа поддерживает различные форматы данных и предоставляет доступ к архиву спутниковых снимков, начиная с 1970-х годов.

Google Earth Engine включает мощные инструменты для анализа данных, в том числе алгоритмы машинного обучения, средства обработки изображений и пространственного анализа. Пользователи могут создавать собственные сценарии на JavaScript или Python, что позволяет им гибко настраивать анализ данных для решения конкретных задач. Платформа также поддерживает интеграцию с другими сервисами Google, такими как Google Cloud Storage и Google BigQuery, что расширяет возможности анализа данных.

Кроме того, Google Earth Engine имеет большое сообщество пользователей и разработчиков, которые активно делятся своими знаниями и опытом. На платформе доступны обширные учебники, документация и примеры использования для пользователей с разным уровнем знаний. Все это делает Google Earth Engine незаменимым инструментом для проведения комплексных исследований и глобального экологического мониторинга.

EOASDA Crop Monitoring — это современная платформа мониторинга урожая, основанная на спутниковых данных и передовых аналитических методах. Платформа предоставляет фермерам и другим заинтересованным сторонам доступ к важнейшей информации о сельскохозяйственных культурах, почвах, климатических условиях и других важных для сельского хозяйства параметрах.

Одной из ключевых особенностей EOASDA Crop Monitoring является предоставление данных о различных индексах растительности, таких как NDVI (Normalised Difference Vegetation Index), NDWI (Normalised Difference Water Index) и EVI (Extended Vegetation Index). Эти индексы позволяют точно оценить состояние растительности, содержание влаги в почве и другие показатели, важные для эффективного управления сельским хозяйством.

Платформа также предоставляет информацию о свойствах почвы, таких как влажность, температура и структура почвы. Климатические данные, предоставляемые системой мониторинга урожая EOASDA, включают исторические данные о прогнозах погоды, температуре, количестве осадков и других климатических параметрах. Эти данные помогают фермерам планировать посев и сбор урожая, а также принимать решения о поливе и защите растений.

Мониторинг урожая EOASDA имеет удобный веб-интерфейс, который позволяет пользователям легко получать доступ к данным и инструментам анализа. Данные визуализируются в виде карт, графиков и диаграмм, что делает информацию наглядной и простой для понимания. Платформа также поддерживает интеграцию с другими системами управления сельским хозяйством, предоставляя пользователям комплексное решение для оптимизации их деятельности.

Кроме того, EOASDA Crop Monitoring предоставляет аналитические функции, такие как прогнозирование урожайности, оценка рисков и анализ эффективности. Эти функции помогают фермерам принимать обоснованные решения и повышать эффективность своих операций. Платформа также предоставляет доступ к команде экспертов, которые могут предложить консультации и поддержку по сложным операциям.

В целом, EOASDA Crop Monitoring — это мощный инструмент для мониторинга и управления сельским хозяйством, предоставляющий пользователям актуальные и точные данные для принятия взвешенных решений и повышения урожайности.

Проект представляет собой специализированное решение для сельского хозяйства Казахстана с акцентом на локальные нужды и удобный интерфейс. Google Earth Engine предлагает мощные инструменты для анализа геопространственных данных, но требует навыков программирования. EOASDA Crop Monitoring обеспечивает простоту использования и широкий спектр аналитических функций, но ограничен в настройке и требует оплаты.

Таблица 1 - Сравнительный анализ функций и возможностей

Функции/Возможности	Проект	Google Earth Engine	EOASDA Crop Monitoring
Вегетационные индексы	NDVI, NDWI, LAI, MNDWI, SAVI	NDVI, EVI, SAVI и многие другие	NDVI, NDWI, EVI и другие
Пользовательский интерфейс	Выбор индексов, рисование полигонов, визуализация	Скриптовый интерфейс, визуализация	Веб-интерфейс, визуализация, аналитика
Источники данных	Google Earth Engine	Спутниковые снимки, геопространственные данные	Спутниковые снимки, данные о климате
Возможности анализа	Визуализация и анализ индексов	Масштабируемый анализ, обработка больших данных	Анализ состояния культур, прогнозирование урожаев
Географический охват	Казахстан	Глобальный	Глобальный
Технологическая основа	Django, Google Earth Engine API	Google Cloud, API, клиентские библиотеки	Облачная платформа, API
Адаптация под пользователя	Высокая, специфичная для Казахстана	Низкая, требуется навыки программирования	Средняя, интуитивный интерфейс
Стоимость	Бесплатный	Бесплатный, но с ограничениями API	Платные услуги
Обновляемость данных	Высокая, данные обновляются через GEE	Высокая, регулярные обновления данных	Высокая, регулярные обновления данных

Таблица 2 - Плюсы и минусы платформ

Платформа	Плюсы	Минусы
Проект	Интуитивный интерфейс, адаптация под Казахстан	Ограничен Казахстаном, зависит от GEE API
Google Earth Engine	Огромный архив данных, мощные инструменты анализа	Сложность освоения, требует программирования
EOASDA Crop Monitoring	Простота использования, аналитические функции	Ограниченные возможности настройки, платные услуги

### *Доступность и использование*

- Проект: Бесплатный доступ, возможность адаптации под нужды Казахстана. Подходит для пользователей, знакомых с веб-технологиями и основами работы с геопространственными данными.

- Google Earth Engine: Бесплатный доступ с ограничениями на использование API. Требуется навыки программирования на JavaScript или Python.
- EOASDA Crop Monitoring: Платные услуги с простым интерфейсом, подходит для пользователей без технических навыков.  
*Техническая поддержка и сообщество*
- Проект: Ограниченная поддержка.
- Google Earth Engine: Широкое сообщество, обширная документация, активные форумы и поддержка от Google.
- EOASDA Crop Monitoring: Поддержка в рамках платных услуг, доступ к команде экспертов и специализированным ресурсам.

## **4 Выводы**

### **4.1 Основные результаты исследования**

Цифровизация сельского хозяйства в Казахстане обладает значительным потенциалом для повышения эффективности управления ресурсами и производительности. Внедрение географических информационных систем (ГИС) оптимизирует процессы посева, орошения, внесения удобрений и сбора урожая, что улучшает общую производительность и устойчивость к изменению климата. Эти технологии способствуют рациональному использованию природных ресурсов, что особенно важно в условиях изменения климата и ограниченности водных и почвенных ресурсов.

Мониторинг состояния сельскохозяйственных культур и почвы с помощью данных дистанционного зондирования позволяет выявлять проблемные зоны и своевременно реагировать на изменения, улучшая состояние полей и повышая урожайность. Фермеры могут оперативно принимать меры при обнаружении дефицита влаги или питательных веществ, что ведет к оздоровлению растений и повышению их продуктивности.

Использование передовых технологий в сельском хозяйстве не только повышает урожайность, но и улучшает качество и конкурентоспособность продукции. Фермеры, применяющие современные технологии, могут производить более качественную и экологически чистую продукцию, востребованную на рынке. Это особенно важно в условиях глобальной конкуренции и растущих требований к качеству и экологичности продукции.

Эффективное использование ГИС позволяет фермерам точнее оценивать состояние полей и принимать своевременные меры, повышая эффективность производства и снижая риски, например, связанные с неблагоприятными погодными условиями. Внедрение технологий требует инвестиций, но потенциальные выгоды значительно превышают первоначальные затраты. Государственная поддержка в виде субсидий и грантов может ускорить процесс цифровизации и помочь фермерам перейти на новый уровень управления.

Цифровизация сельского хозяйства способствует внедрению устойчивых и экологичных методов ведения хозяйства. Точные данные о состоянии почвы и растений позволяют рационально использовать ресурсы и снижать негативное воздействие на окружающую среду. Автоматизированные системы управления орошением сокращают потребление воды, что важно в районах с ее нехваткой. Точное внесение удобрений снижает их расход и риск загрязнения воды и почвы.

Комплексный подход к внедрению ГИС и современных технологий в сельское хозяйство Казахстана требует технических, образовательных, экономических и экологических аспектов. Обучение фермеров, финансовая поддержка и создание условий для устойчивого развития являются ключевыми элементами успешной цифровизации. При правильном подходе Казахстан может стать примером использования передовых технологий в сельском хозяйстве, способствуя экономическому росту и улучшению качества жизни в сельской местности.

## **4.2 Практическая значимость**

Разработанные методы и применение геоинформационных решений в сельском хозяйстве приносят значительную практическую пользу. Эти методы позволяют улучшить управление ресурсами, снизить затраты и повысить устойчивость производства. Внедрение ГИС и спутниковых данных на национальном и региональном уровнях может значительно повысить продуктивность и конкурентоспособность сельскохозяйственного сектора в Казахстане.

ГИС и спутниковые данные открывают новые возможности для фермеров. Точная информация о состоянии полей помогает принимать взвешенные решения и быстро реагировать на изменения. Мониторинг состояния посевов с помощью спутниковых снимков позволяет быстро выявлять проблемные участки и принимать меры.

ГИС и спутниковые данные используются для оценки влажности почвы, прогнозирования урожайности и оптимизации использования удобрений и воды. Эти методы помогают точнее планировать и эффективнее использовать ресурсы, экономя воду и улучшая условия выращивания культур. Современные технологии сокращают трудозатраты и повышают экономическую эффективность производства, включая оптимизацию севооборота, планирование полей и управление водными ресурсами.

Использование данных для прогнозирования погодных условий и разработки планов действий повышает устойчивость производства к изменению климата, минимизируя его негативное влияние на урожай и обеспечивая более стабильное производство.

