

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

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

Горно-металлургический институт имени О. А. Байконура

Кафедра «Маркшейдерское дело и геодезия»

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

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой
«Маркшейдерское дело и геодезия»,
к.т.н., доц. профессор
Г. Мейрамбек
«06» 06 2025 г.

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

На тему: Применение геоинформационных систем для повышения эффективности
управления сельскохозяйственными ресурсами

6B07304 – Геопространственная цифровая инженерия

Выполнил

Ажляев И.Б.

Рецензент
PhD, и.о. доцента
КазНУ им. Аль-Фараби
Сырыбаев М.А.
«06» 06 2025 г.

Научный руководитель
PhD, ассоц. профессор
Токтаров А.А.
«06» 06 2025 г.

Алматы 2025

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН**

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

Институт Горно-металлургический имени О. Байконурова
Кафедра «Маркшейдерское дело и геодезия»
6B07304 — Геопространственная цифровая инженерия

УТВЕРЖДАЮ

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

Г. Мейрамбек

«» 06 2025 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломной работы

Обучающемуся Альпиев Нурлан Бекжанович

Тема: «Применение геоинформационных систем для повышения эффективности управления сельскохозяйственными ресурсами»

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

Срок сдачи законченной работы «30» мая 2025г.

Исходные данные к дипломной работе: Материал, накопленный во время производственной практики, данные лекций, научные труды и публикации по теме исследования, данные дистанционного зондирования земли, нормативно-правовые акты и материалы государственных программ Республики Казахстан, данные по агропромышленному комплексу Северного Казахстана

Краткое содержание дипломной работы:

- а) Раскрытие теоретических основ геоинформационных систем (ГИС), их роли в управлении сельскохозяйственными ресурсами и анализ мирового опыта.
- б) Анализ современного применения и перспектив развития ГИС в сельском хозяйстве Казахстана, включая государственные программы и технологии точного земледелия.
- в) Описание практического применения ГИС для анализа и управления земельными ресурсами на примере конкретного региона – Северо-Казахстанской области.

Перечень графического материала: *представлены 15 слайдах презентации работы*

ГРАФИК
подготовки дипломной работы

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
Теоретические основы ГИС в управлении сельхозресурсами	27.03.2025	нет
Современное применение и перспективы развития ГИС для повышения эффективности управления сельскохозяйственными ресурсами	19.04.2025	нет
Применение ГИС для управления земельными ресурсами в Северном Казахстане	09.05.2025	нет

Подписи

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

Наименования разделов	Консультанты, И.О.Ф. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Теоретические основы ГИС в управлении сельхозресурсами	Токтаров А.А. PhD, ассоц.профессор	27.03.25г.	
Современное применение и перспективы развития ГИС для повышения эффективности управления сельскохозяйственными ресурсами	Токтаров А.А. PhD, ассоц.профессор	19.04.25г.	
Применение ГИС для управления земельными ресурсами в Северном Казахстане	Токтаров А.А. PhD, ассоц.профессор	09.05.25г.	
Нормоконтролер	Кенесбаева А. PhD, ассоц.профессор	20.06.25г.	

Научный руководитель




Токтаров А.А.

Задание принял к исполнению обучающийся

Альпиев Н.Б.

Дата

« 20 » 01 2025 г.

СОДЕРЖАНИЕ

	Введение	7
1	Теоретические основы ГИС в управлении сельхозресурсами	8
1.1	Понятие, сущность и классификация геоинформационных систем	8
1.2	Роль и значение ГИС в управлении сельскохозяйственными ресурсами, кадастре и землеустройстве	15
1.3	Обзор мирового опыта использования ГИС в сфере мониторинга и управления сельскохозяйственными землями	19
2	Современное применение и перспективы развития ГИС для повышения эффективности управления сельскохозяйственными ресурсами	24
2.1	Ключевые направления и задачи применения ГИС в современном сельском хозяйстве	24
2.2	Практическое применение и влияние ГИС в сельскохозяйственном секторе	30
2.3	Перспективы развития и внедрения ГИС в сельском хозяйстве: инновации, вызовы и возможности.	38
3	Применение ГИС для управления земельными ресурсами в Северном Казахстане	45
3.1	Анализ сельскохозяйственных угодий Северно-Казахстанской области	46
3.2	ГИС-Инфраструктура и национальная политика управления земельными ресурсами в Казахстане	48
3.3	Земельный фонд Северно-Казахстанской области: Структура и динамика	51
3.4	Проблемы, возможности и будущие направления развития ГИС	52
3.5	Новые технологии и перспективные возможности	53
	Заключение	56
	Список использованной литературы	57

АНДАТПА

Дипломдық жұмыста мысал ретінде Солтүстік Қазақстанды пайдалана отырып, ауыл шаруашылығы ресурстарын басқару тиімділігін арттыру үшін географиялық ақпараттық жүйелерді (ГАЖ) пайдалану қарастырылады.

Дипломдық жұмыстың мақсаты ауыл шаруашылығы ресурстарын басқарудағы, кадастрдағы және жерге орналастырудағы ГАЖ рөлі мен маңызын зерттеу. Дипломдық жұмыстың мақсаты Солтүстік Қазақстан облысындағы жерге орналастыру үшін ГАЖ-ны тәжірибеде қолдануды талдау болып табылады.

Дипломдық жұмыс кіріспеден, 3 бөлімнен және қорытындыдан тұрады.

Дипломдық жұмыстың бірінші бөлімінде ГАЖ теориялық негіздері, олардың жіктелуі, сонымен қатар ауыл шаруашылығы ресурстарын басқарудағы рөлі және оларды қолданудың әлемдік тәжірибесі қарастырылады.

Дипломдық жұмыстың екінші бөлімінде Қазақстанның қазіргі ауыл шаруашылығында ГАЖ-ны қолданудың негізгі бағыттары мен даму перспективалары қарастырылады.

Дипломдық жұмыстың үшінші, практикалық бөлімінде Солтүстік Қазақстан облысындағы жерге орналастыру үшін ГАЖ қолдануы талданды.

АННОТАЦИЯ

Дипломная работа рассматривает применение геоинформационных систем (ГИС) для повышения эффективности управления сельскохозяйственными ресурсами на примере Северного Казахстана.

Целью дипломной работы является изучение роли и значения ГИС в управлении сельскохозяйственными ресурсами, кадастре и землеустройстве. Задачей дипломной работы является анализ практического применения ГИС для управления земельными ресурсами в Северо-Казахстанской области.

Дипломная работа состоит из введения, 3 частей и заключения.

В первой части дипломной работы рассматриваются теоретические основы ГИС, их классификация, а также роль в управлении сельхозресурсами и мировой опыт их применения.

Во второй части дипломной работы рассмотрены ключевые направления применения и перспективы развития ГИС в современном сельском хозяйстве Казахстана.

В третьей, практической части дипломной работы был проведен анализ применения ГИС для управления земельными ресурсами в Северо-Казахстанской области.

ANNOTATION

The thesis examines the use of geographic information systems (GIS) to improve the efficiency of agricultural resource management using Northern Kazakhstan as an example.

The purpose of the thesis is to study the role and importance of GIS in agricultural resource management, cadastre and land management. The objective of the thesis is to analyze the practical application of GIS for land management in the North Kazakhstan region.

The thesis consists of an introduction, 3 parts and a conclusion.

The first part of the thesis examines the theoretical foundations of GIS, their classification, as well as their role in agricultural resource management and world experience of their application.

The second part of the thesis examines the key areas of application and prospects for the development of GIS in modern agriculture in Kazakhstan.

The third, practical part of the thesis analyzed the application of GIS for land management in the North Kazakhstan region.

ВВЕДЕНИЕ

В условиях стремительного технологического развития и возрастающих требований к эффективности управления природными ресурсами, геоинформационные системы (ГИС) становятся неотъемлемым инструментом в агропромышленном комплексе и сфере земельных отношений Республики Казахстан. Обеспечение продовольственной безопасности, рациональное использование обширных сельскохозяйственных угодий и точное ведение земельного кадастра приобретают решающее значение для устойчивого экономического роста страны и повышения ее конкурентоспособности на мировой арене. Уникальные агроклиматические условия Казахстана и его значительный земельный фонд предопределяют стратегическую важность внедрения передовых цифровых технологий, таких как ГИС, для модернизации методов управления в сельском хозяйстве и землеустройстве.

Однако, несмотря на достигнутые успехи, существующая практика применения ГИС на таких предприятиях сталкивается с рядом вызовов, включая необходимость модернизации технологических процессов, интеграции с новейшими разработками в области дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) и базами данных, а также повышения квалификации специалистов. Эти масштабные государственные и отраслевые задачи по цифровизации и повышению эффективности использования земельных ресурсов создают принципиально новые условия для деятельности профильных организаций. Чтобы успешно использовать преимущества современных ГИС и эффективно работать в условиях растущих требований к качеству и доступности геопространственных данных, предприятиям необходимо уделять пристальное внимание оптимизации своей деятельности на основе научно обоснованных подходов и передовых управленческих методик. Именно поэтому глубокое понимание и совершенствование механизмов применения ГИС становится критически важным фактором для развития аграрного сектора.

Теоретическую и методологическую базу исследования составили научные труды отечественных и зарубежных ученых в области геоинформатики, картографии, дистанционного зондирования Земли, управления земельными ресурсами, кадастра и землеустройства. Использовались положения системного анализа, методы сравнительного анализа, статистической обработки данных, экспертных оценок и картографического моделирования.

1 Теоретические основы ГИС в управлении сельхозресурсами

1.1 Понятие, сущность и классификация геоинформационных систем

Геоинформационные системы (ГИС) являются мощным классом информационных технологий, коренным образом, изменившим подходы к работе с пространственными данными в разнообразных сферах – от городского планирования до управления природными ресурсами и реагирования на чрезвычайные ситуации. ГИС предоставляют инструменты для сбора, анализа и визуализации географически привязанной информации.

ГИС определяется как информационная система для сбора, хранения, обработки, анализа, отображения и распространения пространственно-координированных данных, а также для получения на их основе новой информации и знаний. Ключевое отличие ГИС – способность оперировать именно пространственными данными, интегрируя географическое (пространственное) положение объектов с их описательными (атрибутивными) характеристиками. Важно понимать, что ГИС – это в первую очередь географическая система; наличие пространственных данных, «посаженных на карту» (включающих координатные и атрибутивные характеристики), является фундаментальным условием ее существования.

ГИС представляют собой комплексные инструменты управления, анализа и поддержки принятия решений на основе пространственных данных, выходя за рамки "компьютерной географии". Они позволяют выявлять скрытые закономерности и взаимосвязи, генерируя "новую информацию и знания", что превращает их в методологию пространственного мышления. Трансформация необработанных пространственных данных в осмысленную информацию для обоснованных решений – их центральная задача.

Развитие ГИС условно делят на несколько периодов: пионерский (конец 1950-х – начало 1970-х), государственных инициатив (начало 1970-х – начало 1980-х), коммерческого развития (с начала 1980-х) и пользовательский (с конца 1980-х). Эта эволюция отражает технологический прогресс и значительные изменения в доступности: от прерогативы крупных структур ГИС перешли к широкому кругу пользователей благодаря появлению настольных, веб- и мобильных ГИС. Это привело к "демократизации доступа" к инструментам пространственного анализа для решения разнообразных задач.

В современном мире ГИС играют критически важную роль в городском планировании, управлении земельными ресурсами, мониторинге окружающей среды, сельском и лесном хозяйстве, геологических изысканиях, управлении транспортом, логистике, маркетинге, здравоохранении и реагировании на ЧС. ГИС помогают специалистам понимать пространственные закономерности и контекст, что улучшает взаимодействие, повышает эффективность

операционной деятельности и качество управления, способствуя принятию обоснованных решений.

Понимание сущности ГИС невозможно без рассмотрения принципов их работы:

Сбор и интеграция географических данных: Данные из различных источников (спутниковые снимки, аэрофотосъемка, геодезические измерения, карты, статистика) приводятся к единому формату и интегрируются в общую базу данных.

Управление данными: ГИС обеспечивают эффективное хранение, организацию и доступ к большим объемам пространственной и атрибутивной информации, часто с использованием систем управления базами данных (СУБД) для структурирования и обеспечения целостности.

Анализ и визуализация данных: Предоставляется широкий набор инструментов для пространственного анализа (запросы, моделирование, геостатистика, анализ сетей, оверлейные операции) с целью выявления закономерностей и представления результатов в наглядной форме (карты, схемы, графики).

Способность ГИС объединять данные из различных источников и интегрировать их с другими типами информации подчеркивает их роль как мощных интеграционных платформ. Это позволяет преодолевать информационную разрозненность, формировать холистическое представление об объектах и явлениях и решать сложные, многоаспектные проблемы.

Эффективно работающая геоинформационная система представляет собой сложный комплекс, состоящий из пяти ключевых взаимосвязанных компонентов: аппаратное обеспечение, программное обеспечение, данные, специалисты (исполнители) и методы.

Аппаратное обеспечение (Hardware): это физическая платформа, на которой функционирует ГИС. Сюда относятся компьютеры различной мощности – от высокопроизводительных серверов и рабочих станций до персональных настольных компьютеров и мобильных устройств (ноутбуков, планшетов, смартфонов). Кроме того, к аппаратному обеспечению относятся периферийные устройства, используемые для ввода данных (сканеры, дигитайзеры, GPS-приемники), вывода информации (принтеры, плоттеры, мониторы) и хранения данных (накопители).

Программное обеспечение (Software): это набор компьютерных программ и инструментов, которые предоставляют функциональные возможности для выполнения всех операций с географической информацией: ввода, хранения, управления, редактирования, анализа, моделирования и визуализации. Ключевые программные компоненты включают инструменты для работы с географической информацией, систему управления базами данных (СУБД) или средства интеграции с ней, инструменты поддержки пространственных запросов, анализа и визуализации, а также графический пользовательский интерфейс (GUI) для удобного доступа к функционалу системы.

Данные (Data): Данные являются, пожалуй, наиболее важным и ценным компонентом ГИС. Они подразделяются на два основных типа:

Пространственные (географические, координатные) данные: описывают местоположение, форму и пространственные отношения географических объектов. Они могут быть представлены в различных форматах, таких как точки (например, отдельные деревья, колодцы), линии (дороги, реки, трубопроводы) и полигоны (озера, земельные участки, административные районы), а также в виде растровых изображений (спутниковые снимки, цифровые модели рельефа). Точность и актуальность пространственных данных обеспечивается, в том числе, за счет использования геодезических данных (географические координаты, высота над уровнем моря).

Атрибутивные (непозиционные, описательные, табличные) данные: представляют собой характеристики или свойства географических объектов, не связанные напрямую с их геометрией. Это могут быть названия объектов, их классификационные коды, количественные показатели (например, численность населения, площадь), текстовые описания и другие релевантные сведения. Атрибутивные данные обычно хранятся в таблицах и связываются с пространственными объектами через уникальные идентификаторы.

Специалисты (People/Personnel/Исполнители): это пользователи ГИС, которые управляют системой, разрабатывают планы ее применения и используют ее для решения конкретных задач. Круг пользователей ГИС очень широк: от высококвалифицированных технических специалистов (ГИС-аналитиков, разработчиков, администраторов баз данных), которые проектируют, создают и поддерживают систему, до конечных пользователей (менеджеров, планировщиков, исследователей, инженеров), которые применяют ГИС как инструмент в своей профессиональной деятельности для анализа информации и принятия решений. Уровень квалификации и опыта специалистов во многом определяет эффективность использования ГИС и ценность получаемых результатов.

Методы и технологии (Methods/Procedures): Этот компонент включает в себя набор методологий, стандартов, регламентов, алгоритмов и технологических процессов, определяющих порядок сбора, обработки, анализа, моделирования и представления пространственных данных. Сюда же относятся модели и операционные практики, специфичные для каждой организации или предметной области, в рамках которой применяется ГИС. Четко определенные и апробированные методы обеспечивают согласованность, воспроизводимость и достоверность результатов работы ГИС.

Взаимодействие этих пяти компонентов можно представить в виде следующей таблицы.

Таблица 1 - Ключевые компоненты ГИС и их функции

Компонент	Описание	Ключевые функции/ Роль в системе	Примеры
Аппаратное обеспечение	Физические устройства, на которых работает ГИС и которые используются для ввода/вывода данных.	Обеспечение вычислительных мощностей, хранение данных, ввод и отображение информации.	
Программное обеспечение	Набор программ, предоставляющих инструменты для работы с гео данными.	Ввод, хранение, управление, обработка, анализ, моделирование и визуализация пространственных и атрибутивных данных.	ArcGIS, QGIS, MapInfo, СУБД (например, PostgreSQL с PostGIS), специализированные ГИС-приложения.
Данные	Пространственная и атрибутивная информация об объектах и явлениях реального мира.	Основа для анализа и принятия решений; представляют объекты и их характеристики.	
Пространственные	Информация о местоположении, форме и геометрии объектов.	Определение "где" находятся объекты	Координаты, векторные слои (точки, линии, полигоны), растровые изображения (спутниковые снимки, ЦМР).
Атрибутивные	Описательная информация, характеризующая свойства объектов.	Определение "что" представляют собой объекты.	Названия, типы, количественные показатели, текстовые описания, хранящиеся в таблицах.
Специалисты	Люди, которые проектируют, разрабатывают, управляют, поддерживают и используют ГИС.	Управление системой, выполнение анализа, интерпретация результатов, принятие решений на основе ГИС-данных.	ГИС-аналитики, картографы, разработчики, менеджеры проектов, экологи, градостроители, исследователи.
Методы	Планы, правила, стандарты, алгоритмы и процедуры, используемые для	Обеспечение корректности, последовательности и эффективности ГИС-проектов;	Стандарты сбора данных, методики пространственного анализа, модели

	работы с ГИС и геоданными.	определение подходов к анализу и моделированию.	бизнес-процессов, инструкции.
--	----------------------------	---	-------------------------------

Важно подчеркнуть, что эти компоненты не существуют и не функционируют изолированно друг от друга. Эффективность и успешность применения ГИС определяются их сбалансированным развитием и тесной взаимосвязью, синергией. Например, самое современное аппаратное и программное обеспечение окажется бесполезным без качественных и актуальных данных, а также без квалифицированных специалистов, способных грамотно применять адекватные методы анализа. Слабость или недостаточное внимание к одному из компонентов неизбежно ограничит потенциал всей системы и может привести к неэффективному использованию ресурсов или получению некорректных результатов. Таким образом, для успешной реализации ГИС-проектов необходимо комплексное развитие всех ее составляющих.

Геоинформационные системы обладают широким набором функциональных возможностей, которые позволяют выполнять полный цикл работ с пространственными данными – от их сбора до представления результатов анализа. Эти функции можно сгруппировать в несколько основных категорий.

