МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«УДМУРТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Институт естественных наук
Кафедра географии, картографии и геоинформатики

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

НА ТЕМУ

ДИНАМИКА ЗАСТРОЕННОЙ ТЕРРИТОРИИ В Г. ИЖЕВСКЕ

Работу выполнил студент группы ОБ-05.03.03-41
Байков Максим Петрович /_____/

Научный руководитель: ст. преподаватель кафедры географии, картографии и геоинформатики
Копанева Ирина Михайловна /_____/

Зав. кафедрой географии, картографии и геоинформатики, к.г.н., доцент Сидоров Валерий Петрович

_____
(решение о допуске)

_____
(подпись)

«___» _____20___г.

Ижевск - 2026 г.

ВКР УдГУ

Содержание

Введение 3
Глава 1. Основные понятия и определения 5
1.1. Сущность динамики 5
1.2. Основные термины 6
Глава 2. История развития и функциональные возможности QGIS 9
2.1. Понятие и сущность ГИС 9
2.2. История появления и развития QGIS 11
2.3. Функциональные возможности QGIS 14
Глава 3. Скачивание и обработка космоснимков со спутника Landsat 18
3.1. Скачивание снимков со спутника Landsat 18
3.2. Обработка и создание синтезированных снимков 21
Глава 4. Определение динамики территории 25
4.1. Понятие динамики 25
4.2. Подготовка данных для определения динамики территории 26
4.3. Результаты отображения динамики 31
Заключение 42
Список литературы 43

ВКР УлГУ

Введение

Перед современным обществом стоят непростые задачи, вызванные изменениями в окружающей среде, растущим населением и потребностью в развитии территорий. Активное наблюдение за динамикой позволяет эффективно управлять природными ресурсами, планировать развитие городов и оценивать влияние человека на природу. Космические снимки со спутников незаменимы в данном контексте, поскольку они позволяют получать точную и своевременную картину того, как выглядят территории и какие процессы в них происходят. Следить за тем, как меняются наши земли, критически важно. Это позволяет оперативно реагировать на экологические и социальные проблемы, а также более рационально использовать ресурсы и повысить качество жизни населения.

Спутниковые снимки предоставляют уникальные возможности, позволяющие детально изучать изменения, происходящие на Земле. Благодаря снимкам становится возможным мониторинг обширных территорий с высокой пространственной и временной разрешающей способностью. Обработка космических снимков позволяет анализировать изменения в землепользовании, растительности, водных ресурсах и оценивать влияние климата на экосистемы.

В последние годы наблюдается значительный рост интереса к картографированию динамических процессов, вызванный необходимостью не только изучать структуру явлений, но и суть процессов в земной коре, атмосфере, гидросфере, биосфере и особенно в зонах их взаимодействия. Динамическое картографирование, кроме того, является наиболее эффективным средством визуализации результатов мониторинга, в этом и заключается **актуальность данной темы**.

Объектом исследования выпускной квалификационной работы является территория города Ижевска.

Предметом исследования выпускной квалификационной работы

ВКР УдГУ

является динамика.

Цель выпускной квалификационной работы: проанализировать динамику территории города Ижевска.

Задачи выпускной квалификационной работы:

1) Рассмотреть основные термины и определения динамики.

2) Рассмотреть историю развития и функционал QGIS.

3) Ознакомиться со скачиванием и обработкой космоснимков со спутников Landsat.

4) Описать результаты анализа динамики территории.

Для исследования были использованы такие методы как: теоретическое изучение и анализ литературы по теме исследования, метод визуализации.

Использовались такие типы литературы как: научная литература, методические пособия, справочные материалы и интернет-ресурсы.

Информационной базой послужили сайт NASA (снимки территории) и программа QGIS.

ВКР УдГУ

Глава 1. Основные понятия и определения

1.1. Сущность динамики

Сущность динамики в картографии заключается в отображении не просто статичного состояния объектов, а их возникновения, развития, изменения во времени и перемещения в пространстве. Это переход от фиксации “моментального снимка” к анализу процессов, что позволяет исследователю понять не только структуру, но и механизмы функционирования геосистем.

Основные задачи динамической картографии:

- Наблюдение за природными и техногенными комплексами. Данный подход имеет первостепенное значение для фиксации динамики в области экологии, рационального использования природных ресурсов, развития инфраструктуры и смежных направлений.
- Прогнозирование с использованием динамических карт. Динамические карты служат инструментом для предсказания развития природных и социально-экономических процессов, а также для анализа их скорости и интенсивности.
- Применение мультимедийных средств и динамического картографирования. Оптимизирует восприятие геоизображений за счет целенаправленного акцентирования на определенных объектах.
- Оперативное создание карт. Необходимость в оперативном картографировании является критически важным для своевременного информирования аудитории и эффективного управления динамическими процессами в режиме реального времени или с минимальной задержкой.