Разработка и внедрение эффективных стратегий управления сельскохозяйственными угодьями с использованием ГИС и спутниковых данных могут значительно повысить устойчивость и продуктивность. Эти технологии позволяют фермерам лучше понимать свои поля и ресурсы, что ведет к более обоснованным решениям и эффективному управлению.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Данная магистерская диссертация рассматривает ключевые аспекты цифровизации сельского хозяйства в Казахстане, анализируя современные технологии и методы для оптимизации сельскохозяйственного производства. Внедрение ГИС и использование спутниковых данных значительно повышают эффективность управления ресурсами и производительность ферм, позволяя более точно отслеживать состояние почвы и здоровья растений, оптимизировать посев, орошение и внесение удобрений. Это увеличивает урожайность, снижает затраты и минимизирует воздействие на окружающую среду.

Точное земледелие с использованием ГИС и дистанционного зондирования позволяет фермерам более эффективно использовать удобрения и воду, снижать затраты и повышать качество продукции. Современные аналитические инструменты, такие как большие данные, искусственный интеллект и Интернет вещей (IoT), помогают принимать обоснованные решения, улучшая управление сельским хозяйством.

Дальнейшие исследования и практическое применение новых технологий в сельском хозяйстве Казахстана открывают новые перспективы. Это включает расширение использования ГИС и дистанционного зондирования, интеграцию с другими технологиями и разработку образовательных программ для повышения цифровой грамотности фермеров.

Внедрение инновационных подходов в сельском хозяйстве значительно повышает устойчивость и продуктивность сектора, обеспечивая продовольственную безопасность и экологическое благополучие в Казахстане. Эти инновации помогают сократить использование пестицидов и удобрений, улучшая качество продукции и снижая негативное воздействие на окружающую среду.

Эффективное использование ГИС позволяет фермерам точнее оценивать состояние полей и принимать своевременные меры, повышая эффективность производства и снижая риски. Государственная поддержка в виде субсидий и грантов ускоряет процесс цифровизации, помогая фермерам выйти на новый уровень управления.

Цифровизация сельского хозяйства способствует внедрению устойчивых и экологичных методов ведения хозяйства, рационально использующих ресурсы и снижающих воздействие на окружающую среду. Автоматизированные системы управления орошением сокращают потребление воды, а точное внесение удобрений снижает их расход и риск загрязнения воды и почвы.

Внедрение ГИС и современных технологий в сельское хозяйство Казахстана повышает производительность и устойчивость сектора, требуя комплексного подхода, включающего обучение фермеров, инвестирование в технологии и создание благоприятных условий. Эти технологии помогают Казахстану стать лидером в устойчивом высокотехнологичном

сельскохозяйственном производстве, способствуя экономическому росту и улучшению качества жизни.

## ПЕРЕЧЕНЬ ТЕРМИНОВ И СОКРАЩЕНИЙ

**ГИС** (Геоинформационные системы) – системы, используемые для сбора, хранения, анализа и визуализации географических данных.

**GEE** (англ. Google Earth Engine) – облачная платформа для анализа и обработки геопространственных данных.

**NDVI** (англ. Normalized Difference Vegetation Index) – нормализованный вегетационный индекс, используемый для оценки состояния растительности.

**SAVI** (англ. Soil Adjusted Vegetation Index) – вегетационный индекс, скорректированный с учетом влияния почвы.

**LAI** (англ. Leaf Area Index) – индекс площади листьев, измеряющий общую площадь листовой поверхности на единицу земной поверхности.

**NDWI** (англ. Normalized Difference Water Index) – нормализованный индекс водного содержания, используемый для обнаружения водных поверхностей.

**MNDWI** (англ. Modified Normalized Difference Water Index) – модифицированная версия индекса NDWI, лучше работающая в городских и пригородных районах с искусственными поверхностями.

**PostgreSQL** – мощная и расширяемая система управления реляционными базами данных (СУБД), поддерживающая широкий спектр функций, включая геопространственные данные.

**WebSocket** – протокол связи между клиентом и сервером, обеспечивающий двустороннюю связь и передачу данных в режиме реального времени.

**Django** – высокоуровневый фреймворк для разработки веб-приложений на языке Python, включающий множество инструментов и функций.

**Mapbox GL JS** – JavaScript-библиотека для создания интерактивных карт на веб-страницах.

**Mapbox GL Draw** – плагин для Mapbox GL JS, обеспечивающий возможность создания и редактирования геометрических объектов на карте.

**IoT** (англ. Internet of Things) – интернет вещей, система взаимосвязанных вычислительных устройств, механических и цифровых машин, обеспечивающих передачу данных через сеть без необходимости человеческого взаимодействия.

**Дрон** – беспилотное летательное устройство, используемое для мониторинга состояния полей.

**Спутниковые снимки** – изображения земной поверхности, полученные с помощью различных спутников, таких как Landsat, Sentinel-2 и MODIS.

**Климатические условия** – параметры окружающей среды, включая температуру, влажность и осадки, влияющие на сельскохозяйственное производство.

**Вегетационные индексы** – математические показатели, используемые для оценки состояния растительности на основе спектральных данных.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1 Сулимин В. В. Цифровая трансформация в сельском хозяйстве: тенденции, вызовы и возможности для устойчивого развития / В. В. Сулимин, В. В. Шведов // Вестник евразийской науки. – 2023. – Т. 15, № 6. – EDN MXYDET.

2 Загазежева О.З. Основные тренды развития роботизированных технологий в сельском хозяйстве / О.З. Загазежева, М.М. Бербекова // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. — 2021. — 5 (103). — с. 11-20.

3 Камалова Л.Х., Аюбов М.С., Мирзахмедов М.Х., Юсупов А.Н., Мамажонов Б.О., Обидов Н.С. ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ CRISPR/CAS9 В УЛУЧШЕНИИ СОРТОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР // The Scientific Heritage. 2022. №101. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-tehnologii-crispr-cas9-v-uluchshenii-sortov-selskohozyaystvennyh-kultur> (дата обращения: 10.06.2024).

4 Кыдырбаева Э.О., Байдыбекова С.К., Толамисова А.Г. Современное состояние, внутренние резервы и пути повышения конкурентоспособности животноводства в Республике Казахстан. Проблемы агрорынка. 2024;(1):93-102. <https://doi.org/10.46666/2024-1.2708-9991.08>

5 Площади орошаемых земель в Казахстане расширят до 2,5 млн га к 2030 году [Электронный ресурс] // Официальный информационный ресурс Премьер-Министра Республики Казахстан 2023. URL: <https://primeminister.kz/ru/news/ploshchadi-oroshaemykh-zemel-v-kazakhstane-rasshiryat-do-25-mln-ga-k-2030-godu-27152>

6 Обзор развития сельского хозяйства в Казахстане [Электронный ресурс] // HALYK RESEARCH 2023. URL: [https://halykfinance.kz/download/files/analytics/AC\\_agriculture\\_development.pdf](https://halykfinance.kz/download/files/analytics/AC_agriculture_development.pdf)

7 Дерюгина И.В. СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО КАЗАХСТАНА: ЧЕТВЕРТЬ ВЕКА АГРАРНЫХ РЕФОРМ // Восточная аналитика. 2018. №4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/selskoe-hozyaystvo-kazahstana-chetvert-veka-agrarnyh-reform> (дата обращения: 10.06.2024).

8 OECD BETTER POLICIES FOR BETTER LIVES [Электронный ресурс] // Kazakhstan – OECD 2024. URL: <https://www.oecd.org/countries/kazakhstan/>

9 Шаймерденова А.К. Геоинформационные системы как инновационный метод увеличения продуктивности земель сельхозназначения. Проблемы агрорынка. 2023;(3):211-219. <https://doi.org/10.46666/2023-3.2708-9991.21>

10 Турк, Г. Г. Виды геодезических приборов и их применение в сельском хозяйстве / Г. Г. Турк, А. С. Блиновских, Р. В. Новоселов // Тенденции развития науки и образования. – 2022. – № 86-8. – С. 26-28. – DOI 10.18411/trnio-06-2022-355. – EDN GCECVN.

11 Иванченко Павел Григорьевич, Султанов Ильдар Ильфарович Система картирования урожайности и ее элементы при внедрении технологии точного земледелия // Вестник Курганской ГСХА. 2020. №1 (33). URL:

<https://cyberleninka.ru/article/n/sistema-kartirovaniya-urozhaynosti-i-ee-elementy-pri-vnedrenii-tehnologii-tochnogo-zemledeliya> (дата обращения: 10.06.2024).

12 Григорьева, Е. Е. Городское сельское хозяйство в Канаде (на примере Торонто) / Е. Е. Григорьева, П. С. Шульга // Никоновские чтения. – 2021. – № 26. – С. 206-209. – EDN NGFFWJ.

13 Ивойлова И.В. ИННОВАЦИИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ НИДЕРЛАНДОВ // Экономика и бизнес: теория и практика. 2022. №6-1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/innovatsii-v-selskom-hozyaystve-niderlandov> (дата обращения: 10.06.2024).

14 Мурадян, М. А. Роль инноваций в развитии сельского хозяйства по примеру Израиля / М. А. Мурадян // Современная экономика: актуальные вопросы, достижения и инновации : сборник статей XXXV Международной научно-практической конференции, Пенза, 05 мая 2020 года. – Пенза: "Наука и Просвещение" (ИП Гуляев Г.Ю.), 2020. – С. 77-80. – EDN JYEINO.