Процесс создания и использования ГИС начинается со сбора и ввода данных. Географические данные могут быть получены из множества различных источников, включая существующие бумажные или цифровые карты, данные дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), такие как спутниковые снимки и материалы аэрофотосъемки, результаты полевых геодезических и GPS-измерений, статистические отчеты, таблицы и существующие базы данных. Процесс ввода данных может включать оцифровку (векторизацию) бумажных карт, импорт данных из различных форматов, ручной ввод координатной и атрибутивной информации. Одной из важных задач на этом этапе является приведение разнородных данных к единой системе координат, формату и структуре для обеспечения их совместимости и возможности совместного использования в рамках ГИС. ГИС предоставляют специализированные инструменты для ввода и оперирования географической информацией, автоматизируя многие рутинные операции. Качество и полнота данных, собранных на этом этапе, напрямую влияют на достоверность и ценность всех последующих аналитических операций и результатов.

После сбора и ввода данные должны быть эффективно сохранены и организованы для последующего использования. ГИС обеспечивают возможности для хранения и управления большими объемами как пространственных (координатных, геометрических), так и связанных с ними атрибутивных (описательных) данных. Для этих целей часто используются специализированные системы управления базами данных (СУБД), которые могут быть интегрированы с ГИС или являться их неотъемлемой частью. Реляционные СУБД, например, позволяют структурировать данные в виде

таблиц, связывать их между собой и обеспечивать быстрый доступ к информации по сложным запросам. ГИС выступает как фундаментальная система учета пространственной информации, обеспечивая ее целостность, актуальность, безопасность и доступность для авторизованных пользователей. Эффективное управление данными включает также создание метаданных (данных о данных), которые описывают источники, качество, структуру и другие характеристики наборов данных, что облегчает их поиск, понимание и использование.

Обработка и анализ данных являются ключевыми функциональными возможностями ГИС, которые превращают сырые данные в полезную информацию и знания, необходимые для принятия решений. ГИС предоставляют широкий спектр аналитических инструментов, которые можно условно разделить на несколько групп:

Пространственные запросы: позволяют выбирать объекты на основе их местоположения или пространственных отношений с другими объектами (например, "найти все школы в радиусе 1 км от жилого массива" или "определить, какие земельные участки пересекаются с проектируемой дорогой").

Оверлейные операции: позволяют комбинировать несколько слоев пространственных данных для создания нового слоя, содержащего информацию из исходных (например, наложение слоя типов почв на слой землепользования для определения пригодности земель для сельского хозяйства).

Анализ близости: включает операции буферизации (построение зон вокруг объектов на заданном расстоянии), расчет расстояний и определение ближайших объектов.

Сетевой анализ: используется для решения задач, связанных с сетями (транспортными, инженерными), таких как построение оптимальных маршрутов, определение зон обслуживания, анализ потоков.

Пространственное моделирование и геостатистический анализ: позволяют создавать модели пространственных явлений, интерполировать значения в точках, где отсутствуют измерения, анализировать пространственное распределение и выявлять статистически значимые кластеры или аномалии.

Анализ рельефа: включает построение цифровых моделей рельефа (ЦМР), расчет уклонов, экспозиций склонов, построение зон видимости и анализ гидрологических характеристик.

Именно эти развитые аналитические функции и способность выявлять скрытые паттерны и взаимосвязи отличают ГИС от простых картографических систем или систем управления базами данных. Если многие информационные системы способны обрабатывать табличные данные, то уникальность ГИС заключается в их способности анализировать данные с учетом их географического положения, пространственных отношений (таких как смежность, вложенность, пересечение) и топологических свойств. Таким образом, пространственный анализ является той уникальной силой, которая

придает ГИС их особую ценность и делает их незаменимым инструментом во многих областях.

Помимо карт, ГИС предлагают графики, диаграммы, гистограммы и отчеты для анализа атрибутивных данных. Растет популярность трехмерных (3D) моделей местности и объектов, а также инфографики, объединяющей карты, графики и текст для представления обобщенной информации и результатов анализа.

Картография и визуализация в ГИС "оживляют" данные, способствуя не только анализу, но и эффективной коммуникации результатов различным аудиториям, включая лиц, принимающих решения. Качественная визуализация улучшает понимание пространственного контекста и способствует принятию обоснованных решений.

Ниже представлена сводная таблица основных критериев классификации ГИС.

Таблица 2 - Сводная таблица классификации ГИС по основным признакам

Признак классификации	Типы ГИС	Краткое описание/Примеры
Территориальный охват	Глобальные (планетарные), субконтинентальные, национальные, региональные, субрегиональные, локальные (местные)	Определяется масштабом территории, для которой предназначена ГИС.
Проблемно-тематическая ориентация (Предметная область)	Общегеографические, экологические, природопользовательские, городские (муниципальные), кадастровые, геологические, транспортные и др.	Определяется спецификой решаемых задач и предметной областью.
Способ организации пространственных данных (Модели данных)	Векторные, растровые, гибридные (векторно-растровые)	Определяется способом представления географических объектов и явлений в цифровом виде.
Архитектура программного обеспечения	Настольные (Desktop GIS), серверные (Server GIS), веб-ГИС (Web GIS), мобильные (Mobile GIS); открытые и закрытые системы.	Определяется способом развертывания, доступа и взаимодействия компонентов ГИС, а также возможностями расширения и интеграции.
Уровень управления	Федеральные, региональные, муниципальные, корпоративные.	Определяется уровнем иерархии управления, для которого предназначена ГИС.
Функциональные возможности	Полнофункциональные, специализированные, ГИС	Определяется набором инструментов и операций,

	для просмотра данных (Viewers), ГИС для ввода и обработки данных, информационно-справочные.	которые может выполнять ГИС.
--	---	------------------------------

Геоинформационные системы прочно утвердились как незаменимый инструмент для работы с пространственными данными, предлагая мощные возможности для анализа, моделирования и визуализации окружающего нас мира. Их сущность заключается в интеграции географического положения объектов с их характеристиками, что позволяет не просто отображать реальность, но и глубже понимать ее, выявлять скрытые закономерности и принимать более обоснованные решения.

1.2 Роль и значение ГИС в управлении сельскохозяйственными ресурсами, кадастре и землеустройстве.

Геоинформационные системы (ГИС) играют всё более значимую роль в агропромышленном комплексе (АПК), предоставляя инструменты для эффективного управления всеми этапами сельскохозяйственного производства, от выращивания до транспортировки продукции. Специфика применения ГИС в сельском хозяйстве заключается в необходимости учёта и анализа множества разнообразных пространственно-распределённых данных об используемых землях. К таким данным относятся: климатические и гидрологические условия, погодные факторы, характеристики почв (содержание питательных веществ, степень деградации), типы культур и их урожайность (включая многолетнюю динамику), ареалы вредителей и болезней, источники загрязнения, а также информация о проведённых и планируемых агротехнических мероприятиях и цифровые модели рельефа.

Основными источниками данных для сельскохозяйственных ГИС являются полевые замеры (например, отбор проб почвы), данные аэрофотосъёмки и, особенно, данные дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) со спутников. Применение ГИС нацелено на повышение общей эффективности сельхозпроизводства, улучшение качества продукции и обеспечение устойчивого развития отрасли. Подчёркивается актуальность веб-ориентированных ГИС в АПК, которые способствуют устойчивости сельского хозяйства, снижению его негативного влияния на окружающую среду и предоставляют широкий доступ к данным и аналитике. Тем не менее, внедрение ГИС в АПК сталкивается с рядом проблем: необходимостью разработки отечественного программного обеспечения, создания федеральной ГИС сельскохозяйственного назначения и решением вопросов цифровизации агроформирований.

Точное земледелие (Precision Agriculture) – это концепция управления сельскохозяйственным производством, основанная на учете пространственной неоднородности полей и применении дифференцированных агротехнологий. ГИС являются технологической основой точного земледелия.

Картирование почв: создание детальных цифровых почвенных карт является первым шагом к точному земледелию. Эти карты отображают вариабельность таких характеристик почвы, как содержание гумуса, элементов питания, кислотность, механический состав и влагообеспеченность. На основе этих карт принимаются решения о дифференцированном внесении удобрений, мелиорантов и выборе культур. Хотя прямых ссылок на создание почвенных карт в представленных материалах немного, упоминание необходимости учета характеристик почв в ГИС является косвенным подтверждением важности этого направления.

Дифференцированное внесение ресурсов (VRA - Variable Rate Application): на основе данных о неоднородности почвенного плодородия, состояния посевов (полученных, например, с помощью ДЗЗ и вегетационных индексов) и планируемой урожайности, ГИС позволяют создавать карты-задания для сельскохозяйственной техники, оборудованной системами GPS и специальными контроллерами. Это обеспечивает дифференцированное (переменное) внесение удобрений, семян, средств защиты растений и других ресурсов только там, где это необходимо, и в оптимальных дозах. Такой подход позволяет значительно (до 20% и более на удобрениях) снизить производственные затраты, повысить эффективность использования ресурсов и уменьшить негативное воздействие на окружающую среду за счет сокращения избыточного применения агрохимикатов.

Мониторинг и прогнозирование урожайности: ГИС используются для сбора, интеграции и анализа данных, влияющих на урожайность (погодные условия, свойства почвы, состояние посевов, проведенные агротехнические мероприятия). Специализированное программное обеспечение, такое как ГИС "Панорама АГРО", позволяет создавать аналитические отчеты, включая таблицы и графики по урожайности. Спутниковый мониторинг в течение вегетационного периода помогает выявлять проблемные участки, оценивать потенциальную продуктивность и уточнять прогнозы урожайности и оптимальные сроки уборки.

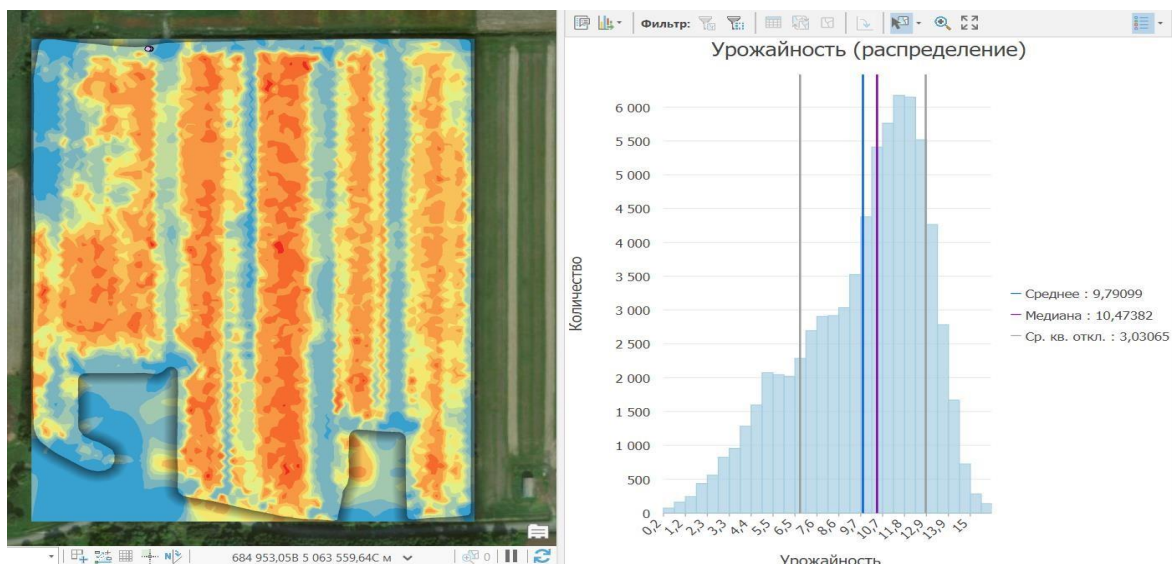


Рисунок 1 - Мониторинг урожайности

Оперативный мониторинг состояния посевов является критически важной задачей для своевременного выявления проблем и принятия управленческих решений. ГИС в сочетании с ДЗЗ предоставляют для этого эффективные инструменты.

Данные дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ): Спутниковые снимки (например, с аппаратов Landsat, Sentinel, PlanetScope) позволяют регулярно получать объективную информацию о состоянии растительности на больших площадях. Эти данные служат основой для расчета различных вегетационных индексов.

Вегетационные индексы (NDVI, EVI и др.): Вегетационные индексы – это количественные показатели, рассчитываемые на основе спектральных характеристик отражения земной поверхности, полученных с помощью мультиспектральной съемки. Они позволяют оценивать различные параметры растительного покрова.

NDVI (Normalized Difference Vegetation Index - Нормализованный относительный индекс растительности): является одним из наиболее распространенных индексов. Он рассчитывается по формуле $NDVI = (NIR - Red) / (NIR + Red)$, где NIR – отражение в ближней инфракрасной зоне спектра, а Red – отражение в красной зоне. NDVI характеризует плотность и "здоровье" растительности. Высокие значения NDVI (ближе к 1) соответствуют густой и здоровой растительности, низкие (ближе к 0) – разреженной или угнетенной растительности, отрицательные значения обычно соответствуют воде, снегу или облакам. Значения NDVI для зеленой растительности обычно находятся в диапазоне от 0.02 до 0.6. NDVI используется для оценки всхожести, мониторинга динамики роста, выявления участков с сорняками, болезнями, недостатком влаги или питания, а также для прогнозирования урожайности.

Другие индексы: Существуют и другие индексы, такие как EVI (Enhanced Vegetation Index - Улучшенный вегетационный индекс), который более чувствителен к изменениям в густой растительности и менее подвержен влиянию атмосферы; GNDVI (Green Normalized Difference Vegetation Index), использующий зеленую зону спектра и чувствительный к содержанию хлорофилла; CVI (Chlorophyll Vegetation Index) и многие другие, каждый из которых имеет свою специфику и предназначен для оценки определенных качественных или количественных показателей состояния посевов.

Геоинформационные системы являются технологической основой современного кадастра, обеспечивая создание, ведение и использование цифровых кадастровых карт и планов высокой точности и информативности. ГИС позволяют эффективно подготавливать различные тематические и непосредственно кадастровые карты, а также формировать электронные карты разнообразных масштабов, необходимые для целей проектирования, учета и управления земельными ресурсами. Процесс создания цифровых кадастровых карт в ГИС базируется на обработке материалов полевых геодезических изысканий, данных фотограмметрии, ДЗЗ и существующих картографических материалов, с последующим получением точных координат границ объектов и их графическим представлением.

Массовая оценка объектов недвижимости для налогообложения и иных целей требует анализа больших объемов данных. ГИС предоставляют эффективные инструменты для сбора, обработки и анализа пространственных и атрибутивных данных, необходимых для кадастровой (массовой) оценки. Картографическая информация в ГИС (местоположение, окружение, транспортная доступность) является неотъемлемой частью моделей массовой оценки, а методы пространственного моделирования (интерполяция, регрессионный анализ) позволяют строить более точные модели стоимости.

Любой современный кадастр (земельный, лесной, градостроительный) по сути является геоинформационной системой, оперируя пространственно-привязанными данными. Земельно-информационная система (ЗИС) включает базу пространственных данных (цифровые карты), базу атрибутивных данных (права, характеристики, стоимость), классы объектов, топологические связи, классификаторы и программно-аппаратные средства. ГИС – технологическое ядро ЗИС, выполняющее функции ввода и обновления данных, контроля качества, организации атрибутивных данных, расчетов, конвертации и формирования отчетов и карт.

В землеустройстве – комплексе мероприятий по организации использования и охраны земель – ГИС служат мощным инструментом. Одной из фундаментальных задач является инвентаризация земель: сбор, систематизация и анализ сведений о их количественном и качественном состоянии. ГИС эффективны для землеустроительного обследования, обновления карт и создания актуальных цифровых карт землепользования. Современные методики с использованием данных ДЗЗ (включая NDVI) и ГИС-инструментов (QGIS, SAS.Планета) точно выявляют неиспользуемые или нерационально используемые земли, степень их деградации и планируют мероприятия по их вовлечению в оборот или восстановлению. Цифровые карты землепользования в ГИС детально описывают структуру угодий.

Деградация земель (опустынивание, эрозия, засоление и др.) – серьезная глобальная проблема. ГИС в сочетании с ДЗЗ предоставляют инструменты для систематического наблюдения за состоянием земельных ресурсов, выявления очагов деградации, оценки ее масштабов и динамики, а также прогнозирования

изменений. Анализ временных рядов спутниковых снимков и вегетационных индексов отслеживает изменения продуктивности земель.

ГИС также используются для анализа пригодности земель для различных видов использования (сельскохозяйственного, лесохозяйственного, рекреационного) с учетом их природных свойств и ограничений.

1.3 Обзор мирового опыта использования ГИС в сфере мониторинга и управления сельскохозяйственными землями

Рынок систем и услуг точного земледелия в США в 2024 году оценивался в \$7.6 млрд, с прогнозом сохранения этого уровня в 2025 году, демонстрируя среднегодовой темп роста (CAGR) 10.9% за последние пять лет. Глобальный рынок цифрового сельского хозяйства также показывает значительный рост: ожидается, что его объем достигнет \$20.713 млрд в 2025 году (по сравнению с \$11.527 млрд в 2019 году). Ключевыми драйверами роста являются расширение использования IoT и смарт-устройств для получения данных в реальном времени (почва, состояние посевов, погода). Рынок США характеризуется ориентацией на крупномасштабное сельское хозяйство и передовую технику.

Уровень внедрения технологий точного земледелия в США варьируется:

Карты урожайности, почвенные карты и технология дифференцированного внесения (VRT) широко используются на полях кукурузы и сои, но их применение на общих посевных площадях озимой пшеницы, хлопка, сорго и риса составляет лишь 5–25%.

Автоматизированное вождение используется более чем на 50% площадей под основными культурами (кукуруза, хлопок, рис, сорго, соя, озимая пшеница). К 2023 году 70% крупных растениеводческих хозяйств использовали системы автоматического рулевого управления.

Отбор почвенных проб применяют 90% американских фермеров, а системы картирования урожайности и навигации – около 80%.

В целом, только 27% ферм США использовали методы точного земледелия в 2023 году, причем уровень внедрения значительно возрастает с увеличением размера фермы.

Современное сельское хозяйство активно внедряет передовые технологии. Ключевые из них включают GPS-навигацию и системы автоматизированного рулевого управления (например, John Deere AutoTrac) для точного управления техникой и минимизации перекрытий. Важную роль играет технология дифференцированного внесения (VRT) для оптимизации распределения ресурсов (семян, удобрений, пестицидов) на основе карт предписаний, разработанных с использованием ГИС (почвенные карты, карты урожайности). Мониторинг и картирование урожайности комбайнами позволяет выделить зоны

с различной продуктивностью. Картирование почвы и отбор проб по сетке или зонам с последующей интеграцией данных в ГИС используются для создания карт плодородия. Дистанционное зондирование Земли (спутники, БПЛА) применяется для мониторинга состояния посевов (например, через NDVI), обнаружения очагов вредителей и оценки водного стресса растений. Вся информация собирается и анализируется с помощью специализированного ПО для управления фермой (FMS) и интегрированных платформ (например, John Deere Operations Center, Trimble Ag Software) для поддержки агрономических решений.

