

Факультет землеустройства
и сельскохозяйственного строительства
Кафедра землеустройства
Направление подготовки
21.04.02 Землеустройство и кадастры
Профиль подготовки
Управление земельными ресурсами

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
Применение цифровых технологий
и математического моделирования при разработке
проектов ВХЗ

Допустить к защите

Заведующий кафедрой

_____ 18.06.2024 г.

Руководитель программы
магистратуры

_____ 18.06.2024 г.

Выполнил(а) Метельская Анна Сергеевна

(ФИО полностью, подпись, дата)

_____ 10.06.2024

Руководитель к.т.н., Уварова Екатерина Леонидовна

(ФИО полностью, подпись, дата)

_____ 10.06.2024

Рецензент к.т.н. Лепихина Ольга Юрьевна

(ФИО полностью, подпись, дата)

_____ 17.06.2024 г.

Санкт-Петербург

2024

Министерство сельского хозяйства РФ
ФГБОУ ВО СПбГАУ
Факультет землеустройства и сельскохозяйственного строительства
Кафедра землеустройства
Направление подготовки 21.04.02 Землеустройство и кадастры

«Утверждаю»

Зав. кафедрой

«28» 12 2023 г.

ЗАДАНИЕ

НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ

Обучающийся Метельской Анны Сергеевны

1. Тема ВКР Применение цифровых технологий и математического моделирования при разработке проектов ВХЗ

2. Утверждена приказом по университету

№ 4362 от «29» декабря 2023 г.

3. Срок предоставления законченной работы на кафедру

«10» июня 2024 г.

4. Исходные данные для подготовки ВКР картографический материал СПК «Звезда»

5. Содержание ВКР: Введение

1 Теоретические основы современного землеустройства сельскохозяйственных организаций

2 Цифровизация землеустройства как направление повышения эффективности использования земель сельскохозяйственного назначения

3 Планирование развития сельскохозяйственного землевладения и землепользования в Ленинградской области на перспективу

4 Разработка проекта внутрихозяйственного землеустройства с применением цифровых технологий

Заключение

6. Перечень графического материала: Чертеж подготовительных и обследовательских работ (масштаб 1:25000)

Проект организации угодий и системы севооборотов (масштаб 1:25000)

7. Консультанты по работе:

8. Дата выдачи задания «28» декабря 2023 г.

Руководитель ВКР К.Т.И.

Консультант ВКР

Задание к исполнению принял

Метельская А.С.

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа на тему: «Применение цифровых технологий и математического моделирования при разработке проектов ВХЗ» представлена на 100 листах машинописного текста, содержит 30 рисунков, 63 формулы, 13 таблиц, 5 приложений. Список использованных источников составляет 76 наименований.

Ключевые слова: землепользование, землеустройство, цифровые технологии, внутрихозяйственное землеустройство, системы искусственного интеллекта, экспертные системы, математическое моделирование, организация угодий, организация системы севооборотов, системы автоматизированного проектирования.

Актуальность. В современном мире компьютерные технологии охватывают все сферы жизни человека. Они успешно развиваются и облегчают процесс любого производства. В связи с этим одним из основных способов повышения качества землеустроительного проектирования стоит рассматривать его автоматизацию на основе применения математического моделирования. Компьютерное скоростное оборудование в совокупности с соответствующим программным обеспечением позволяют обрабатывать и анализировать большой объем информации за короткий промежуток времени, при этом повышая ее точность, наглядность и сопоставимость. Внедрение новых технологий дает возможность принимать более эффективные проектные решения и предоставлять качественную проектную документацию.

В качестве объекта работы выступает землепользование СПК «Звезда» Гатчинского района Ленинградской области.

Предметом работы являются особенности применения средств автоматизации, математического моделирования и систем искусственного интеллекта для выполнения работ по внутрихозяйственному землеустройству.

Цель выпускной квалификационной работы заключается в разработке алгоритма взаимосогласованного применения цифровых технологий, математического моделирования и систем искусственного интеллекта при

разработке проектов ВХЗ на примере организации угодий и системы севооборотов.

Для достижения вышеобозначенной цели были поставлены следующие задачи:

- выявить современное состояние сельскохозяйственного землепользования в агропромышленном комплексе;
- выделить основные направления цифровизации сельского хозяйства;
- уточнить понятие и содержание внутрихозяйственного землеустройства как инструмента организации рационального использования земель сельскохозяйственного назначения;
- проанализировать использование геоинформационных технологий во внутрихозяйственном землеустройстве;
- установить особенности использования систем автоматизированного проектирования при разработке проектов внутрихозяйственного землеустройства;
- систематизировать особенности применения экономико-математических моделей в проектах внутрихозяйственного землеустройства;
- предложить порядок проведения внутрихозяйственного землеустройства с применением цифровых технологий, математического моделирования и искусственного интеллекта;
- выявить факторы, влияющие на развитие сельскохозяйственного землевладения и землепользования в Ленинградской области;
- выполнить прогноз состояния земель сельскохозяйственного назначения Ленинградской области;
- дать пространственную характеристику объекту проектирования;
- провести подготовительные работы с применением ГИС-технологий;
- внедрить системы искусственного интеллекта при разработке проекта ВХЗ;
- разработать математические модели для организации угодий и системы

севооборотов;

- реализовать организацию угодий и систему севооборотов с помощью систем автоматизированного проектирования.

В работе применялись такие методы как сравнение, анализ и синтез, математического моделирования, монографический, расчётно-конструктивный и графический. Обработка и анализ информационно-аналитических и графических данных выполнены с помощью следующих программных продуктов: MS Excel, QGIS, NanoCad, HTML, Python.

Научная новизна работы заключается в разработанном взаимосогласованном алгоритме использования различных средств автоматизации, математического моделирования и систем искусственного интеллекта при выполнении работ по внутрихозяйственному землеустройству, апробированном при организации угодий и системы севооборотов СПК «Звезда»;

Теоретическая значимость работы:

- уточнено понятие внутрихозяйственного землеустройства на современном этапе;

- выявлены сходства и различия применения геоинформационных систем (ГИС) и систем автоматизированного проектирования (САПР).

Практическая значимость работы:

- разработан калькулятор для расчета пространственных характеристик землепользования;

- разработана экспертная система по выбору специализации хозяйства;
- разработана экспертная система по подбору угодий для трансформации;
- разработана оптимизационная модель организации угодий.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	8
1 Теоретические основы современного землеустройства сельскохозяйственных организаций	12
1.1 Эволюция и современное состояние сельскохозяйственного землепользования в агропромышленном комплексе	12
1.2 Основные направления цифровизации сельского хозяйства	18
1.3 Внутрихозяйственное землеустройство как инструмент организации рационального использования земель сельскохозяйственного назначения	23
2 Цифровизация землеустройства как направление повышения эффективности использования земель сельскохозяйственного назначения	32
2.1 Использование геоинформационных технологий во внутрихозяйственном землеустройстве.....	32
2.2 Современное развитие систем автоматизированного проектирования на основе систем искусственного интеллекта.....	37
2.3 Экономико-математические модели и алгоритмы экономического обоснования проектов внутрихозяйственного землеустройства	42
2.4 Порядок проведения внутрихозяйственного землеустройства с применением цифровых технологий, математического моделирования и искусственного интеллекта.....	48
3 Планирование развития сельскохозяйственного землевладения и землепользования в Ленинградской области на перспективу.....	53
3.1 Факторы, влияющие на развитие сельскохозяйственного землевладения и землепользования в Ленинградской области.....	53
3.2 Анализ современного состояния и использование земель сельскохозяйственного назначения.....	57
3.3 Пространственная характеристика землепользования СПК «Звезда» с использованием математического моделирования как основа подготовительных работ к проекту внутрихозяйственного землеустройства	60
4 Разработка проекта внутрихозяйственного землеустройства с	

применением цифровых технологий.....	68
4.1 Применение ГИС- технологий при выполнении подготовительных работ к проекту внутрихозяйственного землеустройства	68
4.2 Особенности применения систем искусственного интеллекта в землеустройстве	74
4.3 Разработка математических моделей организации угодий и системы севооборотов.....	80
4.4 Организация угодий и системы севооборотов с помощью САПР.....	91
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	97
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ.....	101
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	102
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	115
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	117
ПРИЛОЖЕНИЕ В.....	119
ПРИЛОЖЕНИЕ Г.....	120
ПРИЛОЖЕНИЕ Д.....	121

ВВЕДЕНИЕ

В данной выпускной квалификационной рассмотрена тема «Применение цифровых технологий и математического моделирования при разработке проектов ВХЗ».

В современном мире компьютерные технологии охватывают все сферы жизни человека. Они успешно развиваются и облегчают процесс любого производства. В связи с этим одним из основных способов повышения качества землеустроительного проектирования стоит рассматривать его автоматизацию на основе применения математического моделирования. Компьютерное скоростное оборудование в совокупности с соответствующим программным обеспечением позволяют обрабатывать и анализировать большой объем информации за короткий промежуток времени, при этом повышая ее точность, наглядность и сопоставимость. Внедрение новых технологий дает возможность принимать более эффективные проектные решения и предоставлять качественную проектную документацию.

При рассмотрении вопросов цифровизации землеустройства были изучены работы таких ученых как Ю.С. Ананьева, Л.М. Бугаевского, С.Н. Волкова, В.В. Гарманова, М.А. Гендельмана, В.Я. Заплетина, С.И. Носова, А.П. Сизова, М.А. Сулина, В.П. Троицкого, Е.Л. Уваровой, А.С. Чешева и других.

В качестве объекта работы выступает землепользование СПК «Звезда» Гатчинского района Ленинградской области.

Предметом работы являются особенности применения средств автоматизации, математического моделирования и систем искусственного интеллекта для выполнения работ по внутрихозяйственному землеустройству.

Цель выпускной квалификационной работы заключается в разработке алгоритма взаимосогласованного применения цифровых технологий, математического моделирования и систем искусственного интеллекта при разработке проектов ВХЗ на примере организации угодий и системы севооборотов.

Для достижения вышеобозначенной цели были поставлены следующие

задачи:

- выявить современное состояние сельскохозяйственного землепользования в агропромышленном комплексе;
- выделить основные направления цифровизации сельского хозяйства;
- уточнить понятие и содержание внутрихозяйственного землеустройства как инструмента организации рационального использования земель сельскохозяйственного назначения;
- проанализировать использование геоинформационных технологий во внутрихозяйственном землеустройстве;
- установить особенности использования систем автоматизированного проектирования при разработке проектов внутрихозяйственного землеустройства;
- систематизировать особенности применения экономико-математических моделей в проектах внутрихозяйственного землеустройства;
- предложить порядок проведения внутрихозяйственного землеустройства с применением цифровых технологий, математического моделирования и искусственного интеллекта;
- выявить факторы, влияющие на развитие сельскохозяйственного землевладения и землепользования в Ленинградской области;
- выполнить прогноз состояния земель сельскохозяйственного назначения Ленинградской области;
- дать пространственную характеристику объекту проектирования;
- провести подготовительные работы с применением ГИС-технологий;
- внедрить системы искусственного интеллекта при разработке проекта ВХЗ;
- разработать математические модели для организации угодий и системы севооборотов;
- реализовать организацию угодий и систему севооборотов с помощью систем автоматизированного проектирования.

В работе применялись такие методы как сравнение, анализ и синтез, математического моделирования, монографический, расчётно-конструктивный и графический. Обработка и анализ информационно-аналитических и графических данных выполнены с помощью следующих программных продуктов: MS Excel, QGIS, NanoCad, HTML, Python.

Научная новизна работы заключается в разработанном взаимосогласованном алгоритме использования различных средств автоматизации, математического моделирования и систем искусственного интеллекта при выполнении работ по внутрихозяйственному землеустройству, апробированном при организации угодий и системы севооборотов СПК «Звезда»;

Теоретическая значимость работы:

- уточнено понятие внутрихозяйственного землеустройства на современном этапе;
- выявлены сходства и различия применения геоинформационных систем (ГИС) и систем автоматизированного проектирования (САПР).

Практическая значимость работы:

- разработан взаимосогласованный алгоритм использования различных средств автоматизации, математического моделирования и систем искусственного интеллекта при выполнении работ по внутрихозяйственному землеустройству, апробированный при организации угодий и системы севооборотов СПК «Звезда»;
- разработан калькулятор для расчета пространственных характеристик землепользования;
- разработана экспертная система по выбору специализации хозяйства;
- разработана экспертная система по подбору угодий для трансформации;
- разработана оптимизационная модель организации угодий.

В первой главе рассматриваются и анализируются мнения различных ученых в отношении проекта внутрихозяйственного землеустройства. Описывается современное состояние сельскохозяйственного землепользования

в агропромышленном комплексе, а также приводятся примеры применения цифровых технологий в сельском хозяйстве.

Во второй главе представлено обоснование применения математических методов и моделей во внутрихозяйственном землеустройстве. Составлено подробное описание применения цифровых технологий, математического моделирования и систем искусственного интеллекта.

В третьей главе приводится описание Ленинградской области, а также проведен анализ изменения площади земель сельскохозяйственного назначения с целью выявления эффективности их использования. Проанализированы местоположение объекта проектирования и его пространственные характеристики.

В четвертой главе раскрывается применение ГИС-технологий при подготовительных и обследовательских работах, применение экспертных систем для определения специализации хозяйства и подбора угодий для трансформации, составление оптимизационной модели организации угодий, составление севооборота с применением балансового метода математического моделирования и использование систем автоматизированного проектирования для отображения составленных моделей на картографическом материале.

1 Теоретические основы современного землеустройства сельскохозяйственных организаций

1.1 Эволюция и современное состояние сельскохозяйственного землепользования в агропромышленном комплексе

Россия является единственной в мире страной, обладающей огромным потенциалом земельных водных и лесных ресурсов, которые используются не рационально и не эффективно. Происходит это из-за того, что система землеустройства и управление землепользованием в Российской Федерации не развиваются, а перестраиваются. Причиной этому служит отсутствие реальной государственной земельной политики, которая должна регулировать единую систему государственного экономического развития страны.

Если обратиться к истории, то землеустройство в дореволюционной России являлось одним из приоритетных направлений государственной деятельности. Особую значимость землеустройство получило после отмены крепостного права в 1861 году и последовавшей за ним аграрной реформой [8].

Следует отметить Столыпинскую аграрную реформу, как крупнейшее землеустроительное мероприятие в отношении общинных крестьянских земель. Данная реформа может считаться уникальнейшим из землеустроительных мероприятий, пытающихся решить главную проблему начала 20 века – неэффективность крестьянского хозяйства, которое сдавливалось архаичными нормами общинного уклада жизни крестьян [60].

Реформа П.А. Столыпина позволила бы перейти от общинного строя к классу собственников, который являлся бы опорой самодержавия, но в реальности крестьяне не имели денежных средств на выкуп того или иного земельного участка, поэтому оставались в зависимости у помещиков [60].

Данная реформа затронула большинство населения России, специальным органом, который занимался вопросами землеустройства в масштабах страны был созданный в 1907 году «Комитет по землеустроительным делам», в губерниях же были созданы «Губернские землеустроительные комиссии». В деятельность

землеустроительных комиссий входили следующие полномочия (рис.1).

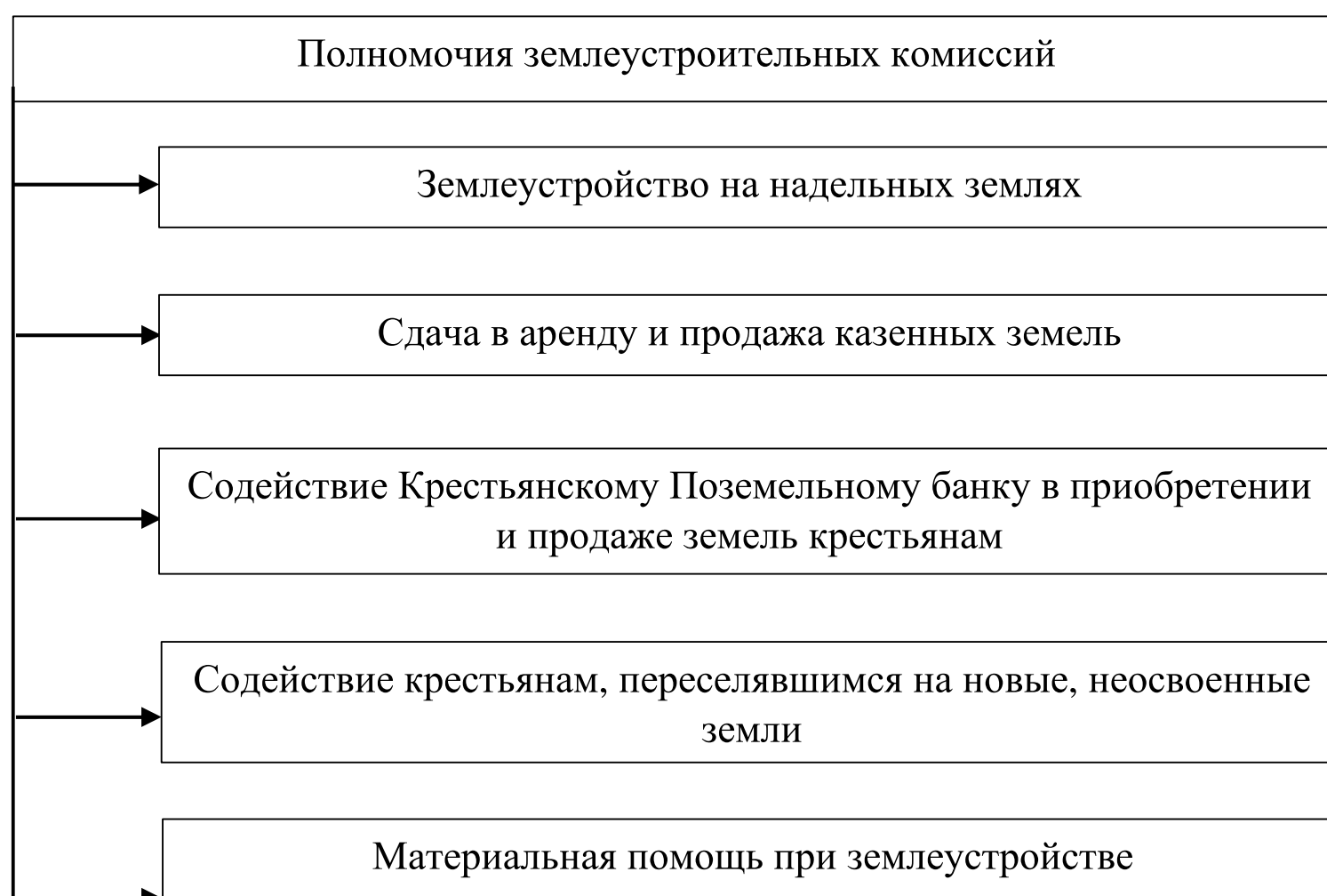


Рисунок 1 – Полномочия землеустроительных комиссий (составлено автором)

Следующим этапом в развитии землеустройства стало «положение о Землеустройстве», принятое 29 мая 1911 года.

Особенностями закона были следующие положения:

- возможность принудительного разверстания не только общинных наделных земель, но и чересполосных с ними частных земель;
- четкий перечень тех земель, которые не могут быть разверстаны без согласия владельцев (земли под застройкой, под виноградниками и т. п. ценными насаждениями, под разными промысловыми сооружениями);
- право любого селения требовать выдела земли (если сельское общество состоит из нескольких селений);
- отдельный домохозяин может требовать выдела себе земли к одному месту только до решения общины о переделе, и если это возможно без особенных затруднений; одна пятая домохозяев может требовать выдела им участков к одному месту в любое время и в любом случае;
- полный передел всех общинных земель с выделением их к одному месту производится по требованию половины домохозяев (при подворном владении)

или двух третей домохозяев (при общинном владении);

– возможность производить землеустройство, не ожидая окончания различных судебных споров, связанных с данной землей [8].

Также согласно данному закону, все землеустроительные действия могли производиться как по соглашению сторон, так и в обязательном порядке.

К 1917 году в России были выделены следующие формы землепользования (рис.2).

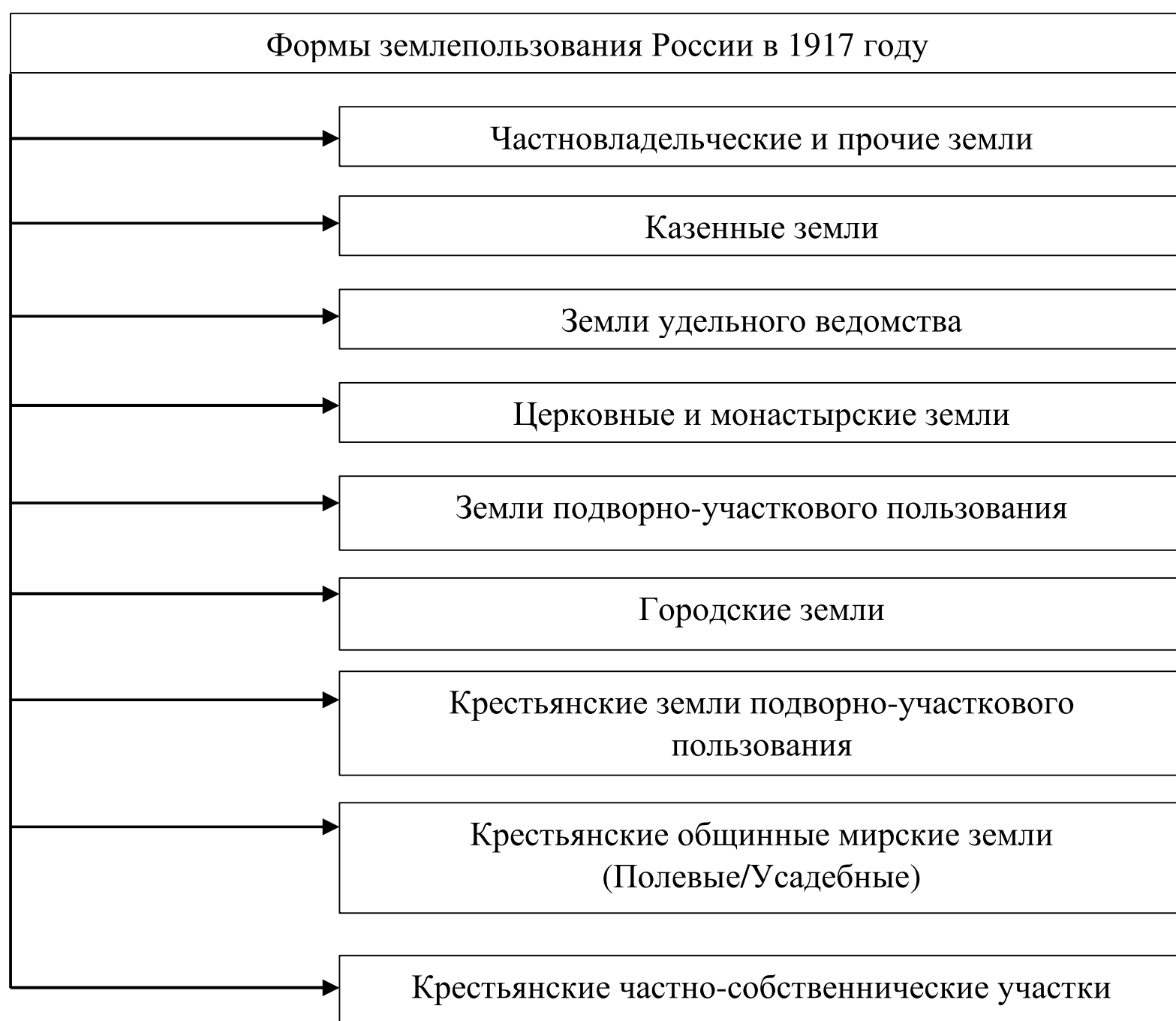


Рисунок 2 – Формы землепользования в 1917 году. (составлено автором по материалам Варламова А.А. и Головина А.А.)

В 1917 году был выпущен декрет «О земле», в котором прописывалась конфискация помещичьих земель без выплаты компенсаций и провозглашалась государственная собственность на землю с многообразием форм хозяйствования на ней.

В данный период под землеустройством понималась совокупность мероприятий технического характера, направленных на постепенное

обобществление землепользования. Землеустройству подверглась вся площадь сельскохозяйственного фонда, используемого для нужд советских хозяйств.

С 1 декабря 1922 года введен в действие Земельный кодекс. Согласно данному кодексу задачами землеустройства было упорядочивание существующих и создание новых землепользований. Под упорядочиванием понималось уничтожение единоличных хозяйств и образование колхозов [15].

Следующим нормативно-правовым актом в истории развития землеустройства является Земельный кодекс РСФСР 1970 года, который вводит понятие «государственное землеустройство». Согласно этому земельному кодексу под землеустройством, следует понимать систему государственных мероприятий, направленных на осуществление решений государственных органов в области пользования землей. К задачам же относилась организация наиболее полного, научно-обоснованного, рационального и эффективного использования земель, повышение культуры земледелия и охраны земель. Подразумевалось, что обследовательские, проектно-изыскательские и съемочные работы проводятся за счет государства.

В 90-х годах 20 века в развитии землеустройства произошел застой. По мнению специалистов, застой был связан главным образом с недостатком финансирования, что и нарушило всю систему землеустройства. В числе других весомых проблем назывались непродуманное осуществление земельной реформы с точки зрения правовой и научной обоснованности; изменение количества сельскохозяйственных предприятий, площади землевладений и землепользований, состава угодий в результате перераспределения земель; неэффективная организация государственного контроля за использованием и охраной земель.

В условиях становления нормативно-правовой базы землепользования государственные меры управления сельским хозяйством в постсоветской России были направлены на создание многоукладного агропроизводства, главными составными частями которого стали сельскохозяйственные организации, крестьянские (фермерские) хозяйства и хозяйства населения. За время

проведения реформы сельскохозяйственные предприятия и организации повсеместно сокращали свою территорию и, несмотря на это, в настоящее время в большинстве регионов страны эта категория хозяйств по-прежнему является основной, занимая в стране около 2/3 площади сельскохозяйственных угодий и пашни, используемых всеми сельхозпроизводителями. Земельные наделы крестьянских (фермерских) хозяйств с 1990 г. постоянно увеличивали свою площадь, и к сегодняшнему дню этот хозяйственный уклад в среднем по стране использует около 14% площади сельхозугодий, получив наибольшее развитие в регионах степной зоны Европейской России. В ходе реформы массивы земель, используемых населением, увеличивали свою площадь, несмотря на снижение темпов производства продукции растениеводства и животноводства в этой категории хозяйств. Сложившаяся ситуация, по всей видимости, объясняется многофункциональностью в использовании земель граждан, получивших наибольшее развитие в урбанизированных регионах страны с высокой плотностью населения.

Разгосударствление и приватизация земель наряду с созданием разнообразных укладов в агропроизводстве послужили основными причинами становления современного рынка сельскохозяйственных угодий. В настоящее время в Российской Федерации оборот сельскохозяйственных земель находится на начальной стадии своего формирования, о чем свидетельствуют относительно небольшое количество и незначительная площадь рыночных сделок по сравнению с периодом начала XX в. Современный рынок сельскохозяйственных угодий в основном представлен сделками аренды, большая часть площади которых характерна для крайних северных и южных регионов страны, расположенных за пределами земледельчески освоенной территории.

В процессе реализации современной земельной реформы впервые за многие десятилетия в России были зафиксированы кардинальные изменения в масштабах использования сельскохозяйственных земель, выразившиеся в изменении площади, структуры и уровня интенсивности землепользования [8].

Коренные изменения земельных отношений в Российской Федерации в

условиях снижения уровня интенсивности сельского хозяйства и ухудшения обеспеченности отрасли трудовыми ресурсами привели к повсеместному и масштабному изменению площади и структуры сельскохозяйственных угодий и посевов. Сокращение пахотных угодий произошло во всех природных зонах и провинциях основной земледельчески освоенной территории страны.

Агропромышленный комплекс в целом и его базовая отрасль — сельское хозяйство являются ведущими системообразующими сферами экономики страны, формирующими продовольственный рынок, продовольственную и экономическую безопасность страны, трудовой и поселенческий потенциал сельских территорий [32].

В настоящее время еще не сложилась научно-обоснованная система взглядов на перспективы развития агропромышленного комплекса и сельского хозяйства, ориентированная на решение задач национального уровня. Системный кризис 90-х годов прошлого столетия в России, последствия современного мирового экономического и финансового кризиса не способствовали формированию комплексного подхода к эффективной аграрной политике, позволяющей обеспечивать модернизацию и дальнейшее развитие АПК по инновационной модели, отвечающей требованиям социально ориентированной экономики.

По мнению А.В. Лошакова земельная политика государства должна четко установить цели, приоритетные задачи и инструменты регулирования земельных отношений, реализация которых позволит коренным образом изменить вектор их развития с ориентацией на сохранение и приумножение земельного потенциала страны, как на среднесрочную, так и на более определенную перспективу. А.В. Лошаков в своей диссертации выделяет следующие цели:

1. Завершение формирования системы землевладения и землепользования, в полной мере, обеспечивающей реализацию и защиту законных прав граждан, юридических лиц, государства и муниципальных образований на приобретение и организацию рационального использования земельных участков.

2. Формирование цивилизованного земельного рынка на основе развития

его инфраструктуры.

3. Создание условий и стимулов для рационального и эффективного использования земель, для удовлетворения потребностей и интересов правообладателей земельных участков, территориальных образований и государства в целом.

4. Обеспечение охраны земельных ресурсов страны от деградации и бесхозяйственного использования [31].

Несмотря на сокращение площади сельскохозяйственных земель, идет активное внедрение в сельское хозяйство новых технологий, способов и методов обработки. Примером таких технологий является цифровизация.

1.2 Основные направления цифровизации сельского хозяйства

Цифровые технологии активно наращивают темп своего развития, охватывая все сферы жизни человека. Им нашлось применение и в сельском хозяйстве, ключевом секторе экономики нашей страны.

Цифровые технологии в настоящее время имеют ряд существенных преимуществ: повышение производительности труда, повышение эффективности инвестиций, снижение потерь, появление новых профессий и др. Важнейшими факторами, влияющими на внедрение цифровых технологий в сельское хозяйство, являются растущая численность населения и повышение потребности в продовольствии [43].

Цифровая трансформация сельского хозяйства предполагает переход от механических операций к цифровым процессам. Инновационные технологии помогают оптимизировать производственную деятельность и снижать затраты, при этом повышая эффективность через построение новых бизнес-процессов.

Кризисная ситуация в аграрной сфере вызвала полное прекращение работ по внутрихозяйственному землеустройству в связи с отсутствием финансовой поддержки со стороны государства и свободных денежных средств у сельскохозяйственных производителей. Это привело к тому, что в настоящее время на пашне ликвидирована система севооборотов, большое количество

пахотных земель переводятся в другие категории, пастбища используются без определенной системы, что в дальнейшем приводит к их деградации.

В результате землепользователи и собственники земли не могут выполнить свои обязанности по рациональному использованию и охране земли, что приводит к снижению экономической и экологической эффективности сельскохозяйственного производства.

В виду сложившейся ситуации возникает необходимость в составлении и осуществлении проектов внутрихозяйственной организации территории. Но учитывая то, что в современных реалиях внутрихозяйственное землеустройство не является государственным мероприятием, то все затраты на проведение ложатся на сельскохозяйственных производителей. А это означает, что при ограниченности финансовых средств заказы на разработку этих проектов будут поступать по остаточному принципу. Поскольку это является дополнительной финансовой нагрузкой на производителя, то в этом вопросе требуется государственная поддержка [43].

В настоящий период важно организовывать конкурентоспособные сельскохозяйственные предприятия, работающие эффективно в рыночных условиях, обеспечивающие устойчивое развитие сельскохозяйственного производства. Значительную роль при этом имеет проект внутрихозяйственного землеустройства. Поэтому важную значимость в условиях приобретают инвестиционные проекты внутрихозяйственного землеустройства, направленные на повышение интенсивности использования с/х земель. Они составляются на основе бизнес-планов, учитывающих качественную и пространственную характеристику земельных ресурсов. Такие бизнес-планы связывают землеустроительные мероприятия с экономическими, содержат порядок действий по реализации инвестиционных вложений и дают полное обоснование экономической эффективности проектных предложений [43].

На ряду с бизнес-планами внутрихозяйственное землеустройство в настоящее время может быть представлено рабочими проектами, которые включают в себя как

проектирование отдельного этапа проекта ВХЗ, так и отдельной составной части «классического» проекта внутрихозяйственного землеустройства.

Также в современных реалиях вместо полноценного проекта внутрихозяйственного землеустройства применяют технологию точного земледелия.

Новые технологии меняют сельское хозяйство и превращают его в новую область исследований – сельское хозяйство 4.0. Таким образом, цифровое сельское хозяйство представляет собой внедрение новых технологий, таких как интернет вещей, большие данные, облачные вычисления, передовая робототехника и искусственный интеллект в производственных цепочках агробизнеса и др.

Цифровые сельскохозяйственные технологии охватывают широкий спектр технических решений: от небольших мобильных приложений для поддержки принятия решений до полевых датчиков и технологий дистанционного зондирования для сбора данных, а также дронов и роботов для автоматизации процессов.

На сегодняшний день, опираясь на данные, составленные авторами, обобщающими цифровую повестку, в мире можно выделить следующие технологии, направленные на цифровизацию сельского хозяйства (табл. 1).

Можно сделать вывод, что основные технологии цифровизации сельского хозяйства направлены на снижение потерь при выращивании, хранении и сборе сельскохозяйственной продукции, а также на сокращение нерационального использования сельскохозяйственной техники [69].

Минсельхоз России в 2023 году проводит работу по созданию федеральной карты-схемы земель сельскохозяйственного назначения не менее чем в 24 регионах. Эта работа ведется в рамках государственной программы эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса Российской Федерации.

1 марта 2023 года федеральная государственная информационная система (ГИС) «Зерно» введена в полную эксплуатацию. На данной платформе в обязательном порядке должны появляться сведения о продуктах переработки зерна.