15 Швеенкова, О. Сельское хозяйство в Австралии: история и современность / О. Швеенкова, Ю. Н. Куликова // Инновационные идеи молодых исследователей для агропромышленного комплекса : Сборник материалов Международной научно-практической конференции, Пенза, 24–26 марта 2021 года. Том IV. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2021. – С. 62-64. – EDN FPJPYG.

16 Вильдероттер К., Кононова М. Ю., Кнёферл М. Геоэкологический маркетинг и сельское хозяйство 4.0: перспективы и риски цифровизации в экономике Германии. – 2021.

17 Костюкова К. С. ЦИФРОВИЗАЦИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА В ЯПОНИИ // МИР (Модернизация. Инновации. Развитие). 2020. №4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovizatsiya-selskogo-hozyaystva-v-yaponii> (дата обращения: 10.06.2024).

18 Максимова Маргарита Михайловна, Селеменова Елена Александровна, Милек Дмитрий Денисович ИННОВАЦИИ В АГРОПРОМЫШЛЕННОСТИ СИНГАПУРА // IACSJ. 2022. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/innovatsii-v-agropromyshlennosti-singapura> (дата обращения: 10.06.2024).

19 Таранова, А. Л. Блокчейн и изменения на рынке агропродовольственной продукции / А. Л. Таранова // Устойчивое социально-экономическое развитие регионов : материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 95-летию создания кафедры экономики и МЭО в АПК, Горки, 28–29 ноября 2019 года. – Горки: Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2020. – С. 238-245. – EDN LYBZYZ.

20 «Цифровой Казахстан» - планы цифровизации сельского хозяйства [Электронный ресурс] // Terra Point 2022/ URL: [https://terrapoint.kz/news/section/tsifrovoy\\_kazakhstan\\_plany\\_tsifrovizatsii\\_selsko\\_go\\_khozyaystva/](https://terrapoint.kz/news/section/tsifrovoy_kazakhstan_plany_tsifrovizatsii_selsko_go_khozyaystva/)

21 О. Матасова. 'Секретом успеха поделился лидер цифровизации Казахстана' [Электронный ресурс] // Международное информационное агентство Kazinform 2023. URL: <https://atameken-agro.com/ru/czifrovizacziya-agrarnogo-biznesa-ao-atameken-agro/>

22 Канівець Х. О. И др. Тенденції розвитку галузі тваринництва в умовах цифрової трансформації //Вип. – 2021. – Т. 121. – С. 133-139.

23 Абсаткаров, Ерсултан Абдрахманулы. Тенденции развития цифрового сельского хозяйства: обзор международной практики / Ерсултан Абдрахманулы Абсаткаров, К. Б. Рысбеков. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2023. — № 1.1 (448.1). — С. 9-12. — URL: <https://moluch.ru/archive/448/98654/> (дата обращения: 10.06.2024).

24 Интеллектуальные IoT-устройства для сельского хозяйства / Д. С. Невзоров, С. В. Бородкина, А. А. Найденов, А. Ю. Астапов // Современная наука: теория, методология, практика : Материалы IV Всероссийской национальной научно-практической конференции, Тамбов, 20–21 апреля 2022 года. – Тамбов: Издательство ИП Чеснокова А.В., 2022. – С. 306-309. – EDN RMMMAH.

25 Скворцов Е. А. Перспективы применения технологий искусственного интеллекта в сельском хозяйстве региона // Экономика региона. — 2020. — Т. 16, вып. 2. — С. 563-576

26 Деревянных, Е. А. Искусственный интеллект и машинное обучение в сельском хозяйстве / Е. А. Деревянных, А. Н. Максимов, О. Г. Васильева // Научно-образовательная среда как основа развития интеллектуального потенциала сельского хозяйства регионов России : Материалы II Международной научно-практической конференции, Чебоксары, 09 сентября 2022 года. – Чебоксары: Чувашский государственный аграрный университет, 2022. – С. 318-321. – EDN EUFZRA.

27 Нургожаев, А. С. Актуальные проблемы аграрного сектора РК в условиях Цифровой трансформации / А. С. Нургожаев // Вопросы управления и экономики: современное состояние актуальных проблем : сборник статей по материалам XXXI международной научно-практической конференции, Москва, 14 января 2020 года. Том 1 (29). – Москва: Общество с ограниченной ответственностью "Интернаука", 2020. – С. 117-120. – EDN DCENMI.

28 Кусаинов Х. Х., Хусаинов Б. М. Экономические аспекты цифровизации сельского хозяйства Казахстана //Central Asian Economic Review. – 2020. – Т. 3. – №. 132. – С. 190.

29 Кусаинов, Х. Х. Основные аспекты развития социальной сферы в аграрном секторе региона / Х. Х. Кусаинов, Б. М. Хусаинов // Устойчивое социально-экономическое развитие регионов : материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 95-летию создания кафедры экономики и МЭО в АПК, Горки, 28–29 ноября 2019 года. – Горки: Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2020. – С. 145-153. – EDN JWNGJK.

30 Ошроев, В. З. Разработка образовательного интерактивного web портала с использованием библиотеки Django / В. З. Ошроев // Сборник научных трудов кафедры прикладной математики и программирования по итогам работы постоянно действующего семинара "Теория систем" : Сборник научных трудов семинара, Москва, 20 мая 2021 года. – Москва: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)", 2021. – С. 63-68. – EDN AWMAUP.

31 Яхин, И. Ф. Современные цифровые технологии для управления посевами сельскохозяйственных культур / И. Ф. Яхин, Н. В. Трофимов, Н. А. Логинов // Международный форум Kazan Digital Week-2022 : Сборник материалов Международного форума, Казань, 21–24 сентября 2022 года / Под общей редакцией Р.Н. Минниханова. – Казань: Научный центр безопасности жизнедеятельности, 2022. – С. 839-843. – EDN NGAEFF.

32 Гумеров, А. Ф. Использование платформы Google Earth Engine для мониторинга агроэкосистем / А. Ф. Гумеров // Материалы 21-й Международной конференции "Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса", Москва, 13–17 ноября 2023 года. – Москва: Институт космических исследований Российской академии наук, 2023. – С. 359. – EDN PHTCZU.

33 Смирнов, К. М. Разработка веб-приложения для поиска и создания тематических групп / К. М. Смирнов // Актуальные проблемы прикладной математики, информатики и механики : Сборник трудов Международной научной конференции, Воронеж, 13–15 декабря 2021 года. – Воронеж: Общество с ограниченной ответственностью "Вэлборн", 2022. – С. 1047-1049. – EDN BUBNKV.

34 Никулина, И. В. Создание геопортала для визуализации и оценки гидрометеорологических данных / И. В. Никулина, Е. В. Никонова // Прогнозирование ледовой обстановки на дальневосточном участке продолжения Северного морского пути с применением ГИС-технологий в современный период потепления : Сборник докладов круглого стола, Южно-Сахалинск, 29 ноября 2019 года / Сост. И.В. Никулина. – Южно-Сахалинск: Сахалинский государственный университет, 2021. – С. 36-40. – DOI 10.52606/9785888116203\_36. – EDN YQKXLA.

35 Богомоллов, В. Ю. Обзор методов обработки и анализа мультиспектральных изображений полей с помощью глубоких нейронных сетей / В. Ю. Богомоллов // Облачные и распределенные вычислительные системы в электронном управлении орвсзу - 2022) в рамках Национального суперкомпьютерного форума (НСКФ - 2022) : Сборник трудов 3-й международной научно-технической конференции, Переславль-Залесский, 29 ноября – 02 2022 года. – Переславль-Залесский: Институт программных систем им. А.К. Айламазяна РАН, 2022. – С. 86-91. – EDN RJNMKM.

## ОТЗЫВ

### НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

На диссертационную работу  
Мамытова Аянбека Арутровича

7M07306 – Геопространственная цифровая инженерия

Тема: «Комплексное обеспечение цифровизации сельского хозяйства Республики  
Казахстан»

Диссертационная работа посвящена разработке методологии комплексного геоинформационного обеспечения для цифровизации сельского хозяйства в Республике Казахстан. В рамках исследования анализируется текущее состояние сельскохозяйственного сектора, рассматриваются принципы и роли ГИС в цифровизации. Исследование включает в себя сбор, обработку и анализ данных с использованием платформы Google Earth Engine и таких инструментов, как Python, Django, Mapbox GL JS, WebSocket, Django Channels и PostgreSQL. Особое внимание уделяется расчету и применению вегетационных индексов (NDVI, SAVI, LAI, NDWI, MNDWI), которые позволяют фермерам лучше понимать и контролировать состояние своих полей.

Результаты данного исследования могут служить основой для разработки стратегий и программ, направленных на повышение конкурентоспособности и устойчивого развития агропромышленного комплекса Казахстана. Внедрение предложенной методологии позволит оптимизировать процессы управления сельским хозяйством, повысить его продуктивность и устойчивость к климатическим изменениям.

Настоящая работа представляет собой значимый вклад в развитие цифрового сельского хозяйства Республики Казахстан, предлагая инновационные подходы и решения для улучшения управления ресурсами, повышения производительности и устойчивости аграрного сектора.

Основные положения работы опубликованы в двух статьях:

- «Применение дистанционного зондирования земли и геоинформационных систем и обеспечении цифровизации сельского хозяйства Республики Казахстан», журнал «Маркшейдерия и недропользование», №2 (130), 2024;

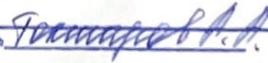
- «Инновационное развитие Веб-ГИС для агромониторинга земель Казахстана», сборник научных статей Международного научного форума «Науки и инновации – современные концепции», Том 2, Москва, 2024.