Многочисленные исследования подтверждают преимущества точного земледелия. Технология See & Spray™ от John Deere (ИИ и компьютерное зрение для точечного опрыскивания сорняков, представлена в 2017 г.) улучшила контроль над сорняками на 7% и сократила применение гербицидов на 47%. Технология оптического точечного опрыскивания (OSS) от PTx Trimble (СП, создано в апреле 2024 г.) с ИИ-камерами потенциально может сократить расход гербицидов до 97.5%, экономя фермерам до \$60 на гектар [40]. Проект Data-Intensive Farm Management (Университет Иллинойса) показал, что пониженные нормы высева и внесения азота часто обеспечивают лучшую экономическую отдачу. Исследование Университета Небраски-Линкольн выявило, что точное внесение удобрений обычно сокращает их использование на 10–15% (экономия \$15-25 на акр).

Управление водными ресурсами и оптимизация орошения: Платформа OpenET предоставляет детализированные данные об эвапотранспирации (ЕТ) для отдельных полей в 23 западных штатах США, помогая фермерам оптимизировать полив и экономить воду. Примеры включают фермера из Канзаса Дуэйна Рота, использующего OpenET с датчиками влажности для увеличения производства при снижении водопотребления, и калифорнийского фермера Бретта Бейкера, применяющего исторические данные ЕТ для анализа тенденций. Исследование Корнельского университета показало, что хозяйства с IoT-системами для управления орошением сократили потребление воды до 30%. Другое исследование указывает на возможность сокращения использования воды на 40% на полях с технологиями точного земледелия [25, 26, 46, 47].

Повышение урожайности и общей эффективности: Пилотный проект IBM Watson (2019 г., 500 кукурузных ферм США) увеличил урожайность на 7.8% (дополнительный доход \$300/акр) за счет оптимизации сева. Система прогнозирования урожайности Corteva Agriscience (ИИ, 500 000 акров, Средний Запад США) давала точные прогнозы за 60 дней, сократив затраты на уборку на 12% и увеличив выручку на 8%. Исследование Ун-та штата Айова показало, что дифференцированный сев может увеличить урожайность кукурузы на 5-10 бушелей/акр на неоднородных почвах. Ун-т Небраски-Линкольн выявил средний ROI от технологий точного земледелия 1.75:1. Обобщенные данные указывают на потенциальное увеличение урожайности на 20%.

Интегрированные системы для выбора культур и управления процессами: Пример системы на базе IoT использует мультиспектральные спутниковые снимки, почвенные датчики и машинное обучение (Random Forest) для прогнозирования оптимальных культур с точностью 97.35% и урожайности с точностью 95.87%. Системы орошения на нечеткой логике (исследование в Бангладеш) сэкономили 61-70% воды. Исследование Ун-та штата Мичиган выявило, что ~24% площади каждого поля в штате имеют стабильно низкую урожайность, указывая на зоны для сокращения затрат методами точного земледелия.

Политическая и поддерживающая среда (инициативы USDA).

NASS CDL (Слой данных о пахотных землях): Ежегодные геопривязанные данные о культурах (обновлен до разрешения 10 м для 2024 г.), используются в ГИС для картирования, анализа землепользования и оценки последствий ЧС.

Программы NRCS (EQIP, CSP): Финансовая и техническая помощь для внедрения природоохранных практик, включая управление питательными веществами (Стандарт 590), эффективность которого повышается ГИС. Исследование (2009-2020 гг.) показало большую эффективность EQIP для увеличения площадей под покровными культурами. Стандарт 590 допускает разработку планов точного управления питательными веществами.

Гранты CIG от NRCS: Финансируют инновационные подходы, включая точное земледелие (например, проект CIG 2024 г. – 3D-изображения для картирования покровных культур и сорняков).

NIFA: Поддерживает исследования и образование в области точных, геопространственных и сенсорных технологий.

Программа SARE: Финансирует фермерские исследовательские проекты (ресурсосберегающая обработка, севообороты, точное орошение). Данные обследований (2019-2025 гг.) показывают увеличение урожайности после покровных культур (кукуруза +2%, соя +5% в 2019-2020 гг.).

FSA: Предоставляет кредиты и помощь при ЧС; инструмент WEAT использует геопространственные данные для экологических экспертиз.

NASA содействует точному земледелию и продбезопасности через данные наблюдения Земли: инструменты OpenET (водные ресурсы) и Crop-CASMA (влажность почвы, состояние посевов со спутников SMAP/MODIS) [46, 47]. Миссия NISAR (запуск в 2025 г.) предоставит данные для картирования посевов и оценки состояния растений. Программа NASA Harvest интегрирует спутниковые данные для прогнозирования урожайности (например, с SIMA в Аргентине).

Закон о сельском хозяйстве 2018 г. продлил программы поддержки до 2023 г. В феврале 2025 г. внесен Закон о содействии точному земледелию (S.507) для разработки стандартов взаимодействия с акцентом на связь, кибербезопасность и ИИ (аналогичный H.R.1697 в 2023 г.). Закон о кредитовании точного земледелия 2023 г. (H.R.1495 / S.719) направлен на создание кредитной программы FSA (до \$500 000) для оборудования. Обсуждения Закона о сельском

хозяйстве 2024 г. (продлен до 30 сентября 2024 г.) подчеркивают важность инфраструктуры (широкополосный доступ) и инноваций.

Национальная стратегия КНР:

Основная цель – продовольственная безопасность: стабилизация посевных площадей и повышение урожайности ("Центральный документ №1"). Государство нацелено на возрождение сельских территорий и модернизацию аграрного сектора через цифровую трансформацию ("Цифровой Китай"). Министерство сельского хозяйства и сельских дел (MARA) разрабатывает планы (14-й пятилетний план модернизации сельского хозяйства 2021-2025 гг., Национальный план действий по умному сельскому хозяйству 2024-2028 гг.) и инвестирует в цифровую перестройку. Акцент на технологическую независимость (отечественные агротехнологии). Подход к ГИС и точному земледелию характеризуется сильным государственным управлением, масштабными инвестициями в инфраструктуру (Beidou, Gaofen, сельский ШПД) и созданием национальных платформ данных. Это стимулирует ускоренное внедрение передовых ГИС-технологий.

Модернизация сельского хозяйства Китая опирается на национальные системы: навигационную Beidou (аналог GPS) и спутники наблюдения Земли Gaofen (GF-1, GF-6 с разрешением 16м для агромониторинга) [53, 54]. Широко используются БПЛА (лидеры DJI, XAG; к концу 2024 г. – 400 000 агродронов DJI в мире, +90% с 2020 г.), IoT и сенсоры (прогноз: к 2025 г. 50% проникновение IoT в животноводстве; зависимость от импорта смарт-сенсоров). Государство поддерживает ИИ, большие данные и облачные вычисления (к 2028 г. – национальная аграрная платформа больших данных). Основа – развитая цифровая инфраструктура (к концу 2021 г. – 100% ШПД, >99% оптоволокно/4G в деревнях).

Тематические исследования и демонстрационные зоны: Прогресс "умного" сельского хозяйства Китая обусловлен демонстрационными зонами (особенно в Чжэцзяне) и пилотными проектами под руководством MARA ("Национальный план действий по умному сельскому хозяйству 2024-2028 гг."). Фокус на цифровизации растениеводства, управлении ресурсами и "умных" фермах. Примеры: в Пекине интеллектуальное управление сократило трудозатраты на 55%, воду на 25%, удобрения на 31%; в Чэнду точное внесение снизило выбросы углерода (пшеница – 116 кг/га, рис – 121 кг/га).

Применение и результаты: Технологии внедряются для основных культур (рис, пшеница, кукуруза, соя) и в спецотраслях (программа MARA 2023 г. по повышению урожайности). Примеры: в Синьцзяне точный сев кукурузы дал +21.5% урожайности; азотэффективные технологии – урожайность сои +15.1%, арахиса +19.5%; в Хэнани 5G/IoT для перца чили снизили потребление воды на 50%, удобрений на 30%, трудозатрат на 70%. Карта пахотных земель CropLayer (2м, 2020 г.) достигла точности 88.73% [56, 57, 58]. Спутник Gaofen-1 (GF-1) показал >90% точности для агрокартирования. В целом ДЗЗ повысило точность мониторинга на 25%, сократило использование воды/удобрений на 20%. Отчет

ФАО и Китайского с/х университета (2024 г.) представляет обзор технологий и практик [60, 61]. DJI и XAG активно внедряют дроны (мониторинг, опрыскивание, посев). Прогноз Farmonaut: к 2025 г. точное земледелие в Китае увеличит урожайность на 20%, снизит воздействие на среду на 22% [62].

Сравнительный анализ использования ГИС в сельском хозяйстве США и Китая выявляет фундаментальные различия. В США внедрение технологий движимо стремлением к экономической эффективности, рентабельности крупных ферм и экономии труда, при этом рыночная конкуренция и ROI являются ключевыми; в Китае же доминируют императивы национальной продбезопасности, модернизация для преодоления ресурсных ограничений и технологическая самодостаточность при сильной господдержке.

Соответственно, в США технологии активно внедряются на крупных фермах, специализирующихся на кукурузе и сое, с фокусом на оптимизацию масштабных операций, тогда как Китай нацелен на широкое применение технологий на различных масштабах, включая мелкие хозяйства, с акцентом на БПЛА-услуги.

Роль правительства также контрастирует: США предоставляют финансирование исследований и рыночно-ориентированную поддержку, в то время как Китай применяет централизованный подход с прямыми инвестициями, нацстратегиями и пилотными зонами, хотя обе страны используют схожие ГИС-технологии. В управлении данными США фокусируются на правах собственности фермеров и добровольных стандартах в рамках развивающейся децентрализованной системы, тогда как Китай делает упор на централизованные национальные платформы данных и госконтроль в национальных интересах, что отражает более широкие философские различия.

Инновационные пути также различны. В США инновации стимулируются рыночным спросом через крупные агротехкомпании и университеты. В Китае же преобладает государственное стимулирование НИОКР и поддержка "национальных чемпионов". Это может приводить к созданию в США высокотехнологичных решений для прибыльных сегментов, а в Китае – к быстрому развитию фундаментальных технологий и их широкому разворачиванию для достижения национальных целей.

Различные подходы США и Китая к точному земледелию дают показательные результаты. В США урожайность кукурузы может расти на 7.8-20%, воды экономится до 30-40%, гербицидов – от 47% до 97.5%. В Китае урожайность, например, кукурузы росла на 21.5%, сои на 15.1%, с прогнозом общего роста на 20% к 2025 году; экономия воды достигает 25-50%, удобрений 30-31%, трудозатрат 55-70%, при снижении выбросов CO₂ на 116-121 кг/га.

Мировой опыт (2020-2025 гг.) подтверждает трансформационную роль ГИС, интегрированных с ИИ, IoT и ДЗЗ, для эффективности и устойчивости сельского хозяйства. США демонстрируют рыночно-ориентированный подход, где внедрение стимулируется экономической целесообразностью на крупных фермах, а политика направлена на создание благоприятных условий и стандартизацию. Китай реализует государственно-ориентированную стратегию

с акцентом на продбезопасность и модернизацию, включая мелкие хозяйства, через масштабные госинвестиции в инфраструктуру (Beidou, Gaofen) и продвижение технологий.

Несмотря на различия, общими проблемами остаются стоимость внедрения, техническая грамотность, управление данными и связь. Однако документированные результаты в обеих странах свидетельствуют о значительном положительном влиянии ГИС на урожайность, экономию ресурсов и снижение негативного воздействия на среду.

2 Современное применение и перспективы развития гис для повышения эффективности управления сельскохозяйственными ресурсами

2.1 Ключевые направления и задачи применения ГИС в современном сельском хозяйстве

Агропромышленный комплекс (АПК) традиционно играет системообразующую роль в экономике Казахстана, внося существенный вклад в валовой внутренний продукт, обеспечивая занятость населения и продовольственную безопасность страны. В условиях современных глобальных вызовов, таких как изменение климата, рост численности населения и ужесточение требований к качеству и безопасности сельскохозяйственной продукции, цифровизация АПК, и в частности широкое применение Геоинформационных Систем (ГИС), становится не просто инструментом повышения эффективности, а стратегическим императивом для обеспечения устойчивого развития отрасли.

Геоинформационные Системы представляют собой интегрированные компьютерные системы, предназначенные для сбора, хранения, анализа, управления и визуализации всех видов пространственно привязанных данных. По сути, ГИС – это объединение электронных карт, баз данных и инструментария для их ведения и анализа, что обеспечивает их применимость как в масштабах всей страны, так и на уровне отдельного фермерского хозяйства. Фундаментальная роль ГИС в трансформации сельского хозяйства заключается в предоставлении мощного интеллектуального и информационного ресурса для принятия обоснованных управленческих решений. Они объединяют традиционные операции при работе с базами данных, такие как запросы и статистический анализ, с преимуществами полноценной визуализации и глубокого географического (пространственного) анализа, которые предоставляет карта. Это кардинально отличает ГИС от других информационных систем и открывает уникальные возможности для их

применения в широком спектре различных задач, связанных с анализом и прогнозированием явлений и событий в аграрной сфере.

Фундаментальной основой для управления земельными ресурсами страны является Автоматизированная информационная система государственного земельного кадастра (АИС ГЗК). Ее разработка началась в 2001 году с целью автоматизации процессов регистрации, учета и управления земельными ресурсами. АИС ГЗК активно интегрируется с общегосударственной программой «Электронное правительство» и взаимодействует с фискальными кадастрами, что подчеркивает ее значимость как центрального элемента национальной инфраструктуры пространственных данных.

Министерство сельского хозяйства Республики Казахстан также активно внедряет цифровые решения. Среди них – Единая государственная информационная система субсидирования (ЕГИСС), система идентификации сельскохозяйственных животных, автоматизированная система управления АПК «e-Agriculture» и находящаяся в разработке система прослеживаемости растениеводческой продукции. Хотя не все из этих систем являются чисто геоинформационными, их эффективная работа во многом зависит от интеграции и использования ГИС-данных, что демонстрирует глубокое проникновение цифровых подходов в управление агропромышленным комплексом.

Анализ государственных программ и роли национального оператора ДЗЗ свидетельствует о стратегическом фокусе Казахстана на создании и использовании централизованных ГИС-решений и данных космического мониторинга. Это является логичным подходом для страны с обширными сельскохозяйственными угодьями, где наземный сбор данных затруднен и экономически не всегда оправдан. Развитие АИС ГЗК и других ведомственных систем подтверждает этот тренд на централизацию, что позволяет стандартизировать данные, обеспечить их доступность для государственных органов и, в перспективе, для более широкого круга пользователей. Такая централизация способна ускорить внедрение ГИС на макроуровне, однако может столкнуться с вызовами адаптации к специфическим нуждам отдельных фермеров или регионов, если не будет обеспечена необходимая гибкость и доступность детализированных данных на местах.

Таблица 3 - Ключевые государственные программы и проекты по внедрению ГИС в АПК Казахстана

Название программы/проекта	Ответственный орган/исполнитель	Основные цели в контексте ГИС	Сроки	Ключевые результаты/статус
----------------------------	---------------------------------	-------------------------------	-------	----------------------------

Государственная программа «Цифровой Казахстан»	Правительство РК, профильные министерства	Использование цифровых технологий в сельском хозяйстве, фитосанитарная безопасность, мониторинг	2017-2020 (и последующие инициативы)	Стимулирование внедрения ГИС, повышение производительности труда
Проекты АО «НК «Казахстан Ғарыш Сапары»	АО «НК «Казахстан Ғарыш Сапары»	Мониторинг сельхозпроизводства на основе ДЗЗ и ГИС, предоставление доступа к геосервисам	Постоянно	Обеспечение данными ДЗЗ, разработка ГИС-решений для АПК
<i>Продолжение таблицы - 3</i>				
Автоматизированная информационная система государственного земельного кадастра (АИС ГЗК)	Агентство РК по управлению земельными ресурсами (исторически), РГП «ГосНПЦзем»	Автоматизация учета и управления земельными ресурсами, создание цифровых кадастровых карт	С 2001 г. – по настоящее время	Создана и развивается система земельного кадастра на базе ГИС
Единая государственная информационная система субсидирования (ЕГИСС)	Министерство сельского хозяйства РК	Прозрачное распределение субсидий, интеграция с данными о земельных участках	Действует	Автоматизация процесса субсидирования
Автоматизированная система управления АПК «e-Agriculture»	Министерство сельского хозяйства РК	Анализ и планирование развития отрасли, интеграция данных АПК	Действует	Создание единой платформы для управления АПК
ИС «Электронная карта саранчовых вредителей и	АО «Информационно-учетный центр», РГУ	Картирование и мониторинг распространения	Действует	Повышение оперативности фитосанитарного контроля

карантинных объектов»	«Республиканский методический центр фитосанитарной диагностики и прогнозов»	вредителей и болезней		
-----------------------	---	-----------------------	--	--

Эффективное управление земельными ресурсами является краеугольным камнем устойчивого сельского хозяйства, и ГИС предоставляют для этого незаменимый инструментарий. Одной из важнейших функций ГИС является точное картографирование и инвентаризация земель. Это включает создание электронных карт полей и ведение земельного кадастра. Использование актуальных данных ДЗЗ позволяет с высокой точностью уточнять границы и площади сельскохозяйственных угодий, что критически важно для разрешения земельных споров, выявления фактов самовольного захвата земель и их нецелевого использования.

Центральным элементом системы управления земельными ресурсами выступает АИС ГЗК, которая обеспечивает хранение, управление и учет как пространственной, так и атрибутивной информации о земельных участках, их владельцах, арендаторах и других характеристиках. На основе этих данных создаются цифровые кадастровые карты, являющиеся официальной основой для всех земельных отношений.

Помимо учетной функции, ГИС играют ключевую роль в мониторинге состояния и использования земель. Технологии ДЗЗ и ГИС позволяют выявлять неиспользуемые земли и отслеживать процессы деградации почв. Геоинформационный анализ используется для оценки степени деградации земель, а спутниковые данные – для оценки состояния пастбищной растительности и степени ее деградации.

Оценка плодородия почв и агрохимическое картографирование также являются важными направлениями применения ГИС. На основе результатов агрохимических обследований земельных участков создаются тематические карты почв и агрохимические карты. Например, в Алматинской области с использованием ГИС и данных цифровой модели рельефа были разработаны карты степени плотности почвы, содержания органического углерода, кислотности и характеристик распределения чернозема. Ведущую роль в этих исследованиях играет Казахский научно-исследовательский институт почвоведения и агрохимии им. У.У. Успанова (КазНИИПиА), который разрабатывает базы данных почв и детальные почвенные карты, включая компьютерную почвенную карту Юго-Востока Казахстана масштаба 1:500 000 и карты баллов бонитета почв.