Таблица 1 – Технологии цифровизации сельского хозяйства по материалам Евразийской экономической комиссии (составлено автором)

Название технологии	Описание
Системы управления агропредприятием	Комплексные решения для управления сельскохозяйственным предприятием, при этом могут использоваться спутниковые снимки, видеоаналитика, данные датчиков, метеостанции
Точное земледелие	Совокупность технологий, технических средств и систем принятия решений, направленных на управление параметрами плодородия, влияющими на рост растений. Помогает решить проблему непредсказуемости. Данные используются для планирования посевов, расчета норм внесения удобрений, средств защиты растений и др.
Точное животноводство	Новые приборы позволяют измерять кислотность желудка, состояние копыт, готовность к оплодотворению, течение беременности и др. Эти данные позволяют лучше отслеживать состояние здоровья животных, разрабатывать индивидуальные методы лечения и кормления
Цифровой сервис агрометеоданных	Цифровые метеостанции позволяют в онлайн-режиме фиксировать различные показатели: влажность воздуха и почвы, температуру окружающего воздуха и почвы на различной глубине, скорость ветра и др. Эти данные дают возможность выстраивать взвешенную стратегию ведения полевых работ и оптимизировать затраты в сельхозпроизводстве
Трекинг сельскохозяйственной техники	Технология помогает решить задачу оптимизации передвижения транспортных средств по территории предприятия. Трекеры дают возможность отслеживать местоположение транспорта, контролировать его передвижение по территории, фиксировать информацию о пробеге, несанкционированный выезд с полей
Беспилотные летательные аппараты	Технология помогает решить задачу оптимизации передвижения транспортных средств по территории предприятия. Помогают отслеживать местоположение транспорта, контролировать его передвижение по территории, фиксировать информацию о пробеге
Big Data	Технология, позволяющая обрабатывать большой объем разнообразной информации для последующего применения при прогнозировании сельскохозяйственных работ, а также в принятии управленческих решений
Робототехника	Применение роботов для автоматизации рутинных, повторяющихся процессов в сельском хозяйстве. Технология позволяет фермерам сосредоточиться на улучшении общей производительности
Биотехнологии и генная инженерия	Технология, усиливающая способы консервации природных ресурсов, приемы защиты окружающей среды и методы устойчивого производства сельскохозяйственных продуктов
Альтернативные фермы	Автоматизированные технологичные фермы. Особо популярны вертикальные фермы в закрытых пространствах
Маркетплейсы	Торговые онлайн-площадки, связывающие между собой продавцов и покупателей и обеспечивающие их взаимодействие

Минсельхоз России организовал ситуационный центр и разработал дорожную карту по цифровизации полевых работ. Некоторые модели тракторов и комбайнов оборудованы датчиками круиз-контроля, автопилотами, системами дистанционного мониторинга. Автопилотирование осуществляется на основе спутниковой навигации, нейронных сетей и технологии искусственного зрения [70].

Министерство сельского хозяйства выделяет семь основных направлений цифровой трансформации сельского хозяйства и научно-технологического

развития в области «Цифрового сельского хозяйства», что предполагает внедрение в субъектах Российской Федерации не менее шести проектов полного инновационного комплексного научно-технического цикла сквозных цифровых систем, основанных на современных конкурентоспособных отечественных технологиях, методах, алгоритмах. Данные направления представлены в табл. 2.

Таблица 2 – Основные направления цифровой трансформации по данным Министерства сельского хозяйства (составлено автором)

Название направления	Описание
«Цифровое землепользование»	Позволит создать и внедрить интеллектуальную систему управления, планирования и использования земель сельскохозяйственного назначения, функционирующую на основе цифровых, дистанционных, геоинформационных технологий и методов компьютерного моделирования
«Умное поле»	Обеспечит стабильный рост производства сельскохозяйственной продукции растениеводства за счет внедрения цифровых технологий сбора, обработки и использования массива данных о состоянии почв, растений и окружающей среды
«Умный сад»	Интеллектуальная техническая система, осуществляющая в автоматическом режиме анализ информации о состоянии агробиоценоза сада, принятие управленческих решений и их реализацию роботизированными техническими средствами.
«Умная теплица»	Производительность работ, обеспечит стабильный рост производства продукции растениеводства в защищенном грунте, получение высококонкурентных субстратов и удобрений, отечественных инновационных систем (микроклимат, освещение, эффективное энергоснабжение, универсальный модуль, питание, автономность и др.) для закрытого грунта
«Умная ферма»	Разработка технико-технологических решений по созданию ферм нового поколения на основе интеллектуальных цифровых технологий. «Умная ферма» – это хозяйства с автоматизированными системами управления, параметры которых изменяются в зависимости от микроклимата и состояния животных на фермах

В настоящее время на Российском рынке присутствуют следующие отечественные технологии, которые активно применяются в сельском хозяйстве (Приложение А).

Цифровая трансформация сельского хозяйства в России во многом основана на комплексном внедрении ряда цифровых технологий в рамках взаимосвязанных концепций точного земледелия, животноводства и умного сельского хозяйства. Также развивается рынок цифровых технологий, применяемых в сельском хозяйстве, позволяющий сельскохозяйственному производителю улучшить условия труда, снизить затраты и издержки, повысить эффективность деятельности и качество производимой продукции.

Наравне со стремительным внедрением цифровых технологий в сельское

хозяйство необходимо значительно повысить значимость землеустроительного проектирования, в части разработки проектов внутрихозяйственного землеустройства для сельскохозяйственных производителей и не только.

В виду вышесказанного представленные разновидности должны основываться на «классическом» землеустройстве, именно поэтому наше исследование по внедрению цифровых технологий будет базироваться на основных этапах внутрихозяйственного землеустройства, разработанных ведущими учеными-землеустроителями.

1.3 Внутрихозяйственное землеустройство как инструмент организации рационального использования земель сельскохозяйственного назначения

В современном мире земля является важной составляющей в жизни человека и общества, при этом необходимо грамотно использовать данный ресурс. Помочь в этом может землеустройство.

В научном аспекте под землеустройством понимают систему государственных мероприятий по распределению земельных ресурсов, формированию землевладений, землепользований и территориальному обустройству сельскохозяйственных предприятий в целях организации рационального использования и охраны земель [61].

В соответствии с Федеральным законом от 18.06.2001 № 78-ФЗ «О землеустройстве» землеустройство – это комплекс мероприятий по изучению состояния земель, планированию и организации рационального использования земель и их охраны, описанию местоположения и (или) установлению на местности границ объектов землеустройства, организации рационального использования гражданами и юридическими лицами земельных участков для осуществления сельскохозяйственного производства, а также по организации территорий, используемых общинами коренных малочисленных народов Севера, Сибири и Дальнего Востока Российской Федерации и лицами, относящимися к коренным малочисленным народам Севера, Сибири и Дальнего

Востока Российской Федерации, для обеспечения их традиционного образа жизни [37].

Опираясь на статью 3 Федерального закона «О землеустройстве» и статью 68 Земельного кодекса, можно определить основные задачи землеустройства на современном этапе развития общества, выделяемые на законодательном уровне [22, 37]:

- устанавливать или изменять границы объектов землеустройства;
- выявлять нарушенные земли, а также земли подверженные водной или ветровой эрозии и другим негативным воздействиям;
- проводить мероприятия по восстановлению, консервации и рекультивации земель от негативных воздействий;
- планировать и организовывать рациональное использование земель и их охрану.

В научном аспекте выделяются следующие задачи:

- изучить состояние земель и получить информацию об их количественных и качественных параметрах;
- планировать и организовывать рациональное использование земель и их охрану, на федеральном, региональном и местном (муниципальном) уровнях;
- формировать рациональную систему землевладения и землепользования, создавать равные условия для развития всех форм хозяйствования на разных по качеству и местоположению землях;
- определять и опознавать в натуре (на местности) положение границ, их восстановимость в случаях утраты или межевых споров, определять местоположение и площадь земельных участков с соответствующей точностью;
- разрабатывать предложения по установлению режима и условий использования земель, предоставленных в собственность и аренду (пользование);
- обосновывать приоритетные направления и перспективы освоения, мелиорации и природоохранного обустройства земель и формировать соответствующую инвестиционную политику;
- создавать пространственные условия, обеспечивающие рациональное

функционирование сельскохозяйственного производства, внедрять прогрессивные формы организации труда, совершенствовать состав и размещение земельных угодий, сельскохозяйственных культур, системы севооборотов, сенокосо- и пастбищеоборотов;

– разрабатывать системы мероприятий по сохранению и улучшению природных ландшафтов, восстановлению и повышению плодородия почв, рекультивации нарушенных земель.

Как мы видим, задачи землеустройства в научном аспекте гораздо обширнее, чем указано в законодательстве, и позволяют охватить весь спектр вопросов и проблем, поднимаемых в землеустройстве.

Исходя из всего вышесказанного, можно сделать вывод, что землеустройство более широкое понятие по сравнению с представленным на законодательном уровне, а научные исследования являются этому подтверждением.

Многие ученые-землеустроители выделяют два вида землеустройства: межхозяйственное и внутрихозяйственное, но есть и те, кто выделяет третий вид. Называется он участковое землеустройство или рабочее и его суть заключается в составлении рабочих проектов землеустроительных мероприятий на конкретном земельном участке. На законодательном уровне понятие межхозяйственное и участковое землеустройство отсутствуют.

В данной работе мы будем рассматривать только внутрихозяйственное землеустройство и его составные части, так как оно проводится на землях одной категории, а именно на землях сельскохозяйственного назначения. И в отличие от межхозяйственного землеустройства затрагивает только конкретную сельскохозяйственную организацию, а не весь район. Это позволит четче проследить каждый этап, составную часть и элемент проектирования, а также проанализировать на каком этапе проекта, новые технологии смогут найти свое применение. Еще немаловажным аргументом является то, что внутрихозяйственное землеустройство присутствует как на законодательном уровне, так и в науке, поэтому целесообразнее рассмотреть все составляющие проекта именно на его примере.

По мнению профессора В.П. Троицкого, внутрихозяйственное землеустройство – это «комплекс мероприятий по организации использования и охране земли, организации территории в границах (внутри) землевладения (землепользования) сельскохозяйственного предприятия» [63].

А.С. Чешев полагал, что внутрихозяйственное землеустройство – это «объективная необходимость во внутреннем обустройстве земли как главного средства производства и правильном размещении средств производства, неразрывно связанных с землей, с целью создания организационно-территориальных условий для рационального ее использования и охраны» [72].

В.В. Гарманов определяет внутрихозяйственное землеустройство как комплекс мероприятий по организации рационального использования и охраны земли, и связанных с ней средств производства, на территории сельскохозяйственных предприятий в соответствии с действующим законодательством [41].

Профессор М.А. Сулин внутрихозяйственное землеустройство определяет как социально-экономический процесс и комплекс мероприятий по территориальной организации производства, улучшению использования и охране земель, который обеспечивает высокую эффективность работы сельскохозяйственных организаций [61].

Профессор С.Н. Волков считает, что «внутрихозяйственное землеустройство – это социально-экономический процесс организации рационального использования, охраны земель, и связанных с ней средств производства в конкретных сельскохозяйственных организациях, включающий систему мероприятий по организации производства и территории, осуществляемых на основе проектов внутрихозяйственного землеустройства» [10].

М.А. Гендельман подразумевает под внутрихозяйственным землеустройством систему мероприятий по территориальной организации производства сельскохозяйственных предприятий, обеспечивающую: планомерную основу для рационального использования земли, труда и сельскохозяйственной техники; сохранение и преумножения плодородия почв и

других полезных свойств земли; благоприятные условия для жизни и труда сельских жителей [14].

Все вышеприведенные мнения объединяет то, что мероприятия по внутрихозяйственному землеустройству должны проводиться в целях рационального использования и охраны земли. Но каждый из авторов привносит что-то свое в данное понятие. Например, определения, которые дали В.П. Троицкий и А.С. Чешев носят общий характер. М.А. Сулин в своем определении подчеркивает эффективность проекта для сельскохозяйственной организации. С.Н. Волков делает акцент на том, что основой внутрихозяйственного землеустройства являются проекты по внутрихозяйственному землеустройству. В.В. Гарманов в своем определении не упускает важности действующего законодательства. М.А. Гендельман приводит широкое определение, которое отражает основные задачи внутрихозяйственного землеустройства.

Исходя из вышеприведенных мнений, можно сделать вывод, что внутрихозяйственное землеустройство – это как социально-экономический процесс, так и комплекс мероприятий, нацеленный на рациональное использование и охрану земель сельскохозяйственного назначения, и связанных с ней средств производства, обеспечивающий высокую эффективность работы конкретной сельскохозяйственной организации с учетом действующего законодательства, а также создающий благоприятные условия для жизни и труда местного населения.

В связи с развитием сельского хозяйства и общества в целом появилась необходимость заранее продумывать землеустроительные действия, анализировать возможные варианты, оценивать эффективность землеустроительных работ, производить их согласования с землевладельцами и землепользователями, то есть разрабатывать определенную документацию, которая в своей совокупности стала составлять проект землеустройства. Проект внутрихозяйственного землеустройства является комплексным документом, составленным специалистами в данной сфере. И как часть комплекса мероприятий в землеустройстве он состоит из этапов, которые являются его неотъемлемой частью, которыми нельзя пренебрегать или пропускать их (табл.3).

Таблица 3 – Этапы проекта внутрихозяйственного землеустройства по материалам научных исследований (составлено автором)

По М.А. Сулину	По С.Н. Волкову	По А.С. Чешеву
–подготовительные и обследовательские работы; –разработка задания на проектирование; –составление и утверждение проекта; – перенесение проекта в натуру; – оформление и выдача землеустроительных документов и материалов; – авторский надзор	– подготовительные и обследовательские работы; – разработка задания на проектирование; –составление и утверждение проекта; – перенесение проекта в натуру; –оформление и выдача землеустроительных документов и материалов; –авторский надзор	–оформление заказа на проведение работ; –проведение подготовительных работ; –проведение корректировки плано-картографического материала с использованием геодезических инструментов; –установление и восстановление границ землепользования; –составление, рассмотрение и утверждение задания на проектирование; –составление проекта внутрихозяйственной организации территории; –рассмотрение, согласование и утверждение проекта; –перенесение проекта в натуру; –оформление и выдача документов заказчику; –составление рабочих и техно-рабочих проектов по осуществлению мероприятий проекта; –авторский надзор за осуществлением проекта

В приведенной выше таблице видно, что в основном ученые-землеустроители приводят одинаковый перечень этапов проектирования, за исключением А.С. Чешева, он привел расширенный список этапов, выделив некоторые землеустроительные действия, как отдельные этапы проектирования.

Опираясь на вышесказанное, можно выделить следующие этапы проекта внутрихозяйственного землеустройства:

- подготовительные и обследовательские работы – являются основой для разработки проекта, состоят из двух этапов: камеральный этап (без выезда на местность) и полевое обследование.
- разработка задания на проектирование –определяет вопросы развития производства, организации территории и охраны земель. Выполняется с учетом пожеланий заказчика и территориальных особенностей землепользования.
- составление и утверждение проекта – является самым сложным и

затратным этапом проектирования, имеет составные части и элементы, некоторые из которых при наличии инфраструктуры, которая устраивает заказчика, или за ненадобностью, можно пропустить.

- перенесение проекта в натуру – вынос поворотных точек и закрепление границ на местности.

- оформление и выдача землеустроительных документов и материалов – заказчику предоставляется текстовая и графическая документация.

- авторский надзор – основная цель авторского надзора заключается в оказании помощи сельскохозяйственным организациям в освоении проектов и своевременной корректировке проектов ВХЗ с учетом изменений экологической, экономической и социальной ситуации. Авторский надзор заключается в периодической проверке соответствия перенесенных в натуру элементов, сохранности граничных знаков, а так же полноты и точности исполнения плана осуществления проекта.

Каждый проект ВХЗ состоит из составных частей и элементов (табл. 4).

Исходя из нижеприведенной таблицы, мы видим, что С.Н. Волков приводит аналогичный перечень составных частей и элементов, как и у М.А. Сулина, с одним лишь исключением, он объединяет в одну составную часть организацию угодий и организацию севооборотов.

А.С. Чешев, как и С.Н. Волков объединяет в одну составную часть организацию угодий и севооборотов. Также в одну составную часть у А.С. Чешева объединены устройство территории сенокосов и устройство территории пастбищ.

В.В. Гарманов приводит свою последовательность составных частей внутрихозяйственного землеустройства. Он ставит на первое место организацию угодий. В отличие от других вышеприведенных мнений, В.В. Гарманов объединяет организацию и устройство севооборотов в одну составную часть, под названием устройство территории пашни. В.В. Гарманов, также, как и А.С. Чешев объединяет устройство территории сенокосов и пастбищ в одну составную часть под названием устройство территории кормовых угодий.

Таблица 4 – Составные части проекта внутрихозяйственного землеустройства по материалам научных исследований (составлено автором)

	Составные части
По М.А. Сулину	1. Размещение производственных подразделений и хозяйственных центров 2. Размещение инженерного оборудования и объектов общехозяйственного назначения 3. Организация угодий 4. Организация системы севооборотов 5. Устройство территории севооборотов 6. Устройство территории плодовых и ягодных насаждений 7. Устройство территорий пастбищ 8. Устройство территорий сенокосов
По С.Н. Волкову	1. Размещение производственных подразделений и хозяйственных центров 2. Размещение внутрихозяйственных магистральных дорог, водохозяйственных и других инженерных сооружений и объектов общехозяйственного назначения 3. Организация угодий и севооборотов 4. Устройство территории севооборотов 5. Устройство территории плодово-ягодных насаждений 6. Устройство территории пастбищ 7. Устройство территории сенокосов
По А.С. Чешеву	1. Размещение производственных подразделений и хозцентров 2. Размещение внутрихозяйственных дорог и других инженерных сооружений 3. Организация и размещение угодий и севооборотов 4. Устройство территории севооборотов 5. Устройство территории плодово-ягодных насаждений 6. Устройство территории сенокосов и пастбищ
По В.В. Гарманову	1. Организация угодий 2. Размещение производственных подразделений и хозяйственных центров 3. Размещение внутрихозяйственных магистральных дорог, водохозяйственных и других инженерных сооружений 4. Устройство территории пашни 5. Устройство территории многолетних насаждений 6. Устройство территории кормовых угодий

Такие различия в порядке составных частей могут быть обусловлены разными взглядами на проект внутрихозяйственного землеустройства, а также целесообразностью проектирования одной составной части вперед другой. Ни в одном источнике не прописан четкий порядок составных частей и элементов, это означает, что содержание проекта носит изменяемый характер. Набор составных частей и порядок проектирования будут зависеть от особенностей землепользования, в котором проводится внутрихозяйственное землеустройство. В любом случае, проектировщик должен соблюдать связь составных частей между собой, а также принимать проектные решения, которые только улучшат деятельность данной организации.

Опираясь на вышесказанное, можно привести следующую схему этапов проекта внутрихозяйственного землеустройства (рис.3).



Рисунок 3 – Этапы проекта внутрихозяйственного землеустройства

Мы считаем, что проектирование необходимо начинать с размещения производственных подразделений и хозяйственных центров, так как это позволит привязаться к существующей инфраструктуре и системе расселения, тем самым снизив затраты на проектирование. Мы думаем, что организация угодий, организация севооборотов и устройство территории севооборотов должны составлять три разные составные части, для принятия наилучших проектных решений, которые позволят полно, рационально и эффективно использовать территорию данной организации. По-нашему мнению целесообразно объединить в одну часть устройство территории сенокосов и устройство территории пастбищ, так как эти два вида принадлежат к кормовым угодьям, предназначенным для выращивания только травяных кормов. В настоящее время существуют различные способы повышения эффективности использования земель сельскохозяйственного назначения. Одним из таких наиболее эффективных способов, является внедрение цифровых технологий при проведении работ по землеустройству.

2 Цифровизация землеустройства как направление повышения эффективности использования земель сельскохозяйственного назначения

2.1 Использование геоинформационных технологий во внутрихозяйственном землеустройстве

Использование геоинформационных технологий во внутрихозяйственном землеустройстве имеет важное значение для оптимизации использования земельных ресурсов, повышения урожайности и снижения экологических рисков. Одним из ключевых направлений является создание цифровых карт, обработка и анализ данных о земле и ее использовании. Это позволяет принимать более обоснованные решения по распределению земельных ресурсов, определению оптимальных участков для сельского хозяйства и эффективному управлению землями. Таким образом, ГИС открывают новые возможности для улучшения внутрихозяйственного землеустройства и повышения его эффективности.

ГИС-технологии являются относительно новыми технологиями, поэтому они не имеют обобщенного определения, и каждый ученый приводит свое определение.

ГИС - Информационная система, оперирующая пространственными данными – ГОСТ Р 52438-2005. «Географические информационные системы. Термины и определения» [17].

Профессор Ю.С. Ананьев дает такое определение: «Географическая информационная система – это информационная система, обеспечивающая сбор, хранение, обработку, доступ, визуализацию и распространение пространственно координированных данных (пространственных данных)» [0].

В.С. Тикунов под ГИС понимает информационную систему, обеспечивающую сбор, хранение, обработку, отображение и распространение данных, а также получение на их основе новой информации и знаний о пространственно-координированных явлениях [62].

А.В. Кошкарев подразумевает что ГИС – это аппаратно-программный

человеко-машинный комплекс, обеспечивающий сбор, обработку, отображение и распространение пространственно-координированных данных, интеграцию данных и знаний о территории для их эффективного использования при решении научных и прикладных географических задач, связанных с инвентаризацией, анализом, моделированием, прогнозированием и управлением окружающей средой и территориальной организацией общества [28].

Также приведем определения некоторых иностранных ученых в области ГИС-технологий.

ГИС – это «внутренне позиционированная автоматизированная пространственная информационная система, создаваемая для управления данными, их картографического отображения и анализа». (Berry J.)

ГИС – это «система, состоящая из операторов, а также технических и организационных средств, которые осуществляют сбор, передачу, ввод и обработку данных с целью выработки информации, удобной для дальнейшего использования в географическом исследовании и для ее практического применения». (Konesny M.)

ГИС – это «комплекс аппаратно-программных средств и деятельности человека по хранению, манипулированию и отображению географических (пространственно соотнесенных) данных». (AblerR.)

Нельзя отдать предпочтение одному из приведенных выше определений. Каждый ученый имеет свое мнение на счет ГИС-технологий. Разница между ними лишь в широте взглядов на проблемы, которые могут решить ГИС. Отечественные ученые позиционируют ГИС-технологии, как информационную систему, абстрагируя ее от человека. Зарубежные ученые подчеркивают важность человека, как части данной системы. Это является верным фактом, ведь без оператора данная система не может функционировать. Человек, как часть ГИС является в ней и наблюдателем, и экспертом, и аналитиком.

Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод, что геоинформационная система – это как информационная система, так и аппаратно-программный человеко-машинный комплекс, обеспечивающий сбор, обработку, анализ и хранение пространственных данных, с целью получения новой информации и

удобной для дальнейшего применения в исследованиях территории.

История ГИС-технологий насчитывает более 60 лет. Точную дату создания Гис назвать невозможно, но они появились во второй половине двадцатого века. Этапы развития Гис представлены в табл. 5.

Таблица 5 – Этапы развития ГИС-технологий (составлено автором)

Дата	Название	Особенности
1960-1970	Пионерский период	В этот период была создана первая ГИС Канады под руководством Р. Томлинсона. Впервые для создания карт использовался сканер. Создана технология массового цифрования карт. Впервые выполнялось наложение и измерение площадей. Впервые использовалась абсолютная система координат и была создана база данных на основе тематических слоёв. Впервые в число атрибутов операционных объектов введены признаки пространства. Для указания местоположения объекта стали использоваться координаты центроидов
1970-1980	Период государственных инициатив	Развитие крупных геоинформационных проектов, финансируемых государством, формирование государственных институтов в области геоинформатики, снижение роли и влияния отдельных исследователей и небольших групп
1980-1990	Период коммерческого развития	Широкий рынок разнообразных программных средств, развитие настольных инструментальных ГИС, расширение области их применения за счет интеграции с базами атрибутивных данных, создание сетевых приложений, появление значительного числа непрофессиональных пользователей, организация систем, поддерживающие индивидуальные наборы данных на отдельных компьютерах и поддерживающим корпоративные и распределенные базы геоданных
1990-настоящее время	Пользовательский период	Повышенная конкурентная борьба среди коммерческих производителей геоинформационных технологий и услуг дает преимущества пользователям ГИС. Доступность и “открытость” программных средств позволяет пользователям самим настраивать, адаптировать, использовать и даже модифицировать программы, появление пользовательских “клубов”, телеконференций, территориально разобщенных, но связанных единой тематикой пользовательских групп, возросшая потребность в географических данных, начало формирования геоинформационной инфраструктуры планетарного масштаба

В настоящее время ГИС-технологии достигли такого уровня развития, который позволяет решать различные пространственные задачи, вводить графическую и атрибутивную информацию, экспортировать данные в другие программы, а также выводить необходимые данные на печать.

На данный момент единой системы классификации Гис не существует. Это связано с обширными задачами, которые можно решить с помощью ГИС-технологий. Поэтому мы приведем несколько классификаций ГИС по мнению ученых (рис. 4).

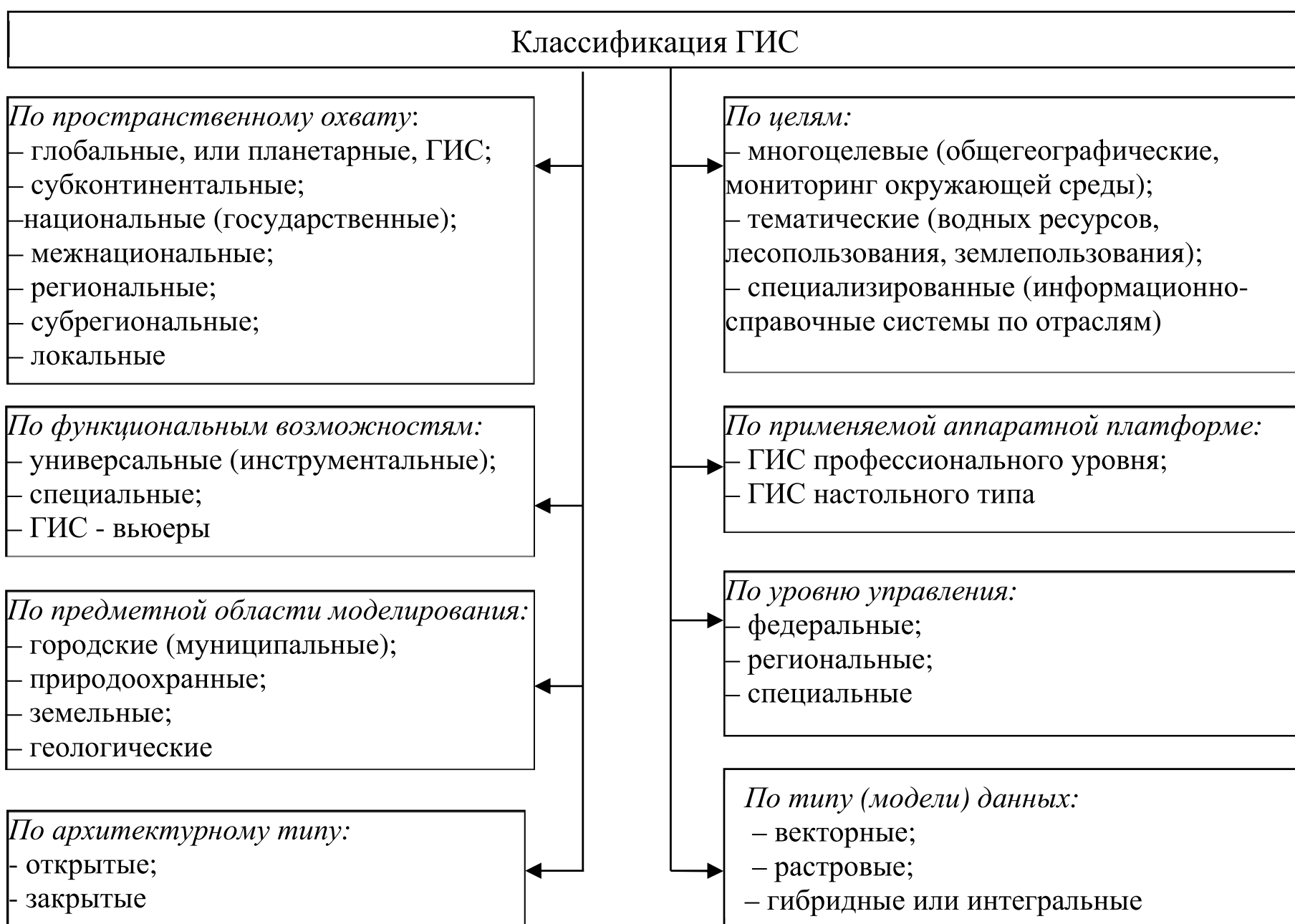


Рисунок 4 – Классификация Гис-технологий (составлено автором по материалам исследований Ю.В. Никитиной и Ю.С. Ананьева)

ГИС в землеустройстве используется в основном для создания цифровых карт, планов местности, а также баз данных о земельных ресурсах. Карты, созданные с применением ГИС-технологий, отличаются от карт и планов, созданных традиционными методами, следующими преимуществами:

- автоматизацией получения географической информации о пространственных объектах, возможностью экспорта в другие программы для последующей обработки;
- достоверностью географической информации, полученной на цифровой карте, точностью исходного материала независимо от квалификации, опыта и аккуратности проектировщика, погрешности измерения, деформации бумаги;
- возможностью быстрой корректировки и обновления содержимого;
- наглядностью;
- возможностью автоматического создания картограмм;
- наличием семантической информации о земельных ресурсах;

– осуществлением поиска объектов по их местоположению или по записи в базе данных.

Одним из главных преимуществ использования ГИС во внутрихозяйственном землеустройстве является возможность интеграции различных видов информации. С помощью ГИС можно объединить данные о размещении полей, условиях почвы, климатических условиях, а также других параметрах, которые влияют на урожайность и эффективность использования земельных ресурсов. Такая интеграция позволяет принимать более обоснованные решения в планировании посевной площади, распределении удобрений и других агротехнических мероприятий.

ГИС также позволяют проводить анализ риска и прогнозирование. С их помощью можно оценить вероятность возникновения неблагоприятных климатических условий, заболеваний растений или насекомых-вредителей, что позволяет принять меры по их предотвращению или минимизации воздействия. Кроме того, ГИС позволяют моделировать различные сценарии развития сельскохозяйственных предприятий и анализировать их эффективность.

Еще одной важной функцией ГИС во внутрихозяйственном землеустройстве является мониторинг. С их помощью можно отслеживать состояние полей, уровень влажности почвы, наличие сорняков, а также другие параметры, которые могут влиять на результативность сельскохозяйственных операций. По результатам мониторинга можно корректировать планы и принимать оперативные решения.

Так как ГИС-технологии являются хранилищем информации, а проектирование в данной системе является не очень удобным, то возникает необходимость в применении систем автоматизированного проектирования (САПР), которые включают в себя определенные наборы функций и инструментов, для упрощения проектирования.

2.2 Современное развитие систем автоматизированного проектирования на основе систем искусственного интеллекта

Официального определения понятия САПР также, как и ГИС-технологий в России не существует. Рассмотрим несколько существующих определений САПР из разных источников.

«САПР – комплекс средств автоматизированного проектирования, взаимосвязанный с подразделениями проектной организации, выполняющий автоматизированное проектирование». – ГОСТ 22487-77. «Проектирование автоматизированное. Термины и определения» [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**].

С.Н. Волков определяет САПР, как организационно-техническую систему, которая состоит из комплекса средств автоматизации проектирования, взаимоувязанного с подразделениями проектной организации, и выполняющая проектирование в автоматизированном режиме на ЭВМ [12].

С.А. Зуев дает такое определение САПР – комплексная программно-техническая система, предназначенная для выполнения проектных работ с применением математических методов [24].

В.П. Корячко считает, что САПР – это организационно-техническая система, состоящая из комплекса средств автоматизации проектирования, взаимосвязанного с необходимыми подразделениями проектной организации или коллективом специалистов и выполняющая автоматизированное проектирование [27].

О.А. Онищенко приводит свое определение САПР. По его мнению, САПР – это система, объединяющая технические средства, математическое и программное обеспечение, параметры и характеристики которых выбирают с максимальным учетом особенностей задач инженерного проектирования и конструирования [44].

Все вышеприведенные определения определяют САПР как комплекс средств автоматизированного проектирования. С.А. Зуев привел самое емкое определение, однако из него сложно понять особенности САПР. В.П. Корячко

подчеркивает важность специалистов-проектировщиков, применяющих автоматизацию при выполнении своих профессиональных функций. О.А. Онищенко, указывает на необходимость подбирать программные средства по автоматизированному проектированию с учетом особенностей проектных задач.

Проанализировав вышеприведенные определения, можно сделать вывод, что система автоматизированного проектирования – это организационный комплекс, состоящий из технических средств, программного и математического обеспечения, которые учитывают особенность проектных задач, выполняемых конкретными специалистами.

Первые упоминания систем автоматизированного проектирования датированы концом 50-ых годов прошлого века в Массачусетском техническом институте. В 70-ых годах двадцатого столетия появилась аббревиатура САПР, которая в иностранных источниках именовалась как CAD. История развития САПР представлена в табл. 6.

Таблица 6 – История развития САПР по материалам научных исследований

Дата	Особенность
С середины 1960-х	Благодаря системе разработки документов IBM (англ. IBM Drafting System), системы автоматизированного проектирования стали предоставлять больше возможностей, чем просто возможность воспроизведения в электронном виде чертежей, созданных вручную, что стало очевидной экономической выгодой для компаний, переходящих на CAD
1970-е	Был получен ряд научно-практических результатов, доказавших принципиальную возможность проектирования сложных промышленных изделий
1980-е	Появились и начали быстро распространяться CAD/CAM/CAE-системы массового применения
1990 – настоящее время	Происходит совершенствование функциональности CAD/CAM/CAE-систем и их дальнейшее распространение в высокотехнологичных производствах

Основная цель САПР в землеустройстве заключается в решении вопросов организации рационального использования и охраны земель на более высоком уровне, с применением технологий получения, обработки и оптимизации информации, которые позволяют повысить оперативность, улучшить качество и снизить трудоемкость принимаемых решений за счет автоматизации процессов проектирования.

Объектом автоматизации являются процессы землеустроительного

проектирования: сбор, накопление и обработка данных.

Поскольку САПР является многофункциональной системой и решает различного вида задачи, то, как и ГИС-технологии, не имеет единой утвержденной системы классификации. Мы приведем несколько классификаций САПР (рис. 5).