Исследование взаимосвязей опирается на использование разнообразного арсенала технических способов. Наиболее доступными методами являются визуальный анализ и описание взаимосвязей. Из графических приемов эффективно совмещение контуров анализируемых явлений на общей основе — графический оверлей, в результате чего

ВКР УлГУ

выявляют совпадающие, частично совпадающие и совсем не совпадающие контуры. Данные явления рассматриваются как проявление взаимосвязей различной силы.

Современная сущность динамики неразрывно связана с геоинформационными системами (ГИС). Компьютерные технологии позволили перейти от серии статичных карт к созданию картографических анимаций.

Анимация — это последовательность кадров, создающая иллюзию непрерывного движения. Её сущность состоит в том, чтобы сделать временной параметр видимым и управляемым. Исследователь может изменять скорость воспроизведения, останавливать на нужном кадре, сравнивать разные сценарии развития. Это позволяет выявлять скрытые закономерности, которые незаметны при анализе отдельных карт.

1.2. Основные термины

Основные термины, связанные с отображением изменений объектов и явлений во времени, их движения и развития.

- Динамическое картографирование - процесс создания карт, специально предназначенных для отображения изменений. Это направление активно развивается благодаря ГИС-технологиям, позволяя визуализировать не только что и где происходит, но и как, с какой скоростью, и в каком направлении развиваются процессы.
- Динамика геосистем. В более широком географическом смысле это изменения геосистем, которые имеют обратимый характер и не приводят к перестройке её структуры. Различают циклическую динамику (ритмическая смена состояний) и восстановительную динамику (возвращение системы к исходному состоянию после внешнего воздействия).
- Прогнозирование - Использование карт для предвидения будущего состояния явлений. Прогнозы могут быть пространственными,

ВКР УлГУ

временными и пространственно-временными.

- Картографические анимации — динамические последовательности электронных карт, которые передают эволюцию изображаемых объектов и явлений, их перемещение во времени и пространстве (например, движение атмосферных фронтов, расширение зон осадков при прогнозах погоды). Могут быть плоскими или объёмными, стереоскопичными, сочетаться с фотоизображением. Основными картографическими анимациями можно считать анимированные двухмерные карты динамики, анимированные двухмерные карты движения, классические двухмерные карты с эффектами анимации, анимированные анаморфозы, анимированные 3D-изображения и анимации в виртуальной реальности.
- Разновременные карты — карты, на которых одни и те же объекты изображены в разные моменты времени (например, помесячные карты температур). По ним изучают разные типы изменений: медленные, быстрые, периодические и циклические, эпизодические и катастрофические.
- Карты-реконструкции (палеогеографические, историко-географические и т. п.) — используются для отображения динамики в историческом контексте.
- Динамические условные знаки — это движущиеся, изменяющиеся знаки, используемые в компьютерных картографических анимациях. Могут быть точечными, линейными или площадными.
- Оперативные карты — создаются и используются в реальном или близком к реальному масштабу времени для быстрого информирования пользователей и воздействия на ход процесса (например, карты стадий созревания сельскохозяйственных посевов).
- Временной масштаб — это соотношение времени демонстрации карты на экране к реальной длительности процесса. Он напрямую определяет, насколько быстро или медленно пользователь воспринимает изменения. К примеру, масштаб 1:86 000 означает, что одна секунда

ВКР УлГУ

анимации примерно равна суткам, 1:600 000 примерно неделя и так далее.

Таким образом, динамика в картографии существенно расширяет возможности анализа пространственных данных, позволяя не только фиксировать текущее состояние объектов, но и понимать их эволюцию, что критически важно для научных исследований, управления территориями и принятия обоснованных решений.

ВКР УДГУ

Глава 2. История развития и функциональные возможности QGIS

2.1. Понятие и сущность ГИС

Геоинформационные системы — системы, предназначенные для сбора, хранения, анализа и графической визуализации пространственных данных и связанной с ними информации о представленных в ГИС объектах. По сути, ГИС представляет собой комплекс современных компьютерных инструментов, рассчитанных для визуализации исследования и прогнозирования событий и явлений, связанных с реальным миром, посредством картографирования. Процессы проектирования, создания и использования геоинформационных систем, включая их научные, технические и прикладные стороны, являются объектом изучения геоинформатики.