Диссертационная работа заслуживает оценки отлично «97» баллов и рекомендуется к защите. А соискатель Мамытов Аянбек Арутрович заслуживает присвоения степени магистра по специальности 7M07306 – «Геопространственная цифровая инженерия».

Научный руководитель:  
доктор PhD, ассоц. профессор

  
Токтаров А.А.  
« 27 » 2024 г.

Ф КазННТУ 706-16. Отзыв научного руководителя

Подпись: 

Заслужено: Главный менеджер Горно-металлургического института  
им. О.А. Байконурова ИАО «КазННТУ им. К.И. Сатпаева»  
  
ФИО: \_\_\_\_\_ подпись, дата: \_\_\_\_\_

## РЕЦЕНЗИЯ

на магистерскую диссертацию

Мамытова Аянбека Артуровича

7M07305 – «Геопространственная цифровая инженерия»

На тему: «Комплексное обеспечение цифровизации сельского хозяйства Республики Казахстан»

Диссертационная работа состоит из 4-глав, 65-страниц, 2-таблиц, 9-рисунков, 35-использованной литературы. Работа содержит введение, заключение, список литературы. В введении описаны актуальность темы, поставленные цели и задачи, теоретическая и методологическая основа.

### Оценка работы

Магистерская диссертация Мамытова Аянбека Артуровича на тему "Комплексное обеспечение цифровизации сельского хозяйства Республики Казахстан" выполнена на высоком уровне.

Автор продемонстрировал глубокие знания и предложил эффективные решения для цифровизации сельского хозяйства с использованием вегетационных индексов (NDVI, SAVI, LAI, NDWI, MNDWI) и современных геоинформационных систем. Примененные методы и инструменты, такие как Google Earth Engine и Python, позволяют оптимизировать управление сельским хозяйством, повысить продуктивность и устойчивость к климатическим изменениям.

Исследование выполнено с использованием передовых платформ и инструментов, что подтверждается значительным объемом собранного и обработанного материала. Результаты работы могут быть использованы для разработки стратегий и программ, направленных на повышение конкурентоспособности и устойчивого развития агропромышленного комплекса Казахстана.

### Замечания к работе

Основным недостатком работы можно назвать недостаточно детализированное описание технической реализации некоторых предложенных решений, а также недостаточную оптимизацию разработанного веб-ГИС приложения. Кроме того, следовало бы уделить больше внимания анализу экономической целесообразности внедрения предложенных технологий в различных регионах Казахстана.

Диссертационная работа отвечает всем требованиям диссертации и оценивается на 96%, а автор заслуживает присуждения степени магистра по направлению 7M07306 – Геопространственная цифровая инженерия.

### Рецензент

К.т.н., Ассоциированный профессор

«КазГАСА» МОК

*Кузнецова* Кузнецова И.А.

«*16*» *06* 2024г.

Подпись *Кузнецовой И.А.*  
заверяю  
HR департамент  
«*16*» *06* 20



## Протокол

### о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

**Автор:** Мамытов А.А.

**Соавтор (если имеется):**

**Тип работы:** Магистерская диссертация

**Название работы:** Диссертация Мамытов А.А.

**Научный руководитель:** Аян Токтаров

**Коэффициент Подобия 1:** 1.2

**Коэффициент Подобия 2:** 0

**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*



*проверяющий эксперт*

## Протокол

### о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

**Автор:** Мамытов А.А.

**Соавтор (если имеется):**

**Тип работы:** Магистерская диссертация

**Название работы:** Диссертация Мамытов А.А.

**Научный руководитель:** Аян Токтаров

**Коэффициент Подобия 1:** 1.2

**Коэффициент Подобия 2:** 0

**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



Заведующий кафедрой

## ПРИМЕНЕНИЕ ДЗЗ И ГИС В ОБЕСПЕЧЕНИИ ЦИФРОВИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

А.А. Мамытов<sup>1</sup>, А.А. Токтаров<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Satbayev University, Алматы, Республика Казахстан.

**Аннотация.** В статье рассматривается применение географических информационных систем (ГИС) и дистанционного зондирования земли (ДЗЗ) в процессе цифровизации сельского хозяйства Республики Казахстан. Исследуется вопрос уровня внедрения и эффективного использования ГИС на Казахстанских и зарубежных агропредприятиях. Описаны возможности геоинформационных технологий для формирования точного земледелия высокого уровня, с существенным повышением производительности труда. Установлены главные сдерживающие факторы и возможности полноценной реализации потенциала ГИС в сельском хозяйстве Казахстана.

**Ключевые слова:** дистанционное зондирование земли, географические информационные системы, цифровизация, точное земледелие, сельское хозяйство

## THE USE OF REMOTE SENSING AND GIS TO ENSURING DIGITALIZATION AGRICULTURE OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

A.A. Mamytov<sup>1</sup>, A.A. Toktarov<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Satbayev University, Almaty, Republic of Kazakhstan

**Abstract.** The article considers the application of geographic information systems (GIS) and remote sensing of the earth (RS) in the process of digitalization of agriculture in the Republic of Kazakhstan. The question of the level of implementation and effective use of GIS in Kazakhstan and foreign agroenterprises is investigated. The possibilities of geoinformation technologies for the formation of precision farming of high level, with a significant increase in labor productivity are described. The main constraints and possibilities of full realization of GIS potential in agriculture of Kazakhstan are established.

**Key words:** remote sensing of Earth, geographic information system, digitalization, precision farming, agriculture

**Введение.** Цифровизация сельского хозяйства является одним из ключевых трендов технологической модернизации агропромышленного комплекса (АПК) Казахстана, позволяющим кардинально повысить его производительность и конкурентоспособность. Одним из важнейших направлений цифровизации сельского хозяйства является "точное земледелие". Точное земледелие – это комплексная высокотехнологичная система сельскохозяйственного менеджмента.

Согласно Госпрограмме, «Цифровой Казахстан», к 2025 году уровень цифровизации отрасли должен достичь 50%, при этом показатель насыщения продуктом сельскохозяйственной отрасли достигнет 80%. Так 75% или 205,4 млн га сельскохозяйственных земель уже оцифрованы на карту и будут доступны для всех в 2024 году [1, 2].

Согласно Государственной программе развития АПК в текущем 2023 г. ожидается прирост ВВП более 3 трлн тенге. При этом доля ВВП от цифровизации сельского хозяйства составит 30% - около 1 трлн тенге [3].

Одним из ключевых инструментов цифровой трансформации агропромышленного комплекса являются ГИС. По данным Министерства цифрового развития, инноваций и аэрокосмической промышленности Республики Казахстан, в 2018–2023 гг. произошел взрывной рост использования ГИС в республике: с 20% в 2018 г. до 30% в 2020 г. а, далее до 50% в 2023 год [4].

**Применение ГИС в агропромышленном комплексе Казахстана.** В 2023 году ГИС стремительно используются предпринимателями сельскохозяйственной отрасли Казахстана в рамках концепции «точного земледелия», основанного на применении

больших данных (Big Data), а также цифровых технологий (Digital Technology), с целью решения следующих задач:

- Использование технологии дистанционного мониторинга с последующей тематической обработкой собранных данных: их векторизация, создание ортофотопланов полей, 3D-моделей местности и высот рельефа, дешифрирование проблемных участков позволяет повысить уровень урожайности на 7-25%, уменьшить количество применяемых удобрений на 40% и минимизировать потери из-за заболеваний на 70%, а использование БПЛА позволяет сократить использование ГСМ на 20-30% за счет уменьшения объемов полевых работ на местности [5].

- Отслеживание в режиме реального времени местоположения и текущих параметров работы всех единиц сельскохозяйственной техники с использованием высокоточных навигационных систем (GPS, ГЛОНАСС, BeiDou), что позволяет сэкономить на 1 га участка 5.4% затрат на единицу техники в относительном выражении [6].

- Анализ вегетативных индексов и карты продуктивности поля, полученных с помощью совместного использования ГИС и ДЗЗ, позволяет дистанционно определить такой показатель, как качество почвы и продуктивность. Это позволит перейти к реализации технологий точного земледелия, сэкономить затраты и улучшить состояние почвы [7].

Успешный опыт комплексной цифровизации на основе внедрения геоинформационных систем и технологий продемонстрировали компании Казахстана, такие как Terra Point, Олжа Агро, Атамекен-Агро и т. д.

На одном из крупнейших хозяйств в Карагандинской области внедрили 5 поливочных машин кругового типа с GPS позиционированием, а также мониторингом маршрута, затем приступили к выращиванию картофеля на площади в 500 га, исключив зависимость урожайности от осадков, а также летних засух. Впоследствии благодаря анализу грунта, а также точечной подкормки поспособствовали повышению урожайности вплоть до 400 центнеров с гектара, в два раза превышая обычный показатель по области [8, 9].

### **Основное содержание.**

**Методология оценки состояния почвы сельскохозяйственного поля.** Оценка производится дистанционно с использованием геоинформационных и облачных платформ таких, как Google Earth Engine и EOASDA Crop Monitoring. Google Earth Engine – это облачная платформа для анализа геопространственных данных. EOASDA Crop Monitoring – веб инструмент для комплексного мониторинга сельского хозяйства.