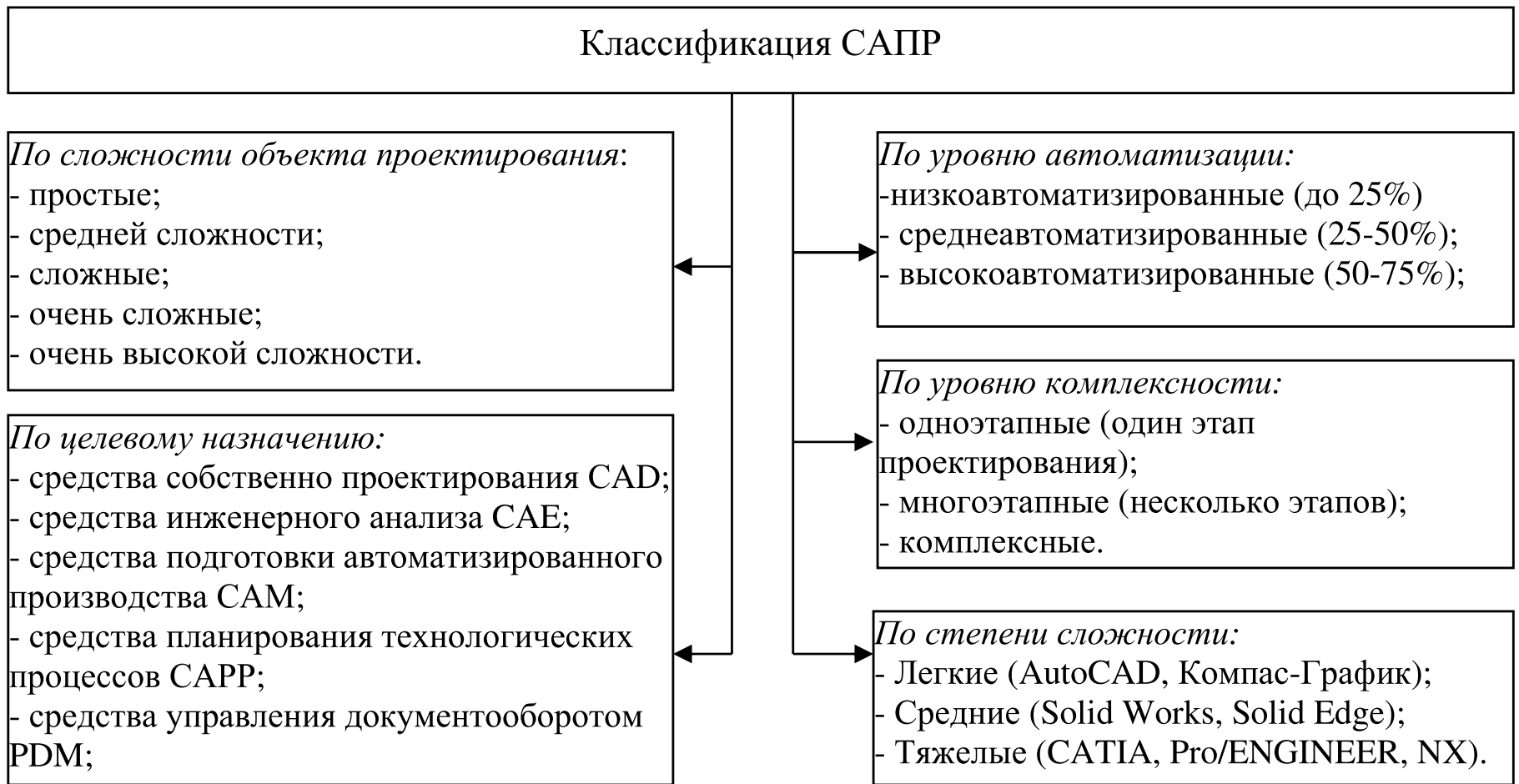


Рисунок 5 – Классификация САПР (составлено автором по материалам исследований Е.С. Нестеренко и В.Н. Малюху)

В землеустроительном проектировании используются как ГИС-технологии, так и САПР. На определенном этапе проектирования одну систему, можно заменить другой. При сравнении ГИС и САПР можно выявить сходства и различия, а также преимущества и недостатки использования данных систем (табл.7).

Таблица 7 – Сравнение ГИС и САПР (составлено автором совместно с руководителем)

Показатели	ГИС	САПР
Назначение	планирование, управление, хранение информации	проектирование
Функции	анализ, оценка, прогноз	оптимизация производства
Результат	проект	проект
Степень автоматизации	не является полностью автоматической	не является полностью автоматической

Что бы получить более точный результат при проектировании, необходимо понять и проанализировать для какого этапа землеустроительного проектирования, какая система цифровизации будет использоваться

эффективнее.

Достоинства и недостатки ГИС и САПР представлены на рис. 6.

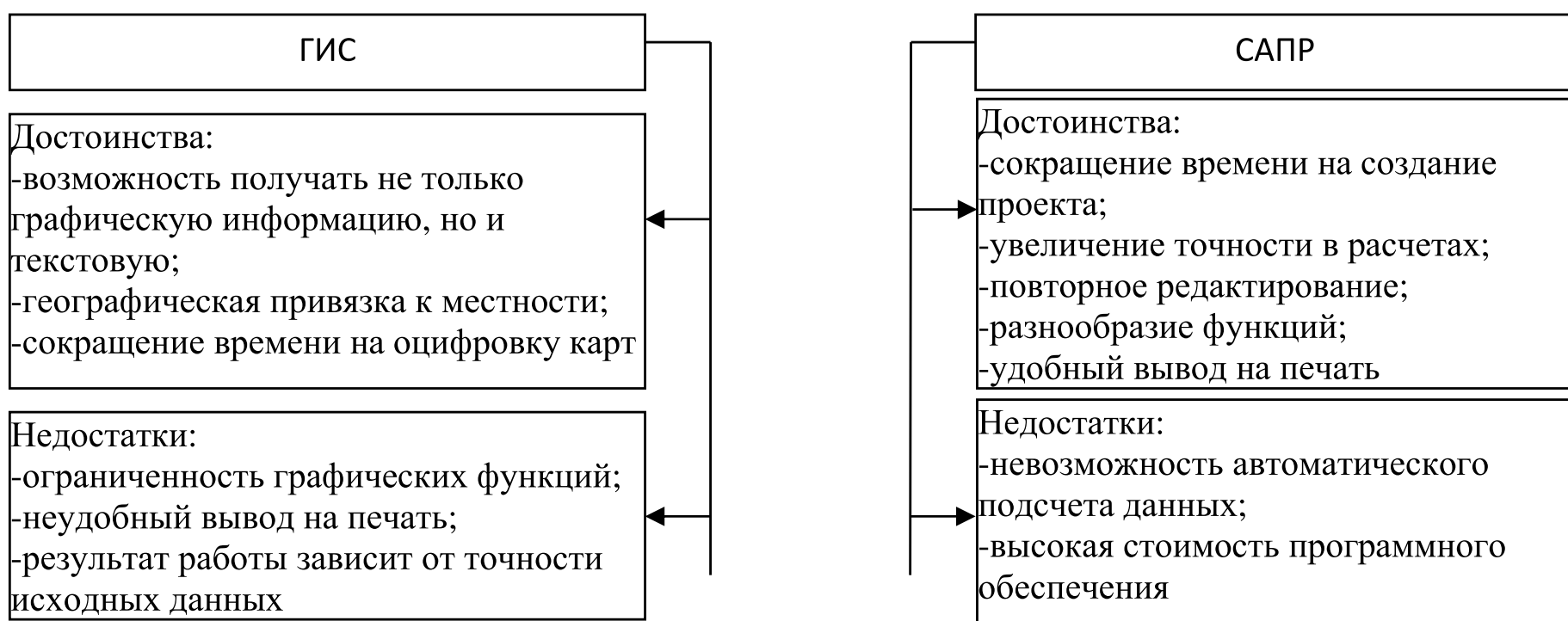


Рисунок 6 – Достоинства и недостатки ГИС и САПР (составлено автором совместно с руководителем)

Системы автоматизированного проектирования (САПР) являются неотъемлемой частью современной проектной деятельности в различных отраслях науки и техники. В последние годы наблюдается активное развитие САПР, основанных на использовании систем искусственного интеллекта (ИИ). Это связано с рядом преимуществ, которые предоставляет использование ИИ в САПР.

Современное развитие систем автоматизированного проектирования с использованием искусственного интеллекта подразделяются на несколько основных направлений.

Нейронные сети – один из видов искусственного интеллекта, который активно используется в системах автоматизированного проектирования. Нейронные сети обладают способностью к обучению, что позволяет им адаптироваться к различным задачам и улучшать свои результаты с течением времени.

Примером использования нейронных сетей в системах САПР является их применение в задачах компьютерного зрения. Нейросети позволяют автоматизировать процесс распознавания объектов на изображениях, что существенно ускоряет процесс разработки и улучшает качество получаемых результатов.

Генетические алгоритмы – еще один вид искусственного интеллекта,

применяемый в системах автоматизированного проектирования. Генетические алгоритмы основаны на принципах эволюции и позволяют находить оптимальные решения сложных задач, таких как оптимизация конструкций и поиск оптимальных параметров систем.

Применение генетических алгоритмов позволяет существенно сократить время, затрачиваемое на разработку и анализ сложных проектов. Кроме того, генетические алгоритмы могут быть использованы для создания адаптивных систем, способных автоматически изменять свои параметры в зависимости от внешних условий.

CAD/CAM-системы – это инструменты автоматизированного проектирования и изготовления деталей и изделий. Интеграция искусственного интеллекта с такими системами позволяет автоматизировать процесс проектирования, улучшить качество результатов и сократить время на разработку [2].

Интеграция ИИ с CAD/CAM-системами может осуществляться через использование нейронных сетей для распознавания образов или через применение генетических алгоритмов для оптимизации конструкций и поиска оптимальных параметров. Также возможно использование методов машинного обучения для анализа данных и выявления закономерностей.

Системы управления жизненным циклом изделия (PLM) предназначены для автоматизации процессов проектирования, производства и эксплуатации изделий. Включение искусственного интеллекта в такие системы позволяет автоматизировать процессы анализа данных, принятия решений и оптимизации параметров изделий.

Например, нейронные сети могут использоваться для распознавания дефектов изделий, прогнозирования их поведения в различных условиях эксплуатации и оптимизации производственных процессов. Генетические алгоритмы могут применяться для оптимизации конструкции изделия и поиска его оптимальных характеристик.

Интеллектуальные САПР – это системы, способные к самостоятельному принятию решений на основе анализа данных и использования искусственного интеллекта. Такие системы могут самостоятельно адаптироваться к

изменяющимся условиям, обучаться на основе опыта и принимать решения на основе полученных данных.

Интеллектуальные системы автоматизированного проектирования могут использоваться в различных отраслях, таких как автомобилестроение, авиакосмическая промышленность, энергетика и т.д. Они позволяют создавать более эффективные и надежные системы, а также сокращать время на разработку и производство продукции.

Современное развитие систем автоматизированного проектирования идет в направлении создания интеллектуальных систем, способных к самостоятельному анализу данных и принятию решений. Это позволит значительно сократить время на проектирование и разработку новых решений в землеустройстве, а также улучшить их качество и надежность.

Кроме того, развитие ИИ в САПР будет способствовать созданию более эффективных и адаптивных производственных систем, способных быстро реагировать на изменения в условиях производства и потребностях рынка. Также ИИ может быть использован для решения задач оптимизации и прогнозирования, что позволит улучшить качество продукции и снизить затраты на ее производство.

При создании проектов по землеустройству есть возможность совместного применения цифровых технологий и методов математического моделирования. Цифровые технологии помогут упростить создание графической части проекта, а методы математического моделирования помогают выбрать оптимальные варианты проектных решений.

2.3 Экономико-математические модели и алгоритмы экономического обоснования проектов внутрихозяйственного землеустройства

В условиях крупномасштабных земельных преобразований существенно возрастают объемы землеустроительных работ, что повышает требования к обоснованию проектных землеустроительных решений. Научные исследования и практика землеустройства показали, что для принятия управленческих и организационно-хозяйственных решений в области землепользования в

настоящее время целесообразно использовать математические методы, моделирование с решением задач на компьютере [21].

Для решения землеустроительных задач, используют различные виды экономических, математических моделей, позволяющих проводить анализ использования земельных ресурсов, выявить определенные тенденции и находить оптимальные варианты устройства территории.

Модель – это аналог чего-либо, образ исследуемого объекта, отражающий основные характеристики этого объекта.

Математическая модель – это описание объектов, явлений или процессов, с помощью знаков, символов, т.е. с использованием математического языка. Она имеет вид некоторой совокупности уравнений и неравенств, таблиц, формул и т.д. Математическая структура отображает свойства объекта, проявляющиеся в условном существовании и развитии.

При помощи экономико-математической моделей, осуществляют также анализ уровня использования земель, подготавливают информацию для применения оптимизационных методов, производственно обосновывают землеустроительные проектные решения.

Чтобы дать четкую классификацию математических моделей, используемых в землеустройстве, основываются на несколько классификационных признаков. Они представлены в табл. 8.

Таблица 8 – Классификация математических моделей, используемых в землеустройстве по С.Н. Волкову

Классификационный признак	Виды математических моделей
Вид проектной документации	Графические Экономические
Степень определенности информации	Детерминистические Стохастические
Вид землеустройства или землеустроительного действия	Межотраслевые Межхозяйственного землеустройства Внутрихозяйственного землеустройства Рабочего проектирования
Математические методы, которые лежат в основе	Аналитические Экономико-статистические Оптимизационные Балансовые Сетевого планирования

В свою очередь М.Е. Браславец и Р.Г. Кравченко приводят свои классификации математических моделей, они представлены в табл. 9.

Таблица 9 – Классификация математических моделей по М.Е. Браславцу и Р.Г. Кравченко

По М.Е. Браславцу	По Р.Г. Кравченко
Экономико-статистические, включающие в себя корреляционные уравнения, которые отражают связь зависимых и независимых факторов	Корреляционные и балансовые модели позволяют отобразить степень влияния различных факторов на производство и обосновать их
Экономико-математические, которые в свою очередь разделил еще на две группы: детерминистические и стохастические	Оптимизационные модели позволяют выбрать оптимальный вариант развития экономических систем

Рассмотрим подробно каждый классификационный признак.

Землеустроительная документация делится на графическую и текстовую. При этом основу текстовой документации составляют расчеты. Потому в зависимости от вида проектной документации:

- графические модели – цифровая модель местности. Считаются математическими лишь условно, так как характеризуют условия производства в цифровом виде;

- экономические модели – выраженные в математической форме различные расчеты по проектам землеустройства.

Такое разделение связано с тем, что графические модели позволяют показать проект в числовом или цифровом виде, а экономические модели обосновывают эффективность землеустроительного проекта.

В зависимости от степени определенности информации:

- детерминированные модели – строятся на основе правил линейной алгебры, представляют собой систему уравнений, которая решается совместно, а результат полностью и однозначно зависит от набора независимых переменных;

- стохастические модели – описывают случайные процессы, основанные на теории вероятностей, также данные модели представляют собой статистические ряды, с помощью которых анализируются закономерности, не имеющие строго функциональных связей.

В зависимости от вида землеустройства или землеустроительного действия:

- межотраслевые модели – решают задачи на уровне Российской

Федерации, ее субъектов, местной администрации и т.д., по вопросам планирования и прогнозирования оптимального использования земельных ресурсов и их охраны;

- модели внутрихозяйственного землеустройства – данные модели позволяют решать вопросы в отношении полного, рационального и эффективного использования земельных ресурсов и оптимизации производства в конкретной сельскохозяйственной организации;

- модели рабочего проектирования – данные модели предназначены для решения землеустроительных задач на конкретном земельном участке. Такими задачи являются, например, создание культурных пастбищ, выполаживание оврагов, закладка многолетних насаждений и т.д. [11].

В зависимости от методов, которые лежат в основе модели:

- аналитические модели – в их основе лежит применение классического математического аппарата. Данные модели представлены в виде формул, отражающих функциональную зависимость, где каждому определенному значению фактора, соответствует строго определенный результат;

- экономико-статистические модели – базируются на использовании теории вероятностей, статистической информации и сборе статистических данных. С помощью этих моделей рассчитываются прогнозы, а также некоторые параметры организации территорий;

- оптимизационные модели – основываются на методах математического программирования и позволяют находить минимальные и максимальные значения целевой функции. Подразделяются на два вида: комбинированные и дифференцированные. При первом виде задачи решаются непосредственно по всему проекту, учитывая взаимосвязь различных факторов, во втором случае данные задачи решаются постепенно, например, по составным частям проекта землеустройства;

- балансовые модели – основаны на взаимном сопоставлении имеющихся ресурсов и потребностей в них. Представляют собой систему уравнений, удовлетворяющих требованию соответствия наличия ресурсов и их использования;

- модели сетевого планирования – предназначены для планирования и

организации землеустроительных работ, при разработке плана перехода к новым севооборотам, реализации проекта землеустройства и авторского надзора [11].

В зависимости от задач, поставленных в проекте внутрихозяйственного землеустройства и опираясь на вышеприведенную классификацию, можно применять различные математические модели.

Например, графические модели применяются для обозначения в проекте площадных, линейных и точечных объектов. Таких как поля севооборотов и их рабочие участки, гуртовые участки, полевые дороги, лесополосы, колодцы и т.д.

С помощью экономических моделей можно сделать агроэкономическое, технико-экономическое обоснование проектов и т.д.

Аналитические модели могут применяться для расчетов коэффициентов, характеризующих пространственные характеристики землепользования, для определения среднего расстояния, рабочего уклона, длины рабочего участка и т.д.

Экономико-статистические модели позволят рассчитать прогнозируемую урожайность сельскохозяйственных культур, продуктивность животных, а также распаханность, освоенность и т.д.

Оптимизационные модели могут применяться для организации угодий, определения оптимальной трансформации, установления видов, типов и количества севооборотов и т.д.

Применение балансовых моделей позволяет определить баланс кормов для животноводства, трудовые ресурсы, перспективную численность населения и т.д.

Возможность применения математических моделей в землеустройстве обусловлена следующими критериями:

- задачи, решаемые в землеустройстве, носят экономический характер;
- альтернативность землеустроительных решений, наличие нескольких вариантов развития землепользования;
- возможность выражения переменных в числовой форме (площадь угодья, длина гона, поголовье скота и т.д.);
- наличие системы определенных условий и ограничений (сумма площадей угодий должна равняться площади землепользования).

Применение математических методов в землеустройстве может быть направлено на решение следующих задач:

- обоснование размещения, специализации и концентрации сельскохозяйственного производства в схемах землеустройства районов;
- оптимизация размеров и размещения землепользований сельскохозяйственных предприятий в административных районах при межхозяйственном землеустройстве;
- внутрихозяйственная специализация и сочетание отраслей в проектах внутрихозяйственного землеустройства;
- оптимизация трансформации, мелиорации и размещения угодий;
- установление оптимальных типов, видов севооборотов, их размеров и размещения;
- моделирование системы сельского расселения, оптимизация размещения населенных пунктов и производственных центров в схемах и проектах землеустройства;
- определение оптимального состава и структуры комплекса противоэрозионных мероприятий [26].

Для создания математической модели необходимо иметь определенные данные о землепользовании. Необходимые данные, можно получить с картографического материала землепользования, который оцифрован с помощью средств работы с графической информацией. Связь цифровых технологий и математического моделирования представлена на рис. 7.

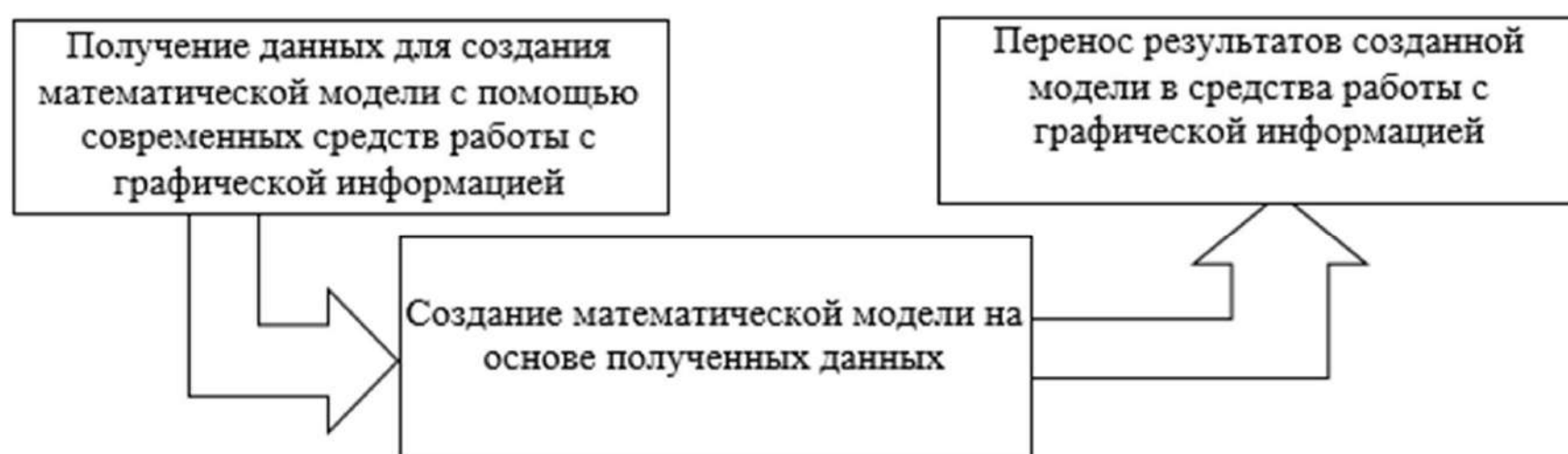


Рисунок 7 – Связь между применением математического моделирования и цифровых технологий (составлено автором совместно с руководителем)

Создание проекта внутрихозяйственного землеустройства осуществляется в определенной последовательности. Так как в данной работе проект внутрихозяйственного землеустройства будет выполнен не традиционным способом, а с применением цифровых технологий, методов математического моделирования и систем искусственного интеллекта, нами был разработан алгоритм их применения для каждого этапа проекта.

2.4 Порядок проведения внутрихозяйственного землеустройства с применением цифровых технологий, математического моделирования и искусственного интеллекта

Проект внутрихозяйственного землеустройства представляет собой совокупность документов (расчетов, чертежей) по организации рационального использования и охране земель, и связанных с ней средств производства в конкретной сельскохозяйственной организации.

Состав и содержание проекта внутрихозяйственного землеустройства определяются природными и социально-экономическими условиями, формами землевладения и землепользования, степенью устроенности территории и освоения ранее разработанных проектных решений. Однако во всех случаях при внутрихозяйственном землеустройстве должен рассматриваться полный перечень проектных задач, определяемых составными частями и элементами проекта. Перечень составных частей и элементов проекта должен учитывать взаимосвязь производства и территории сельскохозяйственной организации, а также отдельные уровни и структуру хозяйства. Что бы упростить процесс проектирования, а также оосовременить его нами был разработан алгоритм применения цифровых технологий. Алгоритм применения цифровых технологий, математических моделей и искусственного интеллекта представлен на рис. 8.

Землеустроительное проектирование начинается с подготовительных и обследовательских работ. Следует начать с подбора планово-картографического материала, уточнения границ землепользования, посторонних землепользований и зон с особым режимом использования, составления экспликации земель и поконтурной

ведомости, а также описать пространственные характеристики землепользования.

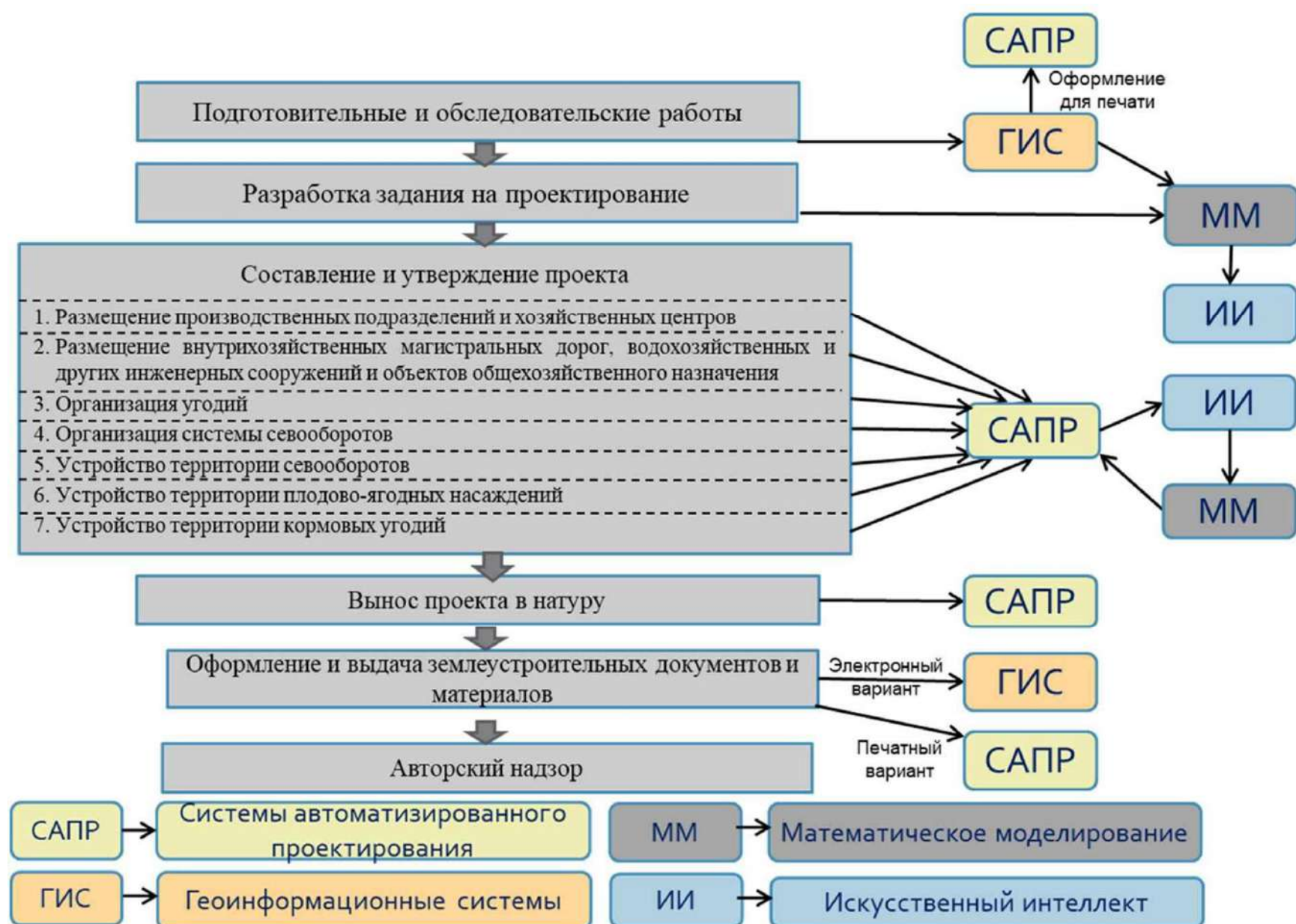


Рисунок 8 – Алгоритм применения цифровых технологий, ММ и ИИ (составлено автором совместно с руководителем)

При выполнении подготовительных и обследовательских работ мы предлагаем использовать ГИС-технологии.

С помощью таких технологий мы можем привязать картографический материал на топографическую подложку. ГИС-технологии помогают быстро оцифровать картографический материал, автоматически посчитать площади угодий, сделать поконтурную ведомость и экспликацию земель. Все вышеописанные действия значительно упрощают работу и сокращают время на первом этапе проектирования. Преимущество ГИС-технологий в рамках подготовительных работ заключается в том, что, создавая графическую часть проекта, есть возможность автоматизировано заполнить часть семантической информации о землепользовании. Для расчета пространственных коэффициентов используется аналитическая математическая модель, которая имеет четкие формулы и конкретный результат, для упрощения расчетов пространственных характеристик с помощью языка программирования будет разработан калькулятор.

Оформление графической части можно сделать как с помощью ГИС-технологий, так и с помощью САПР. Но в САПР оформить чертеж подготовительных и обследовательских работ к проекту внутрихозяйственного землеустройства значительно легче, в виду наличия необходимого набора инструментов. Например, сделать ограничительную рамку по краю листа с помощью полилинии и ортогонального ограничения перемещения курсора. Начертить штамп можно с помощью инструмента «отрезок», для этого в САПР есть возможность задать направление и длину построения. САПР позволяет сделать разбивку на листы для печати отдельных элементов карты, в ГИС такая возможность отсутствует.

Следующим этапом проектирования является разработка задания на проектирование, которое определяет основные направления развития производства, организации территории и охраны земель. Помимо этого, в задании на проектирование отражаются следующие показатели:

- основания и сроки проектирования, организация и оплата работ;
- сроки полного и первоочередного освоения проекта;
- производственное направление и специализация хозяйства;
- объемы валовой и товарной продукции по отраслям;
- организационно-производственная структура предприятия;
- структура посевных площадей и проектируемый уровень урожайности сельскохозяйственных культур;
- поголовье и продуктивность скота и т.д [61].

При разработке задания на проектирование нет необходимости применять ГИС-технологии и САПР, так как его можно составить с помощью Microsoft Word или Excel, но, применяется не аналитическая модель, как при подготовительных работах, а балансовая.

После разработки задания на проектирование, следует приступить к основному этапу составления и утверждения проекта, который включает в себя семь составных частей, описанных в предыдущей главе.

На этапе составления и утверждения проекта происходит экспортирование оцифрованного с помощью ГИС-технологий картографического материала, в САПР. В системе автоматизированного проектирования будет осуществляться процесс

разработки вариантов решений для каждой составной части проекта внутрихозяйственного землеустройства. Для обоснований решений проектирования следует применять методы математического моделирования, которые будут выбраны в зависимости от задач, поставленных в проекте. А так же разработаны экспертные системы по выбору специализации хозяйства и по выбору угодий пригодных для трансформации. Разработка математической модели осуществляется в несколько этапов:

1. Выбор объекта проектирования.
2. Постановка задачи и определение цели моделирования.
3. Описание объекта проектирования, соотношение количественных зависимостей в задаче.
4. Выбор математического метода решения задачи.
5. Построение структурной математической модели.
6. Построение числовой математической модели.
7. Решение задачи, анализ, уточнение модели и корректировка результатов.
8. Решение задачи по скорректированной модели.

Вынос проекта в натуру следует производить с помощью САПР. Необходимо установить специальное расширение, с помощью которого будут вынесены поворотные точки с координатами и переданы геодезистам для закрепления их на местности. Это является оптимальным вариантом, так как землестроителю не придется выписывать все координаты вручную, следовательно, сокращается время на выполнение проектирования.

Оформление и выдача землеустроительной документации является завершающей частью процесса землеустройства. Данный этап не требует применения цифровых технологий за исключением оформления картографического материала. Оформление может осуществляться и с помощью ГИС-технологий, и с помощью САПР, в зависимости от требований заказчика. ГИС-технологии применяются, если заказчику землеустроительных работ необходим электронный вариант картографического материала. Потому что эти технологии помимо графической части проекта содержат семантическую информацию о землепользовании, такую как площади угодий, их качественные характеристики, площадь посторонних

землепользований и т.д. Наличие такой особенности облегчает доступ и поиск необходимой информации. САПР применяется, если заказчику необходим печатный вариант, так как с помощью данной технологии значительно проще сделать разбивку на листы и при необходимости вывести на печать в нужном формате различные части картографического материала проекта. Если заказчику землеустроительных работ потребуется предоставить графическую часть третьим лицам, то это удобнее сделать с помощью САПР. Так как графика в данной системе проектируется в формате DWG, который имеет широкое распространение в проектировании и все созданные слои находятся в одном файле. Тогда как в ГИС-технологиях каждый слой имеет от 2 до 5 файлов, что в целом представляет собой достаточно большое количество файлов, при потере хотя бы одного из них, информация будет отображаться не полностью, что в итоге создает неудобство при передаче.

Авторский надзор заключается в систематической проверке сохранности граничных знаков, полноты и точности осуществления проекта. Авторский надзор проводится в следующей последовательности:

1. Ознакомление с состоянием освоения проекта. Проверяется наличие и состояние проектной документации, наличие граничных знаков, степень освоения отдельных элементов проекта по составным частям.
2. Корректировка мероприятий по дальнейшему освоению проекта с учетом степени его освоенности на данный период времени.
3. Рассмотрение, согласование, утверждение разработанных мероприятий по корректировке проекта и плана его осуществления.
4. Проведение чертежно-оформительских работ по внесению изменений и исправлений графической и текстовой документации проекта внутрихозяйственного землеустройства.

При осуществлении авторского надзора нет необходимости применять цифровые технологии, за исключением четвертого пункта.

Проектирование начинается с подготовительных и обследовательских работ. Рассмотрим объект проектирования СПК «Звезда» и его пространственные характеристики, а также выявим факторы, влияющие на развитие сельского хозяйства в Ленинградской области.

3 Планирование развития сельскохозяйственного землевладения и землепользования в Ленинградской области на перспективу

3.1 Факторы, влияющие на развитие сельскохозяйственного землевладения и землепользования в Ленинградской области

Эффективность ведения сельского хозяйства напрямую зависит от региона, в котором расположено землепользование. Так и при разработке проекта внутрихозяйственного землеустройства необходимо учитывать природно-климатические факторы региона.

География и административное устройство. Ленинградская область является субъектом Российской Федерации и входит в состав Северо-Западного федерального округа. Органы государственной власти Ленинградской области размещаются на территории г. Гатчины (с 2021 г.) и Санкт-Петербурга. Регион граничит с пятью субъектами Российской Федерации: Санкт-Петербургом (городом федерального значения), Республикой Карелия, Вологодской областью, Новгородской областью, Псковской областью, а также с двумя государствами: Республикой Финляндия и Республикой Эстония. Территория Ленинградской области составляет 83 908,8 км² (0,5% общей площади Российской Федерации), в том числе 10 068 км² — площадь акватории Ладожского и Онежского озер. Общая протяженность границы по суше 2440 км. Значительную часть площади области занимают низменные, слабопересеченные равнины. Холмы и гряды разной формы и высоты (Вепсская возвышенность — 291 м, Лемболовские высоты — 205 м, Ижорская возвышенность — 168 м над уровнем моря) сочетаются с озерами и болотными впадинами (почти 15% территории области заболочены). На территории региона расположены около 1800 озер, крупнейшее из них и первое по величине в Европе — Ладожское, площадью более 18 тыс. км². Общая протяженность всех рек в Ленинградской области около 50 тыс. км. Более 50% территории региона занимают земли лесного фонда и земли, на которых расположены леса, в том числе особо охраняемые природные территории. Также на территории Ленинградской

области расположены водно-болотные угодья международного значения. Часть территории региона представляет собой мегаполис-агломерацию, требующую специальных подходов в реализации природоохранных мероприятий. Поэтому проблемы охраны окружающей среды и обеспечения вопросов экологической безопасности в регионе невозможно диверсифицировать без учета совместного воздействия субъектов Российской Федерации — города Санкт-Петербурга и Ленинградской области [20].

Климат. Климат области определяется наличием большого количества водных пространств, влиянием Балтийского моря. В целом климат переходный от континентального к морскому. Среднегодовая температура +5 °С. Зимой температура от –10 до –15 °С, редко ниже –25 °С. Летом от +15 до +20 °С. Относительная влажность воздуха находится в пределах 60% летом и 85% зимой. Количество осадков 550–650 мм, значительная часть выпадает в виде снега в зимний период.

Промышленность, производство и экспорт. Для области в силу ее приграничного статуса и стратегического транспортно-логистического потенциала федерального уровня высок удельный вес промышленных и хозяйственных объектов, отнесенных к природоохранной компетенции РФ. Промышленность Ленинградской области традиционно остается одной из ведущих отраслей хозяйствования, создающих базу для стабильного экономического развития региона. Доля промышленности в валовом региональном продукте Ленинградской области составляет 35,5%. По итогам года объем отгруженных товаров собственного производства, выполненных работ и услуг по основным видам промышленной деятельности Ленинградской области составил 1 871,94 млрд руб. (110,2% к 2021 году), в том числе в обрабатывающих производствах — 1 619,81 млрд руб. (110,9% к 2021 году). Индекс промышленного производства по полному кругу предприятий составил 97,1%, по обрабатывающей промышленности — 97,3%. Количество стран-партнеров в экспорте Ленинградской области — 122. Основные страны-импортеры: Китай (18%), Бельгия (11%), Нидерланды (9%), Эстония (8%) и Турция (7%). По итогам 2022 года объем производства продукции сельского хозяйства достиг 118,6 млрд рублей, индекс сельскохозяйственного производства составил 102,7%. Объем

производства предприятий пищевой, перерабатывающей промышленности за 2022 год составил 237,1 млрд руб., индекс промышленного производства — 98,7%. Объем производства продукции рыбохозяйственного комплекса составил 13,0 млрд руб. Производство молока составило 680,4 тыс. т (103,4% к 2021 году). В 2022 году производство мяса скота и птицы составило 372,7 тыс. т (102,4% к 2021 году). Продукция птицеводства в региональном производстве мяса скота и птицы занимает 82%, или 305,5 тыс. т (104,1% к 2021 году).