ГИС объединяет традиционные операции при работе с базами данных запрос и статистический анализ с преимуществами полноценной визуализации и географического (пространственного) анализа, которые предоставляет карта. Эта особенность дает уникальные возможности для применения ГИС в решении широкого спектра задач, связанных с анализом явлений и событий, прогнозированием их вероятных последствий, планированием стратегических решений.

Данные в геоинформационных системах хранятся в виде набора тематических слоев, которые объединены на основе их географического положения. Этот гибкий подход и возможность геоинформационных систем работать как с векторными, так и с растровыми моделями данных, эффективен при решении любых задач, касающихся пространственной информации.

Геоинформационные системы тесно связаны с другими информационными системами и используют их данные для анализа объектов.

ВКР УлГУ

Среди основных преимуществ геоинформационных технологий выделяют:

- Удобное для пользователя отображение пространственных данных - картографирование пространственных данных, в том числе в трехмерном измерении, наиболее удобно для восприятия, что упрощает построение запросов и их последующий анализ.
- Интеграция данных внутри организации - геоинформационные системы объединяют данные, накопленные в различных подразделениях компании или даже в разных областях деятельности организаций целого региона. Коллективное использование накопленных данных и их интеграция в единый информационный массив дает существенные конкурентные преимущества и повышает эффективность эксплуатации геоинформационных систем.
- Принятие обоснованных решений - автоматизация процесса анализа и построения отчетов о любых явлениях, связанных с пространственными данными, помогает ускорить и повысить эффективность процедуры принятия решений.
- Удобное средство для создания карт - геоинформационные системы оптимизируют процесс расшифровки данных космических и аэросъемок и используют уже созданные планы местности, схемы, чертежи. ГИС существенно экономят временные ресурсы, автоматизируя процесс работы с картами, и создают трехмерные модели местности.

Операции, осуществляемые ГИС:

- Ввод данных - в геоинформационных системах автоматизирован процесс создания цифровых карт, что кардинально сокращает сроки технологического цикла.
- Управление данными - геоинформационные системы хранят пространственные и атрибутивные данные для их дальнейшего анализа и обработки.

ВКР УлГУ

- Запрос и анализ данных - геоинформационные системы выполняют запросы о свойствах объектов, расположенных на карте, и автоматизируют процесс сложного анализа, сопоставляя множество параметров для получения сведений или прогнозирования явлений.
- Визуализация данных - удобное представление данных непосредственно влияет на качество и скорость их анализа. Пространственные данные в геоинформационных системах предстают в виде интерактивных карт. Отчеты о состоянии объектов могут быть построены в виде графиков, диаграмм, трехмерных изображений.

2.2. История появления и развития QGIS

Развитие QGIS — это история превращения небольшого хобби-проекта в одну из самых мощных и популярных геоинформационных систем (ГИС) с открытым исходным кодом в мире. Прогресс на этом пути был обусловлен значительными технологическими инновациями, преобразованиями в структуре управления и формированием глобального сообщества.

История QGIS началась в начале 2002 года. Американский программист Гэри Шерман, работая с коммерческим ПО ArcInfo, столкнулся с необходимостью просматривать данные из базы данных PostGIS на своем домашнем компьютере под управлением Linux. Не найдя подходящего инструмента среди существующих открытых проектов, он решил создать его самостоятельно.

В первые годы проект развивался медленно. Однако интерес со стороны ГИС-сообщества постепенно рос. К команде присоединялись новые разработчики, которые расширяли возможности программы:

- Была добавлена поддержка работы с векторными данными и различными картографическими проекциями.
- Через пару лет появилась поддержка растровых данных.
- За четыре года к проекту присоединилось более 20

ВКР УлГУ

разработчиков, а также участники, занимавшиеся документацией и тестированием.

Настоящий прорыв произошел в 2008 году с внедрением поддержки языка Python. Это открыло огромные возможности для расширения функционала через скрипты и плагины. По словам самого Шермана, именно после этого QGIS «начала жить своей жизнью» и набрала критическую массу для взрывного роста популярности.

В период с 2008 по 2013 проект получил организационную поддержку и стал более структурированным. В 2008 году была основана некоммерческая организация QGIS.ORG, которая взяла на себя управление проектом, координацию разработчиков и защиту торговой марки. Это обеспечило стабильность развития и привлекло новых участников.

Важным шагом стало изменение названия. Начиная с версии 2.0, вышедшей летом 2013 года, команда отказалась от полного названия Quantum GIS в пользу лаконичного QGIS. Это было связано с тем, что к тому моменту система уже давно не была просто “просмотрщиком” (viewer), а превратилась в полнофункциональную ГИС для анализа и редактирования данных.