Особое внимание уделяется проблеме засоления почв, особенно на орошаемых землях Юга Казахстана. В рамках проекта BR 10965172 ведется

разработка веб-геоинформационного сервиса для оперативного мониторинга и количественной оценки засоленности почв и деградации сельскохозяйственных угодий. Для этого используются различные спутниковые продукты, такие как вегетационный индекс NDVI, специализированные индексы засоления, данные о температуре поверхности земли (LST), получаемые со спутников Sentinel-2 и Landsat-8.

Таким образом, ГИС в управлении земельными ресурсами Казахстана выполняют двойственную роль. С одной стороны, они обеспечивают учетно-контрольную функцию через создание и ведение кадастров, точную инвентаризацию земель и определение их границ. Это создает основу для порядка и прозрачности в сфере землепользования. С другой стороны, ГИС все активнее применяются для реализации аналитико-прогностической функции, направленной на устойчивое управление и предотвращение негативных процессов. Это включает оценку плодородия почв, мониторинг деградации и засоления, а также прогнозирование изменений состояния земельного фонда. Эффективное управление земельными ресурсами требует сбалансированного развития обеих этих функций, поскольку недостаток в одной из них, например, слабый аналитический компонент при хорошо налаженном кадастровом учете, может привести к принятию неоптимальных управленческих решений и усугублению проблем деградации земель.

Точное земледелие представляет собой концепцию управления сельскохозяйственным производством, которая учитывает неоднородность полей и направлена на оптимизацию использования ресурсов (семян, удобрений, средств защиты растений, ГСМ, воды) для повышения урожайности, экономической эффективности и снижения негативного воздействия на окружающую среду. ГИС являются технологическим ядром точного земледелия.

Одним из ключевых элементов является мониторинг состояния посевов и полей. Для этих целей широко используются данные ДЗЗ, получаемые со спутников, таких как Landsat 8 и специализированный сельскохозяйственный спутник EOS SAT-1, которые позволяют отслеживать состояние урожая, выявлять болезни и другие проблемы на ранних стадиях. Важным инструментом является расчет различных вегетационных индексов, в первую очередь нормализованного дифференциального вегетационного индекса (NDVI), который позволяет количественно оценить состояние растительности и выявить проблемные участки на полях.

На основе данных мониторинга, включая карты вегетационных индексов и результаты агрохимического анализа почв, реализуется технология дифференцированного внесения ресурсов. Это предполагает внесение различных норм удобрений и средств защиты растений на разные участки поля в зависимости от их реальной потребности. Технологии GPS и ГИС являются основой для точного позиционирования техники и реализации карт-заданий для дифференцированного внесения. Такой подход позволяет не только экономить дорогостоящие ресурсы, но и повышать урожайность за счет более полного

удовлетворения потребностей растений, а также снижать химическую нагрузку на агроэкосистемы.

ГИС и GPS-технологии также активно применяются для управления сельскохозяйственной техникой. Они используются для точного определения границ полей, навигации техники, контроля качества выполнения операций и параллельного вождения, что позволяет сократить количество повторных проходов, минимизировать пропуски и перекрытия, и, как следствие, снизить расход топлива и других ресурсов.

Создание актуальных электронных карт полей на основе данных аэрофотосъемки с использованием беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) или данных ДЗЗ является базовым элементом точного земледелия. Такие карты содержат точную информацию о контурах и площадях полей, что необходимо для корректного планирования всех агротехнических мероприятий и расчета затрат. Использование актуальных данных, полученных, например, с БПЛА, значительно превосходит по точности устаревшие картографические материалы, расхождения с которыми могут быть весьма существенными.

В Казахстане точное земледелие находится на стадии активного внедрения отдельных его элементов. Наблюдается использование ДЗЗ для мониторинга состояния посевов, расчет NDVI, упоминаются технологии дифференцированного внесения ресурсов и управление сельскохозяйственной техникой с использованием GPS. Существуют компании, предлагающие комплексные решения для точного земледелия, а также примеры проведения аэрофотосъемки и оцифровки полей для создания электронных карт. Это свидетельствует о признании перспективности данной технологии и ее постепенном внедрении. Однако, по всей видимости, комплексная интеграция всех элементов точного земледелия на уровне каждого отдельного хозяйства пока не получила массового распространения. Существует значительный потенциал для дальнейшего развития этого направления через более глубокую интеграцию технологий, обучение фермеров и, возможно, через государственную поддержку приобретения необходимого оборудования и программного обеспечения. Экономический эффект от внедрения даже отдельных элементов точного земледелия, такой как экономия ресурсов и повышение эффективности, может стать мощным стимулом для более широкого принятия этих технологий аграриями Казахстана.

В условиях Казахстана, где водные ресурсы ограничены, а значительная часть сельскохозяйственных земель требует орошения, эффективное управление водными ресурсами с использованием ГИС приобретает особое значение. ГИС применяются для мониторинга водных объектов, включая оценку состояния и использования поверхностных вод. Примером комплексного подхода является проект по оценке водных ресурсов междуречья Нура-Есиль, где для разработки рациональной системы использования поверхностных вод в сельском хозяйстве пригородной зоны столицы применяются методы геоинформационного анализа, картографирования, ДЗЗ и гидравлического моделирования.

ГИС помогают в планировании и проектировании ирригационных систем. На основе ортофотопланов, цифровых моделей рельефа и высотных карт разрабатываются мелиоративные программы, определяются участки, требующие орошения или осушения. ГИС также используются для определения оптимальных мест для строительства водохранилищ и резервирования талых и паводковых вод, что важно для обеспечения водой орошаемого земледелия.

Контроль за работой существующих ирригационных систем осуществляется с помощью карт, созданных на основе данных GPS, которые позволяют отслеживать распределение воды и выявлять проблемные участки. Это способствует обеспечению надежности и повышению эффективности функционирования систем полива.

Одной из серьезных проблем орошаемого земледелия является вторичное засоление почв. Для ее решения ГИС и данные ДЗЗ используются для картирования и мониторинга засоленных земель, особенно в южных регионах Казахстана. Применяются различные спутниковые продукты, такие как NDVI, специализированные индексы засоления, данные о температуре поверхности земли (LST), для оценки степени засоленности и деградации орошаемых угодий. Ведется мониторинг мелиоративного состояния орошаемых земель в целом.

Для обеспечения доступа к актуальной информации и аналитическим инструментам разрабатываются специализированные геопорталы, такие как геопортал прогнозирования засухи и геопортал для отображения результатов космического мониторинга орошаемых земель.

Применение ГИС в управлении водными ресурсами в сельском хозяйстве Казахстана направлено на решение двух ключевых и взаимосвязанных проблем: эффективное использование ограниченных водных ресурсов в условиях нарастающего дефицита и борьба с деградацией орошаемых земель, в первую очередь с их засолением. С одной стороны, ГИС используются для мониторинга водных источников, детального планирования ирригационных систем и оптимизации режимов полива, что особенно актуально в условиях засушливого климата и возрастающей антропогенной нагрузки на водные экосистемы. С другой стороны, они активно применяются для оценки и мониторинга негативных последствий орошения, таких как вторичное засоление и общая деградация земель. Успешное решение этих комплексных проблем требует не просто сбора и отображения пространственных данных, а их глубокой интеграции в сложные гидрологические и мелиоративные модели (например, гидравлические модели, упомянутые в проекте по междуречью Нура-Есиль) и создания на их основе информационно-советующих систем для поддержки принятия решений. Эффективность таких систем напрямую зависит от качества исходных данных, адекватности используемых моделей и их адаптации к конкретным природно-климатическим и хозяйственным условиям различных регионов Казахстана.

2.2 Практическое применение и влияние ГИС в сельскохозяйственном секторе

Геоинформационные системы находят широкое практическое применение в различных аспектах сельского хозяйства Казахстана, оказывая существенное влияние на эффективность управления земельными, водными и производственными ресурсами.

Земля является важнейшим и конечным ресурсом, эффективное управление которым необходимо для обеспечения социального и экономического благополучия. ГИС выступают в качестве необходимой инфраструктуры для управления земельными ресурсами и ведения земельного учета.

Кадастровые приложения: ГИС помогают управлять всеми аспектами земельного администрирования, включая владение, оценку, управление и использование земель. Это включает инвентаризацию сельхозугодий, создание электронных карт полей и ведение кадастра. Существующая в Казахстане Автоматизированная информационная система государственного земельного кадастра (АИС ГЗК РК), внедренная еще в 1990-х годах, имеет ограничения для полноценного картографирования, учета и оценки качества почвенного покрова. Поэтому для актуализации данных и повышения их точности активно используются данные ДЗЗ и современные ГИС-технологии.

Анализ состояния почв: ГИС позволяют анализировать состояние почв, а данные ДЗЗ используются для мониторинга таких критических параметров, как содержание органического вещества, текстура, уровень pH и влажность, что необходимо для оптимизации управления растениеводством. Важным инструментом являются цифровые модели рельефа (ЦМР), создаваемые, например, на основе стереопар со спутника KazEOSat-1. ЦМР позволяют оценивать микрорельеф почв, выделять интразональные почвы и корректировать почвенные карты.

Мониторинг землепользования и деградации земель: ГИС и ДЗЗ применяются для выявления нецелевого использования сельскохозяйственных земель, которое может приводить к их деградации. Также технологии могут использоваться для мониторинга загрязнения почв, например, промышленными отходами, и для оценки рисков деградации и эрозии земель, связанных с изменением климата.

ГИС и ДЗЗ играют важную роль не только в текущем управлении, но и в исправлении и обновлении фундаментальных данных, таких как земельные кадастры и почвенные карты. Существующая АИС ГЗК РК имеет ограничения, и для создания точной и актуальной базовой информации о сельскохозяйственных ресурсах, необходимой для всех последующих приложений и политических решений, требуются современные геопространственные технологии. Без точных базовых карт и данных усилия по внедрению точного земледелия будут затруднены.

Мониторинг посевов: Состояние посевов отслеживается с помощью вегетационных индексов, таких как NDVI, что позволяет выявлять болезни культур и стрессовые состояния. Данные ДЗЗ обеспечивают точную оценку посевных площадей. С помощью разновременных космических снимков осуществляется мониторинг своевременности и качества проведения агротехнологических операций, таких как сев, уборка и фитосанитарные мероприятия.

Прогнозирование урожайности: ГИС позволяют составлять более точные прогнозы урожайности благодаря интеграции пространственных и атрибутивных данных. Данные ДЗЗ помогают понимать фенологию культур и ее связь с погодными условиями, что важно для оценки будущего урожая.

Точное земледелие: Ключевая концепция точного земледелия заключается в управлении вариабельностью полей путем дифференцированного внесения ресурсов (удобрений, пестицидов, воды) только там, где это необходимо. Это достигается за счет интеграции ГИС, GPS, ДЗЗ, технологий мониторинга урожайности (YMT) и технологий переменного нормирования (VRT). Конкретные примеры включают параллельное вождение техники, дифференцированное внесение удобрений и оптимизированный полив. Системы менеджмента «Точное земледелие» позволяют фермерам в режиме реального времени отслеживать показатели посевов, влаги, питательных элементов, вредителей и вероятность осадков.

Точное земледелие, продвигаемое за экономические выгоды (снижение затрат, повышение урожайности), также несет в себе значительный экологический потенциал за счет минимизации избыточного использования удобрений, пестицидов и воды. Это делает ГИС-управляемое точное земледелие ключевой стратегией для достижения устойчивой интенсификации сельского хозяйства в Казахстане, особенно учитывая проблемы деградации земель и дефицита водных ресурсов.

Учитывая, что Казахстан сталкивается с сильными засухами, ирригация имеет критическое значение для сельского хозяйства.

ГИС для управления ирригацией: Планирование ирригации осуществляется на основе данных ДЗЗ о потребностях культур. Контроль за работой ирригационных систем может производиться с использованием данных GPS-картирования. Спутниковые данные позволяют оценивать площади орошаемых земель. Инвестиции в ирригационные системы, планирование которых может быть оптимизировано с помощью ГИС, способны стимулировать рост ВВП и создавать новые рабочие места.

Мониторинг водных объектов и рисков затопления: ДЗЗ предоставляет своевременную информацию о состоянии водных объектов, орошаемых земель, посевов и влажности почвы. Это позволяет оценивать ущерб от затоплений и планировать меры по его минимизации, а также отслеживать состояние ледовой обстановки на реках и динамику дельтообразования.

Решение инфраструктурных проблем: Устаревшая ирригационная инфраструктура приводит к значительным потерям воды. ГИС могут помочь в планировании ее модернизации и повышении эффективности водопользования. Острая угроза засух и изменения доступности водных ресурсов в Казахстане превращает применение ГИС в управлении ирригацией и водными ресурсами из инструмента оптимизации в критически важную стратегию адаптации к изменению климата.

Геопространственная информация играет ключевую роль в модернизации агропромышленного комплекса, способствуя как совершенствованию животноводства и управления пастбищами, так и оптимизации сельскохозяйственных операций в целом. Для мониторинга пастбищ данные дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) применяются с целью анализа состояния и продуктивности пастбищных угодий. С использованием геоинформационных систем (ГИС) разрабатываются карты нагрузки на пастбища, что позволяет определять допустимую численность поголовья скота и предотвращать деградацию земель вследствие чрезмерного выпаса. Параллельно ведутся исследования по оценке состояния пастбищ и разработке методов их восстановления и улучшения. В сфере управления животноводством активно внедряются цифровые технологии; примером может служить сервис «AgroAnimals» на платформе Qoldau.kz, который использует индивидуальные датчики для отслеживания активности скота и последующей передачи собранных данных на централизованную платформу для анализа и управления.

Помимо этого, геопространственные технологии позволяют оптимизировать сельскохозяйственные операции, логистические процессы и управление техникой. ГИС активно используются для операционного планирования различных сельскохозяйственных работ и последующего контроля за их выполнением. Это включает в себя мониторинг текущего местоположения сельскохозяйственной техники и персонала, а также планирование как прогнозируемой, так и фактической загруженности работников. Важным аспектом является снижение влияния человеческого фактора: автоматизация производственных процессов с помощью ГИС способствует значительному сокращению количества ошибок, которые могут возникать при работе с картографическими материалами и базами данных, что, в свою очередь, приводит к повышению общей производительности сельскохозяйственного предприятия. Наконец, ГИС предоставляют возможность централизованного хранения всей оперативной информации, включая нормативные ставки, различные коэффициенты, технические паспорта на оборудование, технологические и географические карты, а также подробные данные о полях, севооборотах и текущем состоянии посевов.

Таблица 4 - Ключевые ГИС-технологии и их практическое применение в сельском хозяйстве Казахстана

Технология/Методология	Основная функция	Специфические практические применения в Казахстане	Ключевые выгоды (наблюдаемые/потенциальные)
Спутниковое ДЗЗ (KazEOSat, Landsat, Sentinel, EOS SAT)	Сбор мультиспектральных изображений земной поверхности	Мониторинг состояния посевов, оценка посевных площадей, выявление болезней, планирование ирригации, мониторинг пастбищ, оценка орошаемых территорий, коррекция почвенных карт.	Повышение точности оценок, оперативное получение данных, снижение затрат на полевые обследования, улучшение планирования.
Картографирование с помощью БПЛА	Получение изображений сверхвысокого разрешения по требованию	Детальное картографирование полей, точная оценка состояния небольших участков, мониторинг локальных проблем (например, очагов болезней, повреждений).	Высокая детализация, гибкость применения, возможность оперативного реагирования.
<i>Продолжение таблицы - 4</i>			
GPS-навигация сельхозтехники и параллельное вождение	Точное позиционирование техники, автоматизация управления движением	Определение границ полей, контроль ирригационных систем, точное внесение удобрений и СЗР, сокращение перекрытий и пропусков при обработке.	Экономия топлива, семян, удобрений, СЗР; повышение качества обработки; снижение утомляемости оператора; уменьшение выбросов CO ₂ .
NDVI и другие вегетационные индексы	Количественная оценка состояния и плотности растительного покрова	Создание карт продуктивности и вегетации, оценка здоровья культур, мониторинг динамики развития растений, прогнозирование урожайности.	Объективная оценка состояния посевов, раннее выявление проблемных зон, основа для дифференцированного подхода.

Интегрированные ГИС-платформы управления фермой	Централизованный сбор, хранение, анализ данных и планирование операций	Учет ресурсов, планирование сельхозработ, мониторинг выполнения, отчетность, переход от географической карты к технологической, управление персоналом.	Снижение человеческого фактора, повышение эффективности, улучшение принятия решений, унификация документации.
Цифровые модели рельефа (ЦМР) для анализа почв	Моделирование поверхности земли для анализа рельефа и связанных с ним процессов	Оценка микрорельефа почв, выделение интразональных почв, коррекция почвенных карт, планирование противоэрозионных мероприятий.	Улучшение понимания почвенных условий, более точное почвенное картографирование, основа для оптимизации землепользования.
ГИС для кадастра и инвентаризации земель	Учет, оценка и управление земельными ресурсами	Инвентаризация сельхозугодий, создание электронных карт полей, ведение земельного кадастра, разрешение земельных споров, выявление нецелевого использования земель.	Повышение прозрачности землепользования, улучшение управления земельной информацией, основа для справедливой оценки и налогообложения.

Развитие и внедрение геоинформационных систем (ГИС) в аграрном секторе Казахстана опирается на совокупность государственных программ, работу национальных агентств, научные изыскания и коммерческие инициативы. Фундаментальную роль играет государственная программа «Цифровой Казахстан», ориентированная на форсирование экономического роста и повышение качества жизни граждан посредством внедрения цифровых технологий. Эта программа устанавливает конкретные целевые индикаторы для агропромышленного комплекса (АПК) в сферах повышения производительности и наращивания экспорта. В дополнение к ней действует Национальный проект по развитию агропромышленного комплекса на 2021–2025 годы, который также, по всей видимости, охватывает задачи цифровизации отрасли. Значимым достижением стала реализация проекта по созданию Национальной инфраструктуры пространственных данных (НИПД). Этот масштабный проект предусматривал модернизацию государственных геодезических, нивелирных и гравиметрических сетей, внедрение современной государственной системы координат QazTRF, в частности QazTRF-23, формирование единой общедоступной цифровой картографической основы для всей территории страны, а также запуск информационных систем «Государственное геодезическое обеспечение» (доступной через ggo.gov.kz) и «Государственный геопортал НИПД» (map.gov.kz). Успешное завершение данного проекта

обеспечило Казахстан единой цифровой картографической базой, включающей карты масштабов 1:25 000 и 1:100 000, а также детальные планы городов и районных центров масштаба 1:2 000, и единым ортофотопокрытием. Это формирует надежный фундамент точных геопространственных данных, имеющих критическое значение для любых ГИС-приложений, в том числе в сельском хозяйстве, и создает предпосылки для разработки новых сервисов отечественными IT-компаниями.