Транспортный комплекс и благоустройство. В 2022 году пригородным железнодорожным транспортом и автотранспортными пассажирскими предприятиями по территории Ленинградской области перевезено 109,9 млн пассажиров или 114,7% к уровню 2021 года, при суммарном пассажирообороте 4 137,7 млн пассажиров (111,1%). Обеспеченность населения Ленинградской области централизованными услугами водоснабжения и водоотведения по итогам года достигла 81,6%. В целях газификации территории Ленинградской области в 2022 году к сетям газораспределения подключено 1 388 индивидуальных домовладений.

Инвестиционная политика. По итогам Национального рейтинга состояния инвестиционного климата Ленинградская область заняла 9 место и вошла в перечень регионов-лидеров с наиболее благоприятными условиями для ведения бизнеса, улучшив свои позиции по сравнению с предыдущим годом на 1 место. Объем инвестиций в основной капитал за счет всех источников финансирования в 2022 году составил 545,7 млрд руб., что на 11,6% выше аналогичного периода 2021 года [20].

Агропромышленный комплекс Ленинградской области представлен более чем пятьюстами крупными и средними предприятиями, больше половины из которых (51%) приходится на сельскохозяйственные предприятия; 20,1% на предприятия пищевой и перерабатывающей промышленности; 28,8% на предприятия рыбохозяйственного комплекса. В регионе представлено несколько сельскохозяйственных потребительских кооперативов, более 1000 крестьянских (фермерских) хозяйств и более 100 тысяч личных подсобных хозяйств.

Сельскохозяйственное производство, основанное на современных

инновационных технологиях, позволяет Ленинградской области прочно удерживать одну из лидирующих позиций в стране. Это один из немногих регионов России, сохранивший в условиях реформ крупнотоварный сектор производства, - 75% всей продукции производится в сельскохозяйственных организациях (по мясу - 97,6%, молоку - 92,9%, яйцу - 98,9%, зерновым - 95,7%).

Высокий уровень достигнутых показателей в Ленинградской области по урожайности сельскохозяйственных культур в силу ограниченности площадей сельскохозяйственных угодий и в соответствии с законом убывающей отдачи ресурсов не позволяет прогнозировать высокие темпы прироста объемов производства сельскохозяйственной продукции на перспективу.

В отличие от других субъектов РФ возможности роста объемов производства сельскохозяйственной продукции в хозяйствах населения крайне ограничены. К тому же наблюдается тенденция сокращения посевных площадей и поголовья скота, для нейтрализации последствий которых потребуется дополнительно наращивать объемы производства в сельскохозяйственных организациях.

Высокий удельный вес в структуре производства отраслей животноводства требует для обеспечения существенного прироста производства больших объемов инвестиций и более длительных сроков их окупаемости.

Факторы, влияющие на современное состояние сельского хозяйства в Ленинградской области, представлены в Приложении Б.

Предполагается, что в рамках данных направлений основные результаты должны быть направлены на создание улучшающих инноваций, обеспечивающих высокую эффективность модернизации существующих производственных объектов, сельскохозяйственных комплексов и рост операционной эффективности предприятий в базовых отраслях экономики. При этом в области должны быть созданы условия для развития инновационной инфраструктуры, предполагающей функционирование не только крупных научно-исследовательских центров, но и широкого спектра небольших научных предприятий, обеспечивающих создание, трансферт, внедрение и коммерциализацию новых технологий.

На данном этапе происходит создание новых зон опережающего развития на базе созданных/модернизированных производственных предприятий и производственных кластеров, сельскохозяйственных комплексов и т.д. При этом необходимо создавать эффективную систему обеспечивающую передачу положительного опыта создания и развития зон опережающего развития на территории Ленинградской области.

Чтобы обеспечить продовольственную безопасность региона необходимо не только сохранить имеющиеся земли сельскохозяйственного назначения, но и искать способы освоения новых земель. Чтобы достичь такой цели необходимо иметь представление о текущей ситуации, касающейся состояния и использования земель сельскохозяйственного назначения.

3.2 Анализ современного состояния и использование земель сельскохозяйственного назначения

В структуре земельного фонда Ленинградской области преобладает лесной фонд, на долю которого приходится 56,65% от общей площади, а на долю земель сельскохозяйственного назначения — 20,27%. На долю земель населенных пунктов приходится 2,85%, из них площадь городов и поселков городского типа составляет 93,9 тыс. га, сельских населенных пунктов — 145 тыс. га. Земли промышленности, транспорта и иного специального назначения составляют 390 тыс. га, из которых наибольшая площадь приходится на земли обороны и безопасности (293,4 тыс. га). Земли водного фонда составляют 1081,3 тыс. га, из них 1006,8 тыс. га составляет зеркало Ладожского и Онежского озер [20].

В Ленинградской области, по данным Росреестра, площадь земель сельскохозяйственного назначения на 1 января 2023 года составляла 1700,4 тыс. га. К данной категории отнесены земли, предоставленные различным сельскохозяйственным предприятиям и организациям, а также предоставленные гражданам для ведения крестьянского (фермерского) хозяйства, личного подсобного хозяйства, садоводства, дачного хозяйства, огородничества, животноводства, сенокошения и выпаса сельскохозяйственных животных.

Особенностью земель сельскохозяйственного назначения Ленинградской области является то, что в составе данной категории преобладают лесные земли — 848,4 тыс. га (49,89%), сельскохозяйственные угодья составляют 615,5 тыс. га (36,20%). В составе сельскохозяйственных угодий пашня занимает 358,7 тыс. га (58,28%).

Анализ изменения площади земель сельскохозяйственного назначения на перспективу будет выполнен с помощью метода экстраполяции.

Экстраполяция представляет собой метод прогнозирования, основывающийся на предположении, что тенденция в развитии объекта (явления, процесса), выявленная в прошлом, сохранится и в будущем.

Экстраполяция может быть:

- перспективная;
- ретроспективная.

В общем случае для экстраполяции необходимо иметь временной ряд, где каждому значению времени (t) соответствует зависимая переменная (y – площадь с/х земель). Основой для расчетов служат данные о том, как менялась площадь земель с/х назначения за период с 2005 по 2023 год. Для наглядности ниже приведен график (рис. 9).

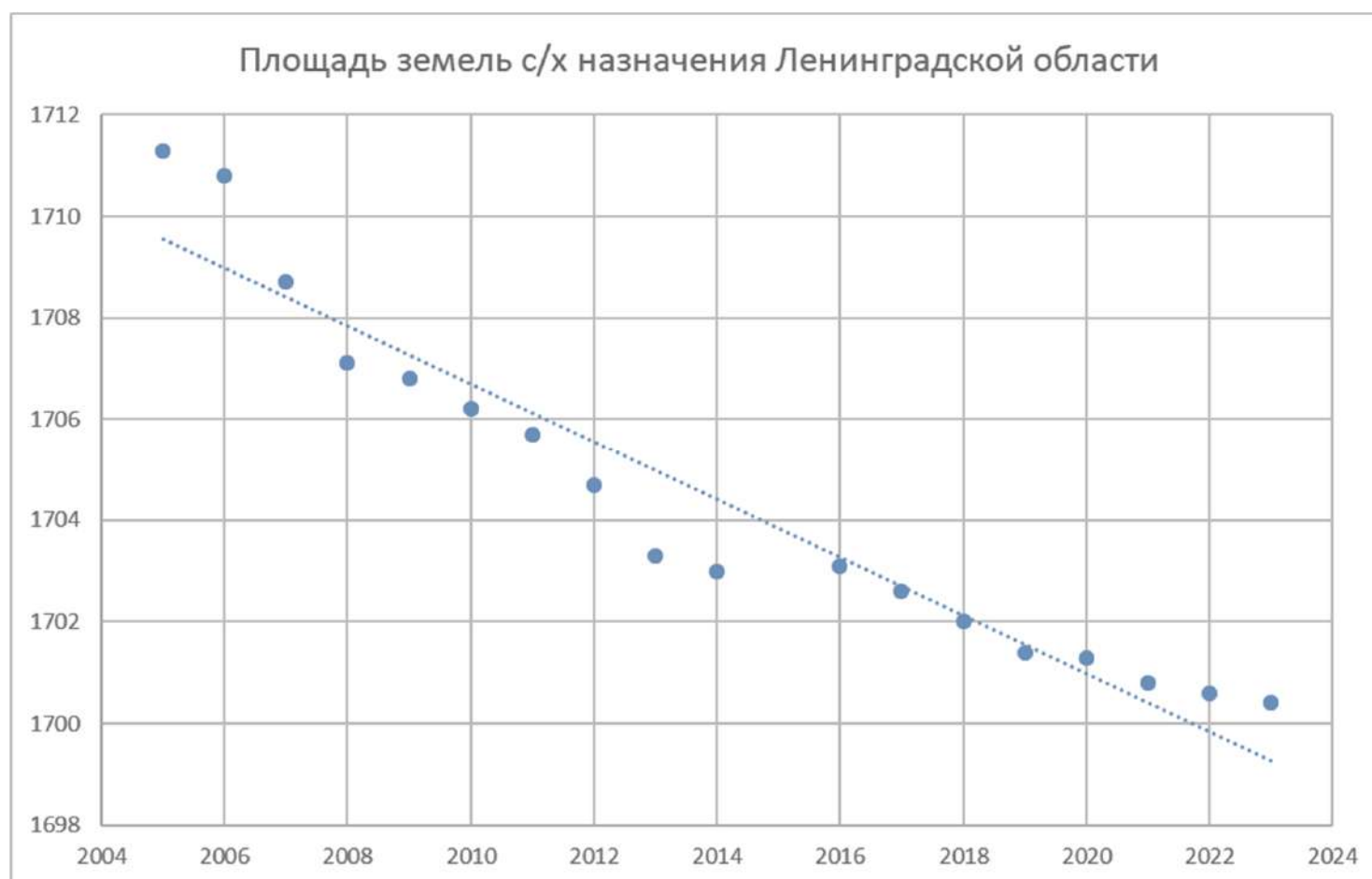


Рисунок 9 – График изменения площади земель сельскохозяйственного назначения за период с 2005 по 2023 год (составлено автором)

Прогноз изменения земель методом экстраполяции показан в табл. 10.

Таблица 10 – Изменения площади земель сельскохозяйственного назначения методом экстраполяции по материалам доклада о состоянии и использовании земель Ленинградской области в 2005-2023 гг. (составлено автором)

Прогноз изменения площади методом экстраполяции ($y = a + bt$)						
Год	t	Земли с/х назначения Yф, тыс. га	t ²	yt	Yт	Yф ²
2005	1	1711,3	1	1711,3	1709,640	2928547,69
2006	2	1710,8	4	3421,6	1709,030	2926836,64
2007	3	1708,7	9	5126,1	1708,420	2919655,69
2008	4	1707,1	16	6828,4	1707,810	2914190,41
2009	5	1706,8	25	8534	1707,200	2913166,24
2010	6	1706,2	36	10237,2	1706,590	2911118,44
2011	7	1705,7	49	11939,9	1705,980	2909412,49
2012	8	1704,7	64	13637,6	1705,370	2906002,09
2013	9	1703,3	81	15329,7	1704,760	2901230,89
2014	10	1703	100	17030	1704,150	2900209
2016	11	1703,1	121	18734,1	1703,540	2900549,61
2017	12	1702,6	144	20431,2	1702,930	2898846,76
2018	13	1702	169	22126	1702,320	2896804
2019	14	1701,4	196	23819,6	1701,710	2894761,96
2020	15	1701,3	225	25519,5	1701,100	2894421,69
2021	16	1700,8	256	27212,8	1700,490	2892720,64
2022	17	1700,6	289	28910,2	1699,880	2892040,36
2023	18	1700,4	324	30607,2	1699,270	2891360,16
Итого	171	30679,8	2109	291156,4	30680,190	52291874,76

Расчеты производятся на основе данных о землях сельскохозяйственного назначения за период с 2005 по 2023 год, ведутся по линейной зависимости $Y = a + bt$.

Параметры a и b рассчитываются по системе уравнений:

$$\begin{cases} \Sigma y = n \cdot a + b \cdot \Sigma t & (1) \\ \Sigma yt = a \Sigma t + b \cdot \Sigma t^2 & (2) \end{cases}$$

$$30679,8 = 18a + 171b$$

$$291156 = 171a + 2109b$$

$$a = 1701,52 - 4,5b$$

$$291156 = 171(1704,4 - 9,5b) + 2109b$$

$$-296,4 = 484,5b$$

$$b = -0,61; a = 1710,25$$

Значения a и b подставляются в уравнение. Далее определяется тенденция изменения площади сельскохозяйственных угодий на прогнозный период (18 лет).

$$Y = 1710,25 - 0,42t; \quad (3)$$

Для математической оценки соответствия выявленной тенденции фактическому развитию процесса, рассчитываются статистические показатели.

Коэффициент корреляции показывает тесноту связи изменения площади и времени. Он изменяется в интервале от -1 до +1.

$$r = \frac{n \cdot \Sigma y \cdot t - \Sigma y \cdot \Sigma t}{\sqrt{[n \cdot \Sigma t^2 - (\Sigma t)^2] \cdot [n \cdot \Sigma y^2 - (\Sigma y)^2]}} \quad (4)$$

$$r = \frac{18 \cdot 291156 - 30679,8 \cdot 171}{\sqrt{[18 \cdot 2109 - (171)^2] \cdot [18 \cdot 52291874,76 - (30679,8)^2]}}$$

$$r = -0,96$$

Данная связь является обратной и сильной.

О достоверности коэффициента корреляции можно судить по его отношению к стандартной ошибке:

$$m_r = \frac{1 - r^2}{\sqrt{n}} \quad (5)$$

$$m_r = \frac{1 - 0,98^2}{\sqrt{8}} = 0,06$$

Фактическое отношение коэффициента корреляции к величине ошибки:

$$t_{\text{факт}} = \frac{r}{m_r} \quad (6)$$

$$t_{\text{факт}} = \frac{0,98}{0,06} = 16,06$$

Значение коэффициента Стьюдента сравнивается с табличным значением, которое равно 3. Так как полученное значение коэффициента больше табличного значения, то можно сказать, что коэффициент корреляции достоверен.

Из приведенного анализа видно, что с каждым годом земель сельскохозяйственного назначения становится все меньше. Эта тенденция в дальнейшем приведет к ужасающим последствиям в виде выбытия из оборота продуктивных земель, следовательно, к сокращению возможности для сельскохозяйственных организаций расширить свое производство.

3.3 Пространственная характеристика землепользования СПК «Звезда» с использованием математического моделирования как основа подготовительных работ к проекту внутрихозяйственного землеустройства

Гатчинский район расположен на северо-западе европейской части России.

Гатчинский район представлен на рис. 10.



Рисунок 10 – Гатчинский район

Граничит:

- на северо-востоке — с городом федерального значения Санкт-Петербургом;
- на востоке — с Тосненским муниципальным районом;
- на юге — с Лужским муниципальным районом;
- на западе — с Волосовским муниципальным районом;
- на северо-западе — с Ломоносовским муниципальным районом.

Большая часть территории района расположена на Лужско-Оредежской возвышенности. Высоты (до 100 м) имеют здесь очень плавные перепады. В целом для территории района характерен полого-холмистый равнинный рельеф. Яркие выраженные возвышенные ландшафты преобладают лишь на северо-западе, где в пределы района входит восточный край Ижорской возвышенности. Для этой территории характерны краевые моренные гряды и холмы.

В северной части района преобладают геологические отложения ордовикского периода, а в южной — девонского. В основном, они покрыты слоем ледниковых отложений четвертичного периода. Исключение составляют берега реки Оредеж, где девонские породы выходят прямо на поверхность.

Климат в районе атлантико-континентальный. Морские воздушные массы обуславливают сравнительно мягкую зиму с частыми оттепелями и умеренно-тёплое, иногда прохладное лето.

Средняя температура января -8°C , июля $+17^{\circ}\text{C}$. Годовое количество осадков 650—700 мм, в зимний период выпадают преимущественно в виде снега. Преобладают западные и южные ветры. Весной и летом наблюдается явление белых ночей. Так как климат является достаточно прохладным, то сельскохозяйственная организация вынуждена ограничить себя в выборе выращиваемых сельскохозяйственных культур. В основном эти культуры будут представлены зерновыми и корнеплодами, которые устойчивы к резким перепадам температур.

На территории района преобладают подзолистые почвы, бедные перегноем и отличающиеся значительной кислотностью. При этом в южной части образовались дерново-подзолистые почвы, в центральной — сильноподзолистые, а в восточной — слабо и среднеподзолистые. Сельскохозяйственное использование этих почв требует их искусственного улучшения.

В юго-восточной части района, на территории Мшинского болота, преобладают переувлажнённые болотные и торфяные почвы. На данных почвах необходимо провести комплекс мелиоративных мероприятий по осушению.

По территории района протекает множество рек, крупнейшими из которых являются Ижора и Оредеж. Крупнейшими озёрами являются Вялье и Орлинское. Значительная часть территории района, особенно в юго-восточной части, заболочена. Следовательно, вблизи данных рек будут установлены зоны с особым режимом использования, ограничивающие ведения сельского хозяйства.

Землепользование СПК «Звезда» расположено в Гатчинском районе Ленинградской области.

На территории землепользования СПК «Звезда» присутствуют посторонние землепользования, которые представлены Государственным лесным фондом, гравийным карьером, посторонним объектом, который принадлежит к землям промышленности, а также дорогами третьей и четвертой категорий. Посторонние землепользования в основном располагаются на границе землепользования, что не препятствует ведению сельского хозяйства.

Площадь сельскохозяйственных угодий СПК «Звезда» составляет 1034,18 га, это 85,82 % всей территории. Сельскохозяйственные угодья данного

землепользования представлены в основном пашнями, их площадь составляет 675,49 га, это 57,47 %. Так же имеются пастбища площадью 175,78 га и сенокосы с общей площадью 165,85 га.

Контура пашни достаточно крупные, чистые, распределены по территории равномерно. Можно сделать вывод, что в хозяйстве применяется механизированная обработка, а специализацией является зерноводство.

Пастбища в основном представлены средними и мелкими контурами, располагающимися как вблизи площадки КРС, так и на достаточном удалении от нее. Все пастбища в землепользовании суходольные и в большинстве чистые.

Удаленность некоторых массивов пастбищ от площадки КРС будет затруднять ежедневный доступ дойного стада от площадки КРС до пастбища.

На таких пастбищах рекомендуется либо организация летнего лагеря, либо выпас не дойных групп скота, то есть предполагаемая специализация в хозяйстве разведение молочной направленности КРС.

Сенокосы расположены неравномерно, они сосредоточены в северо-западной части землепользования. Большинство из них имеет крупные контура и относительно ровные границы. Наличие сенокосов пригодных для механизированной обработки, говорит о том, что возможно стойловое содержание крупного рогатого скота.

Площадь несельскохозяйственных угодий составляет 170,87 га. Несельскохозяйственные угодья представлены в основном древесно-кустарниковой растительностью. Контура данных угодий мелкие и средние, расположенные в основном на границе землепользования. Но также часть данных угодий создает вклинивания и вкрапливания в сельскохозяйственные угодья, что в свою очередь будет затруднять механизированную обработку, следовательно, возникает необходимость провести трансформацию. Землепользование СПК «Звезда» представлено на рис. 11.

Охарактеризовать пространственные условия землепользования можно через соответствующие коэффициенты:

- коэффициент компактности;

- коэффициент дальнотемелья;
- коэффициент длиннотемелья;
- коэффициент округлости;
- коэффициент освоенности (по сельскохозяйственным угодьям);
- коэффициент распаханности;
- «коэффициент» контурности.

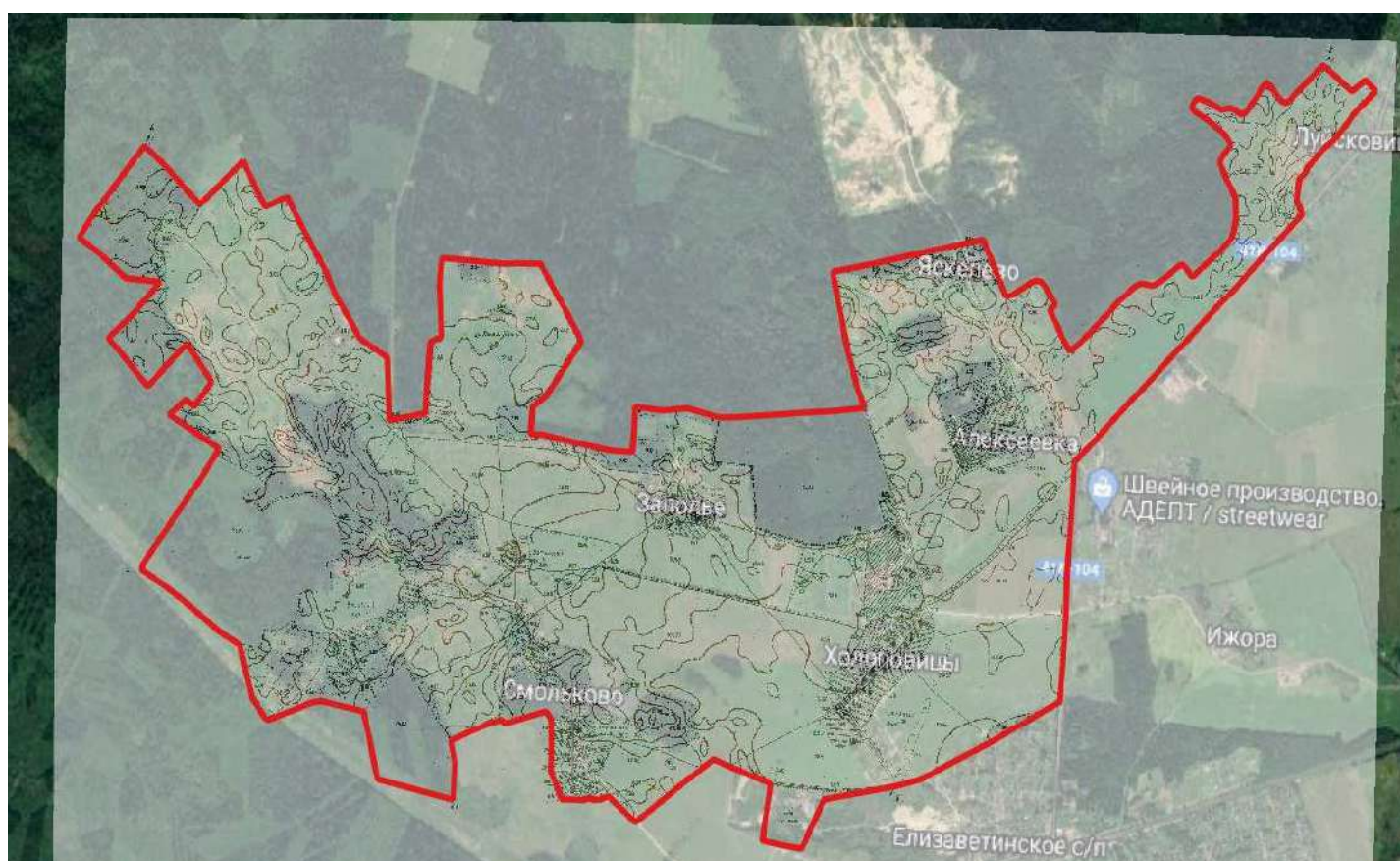


Рисунок 11 – Землепользование СПК «Звезда»

Коэффициент компактности, характеризует землепользования по условиям конфигурации.

$$K_k = \frac{P}{4\sqrt{S_{\text{общ.}}}} = \frac{37,21}{4\sqrt{12,0505}} = 2,68, \quad (7)$$

где P – Периметр землепользования, км;

$S_{\text{общ.}}$ – Площадь землепользования, км².

Коэффициент компактности землепользования равен 2,68, это говорит о не компактности землепользования, указывает на изломанность его границ, неправильную конфигурацию, что влечет за собой увеличение расходов на транспортировку сельскохозяйственной продукции.

Коэффициент длиннотемелья показывает расстояние между максимально удаленными друг от друга сельскохозяйственными угодьями.

$$K_{\text{дли}} = \frac{R1}{1,7\sqrt{S_{\text{общ}}}} = \frac{10,83}{5,89} = 1,83, \quad (8)$$

где $R1$ – расстояние между 2 наиболее удаленными точками по дорогам, км;

$S_{\text{общ.}}$ – Площадь землепользования, км².

Исходя из полученного коэффициента, можно сделать вывод, что землепользование сильно вытянуто с запада на восток, что приведет к увеличению ежегодных затрат на транспортировку удобрений, воды для полива, трудовых ресурсов и т.д. между угодьями.

Коэффициент дальnozемелья, характеризует землепользование по наибольшей протяженности расстояний перевозок сельскохозяйственной продукции, показывая отношение максимального расстояния перевозок в пределах землепользования к принятому за эталон квадратному землепользованию той же площади.

$$K_{\text{дал.}} = \frac{2R_2}{1,7\sqrt{S_{\text{общ.}}}} = \frac{2 \times 5,99}{5,89} = 2,03, \quad (9)$$

где $R2$ – среднее расстояние от хозяйственного центра до наиболее удаленного сельскохозяйственного угодья по дорогам, км;

$S_{\text{общ.}}$ – площадь землепользования, км².

Коэффициент показывает большую удаленность сельскохозяйственных угодий от хозяйственного центра по дорогам, следовательно, это влечет за собой увеличение затрат на транспортировку сельскохозяйственной продукции, а также на техническое обслуживание транспортных средств.

Коэффициент округлости показывает взаимное расположение угодий и хозяйственных центров в землепользовании в сравнении с эталонным землепользованием такой же площади.

$$K_{\text{окр}} = \frac{2R_3}{\sqrt{2S_{\text{общ.}}}} = \frac{2 \times 7,01}{\sqrt{2 \times 12,0505}} = \frac{2 \times 7,01}{4,9} = 2,86, \quad (10)$$

где R_3 – максимальное расстояние от хозяйственного центра до границ фактического землепользования, км;

$S_{\text{общ.}}$ – Площадь землепользования км².

Полученный результат показывает нам, что форма данного землепользования далека от эталонной, хозяйственный центр расположен не в середине землепользования, а смещен, что может негативно отразиться на транспортировке сельскохозяйственной продукции в хозяйственный центр, так как будут большие затраты на топливо.

Коэффициент освоенности территории показывает удельный вес сельскохозяйственных угодий в общей площади хозяйства.

$$K_{oc} = \frac{S_{с.х угодий}}{S_{хоз-ва}} \times 100 = \frac{1034,18}{1205,05} \times 100 = 85,82 \%, \quad (11)$$

где $S_{с.х угодий}$ – общая площадь сельскохозяйственных угодий, га;

$S_{хоз-ва}$ – вся площадь хозяйства, га.

Больше половины земель сельскохозяйственной организации освоены и используются. Можно сделать вывод, что хозяйству практически невозможно развиваться экстенсивным путем за счет увеличения площадей, следовательно, остается интенсивный путь развития за счет внедрения новых технологий.

Коэффициент распаханности отражает удельный вес пашни в общей площади землепользования.

$$K_p = \frac{S_{пашни}}{S_{общ.}} \times 100 = \frac{692,55}{1205,05} \times 100 = 57,47\%, \quad (12)$$

где $S_{пашни}$ – общая площадь пашни, га;

$S_{общ.}$ – вся площадь массива, га.

Коэффициент распаханности чуть больше 50%, что указывает на то, что в хозяйстве приблизительно одинаковое соотношение пахотных и кормовых угодий. Следовательно, в зависимости от специализации есть возможность перевода угодий из одного вида в другой.

Коэффициент контурности показывает средний размер контура в хозяйстве.

$$K_{конт} = \frac{S_{пашни}}{n} = \frac{692,55}{34} = 20,36 \text{ га}, \quad (13)$$

где $S_{пашни}$ – площадь пашни, га;

n – количество контуров пашен в землепользовании.

Коэффициент контурности указывает на то, что средняя площадь в 20,36

га, возможно применение механизированной обработки, контура пашни имеют хорошее соотношение сторон и оптимальную длину гона, что минимизирует потери при обработке почвы.

Чтобы сократить время для расчета приведенных коэффициентов нами с помощью языка программирования Python был разработан специальный калькулятор в виде отдельного приложения, представленный на рис.12.

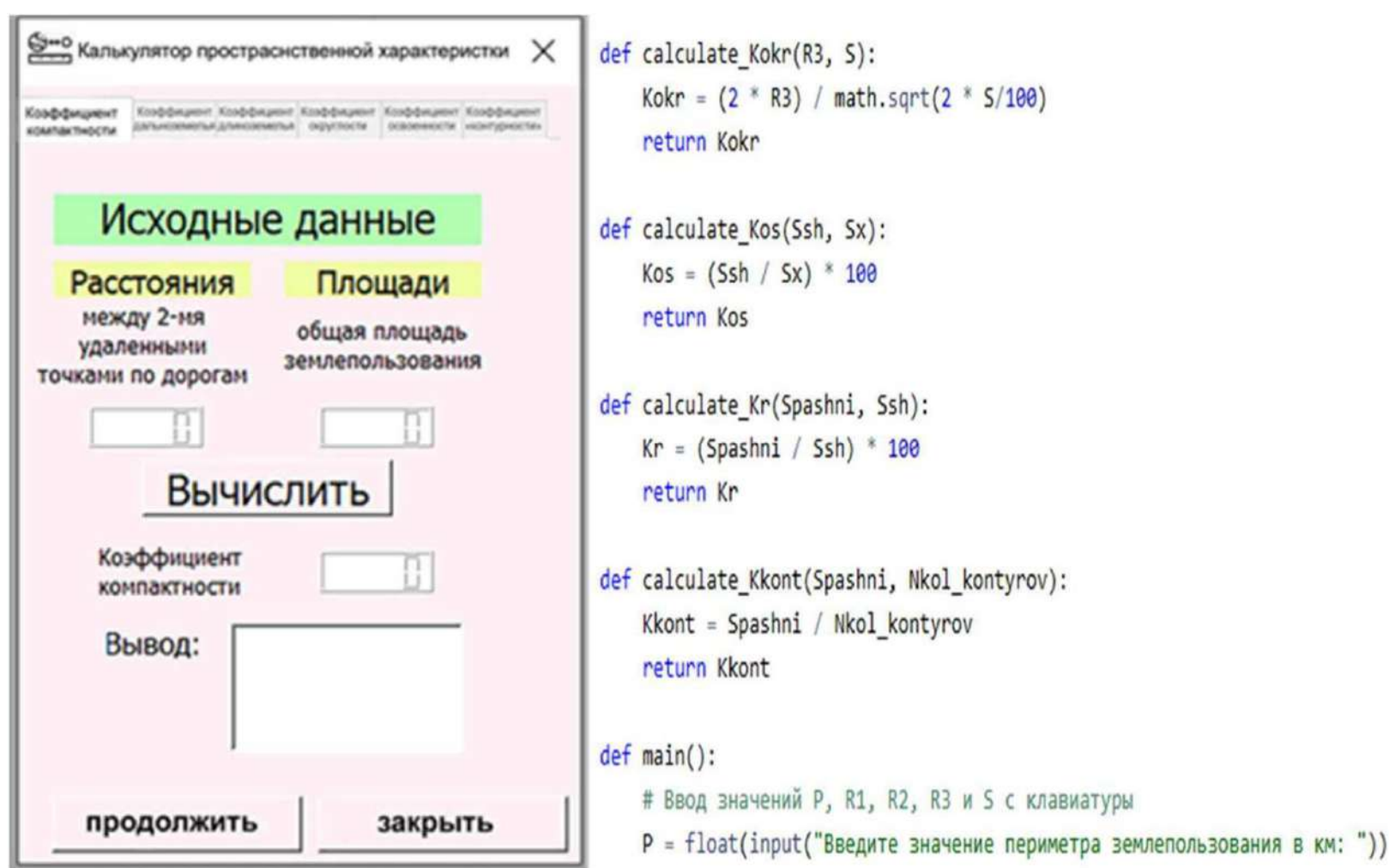


Рисунок 12 – Калькулятор пространственной характеристики

Исходя из вышеприведенных коэффициентов, можно охарактеризовать землепользование как некомпактное, имеющее изломанные границы и сильную вытянутость с запада на восток. Также землепользование имеет хорошую освоенность, что говорит об интенсивном ведении сельского хозяйства. Контура пашни достаточно крупные с хорошим соотношением сторон и оптимальной длиной гона, что позволяет минимизировать потери при механизированной обработке почвы.

Подготовительные работы, а также организация угодий и системы севооборотов являются основой проекта ВХЗ. Именно поэтому в рамках ВКР мы решили апробировать разработанный нами алгоритм данных составных частях проекта внутрихозяйственного землеустройства, т.к. они являются наиболее наглядными для демонстрации взаимосогласованности применения цифровых технологий, математического моделирования и систем искусственного интеллекта.

4 Разработка проекта внутрихозяйственного землеустройства с применением цифровых технологий

4.1 Применение ГИС- технологий при выполнении подготовительных работ к проекту внутрихозяйственного землеустройства

Quantum GIS (QGIS) – свободная географическая информационная система, с открытым кодом. Эта программа используется многими правительственными и неправительственными организациями для создания, редактирования, анализа и публикации необходимой геопространственной информации, имеющей территориальную привязку. Свободное распространение программы стало залогом её популярности среди бюджетных организаций, в которых часто наблюдается недостаток денежных средств.

Разработка программного обеспечения QGIS была начата Гэри Шерманом в 2002 году и продолжалась более пяти лет. В 2009 году была выпущена первая версия программного продукта под именем "Kore". Несмотря на долгий период разработки программы, с первой версии она стала стремительно развиваться, объединив усилия разработчиков разных стран мира.

У каждой версии программы есть свое имя, и до версии 1.6.0 ей присваивались имена древнегреческих богов, а после – названия культовых городов. Программа была переведена на более чем пятьдесят языков мира, а внедрение этого программного продукта стало повсеместным, особенно в странах Западной Европы.

Программное обеспечение QGIS обладает рядом преимуществ даже перед профессиональными дорогостоящими геоинформационными системами, среди которых выделяют:

- мультиплатформенность: возможность использования данных одновременно из разных программных продуктов без конвертации;
- возможность установки программы на различные операционные системы, в том числе на Windows, MacOS, Ubuntu и другие;
- богатый ассортимент бесплатных модулей для специализированных задач;
- возможность подгрузки космических снимков из самых разных источников, в том числе из популярных Google, Yandex, BingAerial и многих других;

– программа имеет совместимость с различным специализированным оборудованием, что облегчает разработку и обновление карт.