Для оценки состояния почвы рассматривается поле, находящаяся в Каргалинском районе, Актюбинской области. Площадь поля составляет 100,1 га земли. Вид угодия: пашня, подвид угодия: посев, тип урожая: яровые, тип класса культуры: пшеница, класс культуры: зерновые (рис. 1).

Оценка состояния почвы поля осуществлена с применением средств получения определенных индексов в Crop Monitoring и анализа графика NDVI в разрезе 2016 г. по 2021 г. Индексы в Crop Monitoring: NDVI, NDRE, MSAVI, RECI и NDMI.

Определение индексов:

- NDVI или Нормализованный вегетационный индекс – Показатель отражения и поглощения солнечной радиации на разных длинах волн.

- NDRE или Нормализованный разностный Red Edge индекс – Показатель фотосинтетической активности растительного покрова. Применяется при плотном растительном покрове.

- MSAVI или Модифицированный почвенный вегетационный индекс – Показатель определения наличия растительности на ранних стадиях всходов. Применяется для дифференцированного внесения удобрений и минимизирует влияние оголенной почвы.

- RECI или Хлорофильный Red Edge индекс – Показатель содержания хлорофилла в листьях.
- NDMI или Нормализованный индекс разницы влажности – Показатель уровня водного стресса культуры.

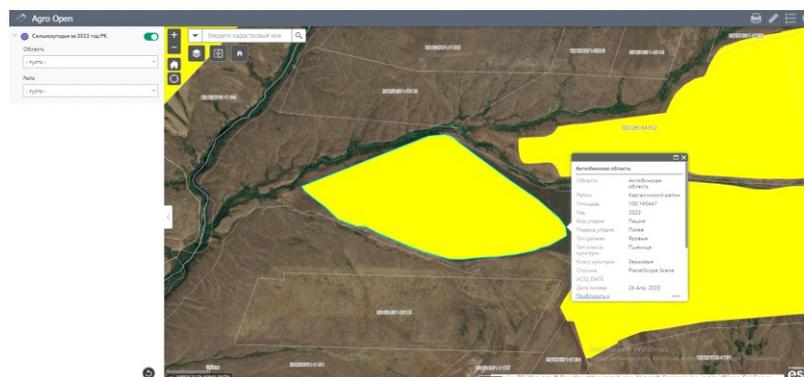


Рисунок 1. Поле и его информация на геопортале "Agro Open"

**Полученные результаты.** С использованием EOASDA Crop Monitoring были получены индексы NDVI, NDRE, MSAVI, RECI и NDMI. Индексы приведены соответственно на таблице 1. Описание результатов каждого индекса дано в процентном соотношении ко всему полю. Рисунки 2 график аппроксимации значений NDVI в период 2016–2021 года, полученных благодаря Google Earth Engine.

Таблица 1. Индексы и их интерпретация

Индекс	Результат	Значение
NDVI		Высокий уровень вегетации 0.683–0.778 равно 4% Средний уровень вегетации 0.5 до 0.683 равно 92% Низкий уровень вегетации 0.4 до 0.499 равно 4%
NDRE		Высокий уровень вегетации 0.444–0.516 равно 3% Средний уровень вегетации 0.302–0.444 равно 94% Низкий уровень вегетации 0.23–0.302 равно 3%
MSAVI		Высокий уровень вегетации 0.485–0.569 равно 0% Средний уровень вегетации 0.317–0.485 равно 87% Низкий уровень вегетации 0.15–0.317 равно 13%
RECI		Высокий уровень вегетации 5.78–7.008 равно 0 % Средний уровень вегетации 3.326–5.78 равно 43% Низкий уровень вегетации 0.871–3.326 равно 57%
NDMI		Высокий уровень влажности 0.169–0.25 равно 17 % Средний уровень вегетации 0.088–0.169 равно 58% Низкий уровень вегетации 0–0.088 равно 25%

Анализ изменения NDVI в период 2016–2021 годов:

$$\text{Среднее NDVI} = (0.639 + 0.607 + 0.592 + 0.568 + 0.542 + 0.522) / 6 \approx 0.581$$

$$\text{Стандартное отклонение NDVI} = \sqrt{(((0.639-0.581)^2 + (0.607-0.581)^2 + (0.592-0.581)^2 + (0.568-0.581)^2 + (0.542-0.581)^2 + (0.522-0.581)^2) / 6)} \approx 0.040$$

$$\text{Уменьшение NDVI в 2017 году} = (0.607-0.639) \times 100 \approx -3.2\%$$

$$\text{Уменьшение NDVI в 2018 году} = (0.592-0.607) \times 100 \approx -1.5\%$$

$$\text{Уменьшение NDVI в 2019 году} = (0.568-0.592) \times 100 \approx -2.4\%$$

$$\text{Уменьшение NDVI в 2020 году} = (0.542-0.568) \times 100 \approx -2.6\%$$

$$\text{Уменьшение NDVI в 2021 году} = (0.522-0.542) \times 100 \approx -2\%$$

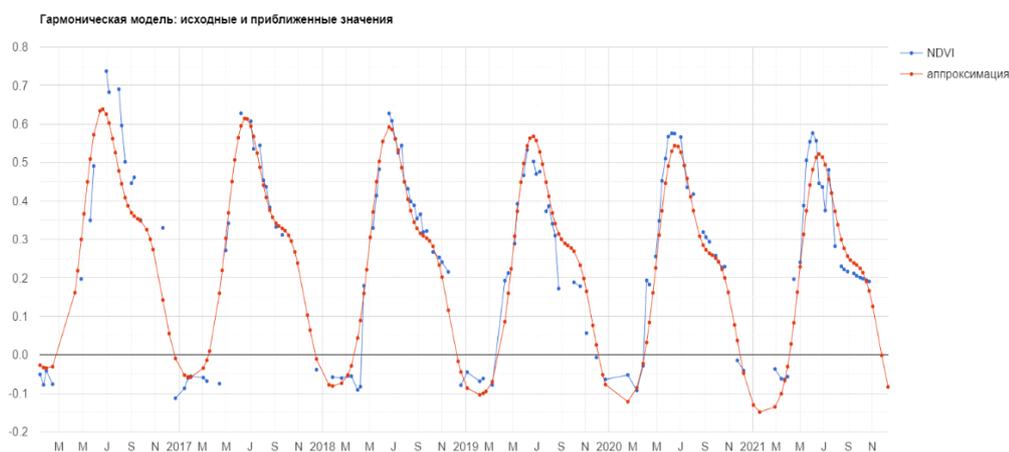


Рисунок 2. Гармоническая модель NDVI в период 2016–2021 года

Полученные индексы позволяют заключить, что поле имеет участки с дикорастущими растениями, а также критически нуждается в азотном удобрении. Низкий уровень NDVI может говорить о болезнях или вредителях. Влажность поля неоднородная. Присутствуют участки, нуждающиеся в дополнительном поливе.

Среднее значение NDVI равное примерно 0.581 говорит о среднем уровне вегетационной активности на изучаемой территории. Более высокие значения обычно свидетельствуют о более здоровой и развитой растительности. Стандартное отклонение показывает стабильность в уменьшении NDVI в период 2016–2021 года. Уменьшение NDVI может быть показателем плохих условий, таких как заболевание растений, вредители или другие факторы, влияющие на рост и развитие растений.

Благодаря данному анализу можно получить информацию о динамике растительности и затем использовать для принятия более обоснованных решений в сельском хозяйстве. Совокупность индексов NDVI, NDRE, MSAVI дают полное понятие о здоровье, плотности и тенденции развития растительности. Индекс RECI наглядно показывает содержание хлорофилла в растениях, что тесно связан с уровнем азота. Это дает определить нам участки, нуждающиеся в дополнительном внесении удобрения. Индекс NDMI предоставляет информацию о водном стрессе культуры. Благодаря водному индексу можно определить проблемы, связанные с поливом и ее объемами. Все это вкпе является эффективным инструментом для оценки состояния сельскохозяйственных земель и поля, в частности.

#### **Выводы.**

В Казахстане потенциал геоинформационных технологий для цифровой трансформации аграрно-промышленного комплекса реализован лишь на 20–25%. Полное распространение современных ГИС по образцу США [11], Канады [12] и Германии [10] может обеспечить рост производительности труда в отрасли на 25–35% в ближайшие 5 лет благодаря переходу к высокотехнологичному точному земледелию.

Однако для реализации этого огромного потенциала необходимо решить ряд системных проблем:

1. Недостаток высококвалифицированных специалистов в области ГИС-технологий и анализа больших объемов геопространственных данных в агропредприятиях страны.
2. Высокая стоимость внедрения передовых геоинформационных систем, что делает их недоступными для большинства представителей малого и среднего агробизнеса Казахстана.
3. Недостаточная интеграция современных ГИС с устаревшими корпоративными информационными системами, которые все еще используются на многих предприятиях агропромышленного комплекса страны.

Успешный международный опыт [15] впечатляюще демонстрирует огромные возможности ГИС для перевода агропромышленного комплекса на новый технологический уровень на основе принципов точного земледелия и резкого роста производительности труда в отрасли. Реализация этого огромного потенциала ГИС в сельском хозяйстве Казахстана потребует совместных усилий государства и бизнес-сектора по преодолению существующих преград для широкого использования передовых геоинформационных технологий на агропредприятиях страны. Успешная цифровая трансформация на основе ГИС может вывести сельское хозяйство Казахстана на новый уровень развития и обеспечить продовольственную безопасность страны.