Сегодня QGIS — это зрелый программный продукт, который по своим возможностям сравним с ведущими коммерческими аналогами (такими как *ArcGIS*). Его развитие определяют следующие факторы:

- Международное сообщество: Проект поддерживается тысячами разработчиков, тестировщиков и пользователей по всему миру. Разработка ведется открыто на платформе *GitHub*.
- Плагины: Огромная экосистема плагинов позволяет адаптировать QGIS под любые задачи — от простого картографирования до сложного пространственного анализа.
- Кроссплатформенность: Программа работает на *Windows*, *macOS* и *Linux*.

ВКР УлГУ

- Поддержка форматов: QGIS поддерживает практически все распространенные векторные и растровые форматы данных, а также множество баз данных через стандартные драйверы.
- Вклад России: Значительный вклад в популяризацию QGIS в России внесло сообщество *GIS-Lab.info*, которое с 2008 года является основным русскоязычным источником информации о системе. Кроме того, существует российская версия «NextGIS QGIS», которая входит в Единый реестр российских программ для ЭВМ.

На сегодняшний день это одна из наиболее динамично развивающихся и функциональных настольных ГИС, основными преимуществами которой являются:

- Бесплатное распространение — исходя из условий лицензии GNU General Public License, использование, копирование и распространение QGIS для любых целей, в том числе коммерческих, не требует финансовых отчислений.
- Свобода — благодаря открытости исходного кода, пользователи не только могут изучать особенности устройства QGIS, но и модифицировать ее в соответствии с собственными потребностями.
- Динамичное развитие — разработка QGIS ведется международной группой разработчиков, которая с 2014 года перешла на четырехмесячный цикл релизов. Таким образом, новая версия выходит 3 раза в год.
- Обширная документация — для рядовых пользователей доступно руководство пользователя, есть также документация для тех, кто только начинает свое знакомство с ГИС или же хочет провести полноценный обучающий курс на основе QGIS.
- Интероперабельность — гибкость во взаимодействии с различными аппаратными базами, операционными системами и программным обеспечением, способами представления геоданных и их

ВКР УлГУ

пространственными характеристиками. Благодаря этому комплексному свойству QGIS:

a) Можно установить на разные операционные системы, такие как Windows, Mac OS X, Linux, BSD, Android;

b) Может поддерживать различные форматы и модели данных, а именно: более 60 форматов растровых данных (библиотека Geospatial Data Abstraction Library — GDAL), более 20 — векторных (OGR Simple Features Library), взаимодействие с базами геоданных, OGC-сервисами;

c) Может взаимодействовать с данными в различных проекциях и системах координат через библиотеку проекций.

QGIS изначально задумывалась как просто просмотрщик пространственных таблиц PostGIS, но со временем превратилась в полнофункциональную ГИС.

2.3. Функциональные возможности QGIS

QGIS представляет собой комплексное геоинформационное программное обеспечение, обладающее широкими возможностями для решения разнообразных задач, включая генерацию, администрирование, исследование и визуализацию географических данных.

Создание геоданных позволяет:

- Осуществлять пространственную привязку изображений - процесс установления соответствия между пикселями растрового изображения и участками на поверхности Земли с использованием известных координат.
- Создавать и редактировать векторные файлы формата shape, с поддержкой системы пространственных отношений между географическими объектами (топологии), которая определяет их взаимное расположение, связность, смежность и другие логические связи.
- Создавать и редактировать атрибутивные данные, которые

ВКР УдГУ

описывают свойства, характеристики или параметры объектов, процессов или явлений.

- Использовать инструменты импорта и экспорта данных GPS. Также QGIS позволяет преобразовывать другие форматы GPS в GPX и скачивать или загружать данные непосредственно в прибор GPS.
- Создавать и редактировать таблицы с пространственными базами данных, которые хранят геометрические объекты (точки, линии, полигоны и так далее) вместе с атрибутивными данными.
- Выгружать и редактировать данные OpenStreetMap.

Управление геоданными дает возможность:

- Поддержки стандартными проекциями (например, WGS 84), а также параметров перехода между различными системами координат.
- Создавать пользовательские проекции.
- Перепроецировать векторные и растровые слои прямо во время работы с данными.
- Проверять пространственные и логические связи между объектами.
- Просматривать и искать атрибуты с помощью SQL-запросов.
- Определять и выбирать объекты с помощью SQL-запросов.

Анализ геоданных содержит:

- Функции геообработки: буферные зоны, отсечение, объединение и другие.
- Пространственные запросы.
- Калькулятор полей атрибутов для создания, удаления и изменения атрибутивных данных векторных слоев посредством математических выражений, функций и значений других полей.
- Калькулятор растров для выполнения вычислений на основе значений пикселей растровых слоёв. Результаты сохраняются в новом

ВКР УлГУ

растровом слое в формате, поддерживаемом библиотекой GDAL.