Среди ключевых государственных информационных систем выделяется Gosagro.kz, также известная как Государственная информационная система субсидирования (ГИСС). Эта онлайн-платформа разработана для того, чтобы фермеры могли получать субсидии, и она полностью автоматизирует процедуры подачи и рассмотрения заявок. Система функционирует в автоматическом режиме, оказывая государственные услуги по субсидированию АПК в электронном виде на безвозмездной основе, и призвана минимизировать коррупционные риски. ГИСС интегрирована с информационными базами Министерства сельского хозяйства, содержащими сведения о земельных участках, сельскохозяйственных животных и технике, Министерства финансов, предоставляющего данные по электронным счетам-фактурам и информацию о членах кооперативов, а также с системами министерств юстиции, цифрового развития и внутренних дел. Функциональные возможности платформы включают сервис «Лист ожидания», обеспечивающий прозрачность распределения бюджетных средств, и автоматизированный расчет субсидий. Другой важной платформой является Qoldau.kz – цифровая экосистема, предназначенная для взаимодействия Министерства сельского хозяйства, местных исполнительных органов (акиматов), фермерских хозяйств, поставщиков и других субъектов агропромышленного комплекса. Эта платформа способствует внедрению цифровых решений при оказании услуг по сельскохозяйственному субсидированию, например, в сферах агрострахования, закупки удобрений, пестицидов и семян. Она объединяет множество специализированных сервисов, таких как «Supervision Technology» для цифрового мониторинга земель, «Jerscan» для спутникового контроля инфраструктурных объектов, «Agroinsurance» для онлайн-агрострахования с применением данных дистанционного зондирования Земли, «AgroWeather» для предоставления метеорологических данных в точном земледелии, «AgroConsultant» для формирования рекомендаций по точному земледелию, «AgroSalyq» для налогового администрирования, «AstyqQoyma» для обеспечения прослеживаемости зерновой продукции, «Agroscouting» для фитосанитарного мониторинга с использованием электронных карт и данных ДЗЗ, «Agromonitor» для удаленного наблюдения за земельными участками и создания электронных карт полей, а также «AgroAnimals» для отслеживания перемещения скота. Таким образом, Qoldau.kz демонстрирует комплексный подход, интегрируя разнообразные ГИС-сервисы для цифровой трансформации сельскохозяйственных процессов. Кроме того, рассматривается перспектива

создания единой межведомственной цифровой платформы для администрирования сельскохозяйственных субсидий, которая могла бы базироваться на существующей ГИСС, с целью объединения услуг, оказываемых различными государственными органами.

Значительный вклад в развитие ГИС вносят национальные агентства и научно-исследовательские институты. АО «НК «Қазақстан Ғарыш Сапары» (KGS) выступает национальным оператором космической системы дистанционного зондирования Земли Республики Казахстан. Компания управляет спутниками серии KazEOSat, обеспечивает доступ к данным ДЗЗ и осуществляет проекты мониторинга в аграрном секторе, включая оценку состояния посевов, контроль за землепользованием и проверку площадей, заявленных на субсидирование, в целях противодействия коррупции. KGS также разрабатывает геосервисы для мониторинга водных ресурсов, в том числе для оценки площадей орошаемых земель. АО «Национальный центр космических исследований и технологий» (НЦКИТ) специализируется на разработке прикладных решений на базе данных ДЗЗ, включая создание казахстанских беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) для проведения высокодетального картографирования. Центр принимает участие в проектах мониторинга, актуальных для сельского хозяйства, таких как оценка состояния посевов и анализ пастбищных угодий, а также для геологической отрасли и сферы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций. РГП «Казгидромет» играет важную роль, предоставляя критически значимые агрометеорологические прогнозы, касающиеся засух, уровня влажности почвы, оптимальных сроков сева и ожидаемой урожайности. Эти данные являются неотъемлемым компонентом для ГИС-ориентированного планирования в сельском хозяйстве и внедрения практик точного земледелия. Научно-исследовательские институты и академическое сообщество также вносят свой вклад. Казахстанский научно-исследовательский институт животноводства и кормопроизводства проводит исследования в области мониторинга и улучшения состояния пастбищ. Институт земледелия и растениеводства участвует в совместных исследованиях по применению данных ДЗЗ, например, для изучения влияния удобрений. Специализированные научные журналы, в частности «Проблемы агрорынка», публикуют материалы, освещающие вопросы и пути решения задач цифровизации АПК. Отечественные исследователи, включая С.В. Пашкова и Г.З. Мажитову, активно занимаются проблемами цифровизации земледелия и использования ГИС в региональном аспекте Казахстана. Ведущие аграрные университеты, такие как Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина (КАТУ) и Казахский национальный аграрный исследовательский университет (КазНАИУ), вовлечены в международные проекты, например SAGRIS, что подчеркивает их значимость в подготовке кадров и проведении научных исследований в сфере ГИС для сельского хозяйства.

В сегменте коммерческих решений и инноваций также присутствуют значимые разработки. Компания NeoStackTechnology создала

геоинформационную систему в виде мобильного и веб-приложения для сельскохозяйственных предприятий. Эта система предлагает инструментарий для картографирования, формирования отчетности, проведения анализа, прогнозирования, отслеживания движения ресурсов и планирования полевых работ, будучи нацеленной на минимизацию влияния человеческого фактора и рост эффективности производства. Компания BHK Agro поставляет на рынок системы точного земледелия, такие как CASE IH AFS Connect и New Holland PLM Connect. Эти системы объединяют возможности ГИС, GPS-навигации, данных ДЗЗ, технологий мониторинга урожайности и технологий дифференцированного внесения ресурсов (VRT) для эффективного управления неоднородностью полей. EOS Data Analytics (EOSDA) эксплуатирует спутник EOS SAT-1, специально предназначенный для мониторинга сельскохозяйственных угодий и являющийся частью более обширной спутниковой группировки. АО «Казахстан ГИС Центр» осуществило внедрение геоинформационной системы по модели "программное обеспечение как услуга" (SaaS) для автоматизации процессов документооборота, что указывает на активное развитие рынка ГИС-услуг. Примечателен проект Германского общества по международному сотрудничеству (GIZ) под названием «Рекомендации по выработке политик экономического развития, устойчивого к изменению климата» (CRED). В ходе его реализации была создана модель e3.kz, наглядно показавшая экономические преимущества инвестиций в ирригационные системы и технологии точного земледелия как мер адаптации к климатическим изменениям. Этот проект служит важным примером анализа экономических и политических аспектов инвестиций, связанных с ГИС.

В целом, продвижение ГИС в сельском хозяйстве Казахстана является результатом комплексного взаимодействия между государственными инициативами, реализуемыми «сверху вниз», такими как программа «Цифровой Казахстан», проект НИПД и платформы Gosagro и Qoldau, с одной стороны, и потенциалом национальных агентств, включая KGS, НЦКИТ и Казгидромет, академическими исследованиями и коммерческими инновациями, идущими «снизу вверх» от компаний вроде NeoStack, BHK Agro и EOSDA, с другой. Эта многокомпонентная экосистема обладает значительными ресурсами и экспертным потенциалом, однако сопряжена с вызовами в области координации действий, стандартизации подходов и обеспечения синергетического эффекта от усилий различных заинтересованных сторон. Разработка эффективной национальной стратегии в области ГИС должна предусматривать учет и использование возможностей всех участников этого процесса. Прослеживается явная тенденция к смещению акцентов в сторону предоставления ГИС-решений в формате услуг (SaaS) и через интегрированные цифровые платформы, в отличие от распространения отдельных программных продуктов или наборов данных. Такой подход способен снизить порог входа для пользователей, особенно для малых фермерских хозяйств, благодаря сокращению начальных затрат на программное и аппаратное обеспечение, а также может упростить

доступ к сложным аналитическим инструментам. Тем не менее, это также формирует определенную зависимость от провайдеров платформ и предъявляет требования к наличию стабильного интернет-доступа. Завершение проекта Национальной инфраструктуры пространственных данных (НИПД) представляет собой знаковое событие. Обеспечив страну точной, унифицированной и доступной национальной системой пространственных данных, НИПД создает фундамент для разработки нового поколения ГИС-приложений и сервисов как государственными структурами, так и частным сектором для удовлетворения потребностей сельского хозяйства. Это решает одну из ключевых проблем прошлого – дефицит надежных, стандартизированных базовых геопространственных данных. В результате фокус внимания смещается от простого сбора и создания данных к их новаторскому и эффективному применению.

2.3 Перспективы развития и внедрения ГИС в сельском хозяйстве: инновации, вызовы и возможности

Внедрение геоинформационных систем в агропромышленный комплекс Казахстана обеспечивает комплексные преимущества, включая рост производительности, оптимизацию использования ресурсов, совершенствование процессов принятия решений, а также значимые положительные социально-экономические и экологические результаты. Геоинформационные системы способствуют оптимизации мониторинга полей и управления сельскохозяйственным производством в целом. Автоматизация рабочих процессов посредством ГИС, унификация технологических карт и отчетности, а также минимизация влияния человеческого фактора ведут к увеличению производительности и эффективности аграрных предприятий. Например, имеются данные о том, что внедрение цифровых технологий позволило добиться роста урожайности овощных культур на 28%.

Сочетание GPS-технологий и ГИС дает фермерам возможность оптимизировать использование производственных ресурсов. Технологии точного земледелия, такие как системы параллельного вождения, помогают сократить расход топлива и других ресурсов, например, удобрений. Зафиксированы случаи, когда благодаря цифровизации потребление удобрений снизилось на 29%, а энергопотребление – на 6%. ГИС предоставляют данные, необходимые для более качественного планирования сельскохозяйственных операций. Системы «точного земледелия» обеспечивают поступление информации в режиме реального времени, что позволяет аграриям принимать оперативные и обоснованные решения. Точные данные дистанционного зондирования Земли имеют большое значение для своевременной оценки состояния посевов и эффективного управления рисками.

Инвестиции в ирригационные системы, планирование которых может быть значительно улучшено с помощью ГИС, способны привести к увеличению валового внутреннего продукта страны на 1,2% в год и созданию до 78 000 дополнительных рабочих мест ежегодно. Технологии точного земледелия, в частности параллельное вождение, также вносят свой вклад в рост ВВП, хоть и в меньших масштабах (около 0,002%), и способствуют созданию рабочих мест (порядка 1800 в год), помимо обеспечения экономии выбросов CO₂. Внедрение ГИС улучшает управление земельной информацией, процессы оценки имущества и коммуникацию с общественностью. Точное картографирование помогает в разрешении земельных споров, выявлении фактов самовольного захвата земель и контроле за их нецелевым использованием. Кроме того, ГИС-технологии поддерживают антикоррупционные инициативы путем верификации площадей, заявленных для получения субсидий.

Точное земледелие также способствует минимизации нагрузки на окружающую среду. Системы параллельного вождения способны обеспечить экономию выбросов парниковых газов в объеме до 122 000 тонн CO₂-эквивалента в год. Более эффективное управление водными ресурсами, достигаемое благодаря применению ГИС, сокращает потери воды и помогает смягчить негативные последствия засух. Преимущества от внедрения ГИС не ограничиваются уровнем отдельных фермерских хозяйств, а распространяются на макроэкономический уровень и сферу государственного управления. Прямое положительное влияние на ВВП и занятость, а также усовершенствование земельного администрирования и поддержка антикоррупционных мер, усиливают аргументацию в пользу государственных инвестиций в развитие ГИС-инфраструктуры и кадрового потенциала. Отдача от таких вложений затрагивает не только агропромышленный комплекс, но и способствует общему национальному прогрессу.

ГИС выступают не только как инструмент для повышения эффективности, но и как критически важная технология для адаптации к происходящим изменениям климата и смягчения их последствий. Экономические и экологические выгоды от практик, управляемых с помощью ГИС, таких как точная ирригация и параллельное вождение, напрямую способствуют повышению устойчивости сельского хозяйства к засухам и сокращению выбросов углекислого газа. Возможность количественной оценки этих сопутствующих выгод может помочь в привлечении климатического финансирования или в обосновании инвестиций в контексте более широких экологических стратегий. Важно также отметить, что так называемые «мягкие» выгоды, такие как улучшение управления данными и снижение количества операционных ошибок, являются ключевыми предпосылками для достижения «жестких» экономических результатов. Унификация данных, автоматизация процессов и исключение ошибок создают надежный фундамент, без которого трудно добиться стабильного роста урожайности или существенной экономии ресурсов. Таким образом, первоначальные инвестиции в создание надежных

ГИС-систем для управления данными, хотя и могут показаться менее эффективными на первый взгляд, имеют огромное значение для раскрытия всего спектра экономических и операционных преимуществ.

Несмотря на очевидные преимущества, широкое и эффективное внедрение ГИС в сельском хозяйстве Казахстана сталкивается с рядом технологических, инфраструктурных, кадровых, экономических и политических барьеров. Одним из основных препятствий для цифровой модернизации сельского хозяйства остается недостаточная обеспеченность сельских территорий надежным и доступным интернет-соединением. Это критически важно, поскольку многие передовые ГИС-платформы, особенно облачные сервисы и системы, работающие с данными в режиме реального времени, требуют стабильного подключения, что ограничивает их применение в отдаленных районах. Модернизация крупномасштабных ирригационных систем требует значительных капиталовложений. Хотя некоторые элементы точного земледелия, такие как системы параллельного вождения, характеризуются как требующие «меньших инвестиций, что выгодно для мелких фермеров», это подразумевает, что другие, более комплексные технологии точного земледелия могут быть финансово недоступны для них. Существующие системы земельного кадастра имеют ограничения в части полноценного картографирования почв и оценки их качества. Сохраняется постоянная потребность в точных и актуальных базовых картах, которая частично решается благодаря Национальной инфраструктуре пространственных данных, но требует непрерывной поддержки. Обеспечение высокого качества данных и их совместимости между различными информационными системами также остается актуальной задачей.

Нехватка квалифицированных кадров является одной из главных проблем, сдерживающих внедрение цифровых технологий. Фермеры отмечают трудности с поиском специалистов, способных эффективно работать с новыми системами и корректно вносить данные. Низкий уровень квалификации трудовых ресурсов в сельском хозяйстве признается ключевой проблемой, влияющей на конкурентоспособность всей отрасли. Даже при наличии современных технологий, отсутствие квалифицированных пользователей препятствует их эффективному применению. Существует острая необходимость в обучении существующего персонала и подготовке новых специалистов. Требуется разработка и внедрение образовательных программ, направленных на развитие ГИС-навыков, релевантных для нужд сельского хозяйства.

Несмотря на значительные финансовые вливания в цифровую трансформацию, составившие около 208 миллиардов тенге в период с 2018 по 2021 год, их эффективность оказалась низкой. Это поднимает серьезные вопросы о качестве разработки государственных программ, механизмах их реализации и учете предварительных условий, необходимых для достижения успеха. Хотя системы параллельного вождения отмечаются как более доступная технология, полный комплекс технологий точного земледелия может оказаться непосильным для многих мелких хозяйств без целенаправленной государственной поддержки

или развития кооперативных моделей использования. Необходимы четкие государственные политики, поддерживающие внедрение ГИС, стимулирующие обмен данными и их стандартизацию. Важно обеспечить, чтобы системы субсидирования, такие как Gosagro.kz, были действительно доступны и эффективны для всех категорий фермеров. Существуют также вызовы в координации усилий между государственными органами, научно-исследовательскими институтами, частными поставщиками технологических решений и самими фермерами.

Учащение и усиление засух представляют значительный риск, особенно для богарного производства пшеницы, что усиливает давление на водные ресурсы и требует активного применения ГИС для более эффективного управления ими. Ожидается, что риски деградации и эрозии земель возрастут на фоне изменения климата, что приведет к снижению продуктивности сельского хозяйства. Геоинформационные системы необходимы для мониторинга этих негативных процессов и планирования мер по их смягчению. Устаревшая ирригационная инфраструктура дополнительно усугубляет проблемы дефицита воды.

Существующие барьеры часто взаимосвязаны и могут образовывать своего рода замкнутый круг. Например, плохое интернет-покрытие в сельской местности затрудняет использование передовых ГИС-платформ, что, в свою очередь, снижает привлекательность работы в этих районах для квалифицированных специалистов. Нехватка таких специалистов приводит к тому, что дорогостоящие технологии могут использоваться не в полной мере, что негативно сказывается на их экономической отдаче. Это подчеркивает необходимость комплексного подхода к решению проблем: простое предоставление технологий без одновременного улучшения инфраструктуры и повышения квалификации кадров приведет к неоптимальным результатам, что, возможно, и объясняет отмеченную «низкую результативность» прошлых усилий по цифровой трансформации.

Несмотря на значительные успехи в создании национальной ГИС-инфраструктуры, такой как НИПД, и разработке платформ, подобных Gosagro и Qoldau, серьезной проблемой остается обеспечение эффективного доступа и использования этих преимуществ и инструментов отдельными фермерами, особенно малыми и средними хозяйствами. Существование передовых платформ не гарантирует их широкого и эффективного применения, если на местном уровне не решены проблемы доступа к интернету, нехватки профильных навыков и высокой стоимости некоторых технологий. Следовательно, необходимы целенаправленные консультационные службы, создание местных сетей поддержки и, возможно, разработка программ финансовой помощи или кооперативных моделей, чтобы помочь фермерам преодолеть этот «последний километр» и преобразовать национальные ГИС-возможности в ощутимые улучшения на уровне хозяйств.

Наблюдается также интересный аспект, связанный с человеческим фактором. С одной стороны, снижение влияния «человеческого фактора», то есть уменьшение количества ошибок, приводится как одно из преимуществ автоматизации с помощью ГИС. С другой стороны, остро стоит проблема нехватки квалифицированных кадров. Это не является противоречием, а скорее отражает сдвиг в требуемых навыках. ГИС уменьшают зависимость от выполнения рутинных, подверженных ошибкам задач, но одновременно повышают спрос на навыки более высокого порядка: анализ данных, управление сложными системами и интерпретацию результатов ГИС для принятия обоснованных решений. Таким образом, задача заключается не в полном устранении человеческого участия, а в повышении квалификации работников агропромышленного комплекса для их эффективного взаимодействия с новыми технологиями.

Для полного раскрытия потенциала ГИС в сельском хозяйстве Казахстана и преодоления существующих барьеров необходим комплексный и стратегический подход, охватывающий политику, инфраструктуру, человеческий капитал и инновации.

Для совершенствования внедрения и использования геоинформационных систем в сельском хозяйстве Казахстана предлагается ряд ключевых мер. Прежде всего, необходимо разработать и реализовать комплексную национальную стратегию цифровизации аграрного сектора, которая бы четко интегрировала ГИС, определяя роли, обязанности и механизмы финансирования для всех участников. Следует активно способствовать налаживанию более тесного сотрудничества между профильными министерствами, включая ведомства, отвечающие за сельское хозяйство, цифровое развитие, экологию и образование, а также национальными агентствами, такими как «Қазақстан Ғарыш Сапары», Национальный центр космических исследований и технологий и «Казгидромет», научно-исследовательскими институтами и частным сектором для обеспечения синергии прилагаемых усилий. Важно установить четкие протоколы обмена данными и единые стандарты для обеспечения совместимости различных ГИС-платформ и наборов данных, опираясь на уже созданную Национальную инфраструктуру пространственных данных. Также требуется пересмотреть и усовершенствовать программы субсидирования, например, через систему Gosagro.kz, таким образом, чтобы они стимулировали внедрение полезных ГИС-технологий и были доступны для хозяйств любого размера.