В рамках выпускной квалификационной работы программа QGIS использовалась на этапе подготовительных и исследовательских работ.

Применение программы QGIS осуществлялось в следующем порядке:

1. Создать новый проект (рис. 13) и настроить интерфейс QGIS путем подключения дополнительных модулей (рис. 14). Это необходимо для создания рабочего пространства, куда будет подružено растровое изображение землепользования. Для дальнейшей работы нужно установить модуль QuickMapServices, с помощью которого можно подгрузить необходимую подложку.

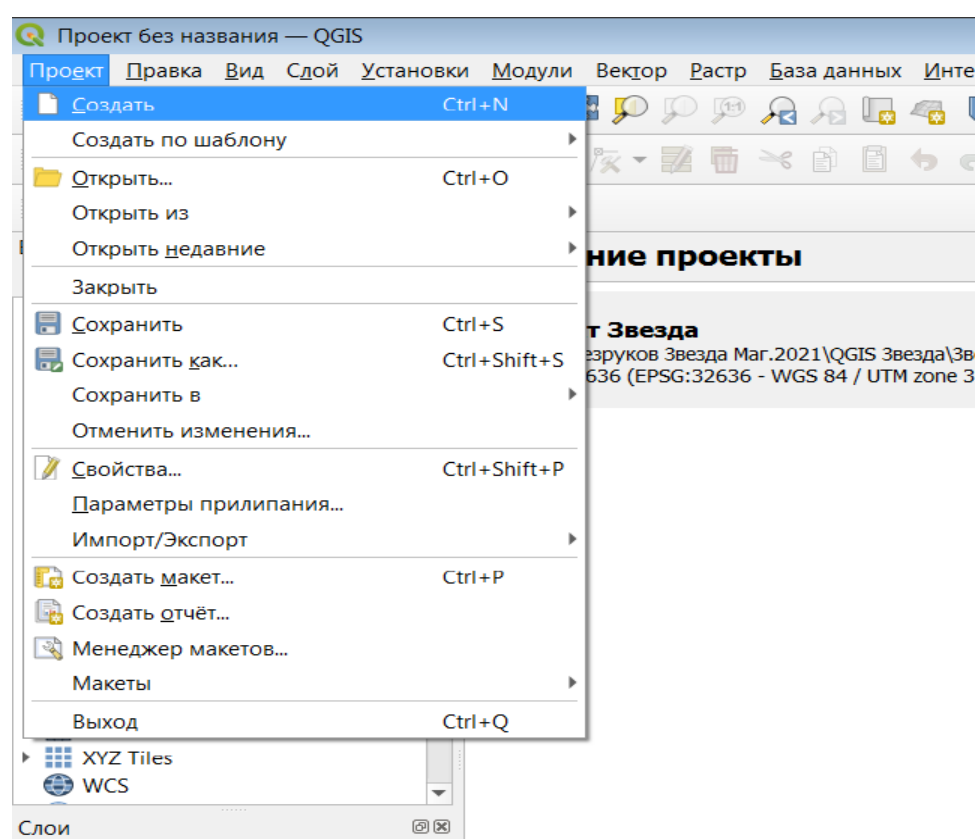


Рисунок 13 – Пример окна Qgis по созданию проекта

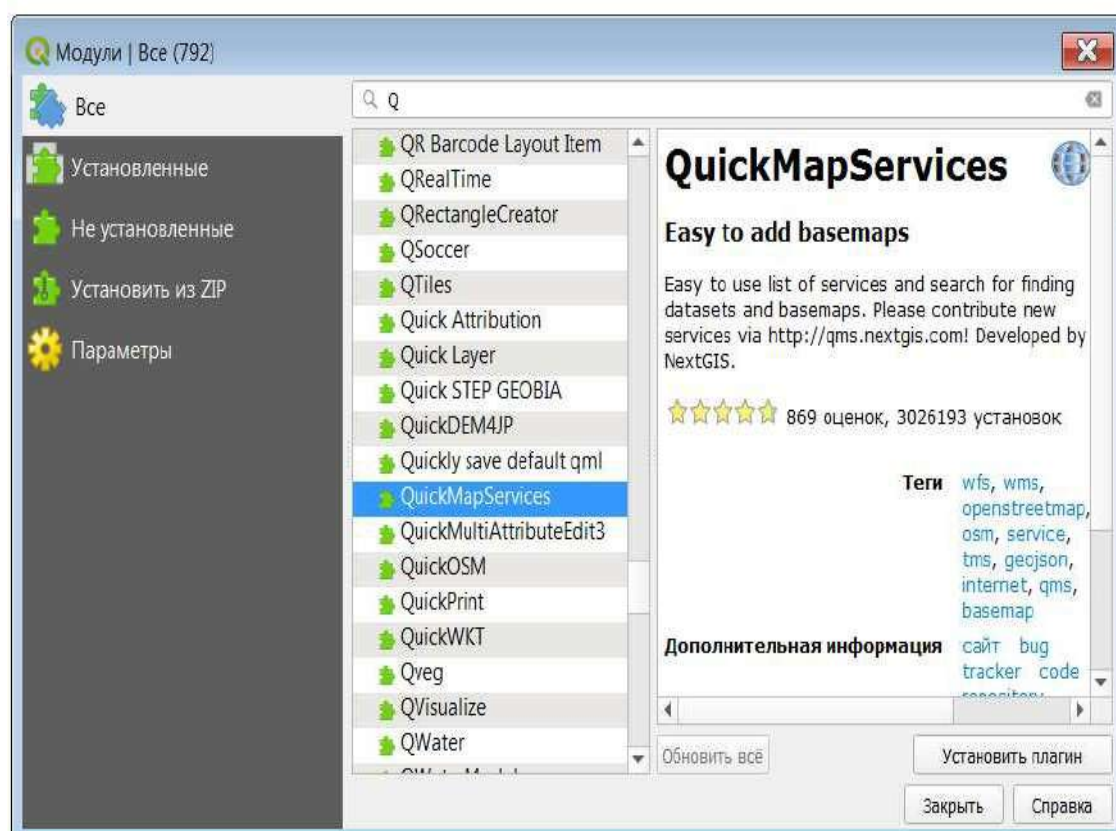


Рисунок 14 – Подключение модуля QuickMapServices

2. Загрузить топографическую подложку и установить систему координат. При загрузке топографической подложки мы пользуемся инструментом поиска в QMS, выбираем понравившуюся подложку и нажимаем кнопку добавить. В рабочем пространстве появляется выбранная подложка. В правом нижнем углу нашего проекта нажимаем кнопку EPSG и вместо системы координат установленной по умолчанию, выбираем ту систему координат, в которой находится объект проектирования. Это необходимо для установки на местности координат землепользования по характерным точкам. Так как объект проектирования находится в зоне 36, то устанавливаем систему координат WGS 84 / UTMzone 36N, имеющая код EPSG:32636. Примеры представлены на рис. 15 и 16.

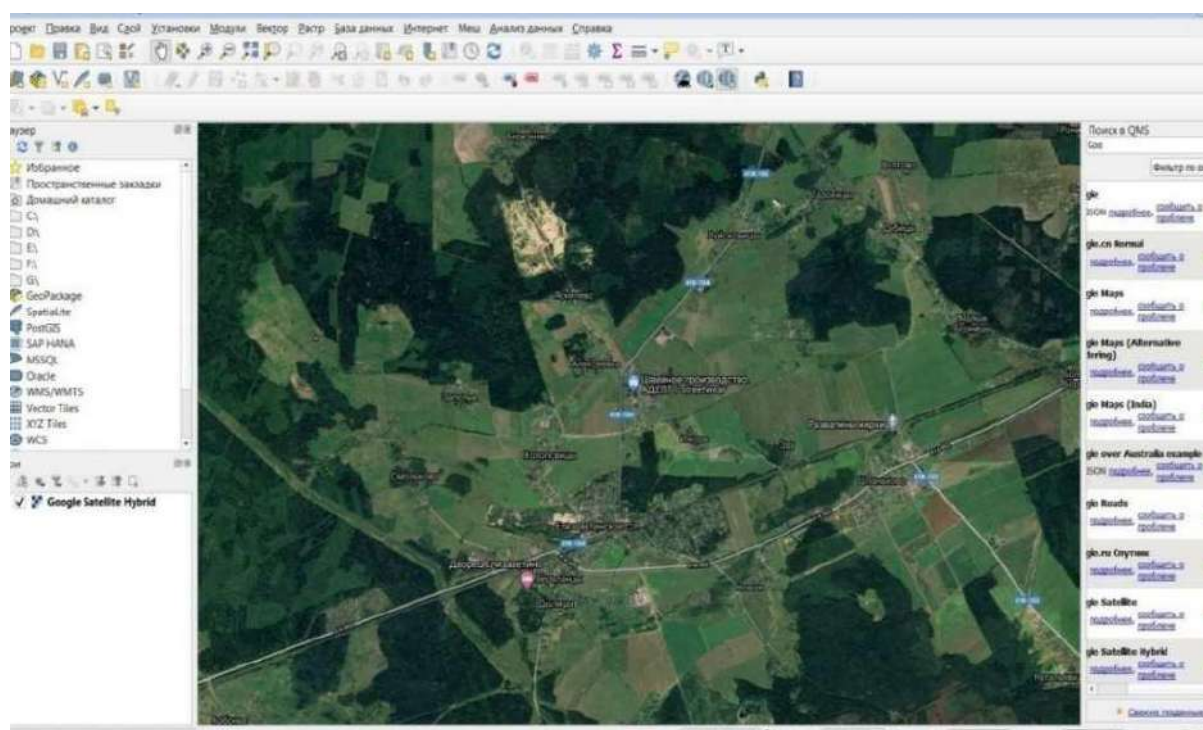


Рисунок 15 – Отображение топографической подложки

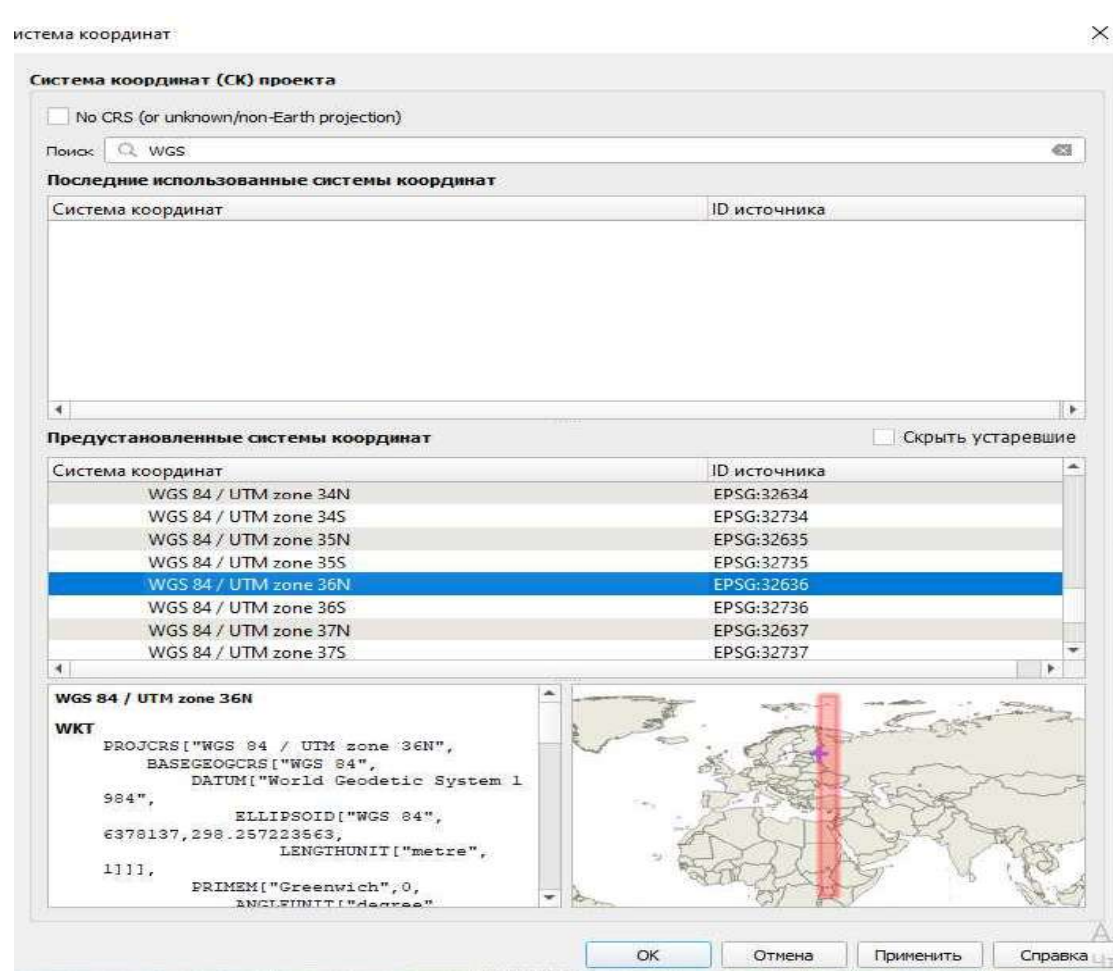


Рисунок 16 – Выбор системы координат

3. Привязать растровое изображение сельскохозяйственного землепользования (рис.17) к топографической подложке (сделать координатную привязку растрового изображения). Для этого необходимо на панели инструментов открыть вкладку «Растр» и выбрать функцию привязка растров. Появится окно привязки, с помощью кнопки открыть растр подгружаем изображение землепользования в программу. Поскольку растровое изображение не имеет точек с четко подписанными координатами, то при введении точек воспользуемся функцией получения координат с карты. Для этого мы в параметрах трансформации выбираем тип «полиномиальная 2», метод интерполяции «ближайший сосед», а также целевую систему координат, в которой будет располагаться данный проект. Далее на растре выбираем контрольную точку и соответствующую ей точки привязки на топографической подложке, повторяем действие необходимое количество раз. Данный этап необходим для поиска объекта на местности, а также для проектирования в реальных размерах, но в соответствующем масштабе.

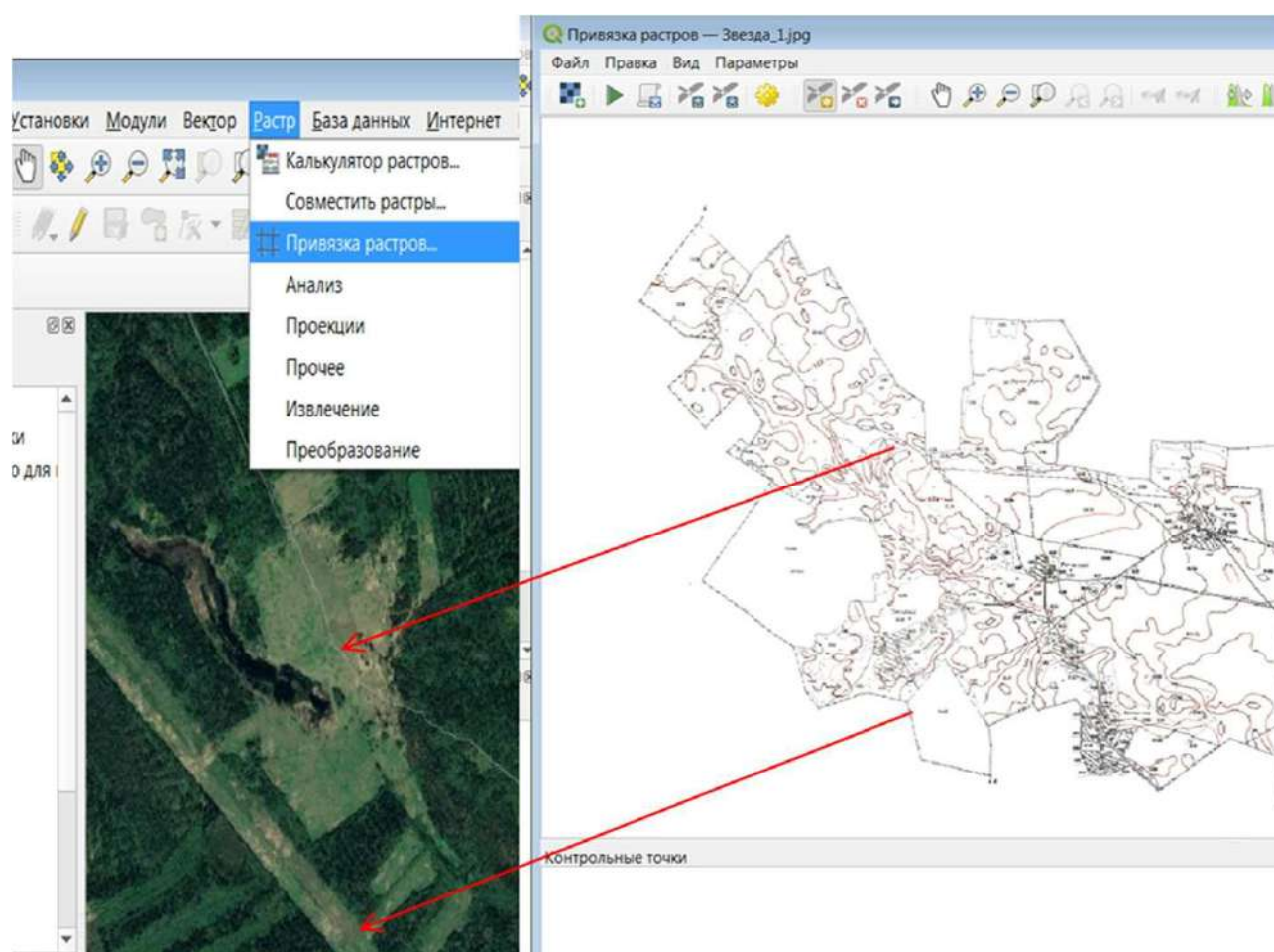


Рисунок 17 – Привязка растрового изображения землепользования «Звезда»

4. Создать необходимые слои с нужными полями (рис.18). В зависимости от задач, поставленных в проекте, могут быть разные наборы слоев. В рамках данной выпускной квалификационной работы нам понадобятся следующие слои:

- земли населенных пунктов;
- посторонние землепользования;
- смежества;
- придорожная полоса;
- границы землепользования;
- сельскохозяйственные угодья;
- несельскохозяйственные угодья;
- ЗОУИТ.

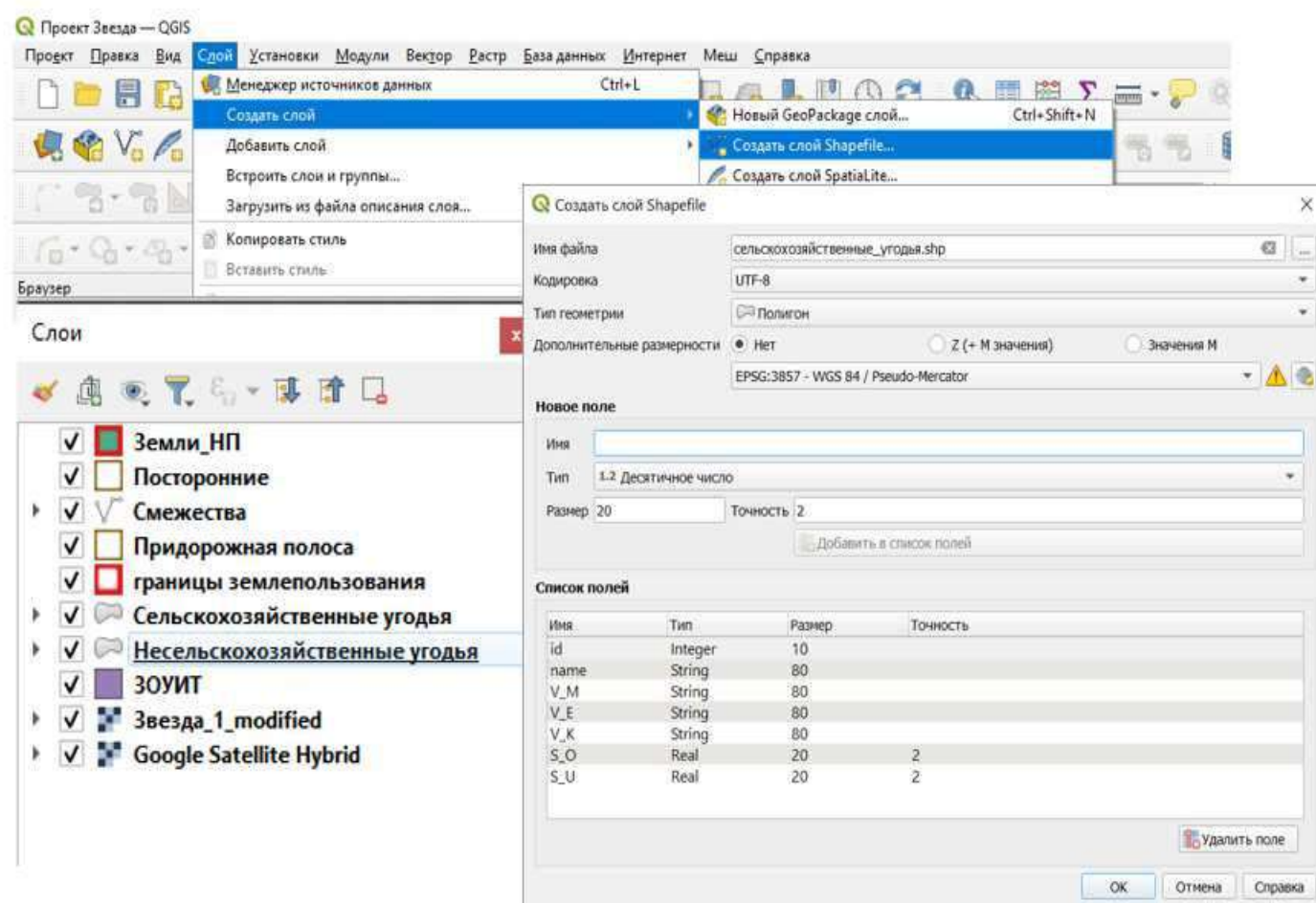


Рисунок 18 – Создание слоя сельскохозяйственне угодья»

В программе QGIS слой представляет собой таблицу, каждая строка которой соответствует определенному объекту на карте.

Чтобы создать слой, нужно на панели инструментов нажать вкладку «слой», выбрать создать слой с расширением «.shp», появится окно создаваемого слоя. В данном окне необходимо дать имя файлу, например, «сельскохозяйственные угодья», выбрать кодировку в нашем случае UTF-8. В блоке новое поле, в строке имя пишем названия поля латинскими буквами, в строке тип, выбираем необходимый нам тип данных. Также устанавливаем размер и точность, они показывают максимальное число символов, которые могут содержаться в строке. Чтобы не создавать новый слой на каждый вид

угодья, мы открываем свойства слоя «сельскохозяйственные угодья» и заходим во вкладку «Attributes Form», выбираем строчку, для которой будет установлена карта значений, представляющая собой выпадающий список заданных значений. Создание слоев необходимо нам для последующей оцифровки и получения данных с картографического материала для дальнейшего проектирования.

5. Оцифровать растровый материал и заполнить поля данными (рис.19). Для того чтобы оцифровать слой, необходимо сделать его редактируемым, то есть, на панели инструментов нажать на карандаш желтого цвета, тогда появится доступ к остальной панели инструментов. Выбираем «добавить полигон» и начинаем обводить необходимый контур. После того, как закончили обводить контур, например, в слое «сельскохозяйственные угодья» появляется окно атрибутов, в котором мы выбираем вид угодья и его качественные характеристики из выпадающего списка, который мы создали ранее. После этого контур приобретает определенный цвет, который был задан нами заранее и в таблице атрибутов появляются данные о контуре, такие как площадь и качественные характеристики, занесенные нами вручную опираясь на картографический материал.

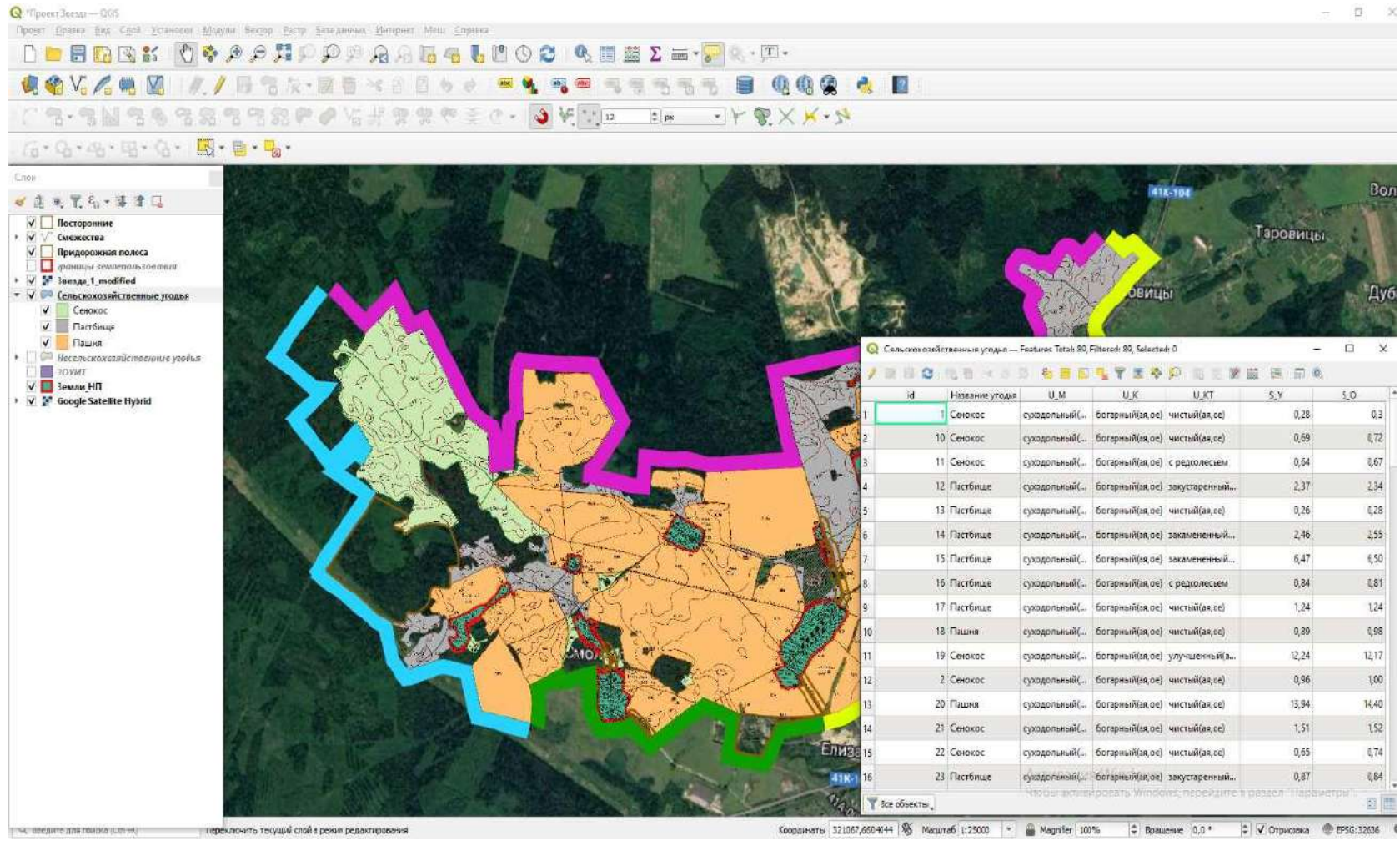


Рисунок 19 – Пример оцифрованной карты землепользования «Звезда» (составлено автором)

Данные из таблицы атрибутов, могут быть экспортированы в Excel, для дальнейшей работы с ними.

6. Экспортировать графические данные в NanoCAD (рис.20). После оцифровки растрового изображения необходимо экспортировать графические данные в NanoCAD, так как программа QGIS не обладает необходимым набором инструментов для проектирования.

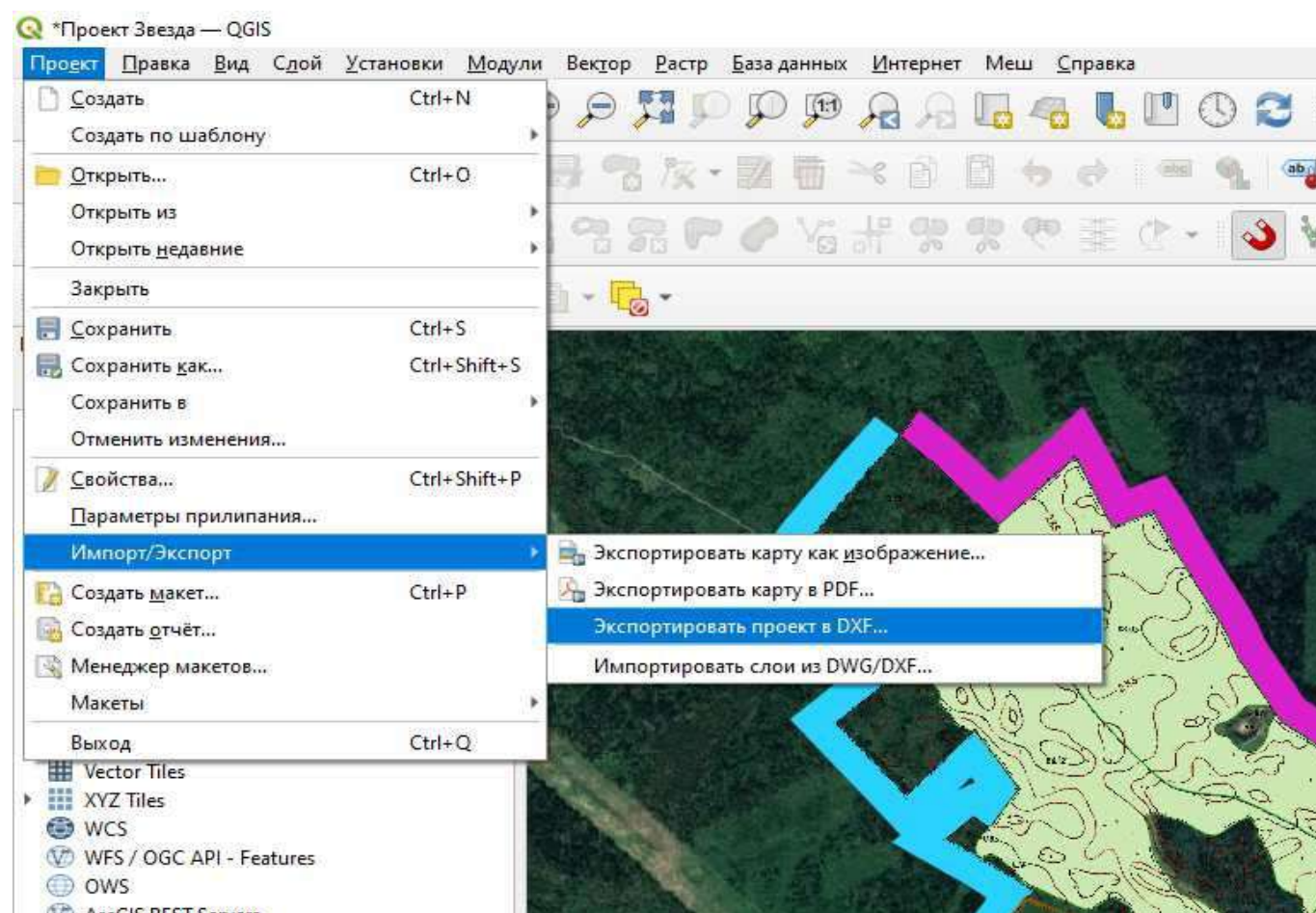


Рисунок 20 – Экспорт графического материала в NanoCAD (составлено автором)

Чтобы экспортировать оцифрованные контура угодий, открываем на панели инструментов вкладку проект и выбираем строчку импорт/экспорт. Выбираем экспорт в DXF, экспорт символики, сохраняем.

Получаем документ в формате DXF, который в последующем будет открыт в программном обеспечении САД для дальнейшего проектирования.

В САПР будет оформлен чертеж подготовительных и обследовательских работ, приложение В.

Для сокращения времени на расчеты пространственных характеристик землепользования и упрощения выбора специализации хозяйства мы применили системы искусственного интеллекта.

4.2 Особенности применения систем искусственного интеллекта в землеустройстве

Совместно с применением ГИС-технологий при подготовительных

работах, нами применяются системы искусственного интеллекта, представленные в работе экспертными системами.

Согласно госту р 59277-2020 искусственный интеллект (artificial intelligence): Комплекс технологических решений, позволяющий имитировать когнитивные функции человека (включая самообучение, поиск решений без заранее заданного алгоритма и достижение инсайта) и получать при выполнении конкретных практически значимых задач обработки данных результаты, сопоставимые, как минимум, с результатами интеллектуальной деятельности человека [16].

Одной из разновидностей систем искусственного интеллекта являются экспертные системы.

Экспертную систему можно определить, как систему «искусственного интеллекта», использующую знания из сравнительно узкой предметной области для решения возникающих в ней задач, причем так, как это делал бы эксперт-человек. Компьютерные системы, которые могут лишь повторить логический вывод эксперта, принято относить к экспертным системам первого поколения. Экспертные системы, относящиеся ко второму поколению, называют партнерскими, или усилителями интеллектуальных способностей человека [2].

Знания эксперта, отражающие опыт его работы в рассматриваемой проблемной области, записывают и хранят в Базе Знаний экспертной системы в виде правил принятия решений, дерева решений или в другой форме и используют для получения алгоритма решения задачи при имеющихся исходных данных.

Экспертная система работает в режиме диалога с пользователем. С помощью интерфейса экспертная система попросит пользователя ввести какие-то исходные сведения об объектах, фигурирующих в задаче, и пользователь должен сообщить эти данные в определенной для ЭС форме [74].

Для разработки экспертной системы необходимы специалисты, выполняющие определенную роль, согласно их специализации. Они представлены в табл. 11.

Таблица 11 – Специалисты, принимающие участие в разработке ЭС (составлено автором по материалам исследований Э. Ханта)

Специалист	Функции
Эксперт	Определяет соответствующий круг знаний, обеспечивает их полноту и правильность введения экспертной системы
Инженер по знаниям	Выявляет совместно с экспертом структурированность знаний, выбор инструментального средства, программирует стандартные функции, которые будут использоваться в правилах экспертной системы
Программист	Разрабатывает инструментальные средства, содержащие все компоненты создания экспертных систем, осуществляет сопряжение экспертных систем с пользователем

Цель создания экспертной системы – заменить или сопровождать экспертов в их работе и помочь в принятии решений в сложных и неоднозначных ситуациях. Результат достигается путем анализа большого объема информации и знаний, которые могут быть сложно обработаны или поняты человеком, а также путем автоматизации процессов принятия решений и обработки большого объема данных. Экспертные системы значительно сокращают время и ресурсы для принятия решений, при этом повышая их точность [45].