- Морфометрический анализ - метод исследования, который позволяет изучать количественные характеристики рельефа с помощью специальных измерений и последующей обработки данных.

Наиболее широкие возможности анализа геоданных предоставляет фреймворк геообработки QGIS, а именно — доступ к более 500 алгоритмам других открытых ГИС (в частности, GRASS, SAGA, Orfeo Toolbox), пользовательским скриптам. Кроме того, он позволяет автоматизировать процессы благодаря возможностям пакетной геообработки и созданию моделей анализа.

Представление геоданных позволяет:

- Менять символику векторных и растровых слоев.
- Подписывать объекты.
- Создавать карты и атласы с помощью встроенного компоновщика.
- Публиковать карты в интернете.

Также за счет расширяемости через плагины функционал можно расширять практически бесконечно с помощью системы плагинов. В QGIS встроен менеджер плагинов, откуда можно установить сотни дополнений для решения узкоспециализированных задач: от обработки данных лидарной съёмки до построения 3D-моделей и создания сложных печатных карт. А используя язык Python, любой достаточно опытный в программировании пользователь может создать свой плагин для автоматизации рутинных задач.

Таким образом, QGIS позиционируется не просто как вспомогательный инструмент, а как зрелая, многофункциональная и масштабируемая ГИС-платформа открытого исходного кода, способная эффективно закрывать потребности пользователей самого разного уровня. Она обладает

ВКР УдГУ

достаточным потенциалом для решения широкого спектра задач: от базового визуального просмотра и интерактивного картографирования до выполнения сложных математических пространственных анализов, обработки больших данных и полной автоматизации рутинных рабочих процессов через скрипты и модели. Благодаря развитой экосистеме плагинов, гибкой настройке интерфейса и мощному движку обработки геоданных, QGIS демонстрирует конкурентоспособность на уровне ведущих проприетарных коммерческих решений (таких как ArcGIS), предлагая пользователям при этом свободу от лицензионных ограничений и возможность глубокой кастомизации под специфические профессиональные нужды.

ВКР УДГУ

Глава 3. Скачивание и обработка космоснимков со спутника Landsat

3.1. Скачивание снимков со спутника Landsat

Скачать снимки со спутника Landsat можно с официального сайта Геологической службы США (USGS) - earthexplorer.usgs.gov (Рис. 1).