Критически важной рекомендацией является агрессивное расширение покрытия надежным и доступным интернет-соединением в сельских сельскохозяйственных регионах, поскольку это является фундаментальным условием для использования большинства современных ГИС-решений. Необходимо планомерно поддерживать развитие и обновление фундаментальных наборов геопространственных данных через Национальную инфраструктуру пространственных данных, обеспечивая их актуальность и

легкую доступность для пользователей. Следует изучить возможности для налаживания государственно-частного партнерства с целью снижения стоимости программного обеспечения ГИС, необходимого оборудования и услуг дистанционного зондирования Земли для фермеров, особенно для малых хозяйств. Важно также стимулировать разработку локализованных и удобных для пользователя ГИС-инструментов и мобильных приложений, адаптированных к специфическим условиям ведения сельского хозяйства в Казахстане и доступных на государственных языках.

Для успешного внедрения технологий необходимо значительно увеличить инвестиции в образовательные и профессиональные программы, направленные на подготовку квалифицированных кадров, владеющих навыками работы с сельскохозяйственными ГИС, анализа данных дистанционного зондирования Земли и технологиями точного земледелия. Это включает интеграцию практического обучения ГИС в учебные программы аграрных университетов, таких как Казахский агротехнический университет и Казахский национальный аграрный исследовательский университет, а также разработку специализированных краткосрочных курсов и консультационных услуг для действующих фермеров и агрономов. Важно инициировать и проводить информационные кампании для демонстрации практических преимуществ и экономической рентабельности ГИС-технологий для фермеров, а также поддерживать создание сетей взаимного обучения и организацию демонстрационных хозяйств, наглядно показывающих успешные примеры внедрения ГИС.

В области научных исследований и разработок следует увеличить финансирование прикладных изысканий в сфере сельскохозяйственных ГИС, сосредоточенных на решении актуальных местных проблем, таких как управление засухоустойчивыми культурами, борьба с засолением почв, а также моделирование специфичных для каждого региона вредителей и болезней растений. Необходимо поощрять инновации в таких областях, как искусственный интеллект и машинное обучение для анализа сельскохозяйственных данных с использованием специфичных для Казахстана наборов данных, тем самым развивая общий интерес к применению искусственного интеллекта в сельском хозяйстве. Важно оказывать поддержку местным технологическим компаниям и стартапам, разрабатывающим ГИС-решения для аграрного сектора, используя при этом возможности, предоставляемые Национальной инфраструктурой пространственных данных. Также необходимо продолжать развитие и использование национальных возможностей в области дистанционного зондирования Земли, включая данные со спутников KazEOSat и отечественных беспилотных летательных аппаратов, стратегически сочетая их с доступными международными ресурсами.

Приоритетное внимание должно уделяться тем ГИС-приложениям, которые поддерживают адаптацию сельского хозяйства к изменению климата. Это включает улучшенное планирование ирригационных мероприятий,

мониторинг засух с использованием данных «Казгидромета», а также содействие в выборе климатически устойчивых сортов сельскохозяйственных культур. Необходимо активно продвигать использование ГИС-инструментов для мониторинга и управления здоровьем почв, предотвращения деградации земель и оптимизации использования ресурсов с целью снижения негативного воздействия на окружающую среду. Геоинформационные системы должны быть органично интегрированы в национальные стратегии по устойчивому управлению земельными и водными ресурсами.

Успешная реализация этих рекомендаций требует целостного, системного подхода. Существующие проблемы тесно взаимосвязаны: например, инвестиции в обеспечение сельского интернета (развитие инфраструктуры) являются необходимой предпосылкой для эффективности программ по развитию профессиональных навыков (человеческий капитал) и успешного развертывания передовых ГИС-платформ. Частичный, фрагментарный подход, вероятно, будет менее эффективным и может отчасти объяснить отмеченную в прошлом «низкую результативность» некоторых инициатив.

Будущее агро-ГИС в Казахстане во многом зависит от процессов «демократизации» и «локализации» технологий. Наряду с развитием крупных национальных платформ, долгосрочный успех будет определяться тем, насколько ГИС-инструменты станут доступными, недорогими и релевантными для разнообразных нужд отдельных фермеров, особенно малых и средних хозяйств, а также адаптированными к местным условиям. Это подразумевает фокус не только на высокотехнологичных национальных системах, но и на разработке и распространении более простых, мобильных и контекстно-специфичных ГИС-приложений, возможно, через кооперативные объединения или усовершенствованные консультационные службы.

Проактивная государственная политика и стратегические инвестиции в фундаментальные области, такие как интернет-инфраструктура, Национальная инфраструктура пространственных данных и образование, могут создать мультипликативный эффект. Это способно стимулировать инновации в частном секторе, повысить производительность на уровне фермерских хозяйств, способствовать достижению национальных экономических целей и улучшить экологическую устойчивость аграрного производства. Роль государства заключается не только в регулировании, но и в катализации этих процессов путем создания благоприятной среды для развития. Целенаправленные государственные инвестиции могут снизить риски для частных инвесторов и ускорить весь инновационный цикл в области сельскохозяйственных геоинформационных систем.

3 Применение ГИС для управления земельными ресурсами на примере Северного Казахстана

Эффективное управление земельными ресурсами является краеугольным камнем устойчивого сельского хозяйства, особенно в регионах с обширными

территориями и существующими проблемами деградации, таких как Северный Казахстан. Геоинформационные системы предоставляют мощный инструментарий для решения комплекса задач в этой сфере, начиная от создания точного земельного кадастра и заканчивая оптимизацией землепользования.

Деградация почв представляет собой одну из наиболее серьезных угроз для устойчивости сельского хозяйства Северного Казахстана. Значительные площади региона подвержены ветровой и водной эрозии, происходит снижение содержания гумуса в плодородном слое, а в некоторых районах, например, в Костанайской области, актуальны проблемы засоления и осолонцевания почв. ГИС в сочетании с данными дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) предоставляют эффективные инструменты для мониторинга, оценки и картографирования этих негативных процессов.

ГИС позволяют осуществлять систематический мониторинг состояния земель, что является критически важным для понимания динамики деградационных процессов. Спутниковые снимки, получаемые с таких аппаратов, как Landsat и Sentinel, являются ценным источником информации для оценки состояния почвенного покрова и растительности на обширных территориях. На основе этих данных рассчитываются различные вегетационные и почвенные индексы (например, NDVI – нормализованный разностный вегетационный индекс, SAVI – почвенно-скорректированный вегетационный индекс, Bare Soil Index – индекс открытой почвы, Salinity Index – индекс засоления), которые помогают выявлять участки с различными стадиями и типами деградации.

Применение этих технологий позволяет не просто констатировать факт деградации, но и определять ее масштабы, пространственное распределение, выявлять основные факторы, способствующие ее развитию, и оценивать степень их влияния. Например, исследования по созданию интерактивных геоинформационных карт деградации пастбищ в Казахстане продемонстрировали возможность классификации территорий по степени деградации на основе комплексного анализа спутниковых данных и полевых исследований. Картографирование и мониторинг деградации земель с помощью ГИС и ДЗЗ является не просто фиксацией проблемы, а первым и необходимым шагом к разработке дифференцированных, пространственно-привязанных мер по восстановлению почвенного плодородия и адаптации сельского хозяйства к изменяющимся климатическим условиям. Это особенно актуально для уязвимых почв Северного Казахстана, где своевременное выявление очагов деградации и принятие превентивных мер могут предотвратить необратимые потери плодородия. В контексте Северного Казахстана, где агроклиматические условия и почвенное плодородие значительно варьируются даже в пределах одного хозяйства, ГИС-технологии позволяют перейти от усредненных подходов к дифференцированному планированию. Например, программные комплексы, такие как ГИС «Панорама АГРО», предоставляют функционал для агротехнологического планирования, включая разработку схем севооборотов с

учетом истории полей, агрохимических показателей почв и планируемой урожайности. Моделирование рационального использования земельных ресурсов с помощью ГИС дает возможность просчитывать различные сценарии землепользования, оценивать их экономическую эффективность и экологические последствия, и выбирать наиболее оптимальные варианты для конкретных условий. Интеграция данных земельного кадастра, результатов мониторинга деградации и агрохимического состояния почв в единой ГИС-платформе создает прочную информационную основу для перехода к адаптивному управлению земельными ресурсами. Это позволяет не просто статично планировать севообороты на несколько лет вперед, но и динамически корректировать планы землепользования и агротехнические мероприятия в ответ на изменяющиеся условия, такие как выявление участков с ускорившейся эрозией, снижением содержания гумуса или изменением уровня влагообеспеченности. Такой подход способствует более гибкому и эффективному использованию земельного потенциала региона.

3.1 Анализ сельскохозяйственных угодий Северно-Казахстанской области

Общая площадь СКО: Около 9,8 млн гектаров (9804,3 тыс. га).
Земли сельскохозяйственного назначения: Составляют значительную часть – примерно 7,3-7,4 млн га, или около 74% от общей территории области. Более детализированные данные указывают на 7,23 млн га земель сельскохозяйственного назначения, из которых 7,0 млн га являются непосредственно сельскохозяйственными угодьями.

Структура сельскохозяйственных угодий:

Пашня (пахотные земли): Является доминирующим видом угодий, занимая от 4,9 млн га до 5,04 млн га. В структуре собственно сельхозугодий пашня занимает около 73%. Исторически регион (в старых границах до 1997 г.) был наиболее распаханым в Казахстане, где пашня составляла 55% территории.

Пастбища: Занимают от 2 млн га до 3,2 млн га. В структуре сельхозугодий на пастбища приходится около 23%.

Залежи (необрабатываемые пахотные земли): Около 82,8 тыс. га.

Земли запаса: Существуют также земли запаса, составляющие около 631,5 тыс. га, из которых 449,4 тыс. га – сельскохозяйственные угодья (включая пашню, залежи и пастбища).
Зерновые: СКО является ключевым зерносеющим регионом Казахстана. Основные культуры: пшеница (яровая и озимая), ячмень, овес.

Планируемые посевные площади под зерновые на 2025 год – 3,3 млн га. В 2024 году валовой сбор зерновых и зернобобовых составил 6,2 млн тонн при урожайности 18,6 ц/га. Масличные культуры: Область лидирует в стране по площадям масличных. Основные культуры: лен, подсолнечник; также

выращиваются соя, рапс, сафлор. Посевные площади под масличные в СКО – около 800 тыс. га.



Рисунок 2 - Северо-Казахстанская область



Рисунок 3 - Административное деление Северо-Казахстанской области оцифрованная в программе ArcGIS

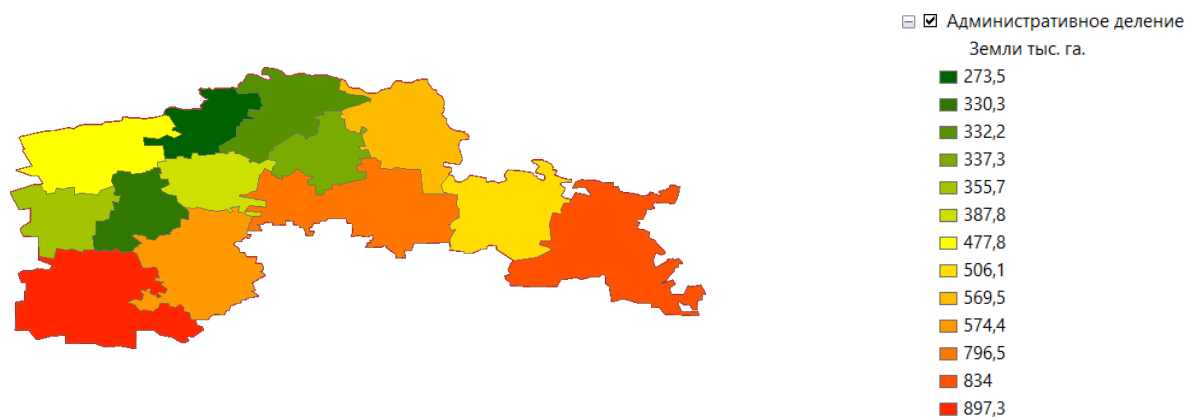


Рисунок 4 - Количество тыс. гектар сельскохозяйственных земель распределённых по регионам Северно-Казахстанской области

3.2 ГИС-Инфраструктура и национальная политика управления земельными ресурсами в Казахстане

Создание и развитие Автоматизированной информационной системы государственного земельного кадастра (АИС ГЗК) стало ключевым этапом в цифровизации управления земельными ресурсами Республики Казахстан. Начало этому процессу было положено пилотным проектом регистрации недвижимости в 1998-1999 годах. Хотя на том этапе использование ГИС было минимальным, накопленный опыт и закупленное программное обеспечение заложили основу для будущих успехов. В 2001 году началась разработка АИС ГЗК для столицы, г. Астаны, а в 2002 году Агентство РК по управлению земельными ресурсами инициировало проект по созданию подсистем государственного земельного кадастра в пилотной зоне Актюбинской области с перспективой переноса опыта на республиканский уровень.

Основными целями АИСГЗК являлись создание единого государственного реестра земель (ЕГРЗ), автоматизация процессов кадастрового учета, государственной кадастровой оценки земель для целей налогообложения, контроля за использованием и охраной земель, а также формирования и печати правоудостоверяющих документов. Технологической основой системы послужили продукты компании ESRI (ArcGIS ArcView, ArcEditor, ArcSDE), система управления базами данных Oracle, а также специализированные инструменты, такие как MrSid и ArcObject для работы с растровыми изображениями и архивными данными.

Для обеспечения функционирования АИС ГЗК была создана вертикальная иерархическая структура центров: Республиканский центр АИС ГЗК (РЦ АИС ГЗК) при РГП «ГосНПЦзем», областные центры при дочерних предприятиях и районные центры при филиалах. Эта структура была призвана обеспечить внедрение, наполнение и сопровождение системы по всей стране. Были

разработаны и внедрены многочисленные подсистемы, включая «Формирование и печать правоудостоверяющих документов на базе данных ЕГРЗ», «Государственная кадастровая оценка для целей налогообложения», «Защита информации», «Государственный контроль за использованием земель» (Земельная инспекция), «Обучение кадастровых специалистов на базе Web-портала», приложение для выбора и предварительного отвода земельных участков («Отводы»), а также комплекс для архивирования кадастровых дел («Архив»).

Важным этапом эволюции АИС ГЗК стал переход от концепции, где атрибутивные и графические данные вводились отдельно и связывались через кадастровый номер (который, как оказалось, не всегда был уникальным), к полностью ГИС-ориентированной системе. С 2005 года началась разработка новой линии АИС ГЗК, где кадастровый номер стал атрибутом, а не уникальным ключом, что позволило более эффективно интегрировать пространственную и семантическую информацию. Параллельно с развитием, АИС ГЗК начала интегрироваться в общегосударственную информационную инфраструктуру в рамках программы «Электронное правительство», а также через межведомственное взаимодействие, в частности, с фискальным кадастром для целей налогообложения.

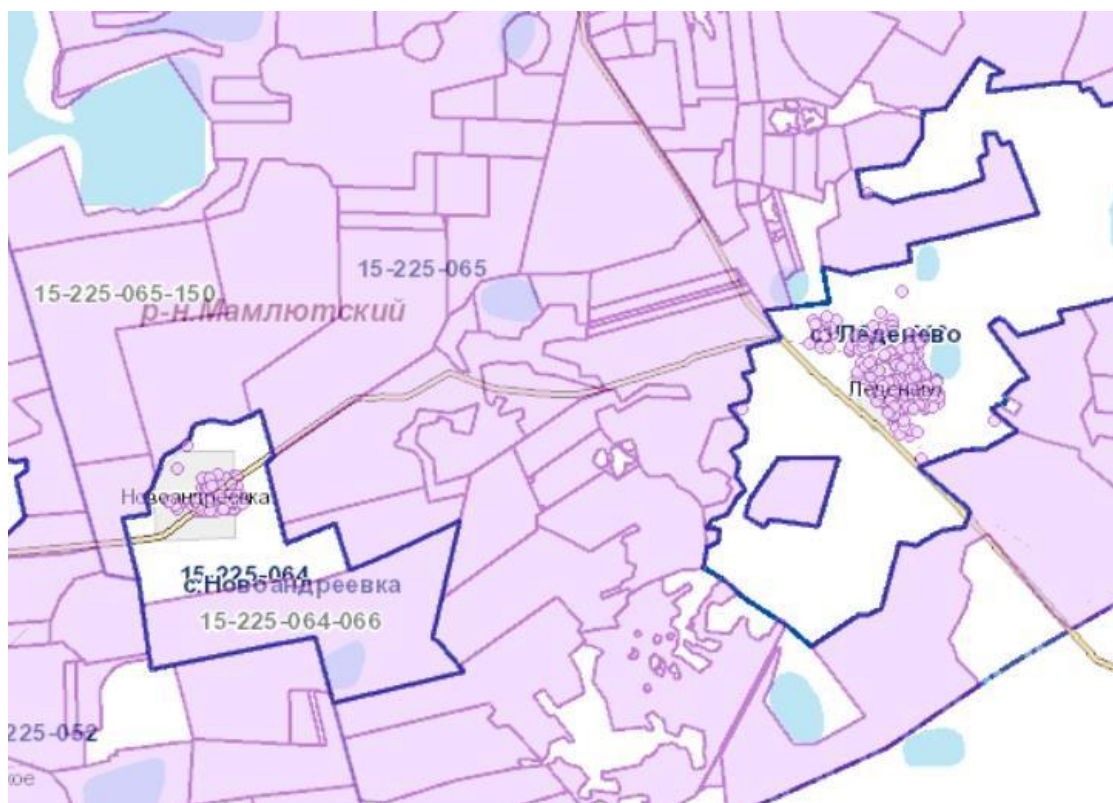


Рисунок 5 - Вложение с сайта АИС ГЗК. Мамлютский район

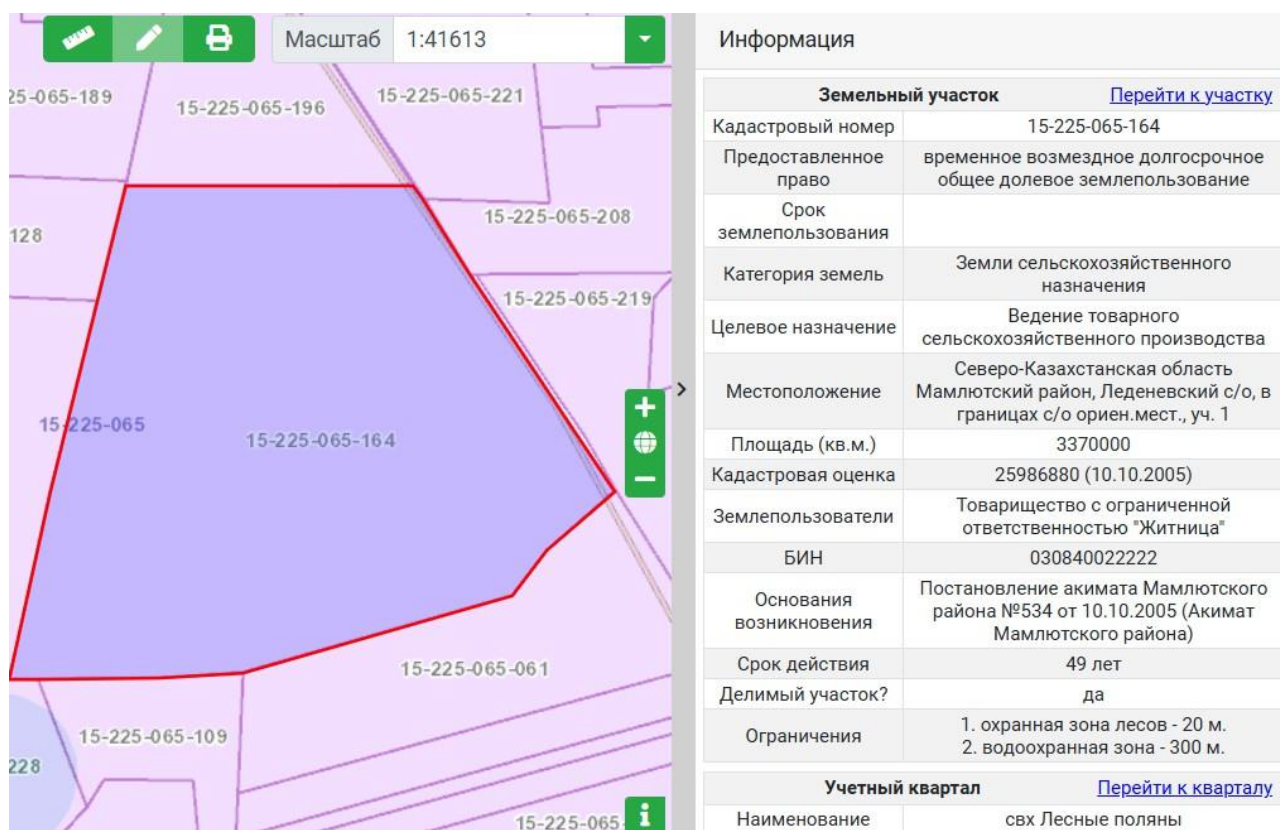


Рисунок 6 - Территория, выбранная в качестве примера функциональности ГИС для сельского хозяйства

На данном рисунке мы можем увидеть все данные данного участка, его кадастровый номер, к каким землям относится данная территория, площадь и т.п.