#### ЛИТЕРАТУРА

- 1 Государственная программа «Цифровой Казахстан». Утверждена Указом Президента РК от 12 декабря 2017 г.
- 2 Акимат Федоровского района, пресс-центр. 08.08.2023 г. [Электронный ресурс]. <https://www.gov.kz/memleket/entities/kostanay-fedorov/press/news/details/502100>
- 3 Задворнева Е. П. Цифровизация сельского хозяйства Казахстана как вектор инновационного развития инфраструктуры отрасли // Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт социально-экономических исследований Дагестанского научного центра Российской академии наук. 2018. С. 148–151.
- 4 Министерства цифрового развития, инноваций и аэрокосмической промышленности Республики Казахстан. [Электронный ресурс]. <https://www.gov.kz/memleket/entities/mdai>
- 5 Сергей Ч., Сергей А., Евгений Г., Сергей Костевич, Сергей Костюкевич, Юрий Л. Использование беспилотных летательных аппаратов в интегрированной системе точного земледелия // Цифровая перспектива. 2020. No10. С. 63–67.
- 6 Ненайденко А.С. Повышение эффективности работы колесного машинно-тракторного агрегата на основе использования спутниковых радионавигационных систем // диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук
- 7 Никонорова И. В., Гуменюк А.Е., Пивоваров И. А. Оценка состояния плодородия почв сельскохозяйственных угодий с использованием ГИС- технологий // Успехи современного естествознания. 2021. No12. С. 173-178.
- 8 Terra Point «Цифровой Казахстан» - планы цифровизации сельского хозяйства. [Электронный ресурс]. [https://terrapoint.kz/news/section/tsifrovoy\\_kazakhstan\\_plany\\_tsifrovizatsii\\_selskogo\\_khozyaystva/](https://terrapoint.kz/news/section/tsifrovoy_kazakhstan_plany_tsifrovizatsii_selskogo_khozyaystva/)
- 9 Международное информационное агентство Kazinform. О. Матасова. ‘Секретом успеха поделился лидер цифровизации Казахстана’. [Электронный ресурс]. <https://atameken-agro.com/ru/czifrovizacziya-agrarnogo-biznesa-ao-atameken-agro>
- 10 Е. П. Афанасьева, А.В. Шуцкая Цифровизация сельского хозяйства как драйвер экономического роста // Вестник Самарского государственного экономического университета. 2019. №5(175). С. 34-40
- 11 Н.М. Умбеткалиев, А.М. Портнов Перспективы геоинформационного обеспечения системы «точного земледелия» в Республике Казахстан // Пространственные данные: наука и технологии. 2019. №10-2. С. 112-117
- 12 Даюб Нур Развитие цифровизации сельского хозяйства в России и зарубежных странах // Экономика и управление народным хозяйством. 2022. С. 199-206
- 13 Tutorials contributed by the Earth Engine developer community are not part of the official Earth Engine product documentation. [Time Series Modeling | Google Earth Engine | Google for Developers](#)
- 14 Руководство пользователя по EOSDA Crop Monitoring. [Электронный ресурс]. <https://eos.com/ru/user-guide/crop-monitoring/>
- 15 Клюкин А.Д. Современное развитие цифровизации АПК: отечественный и зарубежный опыт. Аграрная экономика. 2022;(12):72-86. <https://doi.org/10.29235/1818-9806-2022-12-72-86>

## REFERENCES

- 1 State Program "Digital Kazakhstan". Approved by the Decree of the President of the Republic of Kazakhstan on December 12, 2017.
- 2 Akimat of Fedorovskiy District, Press Center. 08.08.2023. [Online resource]. <https://www.gov.kz/memleket/entities/kostanay-fedorov/press/news/details/502100>
- 3 Zadvorneva, E. P. "Digitalization of Agriculture in Kazakhstan as a Vector for Innovative Development of the Industry's Infrastructure". Federal State Budgetary Institution of Science Institute of Socio-Economic Research of the Dagestan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. 2018, pp. 148–151.
- 4 Ministry of Digital Development, Innovation and Aerospace Industry of the Republic of Kazakhstan. [Online resource]. <https://www.gov.kz/memleket/entities/mdai>
- 5 Sergey C., Sergey A., Evgeny G., Sergey Kostevich, Sergey Kostyukevich, Yuri L. "Use of Unmanned Aerial Vehicles in an Integrated Precision Farming System". Digital Perspective. 2020, No. 10, pp. 63–67.
- 6 Nenaydenko, A. S. "Improving the Efficiency of Wheel Machine-Tractor Units Based on the Use of Satellite Radio Navigation Systems". Dissertation for the degree of Candidate of Technical Sciences.
- 7 Nikonorova, I. V., Gumenyuk, A. E., Pivovarov, I. A. "Assessment of Soil Fertility of Agricultural Lands Using GIS Technologies". Advances in Modern Natural Sciences. 2021, No. 12, pp. 173-178.
- 8 Terra Point "Digital Kazakhstan" - Plans for the Digitalization of Agriculture. [Online resource]. [https://terrapoint.kz/news/section/tsifrovoy\\_kazakhstan\\_plany\\_tsifrovizatsii\\_selskogo\\_khozyaystva/](https://terrapoint.kz/news/section/tsifrovoy_kazakhstan_plany_tsifrovizatsii_selskogo_khozyaystva/)
- 9 International Information Agency Kazinform. O. Matasova. "Leader of Kazakhstan's Digitalization Shares the Secret of Success". [Online resource]. <https://atameken-agro.com/ru/czifrovizacziya-agrarnogo-biznesa-ao-atameken-agro>
- 10 Afanaseva, E. P., Schutskaya, A. V. "Digitalization of Agriculture as a Driver of Economic Growth". Samara State University of Economics. 2019, No. 5 (175), pp. 34-40.
- 11 Umbetkaliyev, N. M., Portnov, A. M. "Prospects of Geoinformation Support for the 'Precision Farming' System in the Republic of Kazakhstan". Spatial Data: Science and Technology. 2019, No. 10-2, pp. 112-117.
- 12 Dayoub Nour. "Development of Digitalization of Agricultural in Russia and Foreign Countries". Economics and Management of the National Economy. 2022, pp. 199-206.
- 13 Tutorials contributed by the Earth Engine developer community are not part of the official Earth Engine product documentation. [Time Series Modeling | Google Earth Engine | Google for Developers](#)
- 14 EOSDA Crop Monitoring User Guide. [Online resource]. <https://eos.com/en/user-guide/crop-monitoring/>
- 15 Kliukin A.D. Modern development of digitalization of the agroindustrial complex: domestic and foreign experience. Agrarian Economics. 2022;(12):72-86. (In Russ.) <https://doi.org/10.29235/1818-9806-2022-12-72-86>

### Сведения об авторах / *About the authors:*



**Мамытов Аянбек Артурович** - магистрант кафедры «Маркшейдерское дело и геодезия» Satbayev University,

[Ayanbek Mamytov \(0009-0006-2782-997X\)](#) - ORCID, [ayansgood777@gmail.com](mailto:ayansgood777@gmail.com)

**Mamytov Ayanbek Arturovich** - master's student of the Department of Surveying and Geodesy of Satbayev University,

[Ayanbek Mamytov \(0009-0006-2782-997X\)](#) - ORCID, [ayansgood777@gmail.com](mailto:ayansgood777@gmail.com)



**Токтаров Аян Аскарлович** - Ассоциированный профессор кафедры «Маркшейдерское дело и геодезия» Satbayev University, Ph.D.

[Ayan Toktarov \(0000-0003-2578-8642\)](#) - ORCID, [a.toktarov@satbayev.university](mailto:a.toktarov@satbayev.university)

**Toktarov Ayan Askarovich** - Associate Professor of the Department of Surveying and Geodesy of Satbayev University, Ph.D.

[Ayan Toktarov \(0000-0003-2578-8642\)](#) - ORCID, [a.toktarov@satbayev.university](mailto:a.toktarov@satbayev.university)

**Мамытов А.А.**

Satbayev University, Алматы, Казахстан

0009-0006-2782-997X - ORCID

e-mail: [ayansgood777@gmail.com](mailto:ayansgood777@gmail.com)

## **Инновационное развитие веб-ГИС для агромониторинга земель в Казахстане**

**Аннотация.** В статье подробно описывается влияние цифровых технологий на развитие сельского хозяйства в Казахстане, с особым упором на создание и использование веб-приложения для анализа NDVI - индекса вегетации. Этот индекс играет ключевую роль в отслеживании состояния растительного покрова и плодородия почв, что критически важно для аграрного сектора. Применение технологий Mapbox GL JS и Mapbox GL Draw обеспечивает возможность создавать и редактировать интерактивные карты, Google Earth Engine помогает обрабатывать спутниковые изображения, а WebSocket и Django Channels используются для передачи данных в реальном времени. Это дает пользователям не только возможность создавать детализированные карты для анализа, но и получать актуальную информацию о состоянии земельных угодий, что способствует оптимизации процессов управления и мониторинга в сельском хозяйстве.

Статья подчеркивает значительный потенциал цифровых технологий для развития аграрного сектора, который открывает новые возможности для улучшения управления аграрными ресурсами, повышения эффективности использования земельных и водных ресурсов, а также увеличения урожайности. Внедрение таких инновационных решений позволяет не только повысить производительность и экономическую эффективность сельского хозяйства, но также способствует его устойчивому развитию защите окружающей среды. В заключении статьи подчеркивается необходимость дальнейших исследований и разработок в области цифровизации агросектора, выделяется значение инноваций для достижения прогресса в области сельского хозяйства и повышения качества жизни людей.