Экспертные системы могут быть созданы с помощью различных средств. Их классификация представлена в табл. 12.

Таблица 12 – Способы создания ЭС (составлено автором по материалам исследований С. Рассела и П. Норвига)

Способ	Описание способа
Символьные языки	Содержат минимальные специальные средства для создания экспертных систем. С помощью них можно проводить обычное программирование. При этом являются самыми универсальными, так как представлены объектно-ориентированными языками (C++, Pascal), это связано с тем, что парадигма объектно-ориентированного программирования тесно связана с фреймовой моделью представления знаний, кроме того традиционные языки используются для создания других классов инструментальных средств искусственного интеллекта.
Языки инженерных знаний	Данные языки включают в себя, кроме способов представления знаний, встроенный механизм поиска и вывода. Требуется привлечения инженера по знаниям и программиста. Универсальность этих языков меньшая, чем у традиционных языков, но это компенсируется богатыми возможностями по работе с символьными и логическими данными, что крайне важно для задач искусственного интеллекта.
Системы автоматической разработки экспертных систем, ориентированные на знания	ART, TIMM. Содержит несколько разнородных средств представления знаний, богатый набор организации интерфейсов, встроенный механизм вывода.
«Оболочки»	«Пустые» версии существующих экспертных систем, т.е. готовые экспертные системы без базы знаний. Они вообще не требуют работы программистов для создания готовой экспертной системы. Требуются только специалисты в предметной области для заполнения базы знаний. Однако если некоторая предметная область плохо укладывается в модель, используемую в некоторой оболочке, заполнить базу знаний в этом случае весьма непросто

Результат экспертной системы – это вывод, который получается на основе анализа информации, введенной в систему и использования запрограммированных правил или алгоритмов. Экспертные системы используются для решения различных задач.

Разработка и внедрение ЭС в землеустройство должны привести к созданию новой технологии проектирования, при которой традиционный комплекс этапов разработки проекта будет рассматриваться как единая задача во всей сложности её взаимосвязей.

Основные преимущества ЭС при разработке проектов землеустройства:

- решение вопросов или проблем, которые сам пользователь не в состоянии решить либо из-за отсутствия у него информации, либо из-за её многообразия, либо из-за длительности обычного решения даже с применением ЭВМ;
- использование нетрадиционной дополнительной информации при землеустроительном проектировании;
- существенное увеличение числа вариантов, рассматриваемых при проектировании;
- повышение точности и качества проектных решений за счёт снижения риска ошибки проектирования.

При создании экспертных систем возникает, как минимум, три проблемы:

- обеспечение достаточной полноты информации. Это требует выделения ключевых (основополагающих) знаний и установления их взаимосвязи в структуре данных, а также создания и использования такой системы кодирования, которая позволила бы эффективно применять эту информацию для решения практических задач;
- получения эффективной оценки качества функционирования ЭС и выработка соответствующих критериев. Проблема заключается в том, что знания специалистов – это не просто сумма сведений и фактов. Формальные попытки учета многомерности связей путем добавления новых могут привести к чрезмерной перегруженности (жесткости) системы, она станет закрытой для добавления новых элементов и установления связей с уже существующими;

Для организации угодий мы планируем составить оптимизационную модель, в которой при минимальных затратах на трансформацию угодий, мы получим максимальную прибыль от реализации сельскохозяйственной продукции в растениеводстве и животноводстве.

Для создания оптимизационной модели нам необходимо определить минимально и максимально допустимые размеры трансформации и освоения угодий. Площади допустимые для трансформации подбирались исходя из почвенных условий. Главными задачами трансформации были улучшение конфигурации пахотных угодий и соответствие специализации.

Для этих целей была использована экспертная система по отбору участков для трансформации совместно с САПР, дерево решений представлено в Приложении В.

Разработку данной ЭС мы начали с составления фактов и правил, опираясь на знания в области землеустройства. Факты и правила ЭС составлялись по схеме «если, то».

Если на угодье не ведутся работы, то это залежь.

Если на угодье выращиваются многолетние/однолетние травы, то это сенокос.

Если на угодье систематически выпасается скот, то это пастбище.

Если на угодье обрабатывается техникой, то это пашня.

Если на пашне нет помех для обработки, то трансформация не требуется.

Если пастбище крупное и рядом с фермой, то трансформация не требуется.

Если сенокос имеет крупный контур, чистый, то трансформация не требуется.

Если пастбище удалено от фермы более чем на 3 км, то требуется трансформация.

Если пастбище попадает в водоохранную зону, то требуется трансформация.

Если пашня попадает в водоохранную зону, то требуется трансформация

Если сенокос попадает в водоохранную зону, то трансформация не

требуется.

Если на угодыя грады камней, то угодые закаменное.

Если на угодые контуры древесно-кустарниковой растительности, то угодые залесенное/закустаренное.

Если на угодые контуры болот, то угодые заболоченное.

Если на угодые контуры карьеров, то угодые с изрытыми местами.

Если вклинивание/вкрапливание мешает обработке почвы, то нужна трансформация.

Если пашня мелкоконтурная и удалена от фермы, то необходима трансформация.

В связи с тем, что в системе присутствуют значения характеристик, имеющие одинаковый уровень значимости между собой, то один и тот же вопрос может повторяться в разных сценариях поиска ответа [45].

Ответы, после которых не предполагается задавание уточняющих вопросов, являются итоговыми. В дереве решений представлена последовательность вопросов, которая будет задаваться пользователю [45]. Такую экспертную систему можно реализовать с помощью самостоятельно разработанного интерфейса.

В результате были подобраны допустимые для трансформации площади и контура угодий, которые использованы нами для разработки оптимизационной математической модели.

4.3 Разработка математических моделей организации угодий и системы севооборотов

Математическое моделирование является неотъемлемой частью любого проекта внутрихозяйственного землеустройства, если для характеристики пространственных условий землепользования нами было использовано аналитическое математическое моделирование, то для организации угодий мы будем составлять оптимизационную модель, в которой при минимальных затратах на трансформацию угодий, мы получим максимальную прибыль от

реализации сельскохозяйственной продукции в растениеводстве и животноводстве. Система севооборотов будет составлена с помощью балансовой модели, при четком процентном соотношении необходимых культур, в зависимости от удоя молочной группы скота и имеющийся кормовой базы.

Для создания оптимизационной модели нам необходимо получить площади, имеющиеся в сельскохозяйственной организации.

Площадь пашни – 692,55 га, площадь пастбища – 175,78 га, площадь сенокоса – 165,85 га. Процент пашни, занятой под товарной культурой – 20%. Установим минимальные и максимальные объемы трансформации для сельскохозяйственных угодий. Минимальное освоение из кустарника в пашню – 0,01 га, максимальная – 0,14 га. Минимальное освоение из леса в пашню – 0,09 га, максимальное – 24,68 га. Минимальный перевод из пастбища в пашню – 0,14 га, максимальный – 1,53 га. Минимальный перевод из сенокоса в пашню – 0,3 га, максимальный – 1,52 га. Минимальное освоение из кустарника в пастбище – 0,1 га, максимальная – 0,42 га. Минимальное освоение из леса в пастбище – 0,5 га, максимальное – 4,05 га. Минимальный перевод из пашни в пастбище – 0,3 га, максимальный – 50,5 га. Минимальный перевод из сенокоса в пастбище – 0,25 га, максимальный – 3 га. Минимальное освоение из кустарника в сенокос – 0,02 га, максимальная – 0,25 га. Минимальное освоение из леса в сенокос – 0,4 га, максимальное – 1,73 га. Минимальный перевод из пашни в сенокос – 0,78 га, максимальный – 1,25 га. Минимальный перевод из пастбища в сенокос – 0,42 га, максимальный – 43,15 га.

Исходя из полученных данных будет составлена целевая функция и система ограничений.

Цель установления состава и соотношения сельскохозяйственных угодий состоит в том, чтобы определить оптимальные размеры пашни, сенокосов и пастбищ и при этом обеспечить максимальный выход сельскохозяйственной продукции в стоимостном выражении.

Для составления и решения данной модели будут введены 4 группы переменных. Деление на группы происходило по следующему принципу,

первую группу составляют площади сельскохозяйственных угодий по проекту, вторую группу существующая площадь сельскохозяйственных угодий, третья группа площади трансформируемых угодий, четвертая группа поголовье КРС. Такое деление позволит применить при нумерации переменных индексный подход, что в свою очередь облегчит процесс их идентификации. Первая цифра в индексе переменной обозначает номер группы.

1. Площадь сельскохозяйственных угодий по проекту $X_{1.i}$ (i – вид угодья), га;

$X_{1.1}$ – площадь пашни под кормовыми культурами, га;

$X_{1.2}$ – площадь пашни под товарной культурой, га;

$X_{1.3}$ – площадь пастбища по проекту, га;

$X_{1.4}$ – площадь сенокоса по проекту, га.

2. Существующая площадь сельскохозяйственных угодий $X_{2.i}$ (i – вид угодья), га;

$X_{2.1}$ – площадь пашни, га;

$X_{2.2}$ – площадь пастбища, га;

$X_{2.3}$ – площадь сенокоса, га.

3. Площадь трансформации и освоения $X_{3.i,j}$ (i – вид угодья в который производится трансформация, j – вид угодья, за счет которого происходит трансформация), га;

$X_{3.1.1}$ – из кустарника в пашню, га;

$X_{3.1.2}$ – из леса в пашню, га;

$X_{3.1.3}$ – из пастбища в пашню, га;

$X_{3.1.4}$ – из сенокоса в пашню, га;

$X_{3.1.5}$ – из прочего в пашню, га;

$X_{3.2.1}$ – из кустарника в пастбище, га;

$X_{3.2.2}$ – из леса в пастбище, га;

$X_{3.2.3}$ – из пашни в пастбище, га;

$X_{3.2.4}$ – из сенокоса в пастбище, га;

$X_{3.3.1}$ – из кустарника в сенокос, га;

$X_{3.3.2}$ – из леса в сенокос, га;

$X_{3.3.3}$ – из пашни в сенокос, га;

$X_{3.3.4}$ – из пастбища в сенокос, га.

4. поголовье крупного рогатого скота $X_{4.i}$ (i – половозрастная группа скота), головы;

$X_{4.1}$ – коровы;

$X_{4.2}$ – нетели;

$X_{4.3}$ – молодняк.

Составим целевую функцию данной модели.

Чтобы рассчитать коэффициенты целевой функции мы взяли нормативные цены капитальных затрат на освоение и трансформацию за гектар из леса, кустарника и прочих, минимальный период освоения 10 лет. Также мы взяли средние цены реализации сельскохозяйственной продукции, которая в СПК «Звезда» представлена товарной культурой, а именно картофелем, и молоком. Расчет коэффициентов представлен в табл. 13.

Таблица 13 – Коэффициенты целевой функции (составлено автором совместно с руководителем)

Показатели	Средняя цена, тыс. руб.	Коэффициент функции
Цена картофеля за кг	0,02	$294,07 \cdot 100 \cdot 0,02 = 588,1$
Срезка кустарника за 1 га	250	$250/10 = 25$
Выкорчевывание леса за 1 га	400	$400/10 = 40$
Засевание травами за 1 га	50	$50/10 = 5$
Внесение удобрений за 1 га	70	$70/10 = 7$
Цена за литр молока	0,05	$3800 \cdot 0,05 = 190$
Уборка камней за 1 га	60	$60/10 = 6$

Следовательно, целевая функция будет иметь следующий вид:

$$\max F(x) = 588,1X_{1.1} + 190X_{4.1} - 36X_{3.1.1} - 51X_{3.1.2} - 7X_{3.1.3} - 8X_{3.1.4} - 20X_{3.1.5} - 30X_{3.2.1} - 45X_{3.2.2} - 5X_{3.2.4} - 25X_{3.3.1} - 40X_{3.3.2} \quad (14)$$

После определения целевой функции нужно составить систему ограничений, которая определяет область их допустимых значений переменных. Ограничения должны быть адекватными и показывать реальные пределы, имеющихся и возможных для использования в перспективе ресурсов. Формулируются ограничения в виде уравнений: равенств или простых

неравенств.

1. Ограничение по общей площади угодий.

$$\sum X_{1.i} \geq \sum X_{2.i} \quad (15)$$

2. Ограничения по существующей площади угодий.

$$X_{2.i} = S_{i\text{сущ}} \quad (16)$$

3. Ограничение по товарной культуре.

$$a(X_{1.1} + X_{1.2}) = X_{1.2}, \quad (17)$$

где a – процент товарной культуры, %.

4. Ограничение кормовой базы для каждой половозрастной группы КРС.

$$\sum X_{1.i} = X_{4.i} * r * \frac{\Delta p}{\beta}, \quad (18)$$

где r – коэффициент потребности в кормах определенной половозрастной группы, по отношению к коровам;

Δp – площадь кормовых угодий на одну голову;

β – удельный вес определенной половозрастной группы в структуре стада.

5. Ограничения по перспективной площади сельскохозяйственных угодий.

$$X_{1.i} \geq K, \quad (19)$$

где K – площадь сельскохозяйственного угодья, не подлежащая трансформации.

6. Ограничения по сельскохозяйственным угодьям.

$$X_{1.i} = X_{2.i} + X_{3.i} - X_{3.j} \quad (20)$$

7. Ограничения по зонам с особыми условиями использования территории.

$$X_{1.4} \geq L, \quad (21)$$

где L – площадь зоны с особыми условиями использования территории.

8. Ограничения по трансформации угодий.

$$S_{\min} \leq X_{3.i} \leq S_{\max}, \quad (22)$$

где $S_{\min}$ – минимально необходимая площадь трансформации;

$S_{\max}$ – максимально допустимая площадь трансформации.

Распишем подробно все ограничения, необходимые для решения задачи.

Ограничение по общей площади угодий:

$$X_{1.1} + X_{1.2} + X_{1.3} + X_{1.4} \geq 1034,18 \quad (23)$$

Ограничение по существующей площади пашни:

$$X_{2.1} = 692,55 \quad (24)$$

Ограничение по существующей площади пастбища:

$$X_{2.2} = 175,78 \quad (25)$$

Ограничение по существующей площади сенокоса:

$$X_{2.3} = 165,85 \quad (26)$$

Ограничение по товарной культуре:

$$0,2(X_{1.1} + X_{1.2}) = X_{1.2} \quad (27)$$

Ограничение кормовой базы для коров:

$$X_{1.1} + X_{1.3} + X_{1.4} = X_{4.1} * 1 * 1,82 \div 0,88 \quad (28)$$

Ограничение кормовой базы для нетелей:

$$X_{1.1} + X_{1.3} + X_{1.4} = X_{4.1} * 1 * 1,82 \div 0,07 \quad (29)$$

Ограничение кормовой базы для молодняка:

$$X_{1.1} + X_{1.3} + X_{1.4} = X_{4.1} * 1 * 1,82 \div 0,05 \quad (30)$$

Ограничение по перспективной площади пашни:

$$X_{1.1} + X_{1.2} \geq 646,22 \quad (31)$$

Ограничение по перспективной площади пастбища:

$$X_{1.3} \geq 131,1 \quad (32)$$

Ограничение по перспективной площади сенокоса:

$$X_{1.4} \geq 162,55 \quad (33)$$

Ограничения по обеспечению зеленой массы с пастбища (min/max):

$$X_{1.3} - (0,42 * 135 * 1,17 \div 127,78) \geq 0 \text{ min} \quad (34)$$

$$X_{1.3} - (0,42 * 135 * 1,3 \div 127,78) \leq 0 \text{ max} \quad (35)$$

Ограничение по пашне:

$$X_{1.1} + X_{1.2} - X_{2.1} - X_{3.1.1} - X_{3.1.2} - X_{3.1.3} - X_{3.1.4} - X_{3.1.5} + X_{3.2.3} + X_{3.3.3} = 0 \quad (36)$$

Ограничение по пастбищу:

$$X_{1.3} - X_{2.2} + X_{3.1.3} - X_{3.2.1} - X_{3.2.2} - X_{3.2.3} - X_{3.2.4} + X_{3.3.4} = 0 \quad (37)$$

Ограничение по сенокосу:

$$X_{1.4} - X_{2.3} + X_{3.1.4} - X_{3.3.1} - X_{3.3.2} - X_{3.3.3} - X_{3.3.4} + X_{3.2.4} = 0 \quad (38)$$

Ограничение по водоохранной зоне:

$$X_{1.4} \geq 0 \quad (39)$$

Ограничение по трансформации из кустарника в пашню:

$$0,01 \leq X_{3.1.1} \leq 0,14 \quad (40)$$

Ограничение по трансформации из леса в пашню:

$$0,09 \leq X_{3.1.2} \leq 24,68 \quad (41)$$

Ограничение по трансформации из пастбища в пашню:

$$0,14 \leq X_{3.1.3} \leq 1,53 \quad (42)$$

Ограничение по трансформации из сенокоса в пашню:

$$0,3 \leq X_{3.1.4} \leq 1,53 \quad (43)$$

Ограничение по трансформации из прочих в пашню:

$$0,4 \leq X_{3.1.5} \leq 1,5 \quad (44)$$

Ограничение по трансформации из кустарника в пастбище:

$$0,1 \leq X_{3.2.1} \leq 0,42 \quad (45)$$

Ограничение по трансформации из леса в пастбище:

$$0,5 \leq X_{3.2.2} \leq 4,05 \quad (46)$$

Ограничение по трансформации из пашни в пастбище:

$$0,3 \leq X_{3.2.3} \leq 50,5 \quad (47)$$

Ограничение по трансформации из сенокоса в пастбище:

$$0,25 \leq X_{3.2.4} \leq 3 \quad (48)$$

Ограничение по трансформации из кустарника в сенокос:

$$0,02 \leq X_{3.3.1} \leq 0,25 \quad (49)$$

Ограничение по трансформации из леса в сенокос:

$$0,4 \leq X_{3.3.2} \leq 1,73 \quad (50)$$

Ограничение по трансформации из пашни в сенокос:

$$0,78 \leq X_{3.3.3} \leq 1,25 \tag{51}$$

Ограничение по трансформации из пастбища в сенокос:

$$0,42 \leq X_{3.3.4} \leq 43,15 \tag{52}$$

После составления системы ограничений и определения целевой функции, мы заносим данные в табличную форму, пользуясь Microsoft Excel (рис. 23).

AW28																									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y
1																									
2		X1.1	X1.2	X1.3	X1.4	X2.1	X2.2	X2.3	X3.1.1	X3.1.2	X3.1.3	X3.1.4	X3.1.5	X3.2.1	X3.2.2	X3.2.3	X3.2.4	X3.3.1	X3.3.2	X3.3.3	X3.3.4	X4.1	X4.2	X4.3	
3		пашня под корма	пашня под т.к.	Пастбище по проекту	Сенокос по проекту	Существующая пашня	Существующее пастбище	Существующий сенокос	из кустарника в пашню	из леса в пашню	из пастбища в пашню	из сенокоса в пашню	из прочих в пашню	из кустарника в пастбище	из леса пастбище	из пашни в пастбище	из сенокоса в пастбище	из кустарника в сенокос	из леса в сенокос	из пашни в сенокос	из пастбища в сенокос	коровы	нетели	молодняк	
4	Целевая функция:		588,14						-36	-51	-7	-8	-20	-30	-45	0	-5	-25	-40	0	0	190			
5		531,71	133,55	230,50	164,19	692,55	175,78	165,85	0,14	20,04	1,53	1,08	0,40	0,42	4,00	49,80	2,26	0,02	0,40	0,78	0,42	448	51	102	
7	Ограничения:																								
8	По общей площади	1	1	1	1																				
9	По существующей площади пашни					1																			
10	По существующей площади пастбища						1																		
11	По существующей площади сенокосов							1																	
12	По товарной культуре	0,2	-0,80																						
13	Поголовье коров	1		1	1																	-2,07			
14	Поголовье нетелей	1		1	1																	-18,2			
15	Поголовье телят	1		1	1																				-9
16	Площадь пашни	1	1			-1			-1	-1	-1	-1	-1	-1		1				1					
17	Площадь пастбища			1			-1				1			-1	-1	-1	-1	-1			1				
18	Площадь сенокоса				1			-1				1					1	-1	-1	-1	-1				
19	По водоохранной зоне				1																				
20	По площади перспективной пашни	1	1																						
21	По площади перспективного пастбища			1																					
22	По площади перспективного сенокоса				1																				
23	По обеспечению зеленой массой с пастбищ мин				1																	-0,51			
24	По обеспечению зеленой массой с пастбищ макс			1																		-0,58			
25									1																
26										1															
27											1														
28												1													
29	Ограничения трансформации в пашню									1				1											
30											1														
31												1													
32													1												
33														1											
34															1										
35																1									
36																	1								
37																		1							
38	Ограничения трансформации в пастбище																		1						
39																				1					
40																					1				
41																						1			
42																							1		

Рисунок 23 – Табличная форма оптимизационной модели (составлено автором совместно с руководителем)

После составления табличной формы модели в Excel с помощью функции поиск решения во вкладке данные, мы делаем ссылки на ячейку целевой функции, набор значений переменных, а также заносим сведения о всех имеющихся ограничениях. В строке «до» ставим отметку «максимум», в строке «метод решения» выбираем «поиск решения линейных задач симплекс-методом» (рис.24).

Параметры поиска решения

Оптимизировать целевую функцию:

SY\$5

До:

Максимум

Минимум

Значения:

0

Изменяя ячейки переменных:

SB\$5:SW\$5

В соответствии с ограничениями:

SY\$10 = SAB\$10
SY\$11 = SAB\$11
SY\$12 = SAB\$12
SU\$5:SW\$5 = целое
SY\$13 = SAB\$13
SY\$15 <= SAB\$15
SY\$16 = SAB\$16
SY\$14 <= SAB\$14
SY\$17 = SAB\$17
SY\$18 = SAB\$18
SY\$19 >= SAB\$19
SY\$21 >= SAB\$21
SY\$20 >= SAB\$20

Добавить

Изменить

Удалить

Сбросить

Загрузить/сохранить

☒

 Сделайте переменные без ограничений неотрицательными

Выберите метод решения:

Поиск решения лин. задач симплекс-методом

Параметры

Метод решения
Для гладких нелинейных задач используйте поиск решения нелинейных задач методом ОПГ, для линейных задач - поиск решения линейных задач симплекс-методом, а для негладких задач - эволюционный поиск решения.

Справка

Найти решение

Заккрыть

Рисунок 24 – Параметры поиска решений (составлено автором)

В результате поиска решений мы получаем оптимальные площади трансформации, поголовье скота, а также площадь товарной культуры (рис.25).

13																																																																									
14	Ячейка целевой функции (Максимум)																																																																								
15	<table><tr><th>Ячейка</th><th>Имя</th><th>Окончательное значение</th></tr><tr><td>\$Z\$5</td><td>Значение целевой функции</td><td>162392,7336</td></tr></table>	Ячейка	Имя	Окончательное значение	\$Z\$5	Значение целевой функции	162392,7336																																																																		
Ячейка	Имя	Окончательное значение																																																																							
\$Z\$5	Значение целевой функции	162392,7336																																																																							
16																																																																									
17																																																																									
18																																																																									
19	Ячейки переменных																																																																								
20	<table><tr><th>Ячейка</th><th>Имя</th><th>Окончательное значение</th></tr><tr><td>\$B\$5</td><td>пашня под корма</td><td>531,71</td></tr><tr><td>\$C\$5</td><td>пашня под т.к.</td><td>133,55</td></tr><tr><td>\$D\$5</td><td>Пастбище по проекту</td><td>230,50</td></tr><tr><td>\$E\$5</td><td>Сенокос по проекту</td><td>164,19</td></tr><tr><td>\$F\$5</td><td>Существующая пашня</td><td>692,55</td></tr><tr><td>\$G\$5</td><td>Существующее пастбище</td><td>175,78</td></tr><tr><td>\$H\$5</td><td>Существующий сенокос</td><td>165,85</td></tr><tr><td>\$I\$5</td><td>из кустарника в пашню</td><td>0,14</td></tr><tr><td>\$J\$5</td><td>из леса в пашню</td><td>20,04</td></tr><tr><td>\$K\$5</td><td>из пастбища в пашню</td><td>1,53</td></tr><tr><td>\$L\$5</td><td>из сенокоса в пашню</td><td>1,08</td></tr><tr><td>\$M\$5</td><td>из прочих в пашню</td><td>0,40</td></tr><tr><td>\$N\$5</td><td>из кустарника в пастбище</td><td>0,42</td></tr><tr><td>\$O\$5</td><td>из леса пастбище</td><td>4,00</td></tr><tr><td>\$P\$5</td><td>из пашни в пастбище</td><td>49,80</td></tr><tr><td>\$Q\$5</td><td>из сенокоса в пастбище</td><td>2,26</td></tr><tr><td>\$R\$5</td><td>из кустарника в сенокос</td><td>0,02</td></tr><tr><td>\$S\$5</td><td>из леса в сенокос</td><td>0,40</td></tr><tr><td>\$T\$5</td><td>из пашни в сенокос</td><td>0,78</td></tr><tr><td>\$U\$5</td><td>из пастбища в сенокос</td><td>0,42</td></tr><tr><td>\$V\$5</td><td>коровы</td><td>448</td></tr><tr><td>\$W\$5</td><td>нетели</td><td>51</td></tr><tr><td>\$X\$5</td><td>молодняк</td><td>102</td></tr></table>	Ячейка	Имя	Окончательное значение	\$B\$5	пашня под корма	531,71	\$C\$5	пашня под т.к.	133,55	\$D\$5	Пастбище по проекту	230,50	\$E\$5	Сенокос по проекту	164,19	\$F\$5	Существующая пашня	692,55	\$G\$5	Существующее пастбище	175,78	\$H\$5	Существующий сенокос	165,85	\$I\$5	из кустарника в пашню	0,14	\$J\$5	из леса в пашню	20,04	\$K\$5	из пастбища в пашню	1,53	\$L\$5	из сенокоса в пашню	1,08	\$M\$5	из прочих в пашню	0,40	\$N\$5	из кустарника в пастбище	0,42	\$O\$5	из леса пастбище	4,00	\$P\$5	из пашни в пастбище	49,80	\$Q\$5	из сенокоса в пастбище	2,26	\$R\$5	из кустарника в сенокос	0,02	\$S\$5	из леса в сенокос	0,40	\$T\$5	из пашни в сенокос	0,78	\$U\$5	из пастбища в сенокос	0,42	\$V\$5	коровы	448	\$W\$5	нетели	51	\$X\$5	молодняк	102
Ячейка	Имя	Окончательное значение																																																																							
\$B\$5	пашня под корма	531,71																																																																							
\$C\$5	пашня под т.к.	133,55																																																																							
\$D\$5	Пастбище по проекту	230,50																																																																							
\$E\$5	Сенокос по проекту	164,19																																																																							
\$F\$5	Существующая пашня	692,55																																																																							
\$G\$5	Существующее пастбище	175,78																																																																							
\$H\$5	Существующий сенокос	165,85																																																																							
\$I\$5	из кустарника в пашню	0,14																																																																							
\$J\$5	из леса в пашню	20,04																																																																							
\$K\$5	из пастбища в пашню	1,53																																																																							
\$L\$5	из сенокоса в пашню	1,08																																																																							
\$M\$5	из прочих в пашню	0,40																																																																							
\$N\$5	из кустарника в пастбище	0,42																																																																							
\$O\$5	из леса пастбище	4,00																																																																							
\$P\$5	из пашни в пастбище	49,80																																																																							
\$Q\$5	из сенокоса в пастбище	2,26																																																																							
\$R\$5	из кустарника в сенокос	0,02																																																																							
\$S\$5	из леса в сенокос	0,40																																																																							
\$T\$5	из пашни в сенокос	0,78																																																																							
\$U\$5	из пастбища в сенокос	0,42																																																																							
\$V\$5	коровы	448																																																																							
\$W\$5	нетели	51																																																																							
\$X\$5	молодняк	102																																																																							
21																																																																									
22																																																																									
23																																																																									
24																																																																									
25																																																																									
26																																																																									
27																																																																									
28																																																																									
29																																																																									
30																																																																									
31																																																																									
32																																																																									
33																																																																									
34																																																																									
35																																																																									
36																																																																									
37																																																																									
38																																																																									
39																																																																									
40																																																																									
41																																																																									
42																																																																									
43																																																																									
44																																																																									

Рисунок 25 – Результат поиска решений (составлено автором)

88

С помощью оптимизационной модели мы получили площадь сельскохозяйственных угодий по проекту, следовательно, мы можем составить систему севооборотов.

Система севооборотов – это совокупность севооборотов в хозяйстве, сочетающиеся по типам, видам, числу, размеру и размещению.

Понятие севооборотов имеет два толкования. В технологическом отношении это чередование сельскохозяйственных культур и паров в пространстве и времени. В территориальном отношении это организованный массив пашни, разделенный на поля и рабочие участки, к которому имеется доступ, он обеспечен элементами противоэрозионной защиты и водоснабжения. Севообороты по типу делятся на полевые, кормовые, специальные.

Полевыми называют севообороты, в которых большую часть площади занимают зерновые, технические и продовольственные культуры.

Кормовые севообороты – это севообороты, в которых большую часть площади занимают кормовые культуры. Бывают двух видов: прифермерские и сенокосно-пастбищные.

Специальные севообороты предназначены для выращивания культур требующих особых условий, а также севообороты противоэрозионного, почвозащитного и иного природоохранного назначения.

Влияние на принятие проектных решений оказывают следующие условия:

- специализация хозяйства и производственных подразделений;
- организационно-производственная структура предприятия;
- структура посевных площадей, объемы производства и реализации культур;
- поголовье скота, система его содержания, размещение животноводческих комплексов и ферм;
- наличие эродированных земель и степень эрозионной опасности;
- сложившееся в хозяйстве устройство территории пашни и степень освоенности ранее составленного проекта.

Система севооборотов должна отвечать следующим требованиям:

- выполнение плана производства валовой и товарной продукции;

- использование каждого участка пашни;
- осуществление мероприятий по борьбе с отрицательными природными явлениями, а также систематическое повышение плодородия почв;
- создание условий для эффективного использования рабочей силы, техники и других ресурсов.

В данной работе будет один севооборот общей площадью 665,26 га. С помощью моделирования мы определили площадь товарной культуры, которая составляет 133,55 га, но в севообороте она может отличаться на $\pm 15\%$.

В рационе кормления КРС должны быть концентрированные, силосные, зеленые корма, корнеплоды и сено. Согласно научным разработкам ученых-животноводов для обеспечения продуктивности молочного скота 3800 л в год необходимо обеспечить взрослую особь 4180 кг кормовых единиц в год. Структура кормов должна быть следующая:

- зерновые 28%;
- силосные 25%;
- многолетние травы на сено 15%;
- корнеплоды 7%;
- многолетние травы на зеленый корм 25%.

Для получения необходимых площадей для посевов сельскохозяйственных культур на корма воспользуемся следующей формулой:

$$Q_{\text{корм}} = \frac{Q_{\text{общ}} * \%_{\text{корма}}}{100 * k * 100}, \quad (53)$$

где $Q_{\text{корм}}$ – годовая потребность определенного вида корма, ц/усл. гол;

$Q_{\text{общ}}$ – годовая потребность в кормах на 1 условную голову, кг корм ед./усл. гол;

k – коэффициент перевариваемого протеина в зависимости от вида корма.

Общая площадь под выращивание культур равна 531,71 га, находим площадь под культурами:

- зерновые – 148,87 га;
- силосные – 132,92 га;

- многолетние травы на сено – 79,75 га;
- корнеплоды – 37,21 га;
- многолетние травы на зеленый корм – 132,92 га.

В данном хозяйстве будет введен один четырехпольный севооборот со средним размером поля – 166,32 га и следующим распределением культур по полям.

Составим балансовую модель по следующим условиям:

$$\sum S_i = \sum S_j = S_{\text{севооборота}}, \quad (54)$$

$$S_i - 15\% \leq S_i \leq S_i + 15\%, \quad (55)$$

$$S_j = \frac{S_{\text{севооборота}}}{n}, \quad (56)$$

где S_i – площадь i-вида корма, га;

S_j – площадь j-вида культур, га;

$S_{\text{севооборота}}$ – площадь севооборота, га;

n – количество полей в севообороте, ед.

В результате получен следующий севооборот:

1 поле – картофель (133,55 га) + корнеплоды (32,77 га);

2 поле – озимые зерновые + подсев многолетних трав (166,32 га);

3 поле – многолетние травы 1 года (166,32 га);

4 поле – силосные (132,92 га) + многолетние травы 2 года (33,4 га).

Реализуем полученные результаты математического моделирования с помощью САПР на картографическом материале.

4.4 Организация угодий и системы севооборотов с помощью САПР

Программное обеспечение САД представляет собой мощнейшую аналитическую, вычислительную, графическую оболочку, которая может быть направлена на решение картографических, геодезических и иных инженерных пространственных задач. Программа сочетает в себе функции векторного графического редактора, среды программирования и многих других приложений. Главной функцией является графическое моделирование.

Широта возможностей применения CAD может достигать даже трехмерного моделирования и позволяет решать практические задачи при землеустройстве. Принцип работы: пространственная модель определяется по координатам в установленном масштабе, сохраняется в отдельном слое в векторном виде.

В рамках выпускной квалификационной работы, данное программное обеспечение будет применяться для проектирования организации угодий и системы севооборотов на основании разработанных математических моделей и экспертных систем.

Работа в программном обеспечении CAD велась в следующем порядке:

1. Экспортировать графический материал из QGIS в программное обеспечение CAD.

После оцифровки карты в программе QGIS и экспорта проекта в формат DXF, мы открываем данный файл в программном обеспечении CAD. Поскольку мы экспортировали только графическую часть, отрисованную в QGIS, необходимо подгрузить растровую подложку землепользования в CAD. Открываем вкладку «Вставка» выбираем присоединить и подгружаем растровое изображение землепользования из папки на компьютере, где расположен картографический материал (рис. 26).