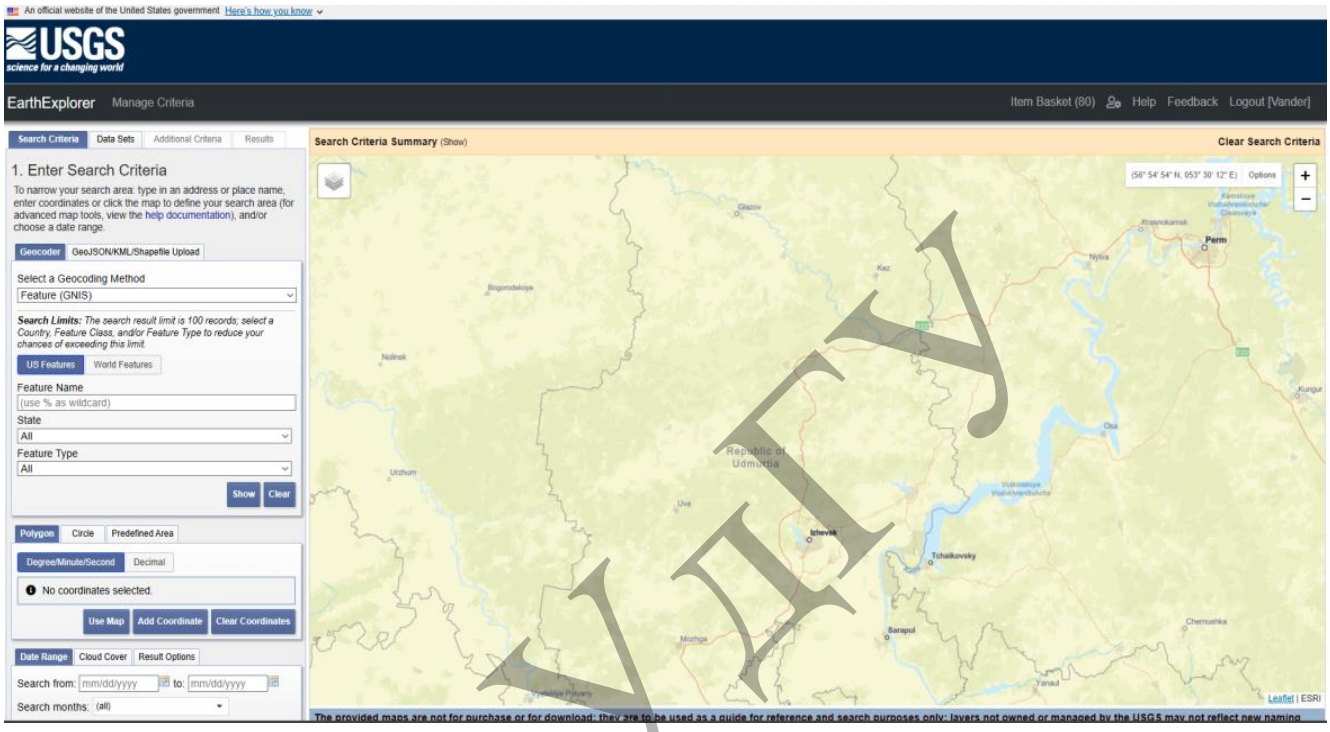


Рис. 1. Сайт USGS

На начальном этапе нужно выбрать требуемую территорию, выбрав от трёх и более вершин на карте или введя координаты точек (Рис. 2). Далее выбрать период съемки, например, от 1 января 2010 года до 1 января 2025 года, и месяцы, в которых проводилась съемка, например, нужен только летний сезон (Рис. 2), также изменяется диапазон облачности, чтобы данные снимка были более точны для анализа и дешифрирования (Рис. 3).

Далее нужно выбрать спутник Landsat, с которого производилась съемка местности. Переходим в следующее окно, нажав на “Data Sets”. В выпадающем списке выбрать Landsat и нужный спутник, либо просто найти спутник через поиск (Рис. 4). Возможна ситуация, когда необходимого спутника не будет, связано это с тем, что разные спутники снимают с определенного года запуска. Например, не получиться найти снимки со спутника Landsat 4-5 на 2013 год.