Развитие АИС ГЗК не было одномоментным событием, а представляло собой многолетний, итерационный процесс. Начиная с пилотных проектов в конце 1990-х, система прошла через этапы разработки, внедрения, исправления первоначальных недочетов (как, например, проблема с уникальностью кадастрового номера и раздельный ввод данных) и адаптации к новым технологическим возможностям. Решение об остановке поддержки второй версии ЕГРЗ как морально устаревшей и перепроектирование всех подсистем и баз данных с 2005 года в сторону полной ГИС-ориентации демонстрирует готовность к обучению на ошибках и стремление к созданию более совершенной и устойчивой системы. Такой поэтапный подход, хотя и требовал времени и ресурсов, заложил фундамент для долгосрочного развития кадастровой системы страны.

Кроме того, создание иерархической структуры центров АИС ГЗК было направлено на решение проблемы фрагментации данных и процессов, характерной для доцифровой эпохи. Целью являлось формирование единого, авторитетного источника земельно-кадастровой информации по всей республике, что достигалось через внедрение единой методологии, технологической платформы и централизованного сопровождения системы. Это,

в свою очередь, создало предпосылки для повышения прозрачности и эффективности в сфере управления земельными ресурсами, а также для успешной интеграции с другими государственными информационными системами.

3.3 Земельный фонд Северо-Казахстанской области: Структура и динамика

Северо-Казахстанская область является одним из ключевых аграрных регионов Казахстана, что во многом определяется структурой и качеством ее земельных ресурсов. Общая площадь закрепленных земель в СКО составляет 9,8 млн гектаров.¹³ По этому показателю область входит в число крупнейших в стране, наряду с такими регионами, как Восточно-Казахстанская, Алматинская, Туркестанская, Жетісу и Атырауская области.

Основу земельного фонда СКО составляют земли сельскохозяйственного назначения. По данным на 2016 год (последние детальные данные, представленные в проанализированных материалах), доля земель сельскохозяйственного назначения в области превышала 70%, составляя 6916,0 тыс. га. В структуре самих сельскохозяйственных угодий доминирующее положение занимает пашня.

Таблица 5 - Структура сельскохозяйственных угодий Северо-Казахстанской области (по данным на 2016 г.)

Категория угодий	Площадь (тыс. га)	Доля в общей площади с/х угодий (%)
Пашня	4862,1	72,5
Пастбища	1769,0	26,4 (включая другие кормовые угодья)
Сенокосы	н/д (значительно сократились)	н/д
Залежи	57,3	0,9

Всего сельскохозяйственных угодий	6916,0 (приблизительно, исходя из доли пашни и пастбищ)	100,0
--	--	--------------

Столь высокая доля пашни (72,5% от площади сельскохозяйственных угодий в 2016 году) однозначно подчеркивает ключевую роль Северо-Казахстанской области как одного из основных зернопроизводящих регионов Казахстана. Это определяет не только экономическую специализацию области, но и подразумевает значительную антропогенную нагрузку на земельные ресурсы. Интенсивное использование пахотных земель повышает риски, связанные с деградацией почв, развитием водной и ветровой эрозии, что, в свою очередь, требует особого внимания к методам управления земельными ресурсами, включая активное применение ГИС-технологий для мониторинга и планирования.

3.4 Проблемы, возможности и будущие направления развития ГИС

Несмотря на очевидные преимущества и определенные успехи во внедрении ГИС для управления земельными ресурсами, в Северо-Казахстанской области, как и в Казахстане в целом, существует ряд барьеров и проблем, сдерживающих их более широкое распространение.

Инфраструктурные ограничения: Недостаточный уровень развития инфраструктуры информационно-коммуникационных сетей, особенно в сельской местности, включая нестабильное или отсутствующее покрытие высокоскоростным интернетом и мобильной связью, затрудняет использование онлайн-ГИС сервисов, передачу больших объемов данных (например, спутниковых снимков) и работу мобильных приложений в полевых условиях.

Дефицит квалифицированных кадров: Ощущается нехватка специалистов, обладающих необходимыми знаниями и навыками для работы с современными ГИС-технологиями, программным обеспечением (например, ArcGIS), а также способных грамотно интерпретировать получаемые данные и принимать на их основе управленческие решения. Это касается как специалистов в государственных органах, так и агрономов, инженеров в сельскохозяйственных предприятиях.

Высокая стоимость первоначальных инвестиций: Приобретение лицензионного программного обеспечения ГИС, специализированного оборудования (GPS-приемники, датчики, дроны, оборудование для точного земледелия), а также затраты на обучение персонала требуют значительных первоначальных вложений. Это может быть серьезным препятствием, особенно для малых и средних фермерских хозяйств, не обладающих достаточными финансовыми ресурсами.

Организационные и административные проблемы: Недостаточная координация между различными ведомствами, участвующими в сборе и использовании геопространственной информации, отсутствие единых стандартов и форматов данных, а также бюрократические препоны могут замедлять процессы внедрения и эффективного использования ГИС.

Проблемы с качеством и доступностью исходных данных: Для эффективной работы ГИС необходимы качественные, актуальные и крупномасштабные исходные данные, такие как цифровые почвенные карты, детальные агрохимические обследования, точные топографические карты и планы. Зачастую такие данные либо отсутствуют, либо устарели, либо имеют недостаточную степень детализации для нужд точного земледелия или детального кадастрового учета.

Эффективность государственных программ: Несмотря на выделение значительных финансовых средств на программы цифровизации, включая АПК, имеются свидетельства их не всегда высокой результативности. Это может быть связано с недостатками в планировании, реализации, мониторинге или отсутствием учета специфических потребностей конечных пользователей.

Технологии сами по себе, даже самые передовые, не способны решить все проблемы. Успех внедрения ГИС в СКО и в Казахстане в целом зависит не столько от простого наличия программного обеспечения и оборудования (хотя их доступность и современность, безусловно, важны, сколько от общей готовности институциональной и социальной "среды к преобразованиям". Это включает наличие квалифицированных специалистов, способных не только использовать технологии, но и адаптировать их к местным условиям, эффективных механизмов государственной поддержки и стимулирования, прозрачных и понятных правил игры на рынке ГИС-услуг, а также, что немаловажно, реальной заинтересованности и вовлеченности самих сельхозпроизводителей и землепользователей. Отсутствие опыта работы с комплексными ГИС-пакетами, как это отмечалось на ранних этапах внедрения АИСГЗК, или низкая результативность программ цифровизации часто указывают на пробелы именно в этих "нетехнологических" аспектах.

3.5 Новые технологии и перспективные возможности

Развитие геоинформационных технологий не стоит на месте, постоянно открывая новые возможности для более эффективного управления земельными ресурсами. Для Северо-Казахстанской области перспективными направлениями являются:

Расширенное использование данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ): Появление спутников нового поколения, таких как Landsat 8 и 9, Sentinel-1 и -2, а также развитие коммерческих спутниковых группировок (например, EOS SAT-1, ориентированный на сельское хозяйство обеспечивают получение

данных с более высоким пространственным и временным разрешением. Это позволяет осуществлять более детальный и оперативный мониторинг состояния посевов, почвенного покрова, водных объектов и выявлять изменения на ранних стадиях.

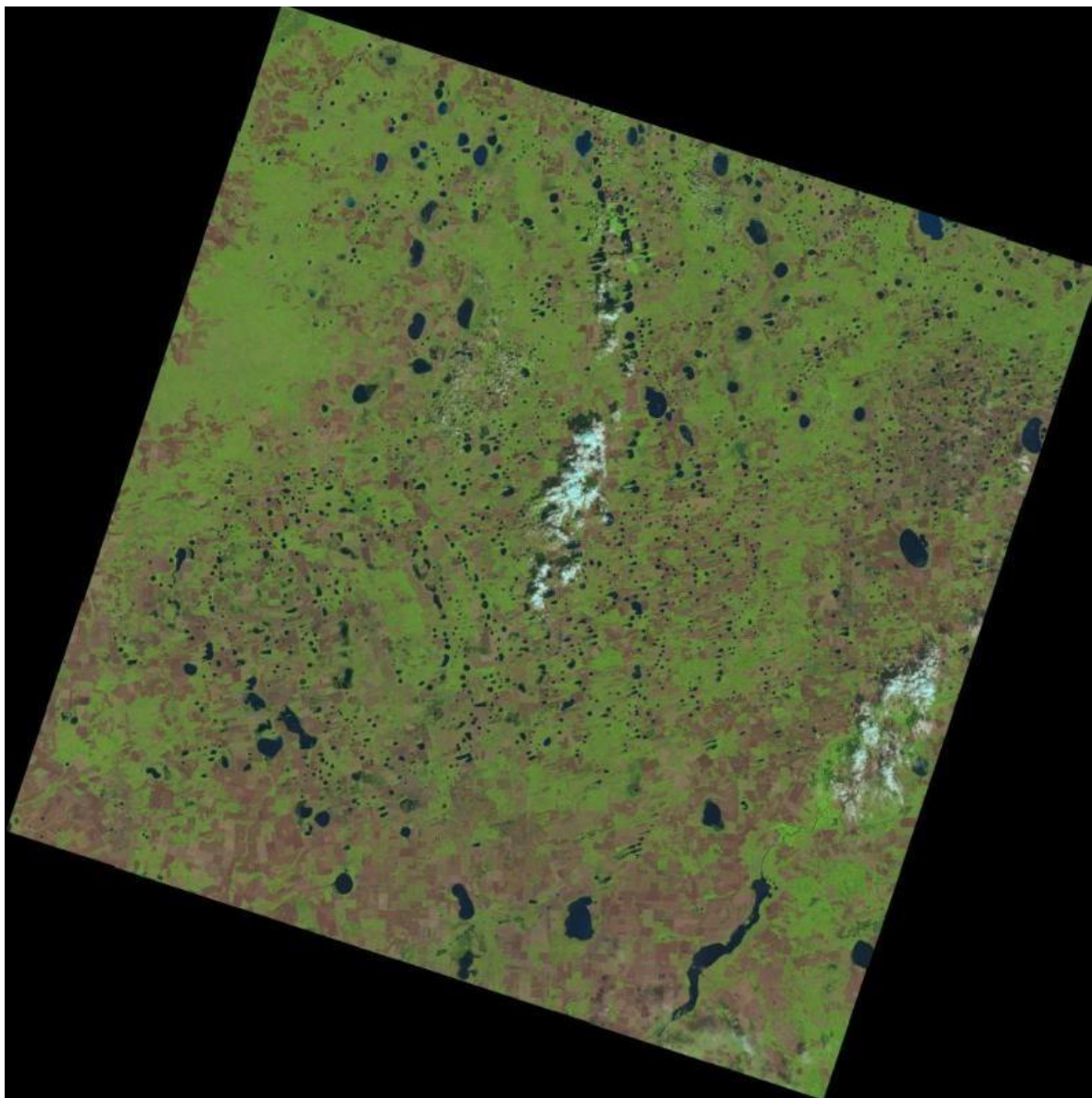


Рисунок 5 - Ортофотоплан взятый со спутника Landsat 9. Территория Северо-Казахстанской области

Интеграция ГИС с технологиями искусственного интеллекта (ИИ) и машинного обучения (МО): Алгоритмы ИИ и МО могут применяться для анализа больших объемов геопроостранственных данных (Big GeoData), автоматического распознавания объектов на спутниковых снимках (например,

видов культур, очагов болезней), прогнозирования урожайности с учетом множества факторов, выявления аномалий и скрытых закономерностей.

Развитие облачных ГИС-платформ и мобильных приложений: Облачные технологии делают ГИС более доступными, позволяя пользователям работать с данными и аналитическими инструментами через веб-интерфейс без необходимости установки дорогостоящего ПО на локальные компьютеры. Мобильные ГИС-приложения обеспечивают доступ к картам и данным непосредственно в поле, возможность сбора полевой информации и ее немедленной синхронизации с центральной базой данных.

Спутниковое межевание и высокоточное позиционирование: Дальнейшее развитие и удешевление технологий GPS/ГЛОНАСС и других глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) повышает точность и эффективность кадастровых съемок, определения границ земельных участков, а также навигации сельскохозяйственной техники в системах точного земледелия.

Будущее ГИС в управлении земельными ресурсами СКО связано не просто с накоплением все больших объемов данных, а с их интеллектуальной обработкой для целей прогнозирования, автоматизации принятия решений и предоставления персонализированных информационных сервисов. Текущие применения ГИС в регионе, например, в пилотных проектах точного земледелия, уже включают элементы анализа данных, такие как расчет NDVI или интерпретация агрохимических показателей. Однако перспективы лежат в более глубокой интеграции ГИС с искусственным интеллектом, машинным обучением и технологиями обработки больших данных. Это позволит перейти от статических карт и отчетов к созданию динамических "цифровых двойников" агроландшафтов, способных моделировать различные сценарии развития, предсказывать возникновение проблем (засуха, болезни растений, деградация почв) и предлагать оптимальные управленческие решения в режиме реального времени. Использование IoT-датчиков, поставляющих непрерывный поток данных с полей, еще более усилит этот тренд, превращая ГИС в ядро интеллектуальной системы поддержки принятия решений в АПК.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

ГИС представляют собой не просто инструменты для картографирования, а интегрированные системы управления и поддержки принятия решений, способные трансформировать подходы к ведению сельского хозяйства. Их функциональные возможности охватывают весь спектр управления ресурсами – от земельного кадастра и мониторинга деградации почв до оптимизации использования водных ресурсов, точного внесения удобрений, контроля за состоянием посевов и прогнозирования урожайности. Движущей силой глобального внедрения ГИС является не только стремление к экономической эффективности, но и острая необходимость адаптации к таким вызовам, как рост населения и изменение климата, что делает ГИС инструментом стратегической важности для обеспечения продовольственной безопасности.

Успешное внедрение ГИС требует формирования комплексной экосистемы, включающей доступные и адаптированные технологии, качественные и достоверные пространственные данные, квалифицированные кадры, финансовые стимулы, развитую консультационную поддержку и благоприятную политическую и регуляторную среду. Ключевая роль в этом процессе принадлежит государству, которое должно создавать условия для массового внедрения технологий, обеспечивая достоверность базовых данных, развивая инфраструктуру, стимулируя подготовку кадров и поддерживая научные исследования. Для сельскохозяйственных предприятий важен поэтапный подход к внедрению ГИС, начиная с наиболее доступных и быстро окупаемых решений, с возможностью кооперации для преодоления финансовых и технологических барьеров.