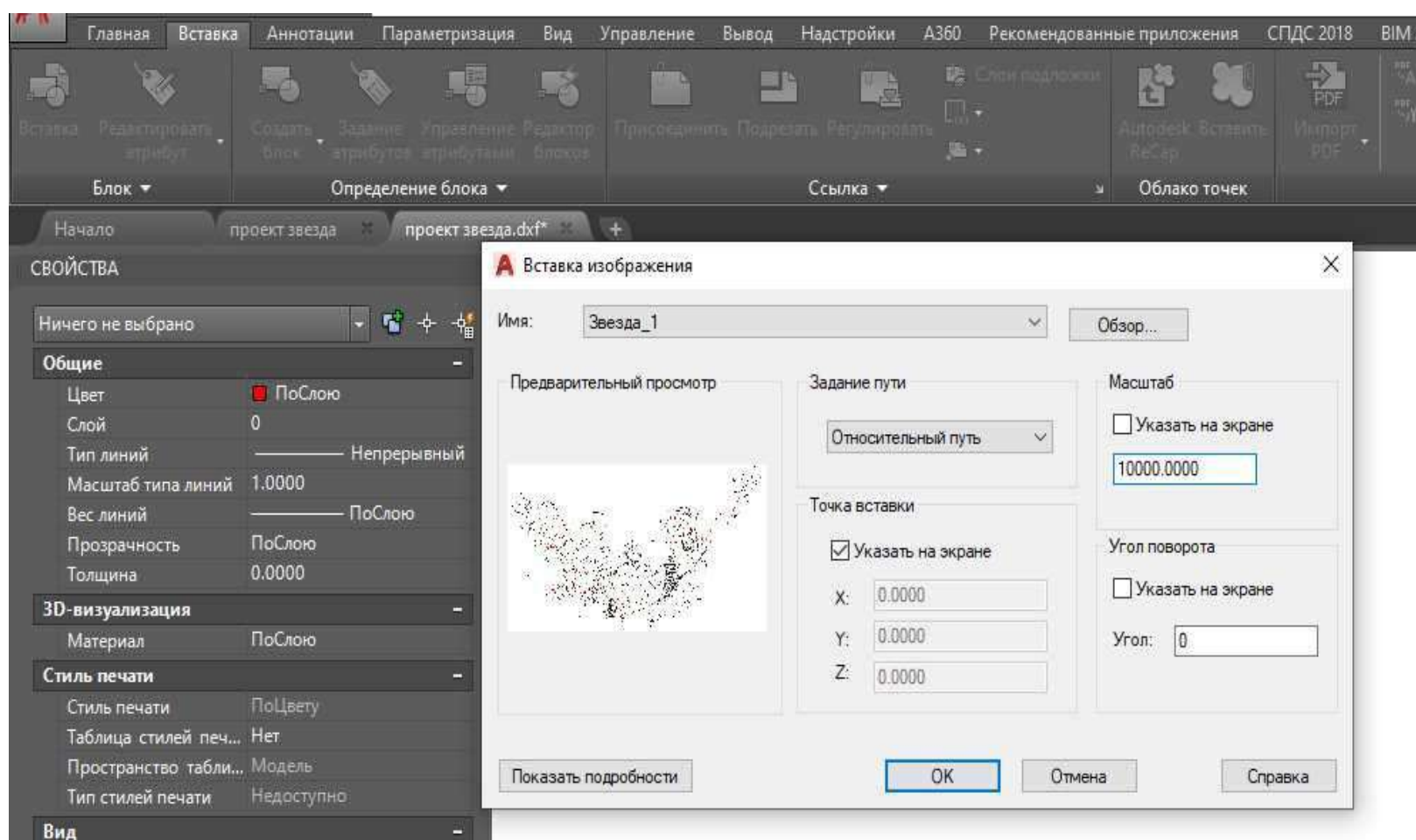


Рисунок 26 – Вставка растровой подложки (составлено автором)

2. Выравнивание растровой подложки на оцифрованный графический материал проектируемого объекта.

Поскольку из QGIS экспортировали только графическую часть, необходимо привязать к ней растровую подложку для возможности дальнейшего проектирования. Для этого выделяем изображение и с помощью команды Align (выровнять), подсаживаем графическую часть на растр по двум контрольным точкам (рис. 27).

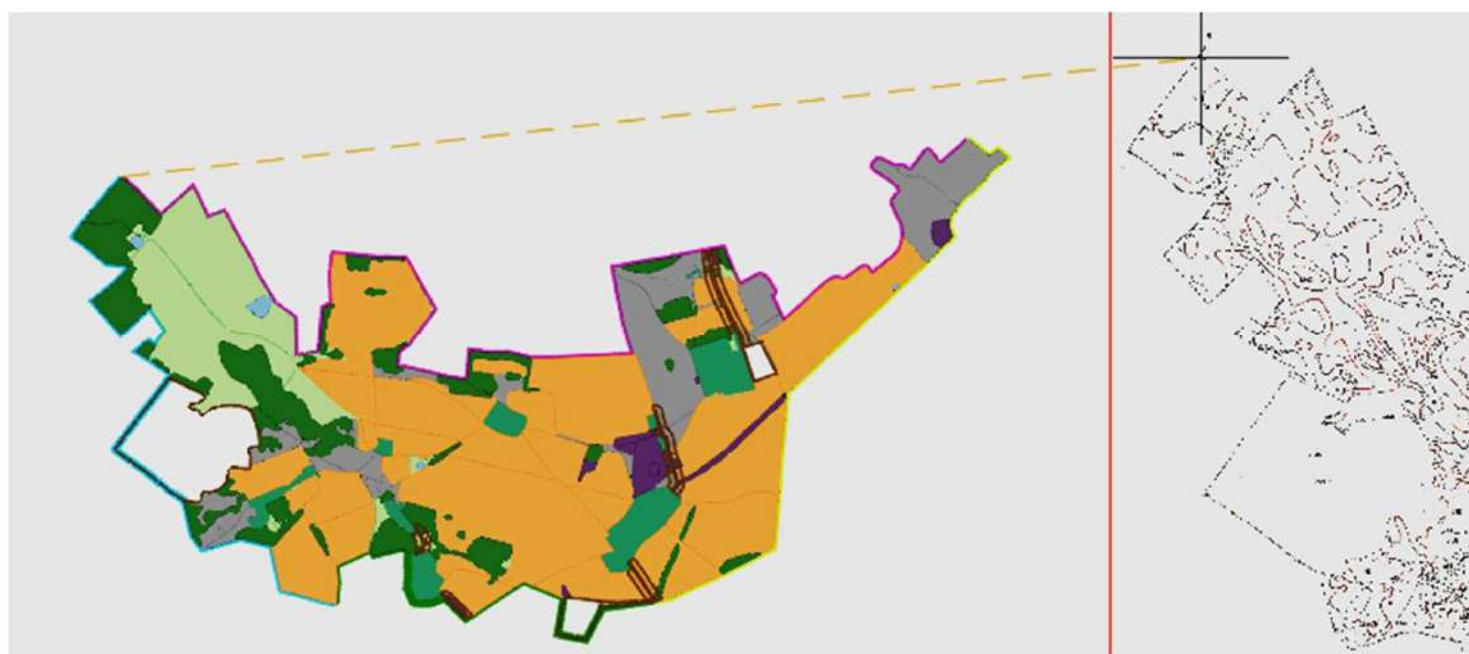


Рисунок 27 – Привязка графической части к растровому изображению (составлено автором)

После привязки графической части к растровому изображению землепользования, настраиваем прозрачность слоев и удаляем лишние объекты. В результате получаем основу для проектирования организации угодий и системы севооборотов уже в CAD (рис.28).

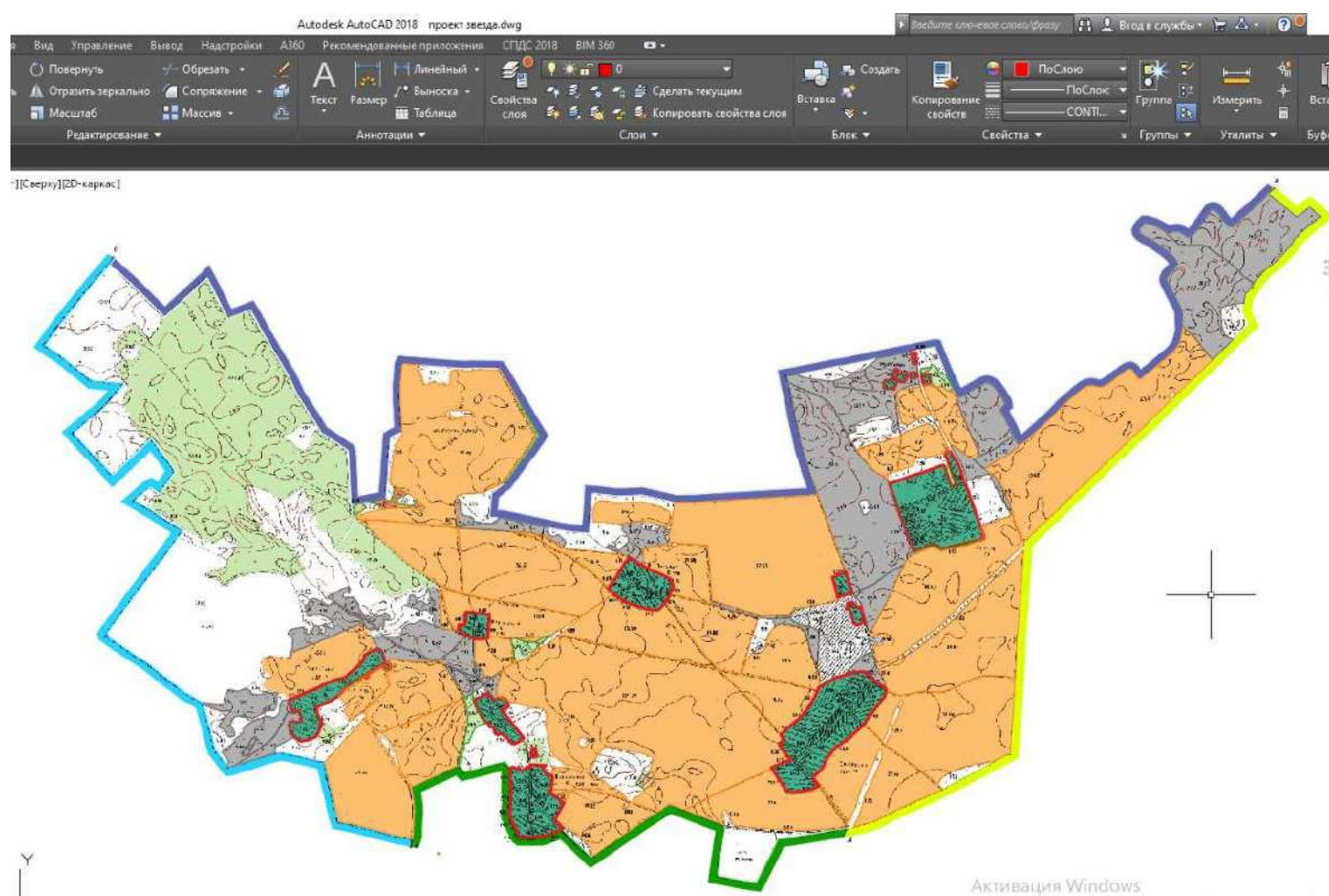


Рисунок 28 – Картографическая основа для проектирования организации угодий (составлено автором)

3. Перенос на чертеж итогов по организации угодий, полученных при применении ЭС и решении оптимизационной математической модели.

Организация угодий является важнейшей составной частью проекта внутрихозяйственного землеустройства. На данном этапе определяются хозяйственное назначение и характер использования каждого земельного участка.

Организация угодий – это установление их состава и соотношения, проектирование мероприятий по сельскохозяйственному освоению и улучшению земель, а также территориальному обоснованию и размещению угодий, формированию хозяйственных участков и установлению их границ.

В ходе проектирования мы проводили трансформацию угодий. Трансформация угодий – это сложный длительный процесс, составляющий в организационно-хозяйственном, правовом и техническом отношениях одну из главных проблем землеустройства.

Опираясь на результаты подготовительных и исследовательских работ, где была намечена предварительная трансформация угодий, на основе разработанной экспертной системы, а также в результате организации угодий, выполненной с помощью оптимизационной математической модели, мы в программном обеспечении CAD запроектировали минимально и максимально допустимые размеры трансформации. Площади подбирались так, чтобы устранить пространственные недостатки, такие как вклинивания и вкрапливания, а также обеспечить кормами поголовье КРС.

Преимуществом программного обеспечения CAD, перед QGIS является возможность использования различных инструментов в одном слое. Так, например, мы сначала создаем контур трансформируемого угодья полилинией, а затем автоматически заштриховываем параллельной штриховкой. Также в данной программе есть возможность параллельного переноса линий, ортогональное ограничение перемещения курсора, а также привязка создаваемых элементов к ранее созданным опорным точкам. Все данные функции значительно упрощают процесс проектирования, а также экономят время на создание проекта.

Пример оформления трансформации угодий, опирающийся на итоги

математического моделирования представлен на рис. 29 и в Приложении Г.

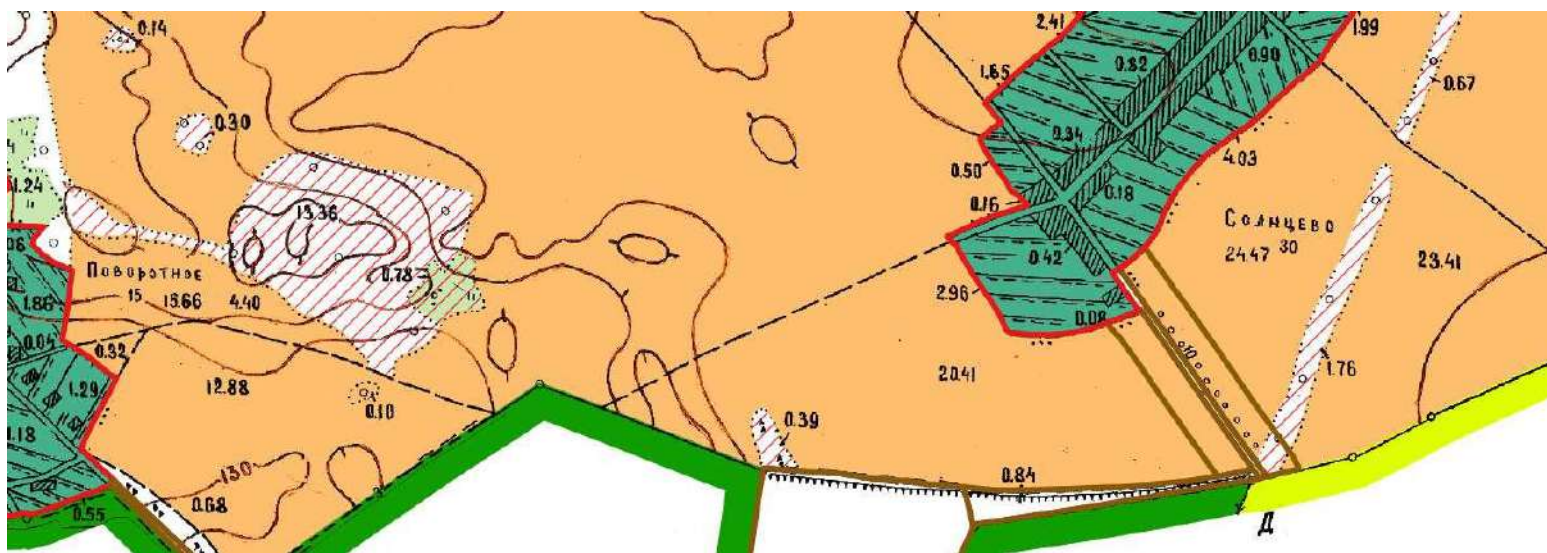


Рисунок 29 – Трансформация угодий на основе математической модели (составлено автором)

После трансформации угодий переходим к организации системы севооборотов.

4. Проектирование севооборота, полученного в результате применения балансового метода математического моделирования, в программном обеспечении CAD.

В результате применения балансового метода для проектирования севооборота, мы получили количество необходимых полей, их средний размер и состав культур, которые будут выращиваться на данных полях. Теперь необходимо отобразить полученный результат на картографическом материале. Поскольку в данном хозяйстве рекомендуется лишь один четырехпольный севооборот, со средним размером поля 166,32 га, необходимо обозначить примерные границы каждого поля на карте, выделяя каждое поле определенным цветом для идентификации. Пример разграничения полей представлен на рис. 30.

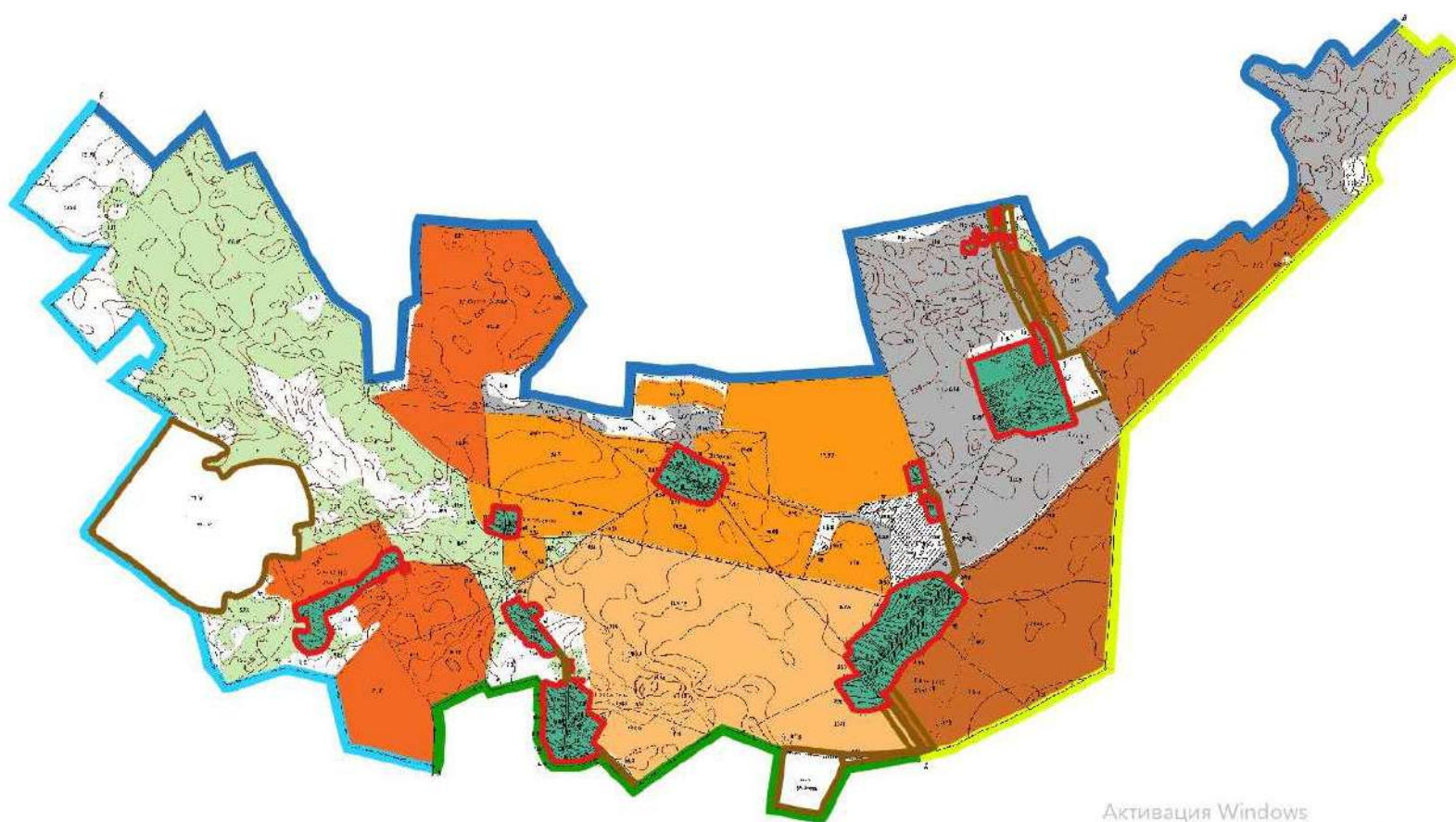


Рисунок 30 – Размещение полей севооборота (составлено автором)

Четкие границы полей и рабочих участков проектируются при устройстве территории севооборотов, однако в рамках ВКР эта часть проекта внутрихозяйственного землеустройства не затрагивалась.

5. Оформление проекта организации угодий и системы севооборотов.

Используя возможности программного обеспечения CAD, мы сделали оформление проекта. Для этого во вкладке модель мы выбрали формат листа, на котором будет распечатан проект, в нашем случае это лист формата А3 без полей 420x297 мм. Чтобы сделать ограничительную рамку сначала мы использовали инструмент «полилиния», с помощью которой сделали первый кант рамки. Далее с помощью функции «сместить», мы трижды перенесли кант на 5 мм. Промежуток между вторым и третьим кантом мы закрасили с помощью функции «сплошная заливка». Штамп был оформлен с помощью инструмента «отрезок» и режима ортогонального ограничения перемещения курсора, чтобы линии были начерчены строго под прямым углом. Благодаря инструменту «текст» были оформлены все необходимые надписи. В пространстве листа был задан пользовательский масштаб 0,445. Оформленный проект представлен в Приложении Д.

При создании проекта организации угодий и системы севооборотов применение цифровых технологий, ИИ и ММ оказалось весьма полезным, т. к. позволило сэкономить время на разработку проекта, а также получить обоснованные оптимальные проектные решения для СПК «Звезда».

В процессе выполнения работы была проанализирована различная специальная литература, касающаяся цифровых технологий, ИИ и ММ при ВХЗ. Были проведены подготовительные работы, созданы несколько экспертных систем, а также разработана математическая модель организации угодий. Полученные данные и принятые проектные решения были перенесены на картографический материал с помощью цифровых технологий. В результате мы получили два графических документа: чертеж подготовительных и обследовательских работ и проект организации угодий и системы севооборотов, а также две экспертные системы: экспертная система для определения специализации СПК и экспертная система по подбору угодий, пригодных для трансформации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Работа посвящена теме «Применение цифровых технологий и математического моделирования при разработке проектов ВХЗ».

В настоящее время цифровые технологии стремительно развиваются и становятся неотъемлемой частью нашей жизни. На данном этапе развития общества существенно возрастают потребности в землеустроительных работах. Следовательно, возрастают требования к качеству проектирования. Взаимосогласованное применение цифровых технологий, математического моделирования и систем искусственного интеллекта значительно упрощает процесс проектирования. Так как появляется возможность работы с большим объемом информации, принятия оптимальных проектных решений, создания качественной проектной документации. Поэтому тема работы является актуальной.

В результате выполнения работы мы пришли к следующим выводам.

Проведя анализ современного землепользования в агропромышленном комплексе, мы пришли к выводу, что в настоящее время в земельной политике отсутствуют конкретные цели и задачи, которые были бы направлены на сохранение земельного потенциала.

В настоящее время цифровая трансформация сельского хозяйства в России во многом основана на комплексном внедрении ряда цифровых технологий в рамках взаимосвязанных концепций точного земледелия, животноводства и умного сельского хозяйства, однако необходимо повысить значимость землеустроительного проектирования, в части разработки проектов внутрихозяйственного землеустройства для сельскохозяйственных производителей, т.к. все основные элементы цифровой трансформации должны базироваться на «классическом» землеустройстве, чтобы соблюсти все землеустроительные принципы и рационально и эффективно использовать имеющийся земельно-ресурсный потенциал.

Анализируя определения внутрихозяйственного землеустройства, сформулированные различными учеными, нами уточнено понятие

внутрихозяйственного землеустройства, которое представляет собой, как социально-экономический процесс, так и комплекс мероприятий, нацеленный на рациональное использование и охрану земель сельскохозяйственного назначения, а также связанных с ней средств производства, обеспечивающий высокую эффективность работы конкретной сельскохозяйственной организации с учетом действующего законодательства.

Опираясь на мнения ученых как отечественных, так и зарубежных, мы уточнили понятия геоинформационных систем и систем автоматизированного проектирования. ГИС в землеустройстве удобно использовать как визуализатор и базу данных для хранения информации. САПР в землеустройстве применяется в процессе решения проектных задач по вопросам организации рационального использования и охраны земельных ресурсов, а также снижения трудоемкости за счет автоматизации проектирования.

В результате анализа классификации математических моделей, условий их применения при внутрихозяйственном землеустройстве, а также возможности решения проектных задач, мы пришли к необходимости их совместного применения со средствами работы с графической информацией. Это натолкнуло нас на создание алгоритма их взаимосогласованного применения на этапах землеустроительного проектирования.

Разработанный нами алгоритм землеустроительного проектирования основан на использовании методов математического моделирования, систем искусственного интеллекта, а также нескольких программных средств, таких как QGIS и программное обеспечение CAD, дополненных необходимыми модулями и расширениями на всех этапах разработки проекта по внутрихозяйственному землеустройству. В алгоритме представлены все этапы внутрихозяйственного проектирования, однако часть из них не нуждаются в отображении графической составляющей и применения систем искусственного интеллекта, а некоторые из этапов не требуют использования математического аппарата.

Выявив факторы, влияющие на развитие сельского хозяйства в Ленинградской области, а так проанализировав состояние и использования

земель сельскохозяйственного назначения, мы пришли к выводу, что в Ленинградской области наблюдается сокращение земель данной категории. Эта тенденция в дальнейшем приведет к негативным последствиям в виде выбытия из оборота продуктивных земель, следовательно, к сокращению возможности для сельскохозяйственных организаций сохранить свое производство.

В результате пространственной характеристики землепользования СПК «Звезда», выполненной с помощью аналитической модели, выявлено, что землепользование некомпактное, имеет изломанные границы и сильную вытянутость с запада на восток. Присутствуют незначительные вкрапливания посторонних землепользований, что является пространственным недостатком. К преимуществам землепользования можно отнести хорошую освоенность, отражающую интенсивность ведения сельского хозяйства, а также удобные для проведения механизированных работ контура пахотных угодий. Примерно равное соотношение пахотных и кормовых угодий позволяет уточнять кормовую специализацию хозяйства в зависимости от планируемой специализации в животноводстве. Для автоматизации расчетов было разработано приложение на языке PYTHON – Калькулятор пространственных характеристик.

На примере СПК «Звезда» были выполнены подготовительные и исследовательские работы в программном комплексе QGIS. В результате применения такого ГИС-редактора была получена графическая и семантическая информация по изучаемому землепользованию, которая легла в основу создания двух экспертных систем, оптимизационной модели организации угодий и балансовой модели системы севооборотов.

На основе собранных и проанализированных данных в результате подготовительных работ была предложена экспертная система по установлению наиболее рациональной специализации для СПК, отражающая ресурсный подход к проектированию.

Чтобы обосновать площадь угодий допустимых для трансформации была разработана экспертная система, исходя из почвенных условий. Главными задачами трансформации были улучшение конфигурации пахотных угодий и

соответствие специализации.

Нами была разработана оптимизационная математическая модель организации угодий, реализованная с помощью MS Excel. В результате мы получили оптимальные площади трансформации, при условии получения максимальной прибыли от реализации сельскохозяйственной продукции. Система севооборотов была составлена с помощью балансовой математической модели. В итоге мы получили один четырехпольный севооборот со средним размером поля в 166,32 га.

Используя числовые данные составленных ранее математических моделей, с помощью САПР были реализованы решения по организации угодий на картографическом материале. Общий результат проектирования организации угодий и системы севооборотов воплощен при помощи CAD-средств.

Несмотря на то, что некоторые их составных частей проекта ВХЗ не были нами затронуты, материалы представленного исследования могут быть использованы как при обучении специалистов в области землеустройства, так и землеустроителями-практиками при подготовке реальных проектов. Также возможно использование отдельных авторских программных продуктов органами власти и сельскохозяйственными производителями при реализации государственных программ и получении дополнительного финансирования.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

АПК – агропромышленный комплекс

ГИС – геоинформационная система

ГОСТ – государственный стандарт

ЗОУИТ – зона с особыми условиями использования территории

ИИ – искусственный интеллект

КРС – крупный рогатый скот

ММ – математическая модель

РСФСР – Российская Советская Федеративная Социалистическая
Республика

РФ – Российская Федерация

САПР – система автоматизированного проектирования

СПК – сельскохозяйственный производственный кооператив

С/Х – сельское хозяйство.

ЭС – экспертная система

CAD – система автоматизированного проектирования

QGIS – Quantum GIS

QMS – QuickMapServices

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ананьев, Ю.С. Геоинформационные системы. Учеб. пособие / Ю.С. Ананьев. – Томск: Изд. ТПУ, 2003. – 70 с.
2. Бессмертный, И.А. Системы искусственного интеллекта / И.А. Бессмертный, А.Е. Авдюшина, А.В. Кугаевских, Ю.А. Королева, Н.Г. Рущенко. – СПб.: Университет ИТМО, 2024. – 81 с.
3. Брантова, М.М. Учебное пособие по разделу: «Межхозяйственное (территориальное) землеустройство» для студентов по направлению подготовки 21.03.02 - «Землеустройство и кадастры»: учебное пособие / М.М. Брантова, З.Р. Тлехас. – Майкоп: изд-во Магарин О.Г. 2016. -122 с.
4. Браславец, М. Е. Экономико-математические методы в организации и планировании сельскохозяйственного производства / М.Е. Браславец — М.: Экономика, 1971. – 385 с.
5. Бугаевский, Л.М. Геоинформационные системы / Л.М. Бугаевский. - М.: Златоуст, 2000.-221 с.
6. Варламов, А.А. Земельный кадастр. Географические и земельные информационные системы / А.А. Варламов, С.А. Гальченко. - М.: Колос, 2005. – 480 с.
7. Варламов, А. А. Экономика и экология землепользования: учебник. Часть 1. Теоретические основы системы землепользования. – М.: Фолиум, 2015. – 202 с.
8. Варламов, А. А. История земельных отношений и землеустройства / Под ред. А. А. Варламова. — М. : КолосС, 2000. — 336 с.
9. Волков, С.Н. Землеустройство. Т. 1. Теоретические основы землеустройства / С.Н. Волков. – М.: Колос, 2001. – 496 с.
10. Волков, С.Н. Землеустроительное проектирование. Внутрихозяйственное землеустройство. Т.2 / С.Н. Волков. – Москва: Колос, 2001. - 648 с.
11. Волков, С.Н. Землеустройства. Экономико-математические методы и модели. Т.4. / С.Н. Волков. – Москва : Колос, 2001. - 696 с.
12. Волков, С.Н. Землеустройство. Системы автоматизированного проектирования в землеустройстве. Т.6. / С.Н. Волков. – Москва.: Колос, 2002. - 328 с.
13. Волков, С.Н. Землеустроительное проектирование. / С.Н. Волков. –

Москва. : Колос, 1997. - 608 с.

14. Гендельман, М.А. Землеустроительное проектирование / М.А. Гендельман, Н.Н. Бурихин, В.Я. Заплетин; под ред. М. А. Гендельмана. – М.: Агропромиздат, 1986. – 510 с.

15. ГОСТ 22487-77 Проектирование автоматизированное. Термины и определения. – Введ. 01.07.1978. – М.: Стандартиформ, 1978. – 14 с.

16. ГОСТ Р 59277-2020 Системы искусственного интеллекта. Классификация систем искусственного интеллекта. – Введ. 01.03.2021. – М.: Стандартиформ, 2021. – 16 с.

17. ГОСТ 52438-2005 Географические информационные системы. Термины и определения. – Введ. 01.07.2006. – М.: Стандартиформ, 2006. – 19 с.

18. ГОСТ Р 52155-2003 «Географические информационные системы федеральные, региональные, муниципальные. Общие технические требования».

19. Головин, А. А. Эволюция земельных отношений в России / А. А. Головин // Научное обеспечение агропромышленного производства. – Курск: Изд-во Курск. гос. с.-х. ак., 2012. – Ч. 2. – с. 210 - 213.

20. Доклад о состоянии и использовании земель Ленинградской области в 2005-2023 гг. // Управление федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии по Ленинградской области: [сайт]. – URL: [https:// www / rosreestr.gov.ru/open-service/statistika-i-analitika/zemleustroystvo-i-monitoring-zemel_lenobl](https://www.rosreestr.gov.ru/open-service/statistika-i-analitika/zemleustroystvo-i-monitoring-zemel_lenobl) (дата обращения 25.03.2024).

21. Звонарев, С. В. Основы математического моделирования: учебное пособие / С. В. Звонарев. – Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2019 – 112 с.

22. Земельный Кодекс Российской Федерации: федер. закон от 25.10.2001 №136-ФЗ (ред. от 30.04.2021) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.05.2021) // «Консультант плюс» [сайт]. – М., 1997-2021 – режим доступа: <http://www.consultant.ru> – Загл. с экрана (дата обращения 22.12.2023).

23. Землеустройство и кадастры: актуальные проблемы и пути их решения. Сборник научных статей молодых исследователей. Выпуск 2 / под ред. Васильева А.К. – Волгоград: ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, 2019. – 192 с.

24. Зуев, С.А. САПР на базе AutoCAD – как это делается / С.А. Зуев, Н.Н. Полещук. – СПб. : БХВ-Петербург, 2004 г. – 1168 с.
25. Камшилов, С. Г. Системы автоматизированного проектирования в производственных процессах / С.Г. Камшилов // Вестник Челябинского государственного университета. – 2004. - № 1. – С. 104-108.
26. Каштаева, С.В. Математическое моделирование: учебное пособие / С.В. Каштаева. – Пермь : ИПЦ «Прокрость», 2020.– 112 с.
27. Корячко, В.П Теоретические основы САПР: Учебник для вузов/ В.П. Корячко, В.М. Курейчик, И.П. Норенков. – М. : Энергоатомиздат, 1987 г. – 400 с.
28. Кошкарев, А.В., Геоинформатика / А.В. Кошкарев, В.С. Тикунов. - М. : КартоцентрГеоиздат, 1993. - 213 с.
29. Коффорд, А.И. Русское землеустройство / А.И. Коффорд. – СПб, 1914. – 123 с.
30. Кравченко, Р.Г. Экономико-математические методы в организации и планировании сельскохозяйственного производства / Р.Г. Кравченко, И.Г. Попов, С.З. Толпекин. – изд. 2-е. – М. : Колос 1973. – 246 с.
31. Лошаков, А.В. Современное состояние и охрана агроландшафтов центрального Предкавказья: дис. ... доктора. географ. наук: 25.00.26/ Лошаков Александр Викторович. - Москва, 2020. – 412 с.
32. Лютых, Ю. А. Земельные отношения в России / Ю. А. Лютых. – Красноярск : Кн. изд-во, 1995. – 13 с.
33. Малюх, В. Н. Введение в современные САПР: Курс лекций / В.Н. Малюх - М. : ДМК Пресс, 2010. -192 с.
34. Нестеренко, Е. С. Основы систем автоматизированного проектирования конспект лекций / Е.С. Нестеренко; Минобрнауки России, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева (нац. исслед. ун-т) - Электрон. текстовые и граф. дан. - Самара, 2013 – 55 с.
35. Никитина, Ю.В. Курс лекций по дисциплине «Геоинформационные системы» для подготовки студентов высших учебных заведений / Ю. В. Никитина, В.Н. Никитин. - Новосибирск: Сибир. гос. геодезическая академия, 2008. – 44 с.
36. Норенков, И.П. Основы автоматизированного проектирования: Учеб. для

вузов. 2-е изд., перераб. и доп./ И.П. Норенков. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002 - 336 с.

37. О землеустройстве: федер. закон от 18.06.2001 № 78-ФЗ ред. от 03.08.2018 // «Консультант плюс» [сайт]. – М., 1997-2022 – Режим доступа: <http://www.consultant.ru> – Загл. с экрана (дата обращения 22.12.2023).

38. Об информации, информационных технологиях и о защите информации: федер. закон от 27 июля 2006 г. № 149-ФЗ// «Консультант плюс» [сайт]. – М., 1997-2022 – Режим доступа: <http://www.consultant.ru> – Загл. с экрана (дата обращения 25.12.2023).

39. Об обороте земель сельскохозяйственного назначения: федер. закон от 24 июля 2002 г. №101-ФЗ ред. от 30.12.2022 // «Консультант плюс» [сайт]. – М., 1997-2021 – Режим доступа: <http://www.consultant.ru> – Загл. с экрана (дата обращения 22.12.2023).