**Ключевые слова:** Веб-ГИС, агромониторинг, NDVI, земельные ресурсы, Google Earth Engine API.

**Введение.** В последние годы в Республике Казахстан наблюдается увеличенный интерес к интеграции цифровых технологий во все сферы государственной деятельности. Особое значение это имеет для сельского хозяйства, которое традиционно является одним из ключевых секторов экономики. Применение современных цифровых устройств и технологий для управления сельскохозяйственными ресурсами открывает новые перспективы для повышения производительности аграрного сектора.

Среди многочисленных инноваций особое внимание привлекают геоинформационные системы (ГИС), которые становятся неотъемлемым инструментом для хранения, анализа и визуализации данных.[1]

**Материалы и методы.** При разработке данного веб-приложения для анализа нормализованного разностного вегетационного индекса (NDVI) были задействованы разные технологии и инструменты.

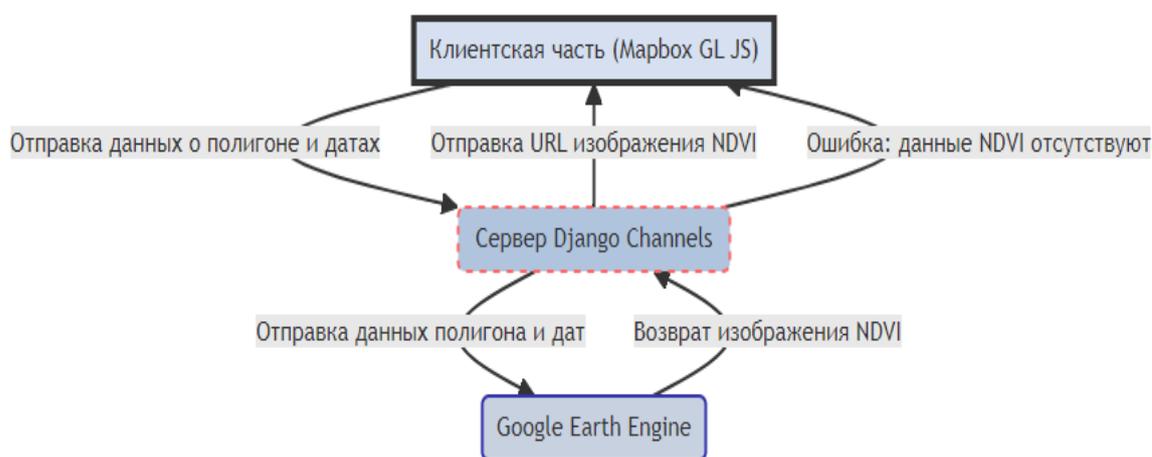
Инструменты разработки:

1. Mapbox GL JS: Библиотека, предоставляющая возможность создания интерактивных карт, что позволяет пользователям взаимодействовать с географическими данными. В рамках проекта используется для отображения интерактивной карты, на которой пользователи могут определять области для анализа NDVI, нанося полигоны.[2]

2. Mapbox GL Draw: Плагин к Mapbox GL JS, предоставляющий функционал рисования и редактирования геометрических фигур на карте. В проекте он позволяет пользователям создавать полигоны, используемые далее при анализе NDVI.
3. Google Earth Engine: Облачная платформа для обработки геопространственных данных со спутников, предоставляющая доступ к обширному архиву спутниковых изображений. Используется для расчетов NDVI по выбранным пользователями областям.[3]
4. WebSocket — это протокол связи, который позволяет клиенту и серверу обмениваться сообщениями в реальном времени. Он используется для передачи данных между клиентом и сервером без необходимости перезагрузки веб-страницы.[4]
5. Django Channels — это библиотека для Django, которая расширяет возможности этого фреймворка путем поддержки асинхронной работы и WebSockets. В проекте она используется для обработки запросов, отправляемых через веб-сокеты.[5]

Методика работы приложения:

1. Сначала пользователь использует инструменты Mapbox GL Draw для создания на карте полигона, который определяет область для анализа состояния растительности.
2. Затем данные о геометрии созданного полигона вместе с указанными датами отправляются на сервер через веб-сокеты.
3. Сервер обрабатывает полученные данные и запрашивает выполнение расчета NDVI для заданной области и временного интервала у Google Earth Engine.
4. Полученное изображение NDVI отправляется обратно на клиентскую сторону, где оно отображается на карте над указанной областью в виде оверлея. (Рис. 1)



**Рисунок 1.** Логика Веб-ГИС приложения

Этот подход позволяет проводить сложные геопространственные анализы в интерактивном режиме, предоставляя пользователям наглядные и доступные инструменты для оценки состояния растительного покрова.

**Результаты и обсуждение.** Разработанная система представляет собой комплексное решение, способное глубоко изучать и анализировать сельскохозяйственные территории. Она имеет широкий набор функций, начиная от простой визуализации карт до продвинутых аналитических операций. Основой системы является интеграция данных NDVI, что позволяет точно оценивать состояние и продуктивность сельскохозяйственных угодий. (Рис. 2-4)