ВКР УдГУ

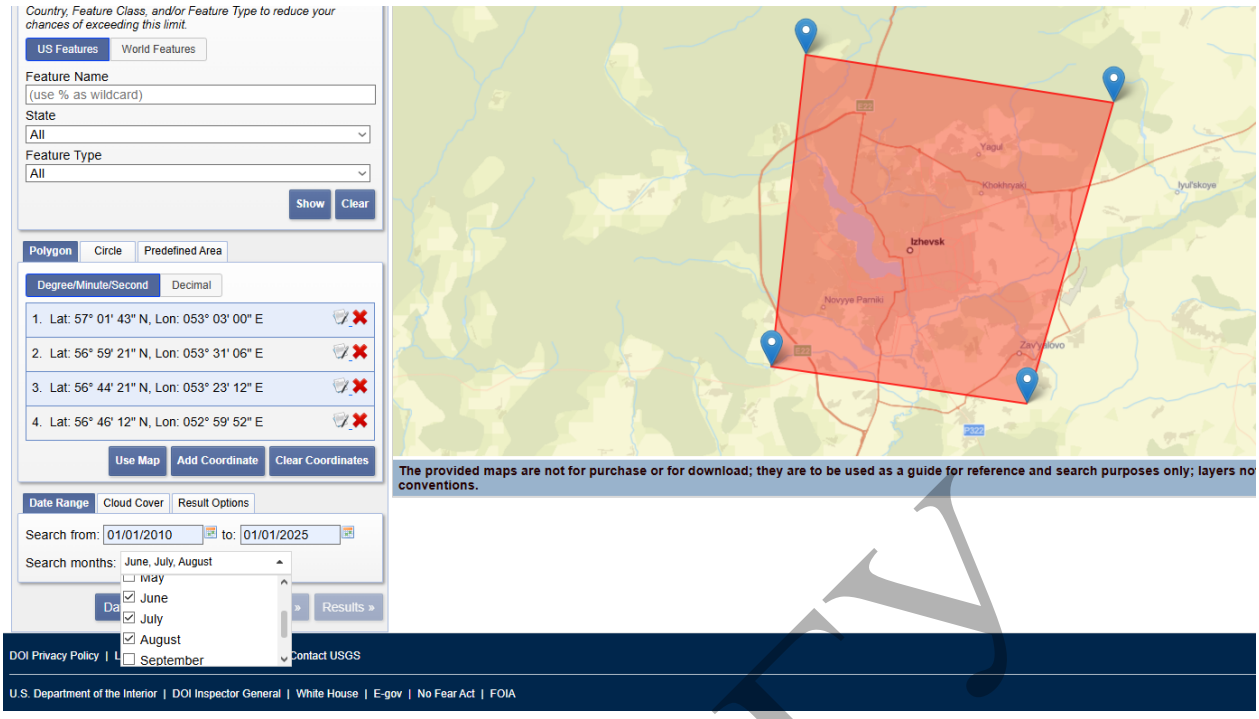


Рис. 2. Выбор территории, периода и месяцев

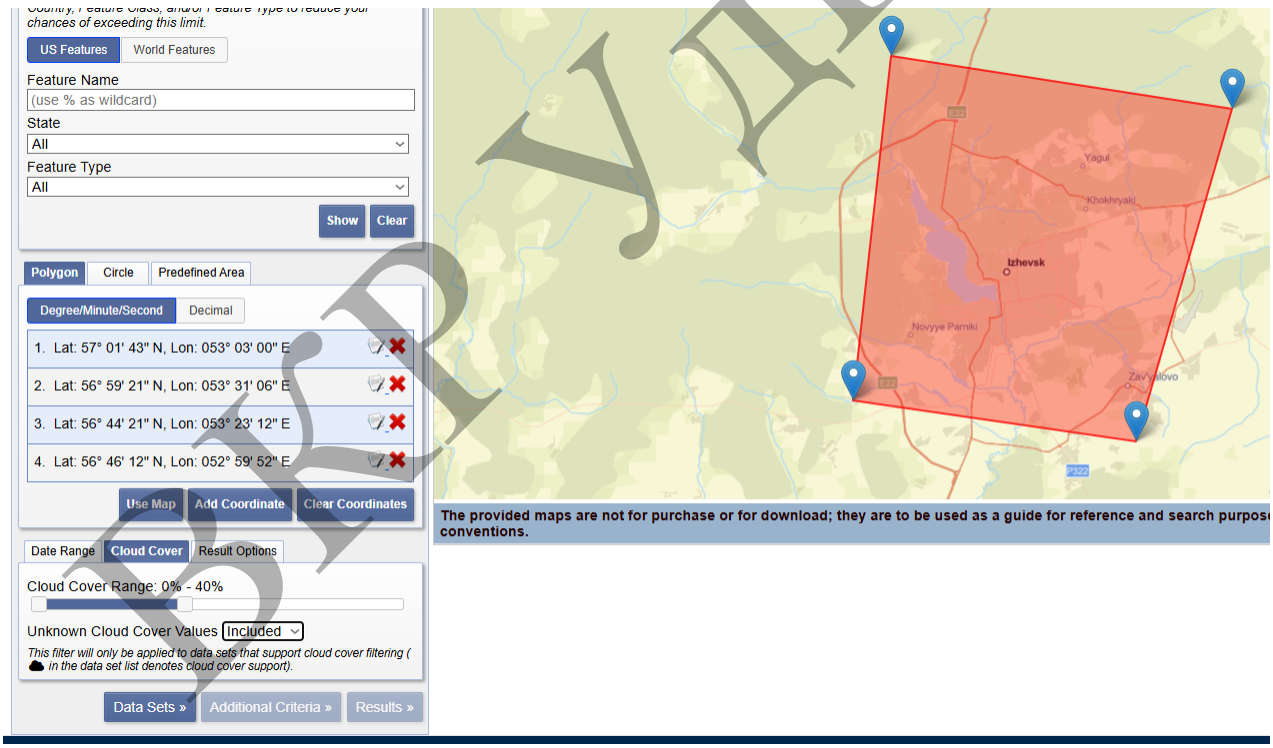


Рис. 3. Диапазон облачности

На следующем этапе необходимо выбрать снимки, удовлетворяющие требованиям для дальнейшей работы. Переходим в результаты. Имеется вероятность, что результаты поиска не будут показаны, так как по введённым критериям снимков просто не существует.