40. О развитии сельского хозяйства: федер. закон от 29 декабря 2006 г. №264 ФЗред. от 30.12.21// «Консультант плюс» [сайт]. – М., 1997-2022 – Режим доступа: <http://www.consultant.ru> – Загл. с экрана (дата обращения 23.01.2023).

41. Об утверждении формы карты (плана) объекта землеустройства и требований к ее составлению: постан. правит. РФ от 30.07.2009 № 621 // «Консультант плюс» [сайт]. – М., 1997-2022 – Режим доступа: <http://www.consultant.ru> – Загл. с экрана (дата обращения 15.12.2023).

42. Об утверждении Правил установления на местности границ объектов землеустройства: постан. правит. РФ от 20.08.2009 № 688 // «Консультант плюс» [сайт]. – М., 1997-2022 – Режим доступа: <http://www.consultant.ru> – Загл. с экрана (дата обращения 15.12.2023).

43. Озеранская, Н.Л. Внутрихозяйственное землеустройство агроформирований: учебное пособие. / Н.Л. Озеранская, Т.Е. Карбозов. – Астана: КАТИУ имени С.Сейфулина, 2023- 84 с.

44. Онищенко, О.А. Конспект лекций по курсу «Основы САПР» / О.А. Онищенко. - Одесса: Одесская гос. академия Холода, 2002. – 45 с.

45. Павлова, В.А. Системы искусственного интеллекта в землеустройстве и

кадастрах: учебное пособие / В. А. Павлова, Е. Л. Уварова. - Санкт-Петербург : СПбГАУ, 2023. - 80 с.

46. Паламарчук, Н.А. Моделирование сельскохозяйственного землепользования с учетом классификационных групп факторов: дис. ... канд. техн. наук: 25.00.26/ Паламарчук Надежда Александровна. – Москва, 2019. – 350 с.

47. Папаскири, Т.В. Геоинформационные системы и технологии автоматизированного проектирования в землеустройстве: Учебно-методическое пособие –3-е изд., перераб. и доп./ Т.В. Папаскири. - М. : Изд-во ГУЗ, 2011. – 227 с.

48. Папаскири, Т.В. Организационно-экономический механизм формирования системы автоматизированного проектирования в землеустройстве: дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05/ Папаскири Тимур Валикович. - Москва, 2016. – 399 с.

49. Письменная, Е.В. Эколого-хозяйственная организация территории для оптимизации аграрного землепользования в зоне степей Северо-Кавказского региона: дис. ... канд. с/х. наук: 06.01.03/ Письменная Елена Вячеславовна. - Ставрополь, 2018. – 356 с.

50. Положение о формировании и функционировании евразийских технологических платформ от 13 апреля 2016 г. № 2. Евразийские технологические платформы. – М., 2017. – 36 с.

51. Самардак, А.С. Геоинформационные системы: эл. учеб. / А.С. Самардак. – Владивосток : ДВГУ ТИДОТ, 2005. - 124 с.

52. Середович, В.А. Геоинформационные системы (назначение, функции, классификация): монография / В.А. Середович, В.Н. Ключниченко, Н.В. Тимофеева. – Новосибирск : СГГА, 2008. - 192 с.

53. Сельскохозяйственное землепользование и продовольственная безопасность / под ред. Шибхузова З.С. // IV Международная научно-практическая конференция. Нальчик: Кабардино-Балкарский ГАУ, 2018. - 286 с.

54. Сизов, А.П. Современные проблемы землеустройства и кадастров. Ч. 1 Землеустройство: учебное пособие для студентов магистратуры. / А.П. Сизов. –М.: Изд-во МИИГАиК, 2012. – 69 с.

55. Скворцов, Е.А. Переход сельского хозяйства к цифровым, интеллектуальным и роботизированным технологиям / Е.А. Скворцов, Е.Г Скворцова, И.С. Санду, Г.А. Иовлев // Экономика региона. – 2018. – Том 14. – Вып. 3. – С. 1014-1028.

56. Скогарева, Р.М. Геодезия с основами геоинформатики: Уч. пособие для вузов./ Р.М. Скогарева. – М. : Высшая школа, 1999. – 205 с.

57. Соколов, В.В. Изменение вида сельскохозяйственных угодий/ В.В. Соколов //International agricultural journal. – 2023. – № 3. – 553-561.

58. Соколова, А.А. Правовое обеспечение надлежащего использования земель сельскохозяйственного назначения: дис. ... канд. юр. наук: 12.00.06/ Соколова Алина Алексеевна. - Москва, 2015. – 399 с.

59. Состояние окружающей среды Ленинградской области в 2022 году. Информационно-аналитический сборник – Санкт-Петербург: Папирус, 2023 – 320 с.

60. Столыпин, П.А. Нам нужна великая Россия. Полное собрание речей в Государственной думе и в Государственном совете. 1906-1911. – М.: Молодая гвардия, 1988. – 411 с.

61. Сулин, М.А. Землеустройство: учебное пособие для студентов сельскохозяйственных высших учебных заведений / М.А. Сулин. – М. : Колос, 2009. – 401 с.

62. Тикунов, В.С. Геоинформатика: Учеб. для студ. вузов / В.С. Тикунов, Е.Г. Капралов, А.В. Кошкарёв,; под ред. В.С.Тикунова.— М : Издательский центр «Академия», 2005. — 480 с.

63. Троицкий, В.П. Научные основы землеустройства / В.П. Троицкий, С.Н. Волков, М. А. Гендельман. ; под ред. В. П. Троицкого. - Москва : Колос, 1995. – 175с.

64. Туктаров, Б.И. Землеустроительное проектирование. Внутрихозяйственное землеустройство сельскохозяйственного предприятия./ Б.И. Туктаров – Саратов.: - 2012. - 264 с.

65. Управление сельскохозяйственным землепользованием. Прикладные аспекты. Часть 2: коллективная монография / Под ред. Гарманова В.В., Шишова

Д.А. – СПб : СПбГАУ, 2021. – 228 с.

66. Федоров, А.Д. Цифровизация сельского хозяйства – необходимое условие повышения его конкурентоспособности / А.Д. Федоров // Нивы России. – 2018. – № 5. Режим доступа: <https://www.svetich.info/publikacii/tochnoe-zemledelie/cifrovizacija-selskogo-hozjaistva-neobho.html> (дата обращения 23.01.2024).

67. Цветков, В.Я. Геоинформационные системы и технологии./ В.Я. Цветков. - М. : ФиС, 1998.-368 с.

68. Ципилева, Т.А. Геоинформационные системы: Учебное пособие./ Т.А. Ципилева. – Томск : Томский межвузовский центр дистанционного образования, 2004 –162 с.

69. Цифровая трансформация сельского хозяйства России: офиц. изд. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. – 80 с.

70. Цифровизация сельскохозяйственного производства России на период 2018-2025 гг. // Исследование кооперационного проекта «Германо-Российский аграрно-политический диалог» Москва/Берлин, декабрь 2018 – 33 с.

71. Цифровизация сельского хозяйства / Евразийская экономическая комиссия. 2016. Сборник, вып. 3– 26 с.

72. Чешев, А.С., Основы землепользования и землеустройства: Учебник для вузов. Издание 2-е, дополненное и переработанное./ А.С. Чешев, В.Ф. Вальков. – Ростов н/Д : издательский центр «МарТ», 2002. - 544 с.

73. Рассел, С. Искусственный интеллект. Современный подход. / С. Рассел, П. Норвиг – 2006. – 260 с.

74. Хант, Э. материалы академической работы по теме «Искусственный интеллект» / Э. Хант – Нью-Йорк, Сан-Франциско, Лондон, 1975. – 281 с.

75. DeMerc, Географические Информационные Системы. / DeMerc, MichaelN. – Основы.: Пер. с англ. - М: Дата+, 1999. – 53 с.

76. Paul, A. Geographic Information Science and Systems. / Paul, A, Longley, Michael F. Goodchild, David J. Maguire, David W. Rhind. – 4th Edition, 2015. – 245 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Отечественные цифровые технологии, применяемые в сельском хозяйстве

Название технологии	Описание
ЕхactFarming	платформа, объединяющая решения цифровой агрономии для сельхозпроизводителей, производителей и продавцов удобрений, агрохимии и семян, финансовых институтов и других участников сельскохозяйственной отрасли и позволяющая им эффективно управлять агробизнесом, своевременно принимать решения, снижать риски и увеличивать прозрачность взаимодействия друг с другом
Агротроник	агрономические сервисы (точное земледелие, позиционирование техники, уборка и обработка почвы, работа ночью на основе видеосистем и т.д.), производитель ГК «Ростсельмаш»
Cognitive Technologies	агрономический сервис (точное земледелие, позиционирование техники, уборка и обработка почвы, работа ночью на основе видеосистем)
АгроМон	мобильное приложение и веб-сервис для управления хозяйством. Организация осмотра посевов, планирование сезона, управление полевыми работами, обмен данными с командой, производителями семян, средств защиты растений и дистрибьюторами
SmartAGRO	система управления предприятием со встроенным модулем агроаналитики. автоматизирует до 90% бизнес-процессов агропредприятия
NeuroPlant	ассистент сбора, хранения и оперативной аналитической обработки данных в целях поддержки принятия решения с использованием ИИ
СкайСкаут	единая система управления агрономической службой предприятий сельского хозяйства. Она обеспечивает полноту картины состояния культур на основе данных, собранных как вручную, так и автоматически. В нем собрано сразу несколько полезных для агрономов сервисов: мониторинг полей в режиме онлайн при помощи спутникового наблюдения, высокоточное прогнозирование погоды и подсчет выпавших осадков, предупреждение о рисках, например проблемных участках с низкой урожайностью или признаками развития заболеваний, возможность получить консультацию экспертов, составление отчетов
DigitalAgro	платформа, объединяющая решения цифровой агрономии для сельхозпроизводителей, производителей и продавцов удобрений, агрохимии и семян, финансовых институтов и других участников сельскохозяйственной отрасли и позволяющая им эффективно управлять агробизнесом, своевременно принимать решения, снижать риски и увеличивать прозрачность взаимодействия друг с другом
Агросигнал	платформа и мобильное приложение для эффективной работы всех подразделений предприятий на каждом этапе полевых работ, от планирования севооборота и формирования годового бюджета до мониторинга работы техники и сотрудников и учета готовой продукции. Учет транспортных работ. Ведение оперативных планов и графиков смен, создание индивидуальных и групповых отчетов, привязка информации о перевозимом грузе
ЦентрПрограмм Систем	информационное решение в сфере управления агропромышленным бизнесом
Green Growth	платформа для картирования урожайности в режиме реального времени
Полидон Агро	мобильное приложение с актуальной информацией о продукции и калькулятором смешивания
Свое фермерство	сервис от Россельхозбанка с упором на e-commerce. Позволяет купить семена, удобрения, СЗР, агрохимию и даже сельхозтехнику. Кроме товаров, здесь можно получить и услуги
Magrotech	компания, собирающая информацию о характеристиках поля и предоставляющая прогноз урожайности на основе математической модели
ООО «Ассистагро»	применение БПЛА для сбора, хранения и оперативной аналитической обработки данных в целях поддержки принятия решения с использованием ИИ
ООО «Кайпос»	производитель систем мониторинга погоды, моделей заболеваний растений, систем оптимизации полива и технологии идентификации вредных объектов

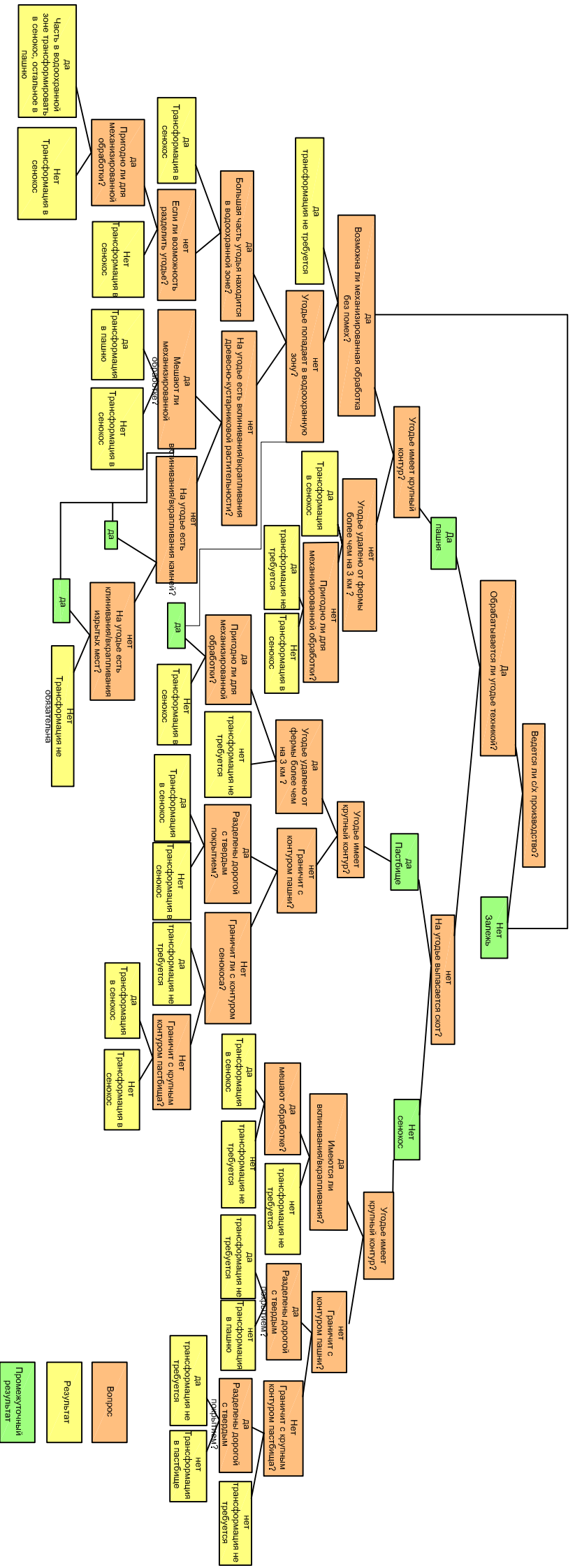
Факторы, влияющие на отрасль сельского хозяйства

Группа факторов	Содержание
Сильные стороны	Приморское положение Ленинградской области Приграничное положение, наличие сухопутных пограничных переходов с Эстонией и Финляндией Расположение внутри территории области второй по значимости в России городской агломерации (Санкт- Петербургская городская агломерация) Сформирован высокопроизводительный многоотраслевой АПК со специализациями на молочно-мясном животноводстве, птицеводстве, растениеводстве, семеноводстве. Достигнутые высокие показатели производительности АПК в сравнении с другими регионами СЗФО Близость мегаполиса как крупнейшего рынка сбытапромышленной и сельскохозяйственной продукции ЛО Высокий уровень продовольственной безопасности Успешная реализация масштабных долгосрочных целевых программ развития АПК и социальной сферы в сельской местности
Слабые стороны	Зона рискованного земледелия Наличие ледяного покрова в прибрежных водах в зимний период Климатические ограничения на ведение отдельных видов деятельности в сфере сельского хозяйства Неравномерность развития АПК по территории области «Пригородный» характер развития АПК (работа на рынок Санкт-Петербурга и возникающая олигопсония) Отток кадров из АПК в другие отрасли деятельности (прежде всего сферу услуг) Высокий уровень развития и субсидирования АПК в соседних государствах ЕС (Финляндия и Эстония) Высокий уровень конкуренция на рынках Санкт-Петербурга Вытеснение предприятий АПК с земель ввиду более высокой рентабельности строительства загородной недвижимости Климатические условия Ленинградской области (зона рискованного земледелия)
Возможности	Возможность развития междугородних перевозок (грузовых, пассажирских) различными видами транспорта (морской, речной, автомобильный, железнодорожный, трубопроводный) Возможности для развития на базе сложившейся структуры производства высокотехнологичных предприятий в сфере АПК Формирование дополнительной прибыли сельхозпроизводителей Ленинградской области за счет высокой экологической чистоты продукции
Угрозы	Климатические угрозы (для АПК и отрасли туризма) Суровые зимы, дождливое лето, сверхнормативный снежный и ледовый покров территорий, ледовый покров прибрежных акваторий Вступление России в ВТО и риски доступа на внутренний рынок в среднесрочной перспективе конкурирующих импортных товаров с более низкой стоимостью и лучшим качеством. Снижение финансовых показателей сельхозпроизводителей вследствие развития крупных сетевых операторов розничной торговли в Санкт-Петербурге и Ленинградской области и снижения закупочных цен. Сокращение продуктивных с/х угодий; деградация их качественного состояния в результате зарастания кустарником и лесом, вторичного заболачивания в связи с выходом из строя государственных мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений. Отсутствие мониторинга и контроля за состоянием и использованием земельных ресурсов

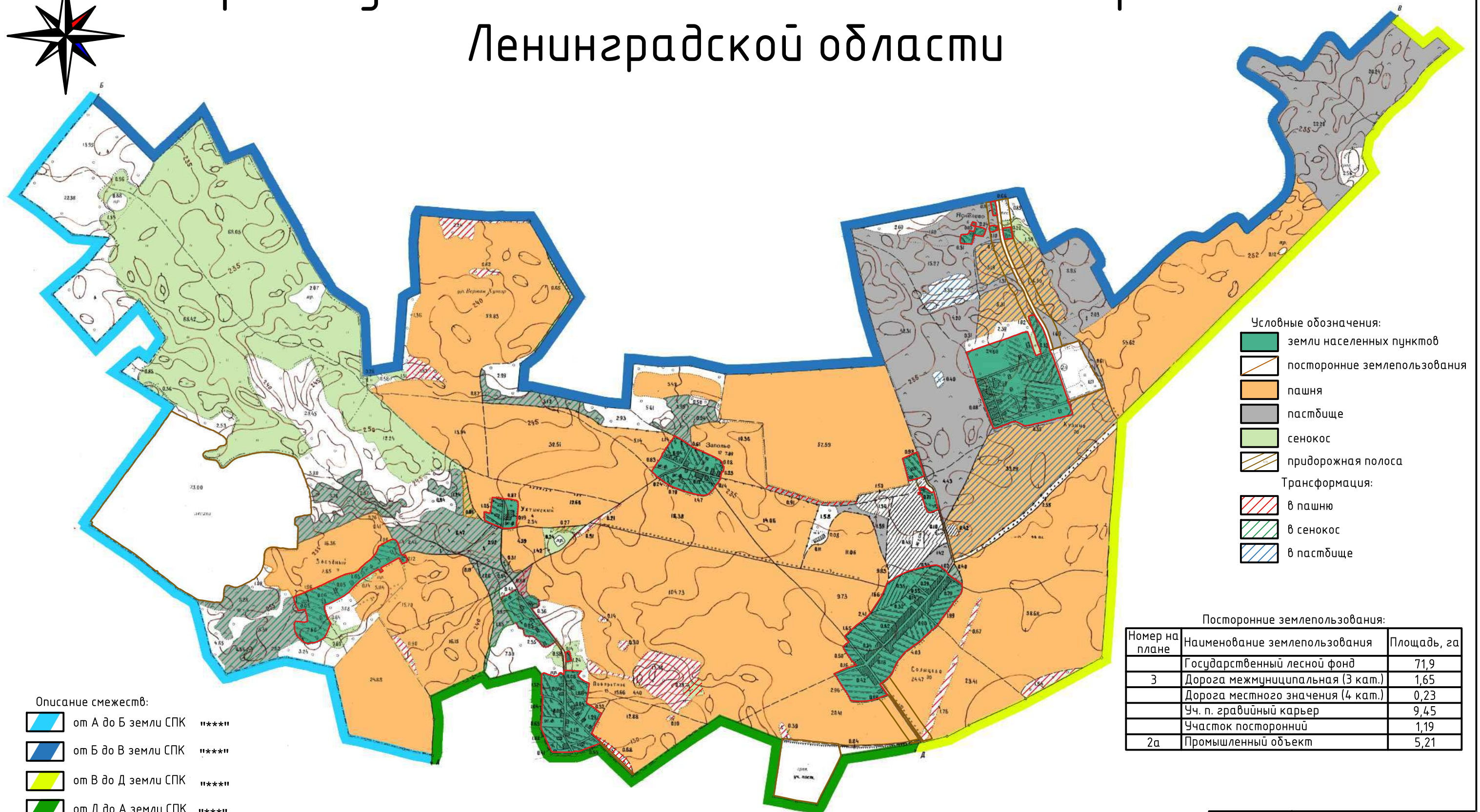
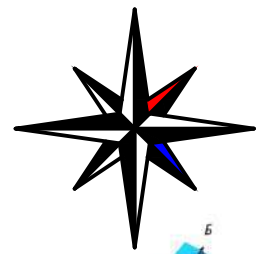
Подготовлена на основе материалов Бортковой Е.А. и Володниковой Е.О.

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Экспертная система по подбору угодий для трансформации



Чертеж подготовительных и обследовательских к проекту ВХЗ СПК "Звезда" Гатчинского района Ленинградской области



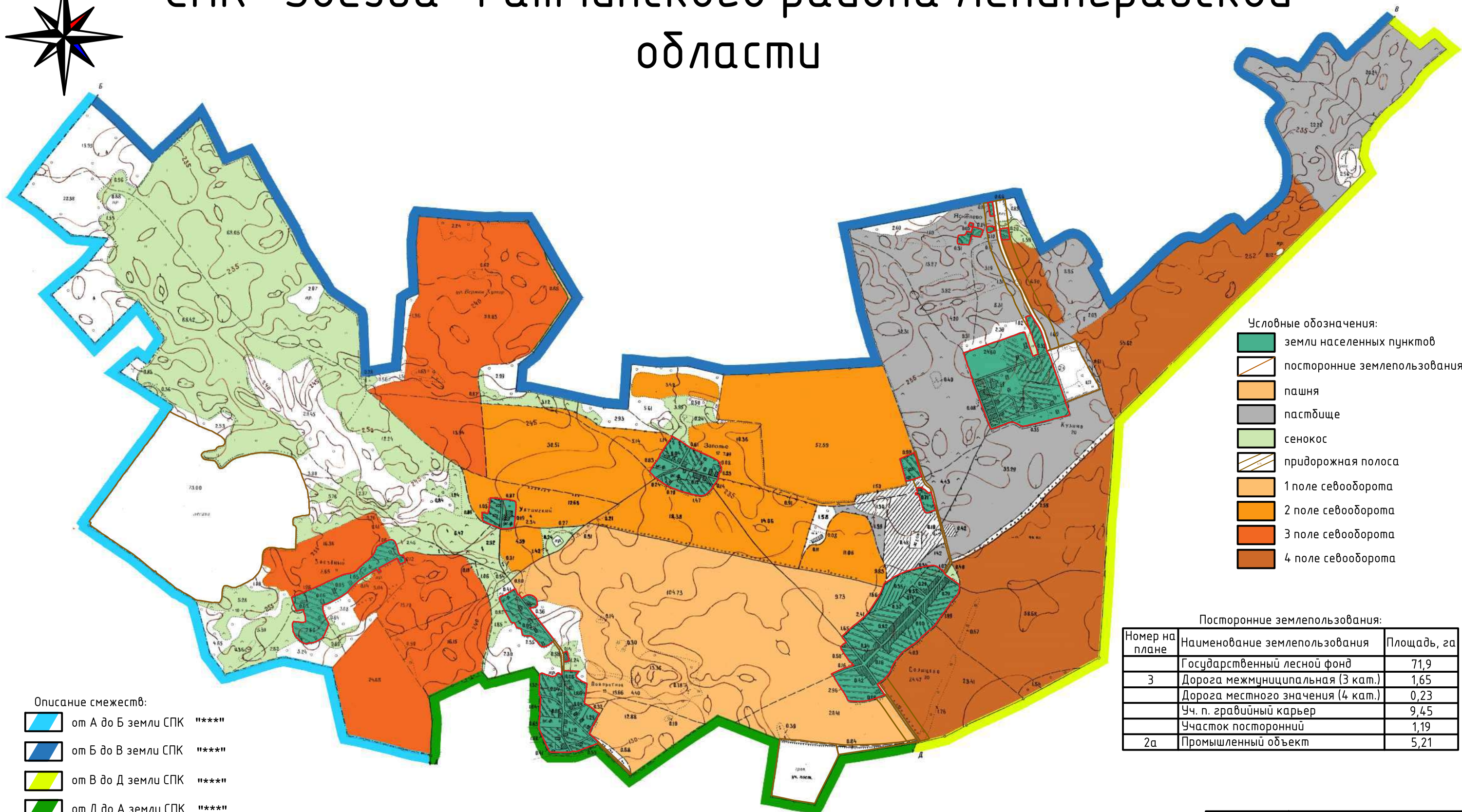
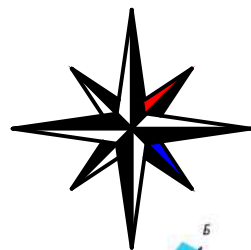
Посторонние землепользования:

Номер на плане	Наименование землепользования	Площадь, га
	Государственный лесной фонд	71,9
3	Дорога межмуниципальная (3 кат.)	1,65
	Дорога местного значения (4 кат.)	0,23
	Уч. п. гравийный карьер	9,45
	Участок посторонний	1,19
2а	Промышленный объект	5,21

Масштаб 1:25000

ФГБОУ ВО СПбГАУ	Кафедра Землеустройства	
Выполнили :	ст. гр. 033241	А.С.Метельская
Руководитель:		Е.Л.Уварова

Проект организации угодий и системы севооборотов СПК "Звезда" Гатчинского района Ленинградской области



Условные обозначения:

- земли населенных пунктов
- посторонние землепользования
- пашня
- пастбище
- сенокос
- придорожная полоса
- 1 поле севооборота
- 2 поле севооборота
- 3 поле севооборота
- 4 поле севооборота

Посторонние землепользования:

Номер на плане	Наименование землепользования	Площадь, га
	Государственный лесной фонд	71,9
3	Дорога межмуниципальная (3 кат.)	1,65
	Дорога местного значения (4 кат.)	0,23
	Уч. п. гравийный карьер	9,45
	Участок посторонний	1,19
2а	Промышленный объект	5,21

Описание смежеств:

- от А до Б земли СПК *****
- от Б до В земли СПК *****
- от В до Д земли СПК *****
- от Д до А земли СПК *****

Масштаб 1:25000

ФГБОУ ВО СПбГАУ	Кафедра Землеустройства	
Выполнили :	ст. гр. 033241	А.С.Метельская
Руководитель:		Е.Л.Уварова

РЕЦЕНЗИЯ

на выпускную квалификационную работу

Метельской Анной Сергеевной

(фамилия, имя, отчество)

обучающего(ей)ся по направлению подготовки 21.04.02 Землеустройство и кадастры,
профиль подготовки Управление земельными ресурсами,
выполненную по теме: Применение цифровых технологий

и математического моделирования при
разработке проектов ВКЗ

1 Основные достоинства выпускной квалификационной работы (актуальность, соответствие содержания и структуры выбранной теме, практическая значимость и научная обоснованность и пр.): Актуальность представленной работы не вызывает сомнений в связи с необходимостью повышения качества и эффективности землеустроительного проектирования, что успешно достигается за счет внедрения цифровых технологий и методов математического моделирования. Структура и содержание работы полностью соответствует теме ВКР. Научная новизна работы заключается в предложенной автором аналитической блок-схеме экспертной системы по подбору угодий для трансформации. Практическая значимость работы состоит в создании проекта организации угодий и систем севооборотов СПК «Звезда» Замтинского района Ленинградской области.

2 Недостатки и замечания по выпускной квалификационной работе:

Несмотря на достаточно высокий научно-практический уровень представленной ВКР в качестве замечания можно следующее. Приложение Г содержит графическое отображение контуров некоторых угодий под трансформацию как результат работы по экспертной системе. Для оценки корректности проектных решений было бы целесообразно представить данные о значениях исследуемых критериев для угодий.

Требования к выпускной квалификационной работе	Оценка (+,-)		
	В основном соответствует	Соответствует	Не соответствует
1 Актуальность темы		+	
2 Полнота обзора литературных источников		+	
3 Соответствие методов исследования поставленной цели		+	
4 Междисциплинарный характер работы		+	
5 Четкость, логика, аргументация и стиль изложения материала		+	
6 Использование современных компьютерных технологий		+	
7 Качество оформления материалов и результатов исследования		+	
8 Оригинальность и новизна полученных результатов		+	
9 Практическая значимость		+	

4 Общее заключение по выпускной квалификационной работе (рекомендация о допуске к защите и оценка; автор достоин/не достоин присвоения квалификации (степени): Представленная ВКР рекомендуется к защите перед ГЭК и заслуживает оценки «отлично»
Эксперт автор, Метельская Анна Сергеевна, достойна присвоения ей квалификации магистр по направлению подготовки 21.04.02 Землеустройство и кадастры (профиль «Управление земельными ресурсами»)

Рецензент Метельская Анна Сергеевна (подпись)
 Подпись _____
 заверяю:
 Начальник управления делопроизводства
 контроля документооборота
О.Ю. Метельская 17 ИЮН 2024
 С рецензией ознакомлен _____
 (Фамилия И.О. обучающегося) (подпись обучающегося)

2024 г.

Метельская Анна Сергеевна, кандидат технических наук,
 доцент, доцент каф. Землеустройства и кадастров
 ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет
 императрицы Екатерины II», 199106, г. Санкт-Петербург
 21-й этаж ВО., г. 2
 Metelskaya - OYU@pers.spmi.ru
 8-921-329-73-22



СПРАВКА

о результатах проверки текстового документа
на наличие заимствований

Санкт-Петербургский государственный
аграрный университет

ПРОВЕРКА ВЫПОЛНЕНА В СИСТЕМЕ АНТИПЛАГИАТ.ВУЗ

Автор работы: Метельская Анна
Самоцитирование
рассчитано для: Метельская Анна
Название работы: ВКР Метельская
Тип работы: Не указано
Подразделение:

РЕЗУЛЬТАТЫ

■ ОТЧЕТ О ПРОВЕРКЕ КОРРЕКТИРОВАЛСЯ: НИЖЕ ПРЕДСТАВЛЕНЫ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОВЕРКИ ДО КОРРЕКТИРОВКИ

СОВПАДЕНИЯ	38.71%
ОРИГИНАЛЬНОСТЬ	56.48%
ЦИТИРОВАНИЯ	4.81%
САМОЦИТИРОВАНИЯ	0%

СОВПАДЕНИЯ	33.37%
ОРИГИНАЛЬНОСТЬ	61.82%
ЦИТИРОВАНИЯ	4.81%
САМОЦИТИРОВАНИЯ	0%

ДАТА ПОСЛЕДНЕЙ ПРОВЕРКИ: 10.06.2024

ДАТА И ВРЕМЯ КОРРЕКТИРОВКИ: 10.06.2024 11:24

Структура
документа:
Модули поиска:

Проверенные разделы: основная часть с.1-3, 6-107

Коллекция НБУ; Переводные заимствования*; Перефразирования по коллекции IEEE; Публикации eLIBRARY; Патенты СССР, РФ, СНГ; ИПС Адилет; Цитирование; Перефразирования по коллекции издательства Wiley; Шаблонные фразы; IEEE; Сводная коллекция ЭБС; Библиография; Переводные заимствования по Интернету (EnRu); СМИ России и СНГ; Диссертации НББ; Переводные заимствования по коллекции Гарант: аналитика; Медицина; Публикации eLIBRARY (переводы и перефразирования); Кольцо вузов; Переводные заимствования IEEE; Публикации РГБ; Издательство Wiley; СПС ГАРАНТ: нормативно-правовая документация; Перефразирования по Интернету (EN); Переводные заимствования издательства Wiley; СПС ГАРАНТ: аналитика; Публикации РГБ (переводы и перефразирования); Кольцо вузов (переводы и перефразирования);

Работу проверил: Павлова Виктория Александровна

ФИО проверяющего

Дата подписи:

10.06.2024

Подпись проверяющего



Чтобы убедиться
в подлинности справки, используйте QR-код,
который содержит ссылку на отчет.

Ответ на вопрос, является ли обнаруженное заимствование
корректным, система оставляет на усмотрение проверяющего.
Предоставленная информация не подлежит использованию
в коммерческих целях.

Отзыв
на выпускную квалификационную работу
Метельской Анны Сергеевны,
(фамилия, имя, отчество)

обучающего(ей)ся по направлению подготовки
21.03.04 Землеустройство и кадастры,
(код и наименование)

профиль подготовки (программа магистратуры)
Управление земельными ресурсами,

выполненную по теме:

«Применение цифровых технологий и математического моделирования
при разработке проектов ВХЗ»

Руководитель Уварова Екатерина Леонидовна
СПбГАУ, доцент каф. Землеустройства, к.т.н.,
(фамилия, имя, отчество, место работы, должность, уч. степень, уч. звание)

Тема ВКР отражает актуальную необходимость совмещения землеустроительного проектирования с новейшими достижениями компьютерных технологий. Представленный в рамках работы подход направлен на повышение востребованности внутрихозяйственного землеустройства в современном сельскохозяйственном производстве путем автоматизации работы с картографическим материалом, математической обработке большого объема данных и применения искусственного интеллекта для принятия наиболее рациональных решений.

Работа носит уникальный характер, так как при ее выполнении автор показал владение не только общепрофессиональными, но широким набором профессиональных компетенций: знание землеустроительного проектирования; практические навыки владения Qgis и AutoCad; умение пользоваться математическим аппаратом. Под руководством Анна Сергеевна смогла составить оптимизационную, аналитическую и балансовую математические модели для целей внутрихозяйственного землеустройства. Ею были разработаны 2 экспертные системы, а также программа на языке Python для автоматической оценки пространственных характеристик. В работе предложен алгоритм применения современных технологий при разработке проектов ВХЗ.

Несмотря на некоторую сумбурность изложения ВКР Анна Сергеевна проявила себя как неравнодушный специалист, способный упорно достигать поставленных целей.

Метельская Анна Сергеевна неоднократно участвовала в конференциях международного и национального уровня в 2022-2024 гг. в СПбГАУ, Воронежском ГАУ, СПбПУ Петра Великого, занимая призовые места. В 2022 году по теме проекта была представлена работа на ежегодный Конкурс научно-исследовательских и проектных работ среди студентов «Агро-Старт» в номинации «Цифровое сельское хозяйство», которая заняла 1 место. Работа также была представлена на Конкурс Фонда содействия инновациям «Умник», где прошла в финал. По теме научного проекта получено 2 свидетельства на ЭВМ, а также подана заявка на регистрацию промышленного образца. По теме проекта опубликовано 4 статьи, в том числе одна в журнале, входящем в перечень ВАК.

Заключение Представленная выпускная квалификационная работа соответствует предъявляемым требованиям, а ее автор заслуживает оценки «отлично» и присвоения квалификации бакалавра по направлению 21.04.02 Землеустройство и кадастры

Руководитель _____

(подпись)

10.06

2024 г.

С отзывом ознакомлен _____

(дата, подпись, расшифровка подписи)

Метельская Анна Сергеевна