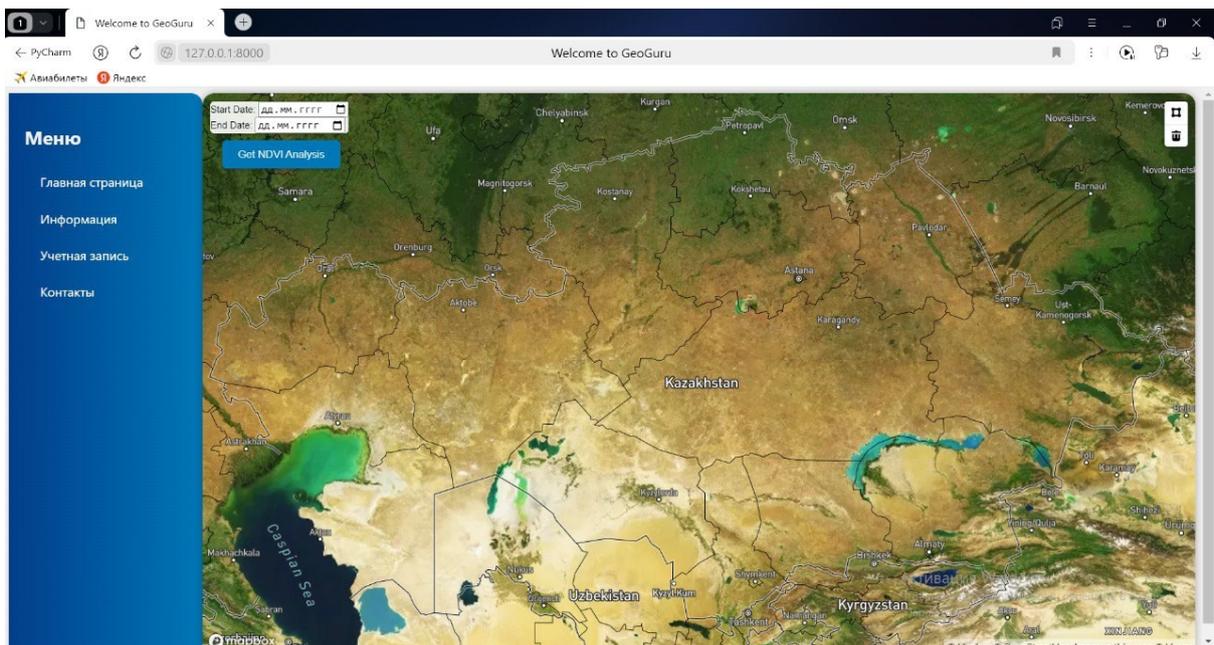


Рисунок 2. Интерфейс

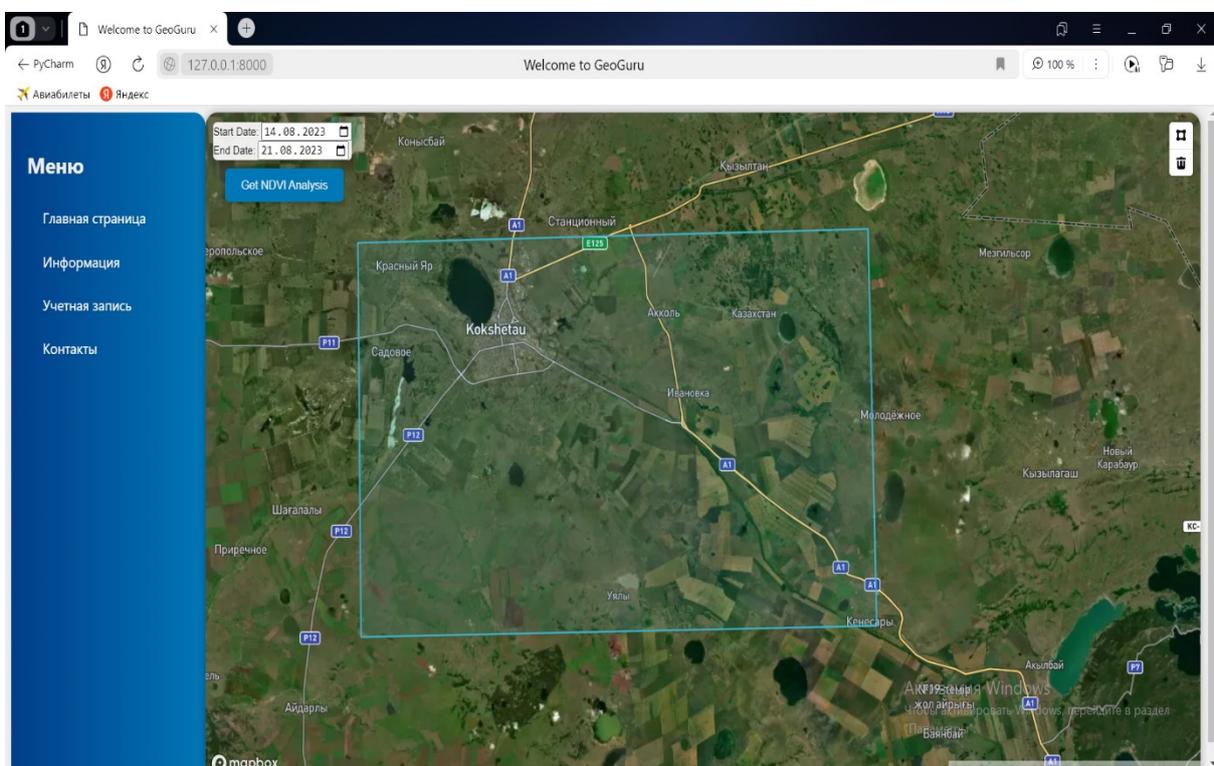
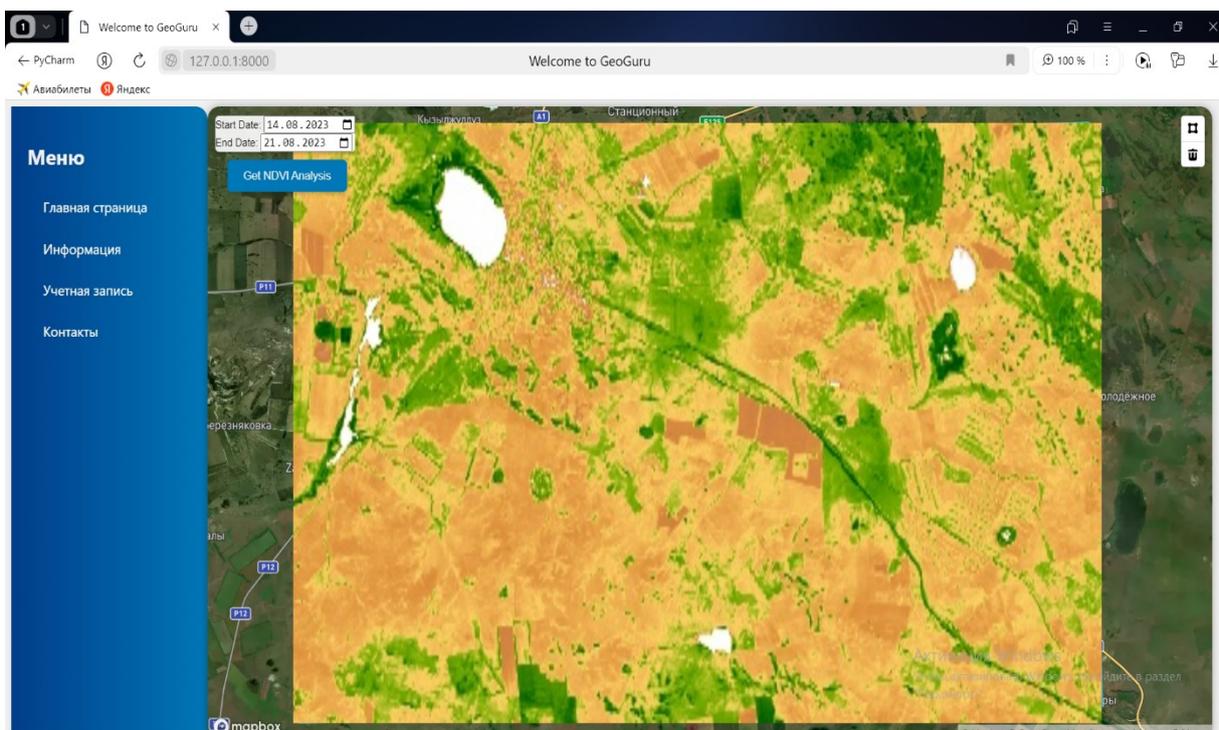


Рисунок 3. Выбор даты и создание полигона



**Рисунок 4. NDVI**

**Выводы.** Выводы из разработки и использования данной веб-геоинформационной системы подчеркивают ее значимость и вклад в мониторинг и анализ земельных ресурсов.

Система упрощает и оптимизирует изучение земельных угодий, что имеет большое значение для сельского хозяйства в Казахстане. Благодаря понятному интерфейсу и мощным аналитическим инструментам, веб-ГИС открывает новые возможности для точного и оперативного мониторинга состояния растительности, оценки уровня урожайности и изучения влияния изменений климата на сельскохозяйственные ресурсы.

### **Литература.**

- [1]Шаймерденова А.К. Геоинформационные системы как инновационный метод увеличения продуктивности земель сельхозназначения. Проблемы агрорыннка. 2023;(3):211-219.
- [2]Mapbox GL JS Documentation [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.mapbox.com/mapbox-gl-js/guides>.
- [3]Google earth engine api guides [Электронный ресурс]. – URL: <https://developers.google.com/earth-engine/guides>
- [4]Websockets Documentation. release 9.0 [Электронный ресурс]. – URL: [https://websockets.readthedocs.io/\\_downloads/en/9.0.1/pdf/](https://websockets.readthedocs.io/_downloads/en/9.0.1/pdf/)
- [5]Django Channels Documentation [Электронный ресурс]. – URL: <https://channels.readthedocs.io/en/latest/>

**Mamytov. A.A.**  
Satbayev University, Almaty, Kazakhstan  
0009-0006-2782-997X - ORCID  
e-mail: [ayansgood777@gmail.com](mailto:ayansgood777@gmail.com)

## **Innovative Development of Web-GIS for Agricultural Monitoring of Lands in Kazakhstan**

**Abstract.** The article provides a detailed description of the impact of digital technologies on the development of agriculture in Kazakhstan, with a special focus on the creation and use of a web application for analyzing NDVI - the vegetation index. This index plays a key role in monitoring the condition of vegetation cover and soil fertility, which is critically important for the agricultural sector. The use of Mapbox GL JS and Mapbox GL Draw technologies enables the creation and editing of interactive maps, Google Earth Engine assists in processing satellite images, and WebSocket and Django Channels are used for real-time data transmission. This gives users not only the ability to create detailed maps for analysis but also to receive up-to-date information on the condition of land, which contributes to the optimization of management and monitoring processes in agriculture.

The article highlights the significant potential of digital technologies for the development of the agricultural sector, opening new opportunities for improving the management of agricultural resources, increasing the efficiency of land and water use, and enhancing crop yields. The implementation of such innovative solutions not only increases productivity and economic efficiency in agriculture but also promotes its sustainable development and environmental protection. In conclusion, the article emphasizes the need for further research and development in the field of digitalization of the agro-sector, highlighting the importance of innovations for achieving progress in agriculture and improving people's quality of life.

**Keywords:** Web-GIS, agricultural monitoring, NDVI, land resources, Google Earth Engine API.

**Мамытов А.А.**  
Satbayev University, Алматы, Қазақстан  
0009-0006-2782-997X - ORCID  
e-mail: [ayansgood777@gmail.com](mailto:ayansgood777@gmail.com)

## **Қазақстандағы жерлердің агромониторингісі үшін веб-ГИС-тің инновациялық дамуы**

**Аннотация.** Мақалада Қазақстандағы ауыл шаруашылығының дамуына цифрлық технологиялардың әсері толық сипатталады, ерекше назар NDVI - вегетациялық индексін талдауға аударылады. Бұл индекс өсімдік жамылғысының жағдайын және топырақтың құнарлығын бақылауда маңызды рөл атқарады, бұл аграрлық сектор үшін өте маңызды. Mapbox GL JS және Mapbox GL Draw технологияларын пайдалану интерактивті карталарды жасау және өңдеу мүмкіндігін береді, Google Earth Engine спутникалық суреттерді өңдеуге көмектеседі, ал WebSocket және Django Channels нақты уақыт режимінде деректерді беру үшін пайдаланылады. Бұл пайдаланушыларға тек талдау үшін толық карталар жасау мүмкіндігін ғана емес, сонымен қатар жер

учаскелерінің жағдайы туралы ақпаратты алуға мүмкіндік береді, бұл ауыл шаруашылығында мониторинг процестерін оптимизациялауға ықпал етеді. Мақала цифрлық технологиялардың аграрлық секторды дамыту үшін зор әлеуетіне ерекше назар аударады, ол аграрлық ресурстарды басқаруды жақсарту, жер және су ресурстарын пайдалану тиімділігін арттыру, сондай-ақ өнімділікті ұлғайту үшін жаңа мүмкіндіктер ашады. Мұндай инновациялық шешімдерді енгізу тек ауыл шаруашылығының өнімділігі мен экономикалық тиімділігін арттыруға ғана емес, сонымен қатар оның тұрақты дамуы мен қоршаған ортаны қорғауға ықпал етеді. Мақаланың қорытындысында агросекторды цифрландыру саласындағы одан әрі зерттеулер мен әзірлемелердің қажеттілігі атап өтіледі, инновациялардың ауыл шаруашылығы саласында прогреске жетуге және адамдардың өмір сүру сапасын жақсартуға қосқан үлесі бөлек көрсетіледі.

**Түйінді сөздер:** Веб-ГИС, агромониторинг, NDVI, жер ресурстары, Google Earth Engine API.