В долгосрочной перспективе, стратегическое и планомерное внедрение геоинформационных систем способно трансформировать агропромышленный комплекс Северного Казахстана, обеспечив его переход к высокоэффективному, ресурсосберегающему и экологически устойчивому производству, способному успешно конкурировать на внутреннем и внешнем рынках и вносить весомый вклад в продовольственную безопасность страны. Дальнейшие исследования должны быть направлены на разработку детализированных региональных моделей, оценку экономической эффективности различных ГИС-решений и изучение социально-экономических аспектов их внедрения в специфических условиях Северного Казахстана.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Введение в географические информационные системы и основы гис-анализа - МГУ, https://soil.msu.ru/attachments/article/2153/lecture1-2_GIS.pdf
- 2 ГИС - комплексные инструменты управления | Спутниковая лаборатория Геоспайдера, <https://gnss.spb.ru/gis-sistemy/>
- 3 Что такое ГИС? | Технология картографирования ГИС - Esri, <https://www.esri.com/ru-ru/what-is-gis/overview>
- 4 Геоинформационная система - TAdviser, https://www.tadviser.ru/index.php/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F:%D0%93%D0%B5%D0%BE%D0%B8%D0%BD%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0
- 5 Геоинформационные системы (ГИС): что это, виды, разработка и применение, <https://forsys.ru/geoinformaczionnyie-sistemyi-chto-eto-i-kak-rabotaet-eta-texnologiya.html>
- 6 Геоинформационные системы: что это за технология и как работает | статья Platforma, <https://platforma.id/wiki/geoinformacionnye-sistemy-chto-eto-zatekhnologiya-i-kak-rabotaet>
- 7 Сущность и понятие геоинформационных систем, <https://scienceforum.ru/2017/article/2017029794>
- 8 What is GIS? Components of a GIS - City of High Point, <https://www.highpointnc.gov/998/What-is-GIS-PDF>
- 9 Standard use of Geographic Information System (GIS) techniques in honey bee research 2.0, <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00218839.2024.2357977>
- 10 Infographics - ArcGIS Pro Resources | Tutorials, Documentation, Videos & More, <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/help/mapping/navigation/infographics.htm>
- 11 ГИС: принципы работы, применение и значение, https://znanierussia.ru/articles/%D0%93%D0%B5%D0%BE%D0%B8%D0%BD%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D1%8B

12 ГИС – геоинформационные системы в строительстве - NextGIS, <https://nextgis.ru/gis-po-otraslyam/gis-geoinformacionnye-sistemy-v-stroitelstve/>

13 Географические информационные системы: понятие, виды, <https://www.napishem.ru/spravochnik/informatika/geograficheskie-informacionnye-sistemy/gis-ponyatie-funktsii-vidy.html>

14 Создание ГИС для сельского хозяйства | NextGIS, <https://nextgis.ru/gis-po-otraslyam/geoinformacionnye-sistemy-v-selskom-khozyajstve/>

15 cyberleninka.ru, <https://cyberleninka.ru/article/n/proektirovanie-gui-veb-orientirovannyh-gis-agropromyshlennogo-kompleksa-standarty-i-tehnologii-veb-razrabotki/pdf>

16 cyberleninka.ru, <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovizatsiya-agroformirovaniy-regiona-sovremennoe-sostoyanie-problemy-i-perspektivy/pdf>

17 Инновационные технологии геопространственной аналитики, <https://farmonaut.com/precision-farming/%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B5-%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D0%B8-%D0%B3%D0%B5%D0%BE%D0%BF%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%80%D0%B0/>

18 Геоинформационные системы в сельском хозяйстве - блог ugi.ru, <https://ugi.ru/news-2/blog/gis-v-selskom-hozyaystve/>

19 ГИС Панорама АГРО - ГИС ПАНОРАМА, <https://gisinfo.ru/products/panagro.htm>

20 Мониторинг вегетационных индексов (NDVI) в сельском хозяйстве, <https://soft.farm.ru/blog/monitoring-vegetacionnyh-indeksov-ndvi-v-selskom-hozajstve-139>

21 Использование вегетационных индексов для анализа растительности - PROXIMA, https://gisproxima.ru/ispolzovanie_vegetatsionnyh_indeksov

22 Пастбищные угодья Казахстана: рациональное использование | Муталипова | Проблемы агрорынка, <https://www.jprikazniiapk.kz/jour/article/view/1584>

23 Использование ГИС в сфере кадастра, <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-gis-v-sfere-kadastra>

24elib.bsu.by, <https://elib.bsu.by/bitstream/123456789/190501/1/17%20%D0%97%D0%98%D0%A1%20%D0%B4%D0%BB%D1%8F1-31.pdf>

25 Использование ГИС-технологий, <https://moluch.ru/archive/497/109197/>

26 ГИС и ЗИС – практика применения в землеустройстве - Kadastr.ORG, <https://kadastr.org/conf/2021/pub/kadastr/gis-i-zis-praktika-primeneniya-v-zemleustroistve.htm>

- 27 Направления использования ГИС-технологий,
<https://cyberleninka.ru/article/n/napravleniya-ispolzovaniya-gis-tehnologiy-v-zemleustroytve>
- 28 Лекции по землеустроительному проектированию - Инфоурок,
<https://infourok.ru/lekcii-po-zemleustroitelnomu-proektirovaniyu-1042492.html>
- 29 Digital Agriculture Market - Forecasts from 2020 to 2025,
<https://www.researchandmarkets.com/reports/5215177/digital-agriculture-market-forecasts-from-2020>
- 30 Precision Agriculture Systems & Services in the US - Market Research Report (2015-2030), <https://www.ibisworld.com/united-states/industry/precision-agriculture-systems-services/4422/>
- 31 2025 Precision Agriculture Market Forecast: US & China Insights - Farmonaut,
<https://farmonaut.com/precision-farming/revolutionizing-agritech-farmonauts-2025-precision-agriculture-market-forecast-for-the-us-and-china>
- 32 Precision Agriculture in the Digital Era: Recent Adoption on U.S. Farms - ers.usda.gov,
https://ers.usda.gov/sites/default/files/_laserfiche/publications/105894/EIB-248.pdf
- 33 Precision agriculture use increases with farm size and varies widely by technology,
<https://www.ers.usda.gov/data-products/charts-of-note/chart-detail?chartId=110550>
- 34 «Умное фермерство»: Обзор ведущих производителей и технологий - АгроЭкоМиссия - Цифровая платформа знаний,
<https://agriecomission.com/base/umnoe-fermerstvo-obzor-vedushchih-proizvoditelei-i-tehnologii>
- 35 GAO-24-105962, Precision Agriculture: Benefits and Challenges for Technology Adoption and Use, <https://www.gao.gov/assets/d24105962.pdf>
- 36 Application of Precision Agriculture Technologies for Sustainable Crop Production and Environmental Sustainability: A Systematic Review - PubMed Central,
<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11483651/>
- 37 GIS For Agriculture: Solutions, Applications, Benefits,
<https://eos.com/blog/gis-in-agriculture/>
- 38 Smart Ag Tech: Precision Farming Boosts Modern Crop Yields - Number Analytics,
<https://www.numberanalytics.com/blog/precision-farming-modern-crop-yields>
- 39 See & Spray Technology | Mississippi State University Extension Service,
<http://extension.msstate.edu/publications/see-spray-technology>
- 40 PTx Trimble Spray Tech Cuts Pesticide Costs and Pollution,
https://tnfd.global/wp-content/uploads/2024/11/PTx-Trimble_1026_FINAL.pdf
- 41 U. of I. project uses large-scale, real-world data to improve farm management practices,
<https://aces.illinois.edu/news/u-i-project-uses-large-scale-real-world-data-improve-farm-management-practices>

42 New Farm Conservation Economic Study: EQIP Program Improves Cover Crop Adoption, <https://soygrowers.com/news-releases/new-farm-conservation-economic-study-eqip-program-improves-cover-crop-adoption/>

43 Conservation Practice Standard Nutrient Management (Code 590) - Ohio Department of Agriculture, [https://agri.ohio.gov/wps/wcm/connect/gov/3dd2869c-](https://agri.ohio.gov/wps/wcm/connect/gov/3dd2869c-32d2-4dd7-84d7-5c21f2f3b74b/590_OH_CPS_Nutrient_Management_2020.pdf?MOD=AJPERES&C)

[5c21f2f3b74b/590_OH_CPS_Nutrient_Management_2020.pdf?MOD=AJPERES&C](https://agri.ohio.gov/wps/wcm/connect/gov/3dd2869c-32d2-4dd7-84d7-5c21f2f3b74b/590_OH_CPS_Nutrient_Management_2020.pdf?MOD=AJPERES&C)
[ONVERT_TO=url&CACHEID=ROOTWORKSPACE.Z18_M1HGGIK0N0JO00Q](https://agri.ohio.gov/wps/wcm/connect/gov/3dd2869c-32d2-4dd7-84d7-5c21f2f3b74b/590_OH_CPS_Nutrient_Management_2020.pdf?MOD=AJPERES&C)
[O9DDDDM3000-3dd2869c-32d2-4dd7-84d7-5c21f2f3b74b-o3TOsXw](https://agri.ohio.gov/wps/wcm/connect/gov/3dd2869c-32d2-4dd7-84d7-5c21f2f3b74b/590_OH_CPS_Nutrient_Management_2020.pdf?MOD=AJPERES&C)

44 Adoption of Precision Agriculture | NIFA, <https://www.nifa.usda.gov/grants/programs/precision-geospatial-sensor-technologies-programs/adoption-precision-agriculture>

45 SARE/CTIC Cover Crop Surveys - Conservation Technology Information Center, https://www.ctic.org/data/Cover_Crops_Research_and_Demonstration_Cover_Crop_Survey

46 Agriculture | NASA Applied Sciences, <https://appliedsciences.nasa.gov/what-we-do/food-security-agriculture>

47 View From the Sky Helps Predict Crop Yields | NASA Spinoff, https://spinoff.nasa.gov/View_From_the_Sky_Helps_Predict_Crop_Yields

48 NASA-ISRO Mission Will Map Farmland From Planting to Harvest, <https://www.jpl.nasa.gov/news/nasa-isro-mission-will-map-farmland-from-planting-to-harvest>

49 Towards Digital Transformation of Agriculture for Sustainable Development in China: Experience and Lessons Learned - MDPI, <https://www.mdpi.com/2071-1050/17/8/3756>

50 China outlines key tasks to deepen rural reforms, advance rural revitalization, https://english.www.gov.cn/policies/latestreleases/202502/23/content_WS67bb002bc6d0868f4e8efe69.html

51 China's agricultural priorities in 2025 - Modern Diplomacy, <https://moderndiplomacy.eu/2025/01/29/chinas-agricultural-priorities-in-2025/>

52 Report Name: National Smart Agriculture Action Plan Published, [https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileN](https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=National%20Smart%20Agriculture%20Action%20Plan%20Published_Beijing_China%20-%20People%27s%20Republic%20of_CH2024-0148)
[ame=National%20Smart%20Agriculture%20Action%20Plan%20Published_Beijing_](https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=National%20Smart%20Agriculture%20Action%20Plan%20Published_Beijing_China%20-%20People%27s%20Republic%20of_CH2024-0148)
[China%20-%20People%27s%20Republic%20of_CH2024-0148](https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=National%20Smart%20Agriculture%20Action%20Plan%20Published_Beijing_China%20-%20People%27s%20Republic%20of_CH2024-0148)

53 2025 agricultural drone use is up 90% since 2020 — and here's what's coming, <https://www.thedronegirl.com/2025/05/08/2025-agricultural-drone/>

54 Development Strategy of Smart Agriculture for 2035 in China - Engineering | CAE, <https://www.engineering.org.cn/sscae/EN/10.15302/J-SSCAE-2021.04.001>

55 High spatio-temporal resolution dynamic water monitoring using multi-source Chinese Gaofen imagery: a case study in the Eastern Nile Basin - Frontiers, <https://www.frontiersin.org/journals/earth-science/articles/10.3389/feart.2025.1569178/epub>

56 Precision Farming Technology and Best Practices in China Report Released - Food and Agriculture Organization of the United Nations, <https://www.fao.org/china/news/detail-events/en/c/1720324/>

57 DCZ joins meeting on precision farming in China, <https://www.dcz-china.org/2024/11/11/dcz-joins-meeting-on-precision-farming-in-china/>

58 China Agritech Market Report- Q1 2025, <https://www.reportlinker.com/dlp/622361c6f559d08e9c44b26de266096c>

59 Study on the extraction method of Glycyrrhiza uralensis Fisch. distribution area based on Gaofen-1 remote sensing imagery: a case study of Dengkou county - Frontiers, <https://www.frontiersin.org/journals/plant-science/articles/10.3389/fpls.2025.1517764/full>

60 CropLayer: A high-accuracy 2-meter resolution cropland mapping dataset for China in 2020 derived from Mapbox and Google - ESSD Copernicus, <https://essd.copernicus.org/preprints/essd-2025-44/essd-2025-44.pdf>

61 Innovative agricultural methods yield results, https://english.www.gov.cn/news/202501/15/content_WS67872168c6d0868f4e8eed46.html

62 Precision Agriculture In China - Global Ag Tech Initiative, <https://www.globalagtechinitiative.com/market-watch/precision-agriculture-in-china/>

63 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ КАЗАХС, https://kazatu.edu.kz/assets/i/science/sf11_inf_com_105.pdf

64 Геоинформационные системы в сельском хозяйстве — Data+ International | Блоги, <https://blogs.esri-cis.com/2018/08/09/gis-for-agriculture/>

65 Мониторинг сельскохозяйственного производства Республики Казахстан на основе данных ДЗЗ - ArcReview, <https://arcreview.esri-cis.ru/2020/09/29/monitoring-of-agricultural-production-in-kazakhstan-with-dzz/>

66 [kazatu.edu.kz, https://kazatu.edu.kz/webroot/js/kcfinder/upload/files/%D0%BD%D0%B0%D1%83%D0%BA%D0%B0/%D0%A1%D0%A7-18\(2\)/%D0%9A%D0%B0%D1%88%D0%BA%D0%B5%D0%BD%D0%BE%D0%B2%20%D0%9D.%D0%9A.%2C.pdf](https://kazatu.edu.kz/webroot/js/kcfinder/upload/files/%D0%BD%D0%B0%D1%83%D0%BA%D0%B0/%D0%A1%D0%A7-18(2)/%D0%9A%D0%B0%D1%88%D0%BA%D0%B5%D0%BD%D0%BE%D0%B2%20%D0%9D.%D0%9A.%2C.pdf)

67 Сельское хозяйство - Главная Геоскан Казахстан <https://geoskankz.kz/2020/01/27/%D1%81%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B5-%D1%85%D0%BE%D0%B7%D1%8F%D0%B9%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%BE/>

68 Геоинформационная оценка деградации земель, <https://orensteppe.org/content/geoinformacionaya-ocenka-degradacii-zemel-zapadno-kazahstanskoy-oblasti>

69 Космический мониторинг и ГИС для количественной оценки засоленности почв и деградации сельскохозяйственных угодий Юга Казахстана - Институт информационных и вычислительных технологий,

<https://iict.kz/ru/kosmicheskij-monitoring-i-gis-dlya-kolichestvennoj-ocenki-zasolennosti-pochv-i-degradacii-selskohozyajstvennyh-ugodij-yuga-kazahstana/>

70 Мониторинг сельскохозяйственного производства, <https://arcreview.esri-cis.ru/2020/09/29/monitoring-of-agricultural-production-in-kazakhstan-with-dzz/>

71 ГИС в Сельском Хозяйстве: Применение и Технологии, <https://eos.com/ru/blog/gis-v-selskom-khozyaistve/>

72 Международный опыт развития цифровизации в АПК: государственная поддержка, регулирование, практика - Евразийская экономическая комиссия, https://eec.eaeunion.org/upload/medialibrary/d62/Mezhdunarodnyy-opyt-razvitiya-tsifrovizatsii-v-APK-gosudarstvennaya-podderzhka_-regulirovanie.pdf

РЕЦЕНЗИЯ

На: Дипломную работу

Альпиев Нурлан Бекжанович

6B07304 – Геопространственная цифровая инженерия

На тему: Применение геоинформационных систем для повышения эффективности
управления сельскохозяйственными ресурсами

Выполнено:

- а) графическая часть на 6 листах
- б) пояснительная записка на 58 страницах

ЗАМЕЧАНИЯ К РАБОТЕ

Дипломная работа проработана достаточно глубоко и представляет собой завершенное научное исследование. Альпиев Н.Б. демонстрирует компетентный подход, последовательно переходя от теоретических основ и мирового опыта к анализу национальной политики Казахстана и завершая исследованием конкретного регионального кейса - Северо-Казахстанской области. Работа имеет практическую значимость, поскольку в ней анализируются реальные государственные системы (АИС ГЗК, Qoldau.kz) и применяются ГИС-инструменты для создания карт и анализа данных. При общем высоком качестве работы, можно сделать одно незначительное техническое замечание, касающееся нумерации иллюстраций. Особо стоит отметить сбалансированный подход: Альпиев Н.Б. не только описывает преимущества технологий, но и объективно оценивает существующие барьеры - кадровые, инфраструктурные и финансовые, - предлагая комплексные рекомендации для их преодоления.

Оценка работы

Несмотря на незначительные замечания, которые носят рекомендательный характер, дипломная работа Альпиева Н.Б. демонстрирует глубокое понимание темы, владение методами исследования и практического применения ГИС, а также способность к анализу и формулированию обоснованных выводов.

Дипломная работа заслуживает положительной оценки "A+97" (97%), а студент Альпиев Н.Б., в случае успешного прохождения защиты присвоения квалификации "бакалавра" по специальности "Геопространственная цифровая инженерия".

Рецензент

И.о. доцента «Картографии и
геоинформатики» КазНУ им.Аль-Фабари

Сарыбаев М.А.
« 20 » июня 2025 г.



Сарыбаев М.А.

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

**ОТЗЫВ
НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ**

на: Дипломную работу

Альпиева Нурлана Бекжановича

6B07304 – Геопространственная цифровая инженерия

Тема: Применение геоинформационных систем для повышения
эффективности управления сельскохозяйственными ресурсами

Дипломная работа Альпиева Нурлана Бекжановича посвящена актуальной и практически значимой теме применения геоинформационных систем для решения задач в агропромышленном комплексе. За время работы над проектом обучающийся продемонстрировал высокий уровень теоретической подготовки, самостоятельность и способность к глубокому анализу сложных проблем. Работа имеет четкую и логичную структуру. В первой главе автор грамотно систематизировал теоретические основы ГИС, показав глубокое понимание их сущности, классификации и функциональных возможностей. Особого внимания заслуживает выполненный во второй главе детальный обзор мирового опыта с развернутым сравнительным анализом подходов к цифровизации сельского хозяйства в США и Китае, что свидетельствует о широком кругозоре автора и его умении работать с зарубежными источниками. Практическая часть работы, выполненная на примере Северо-Казахстанской области, демонстрирует уверенное владение автором инструментарием ГИС (в частности, ArcGIS). Альпиев Н.Б. успешно применил полученные знания для анализа сельскохозяйственных угодий, изучения национальной ГИС-инфраструктуры и выявления ключевых проблем землепользования в регионе.

В ходе выполнения дипломной работы студент проявил себя как ответственный и инициативный исследователь, способный самостоятельно ставить и решать сложные задачи. Работа выполнена в соответствии с предъявляемыми требованиями, является завершенным исследованием и заслуживает положительной оценки “отлично” (95%), а её автор Альпиев Н.Б. заслуживает присвоения степени бакалавра по специальности.

Научный руководитель
Ph.D., ассоц. профессор

« 20 » июня 2025 г.



Токтаров А.А.

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Альпиев Нурлан Бекжанович

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Применение геоинформационных систем для повышения эффективности управления сельскохозяйственными ресурсами

Научный руководитель: Аян Токтаров

Коэффициент Подобия 1: 1.8

Коэффициент Подобия 2: 0.6

Микропробелы: 0

Знаки из других алфавитов: 2

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

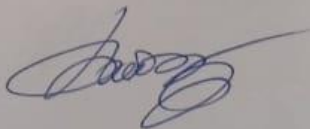
☒ Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

☐ Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

☐ Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

☐ Обоснование:

Дата 16.06.2022



Раймурзаев В.
проверяющий эксперт

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Альпинев Нурлан Бекжанович

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Применение геоинформационных систем для повышения эффективности управления сельскохозяйственными ресурсами

Научный руководитель: Аян Токтаров

Коэффициент Подобия 1: 1.8

Коэффициент Подобия 2: 0.6

Микропробелы: 0

Знаки из других алфавитов: 2

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

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

☐ Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

☐ Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

☐ Обоснование:

Дата

16.06.25



Заведующий кафедрой