ВГУДТУ

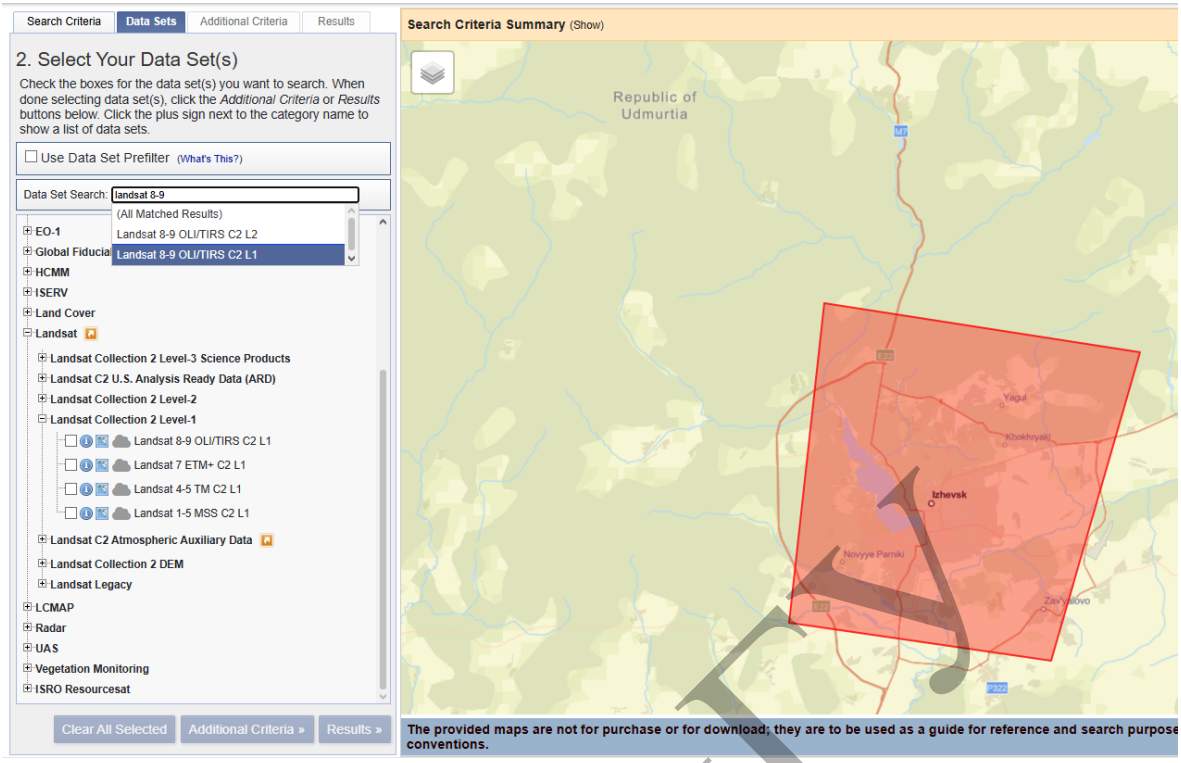


Рис. 4. Выбор спутника

В данном случае есть ряд снимков, которые можно скачать. Выбираем снимки, в которые попадает необходимая территория, нажимаем на “Download Options” (Рис. 5).

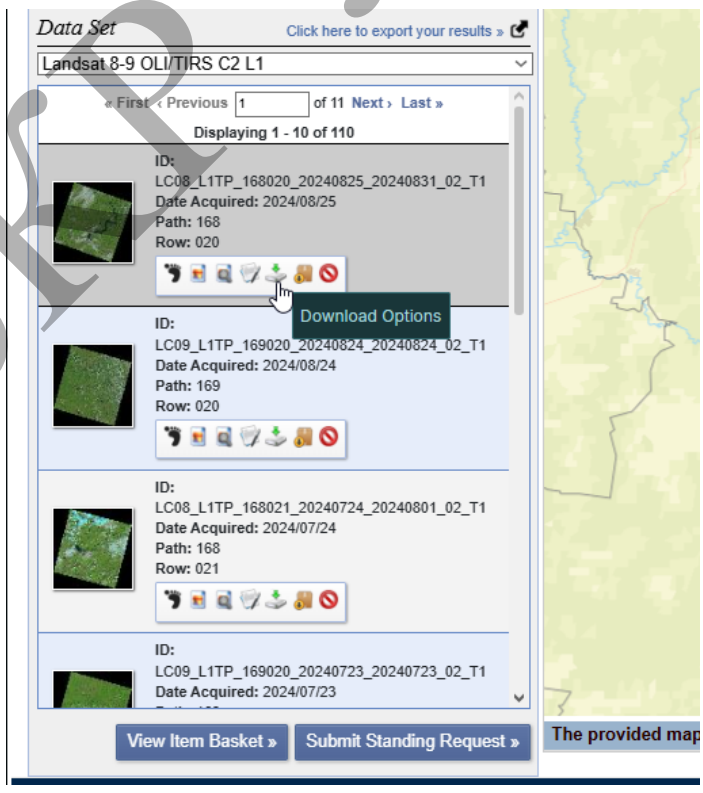


Рис. 5. Выбор снимков

ВКР УдГУ

В следующем окне выбираем “Download All Files Now” и подтверждаем скачивание (Рис. 6). Снимки и все метаданные скачиваются в архивном формате и для последующих работ со снимками нужно извлечь файлы в отдельную папку.

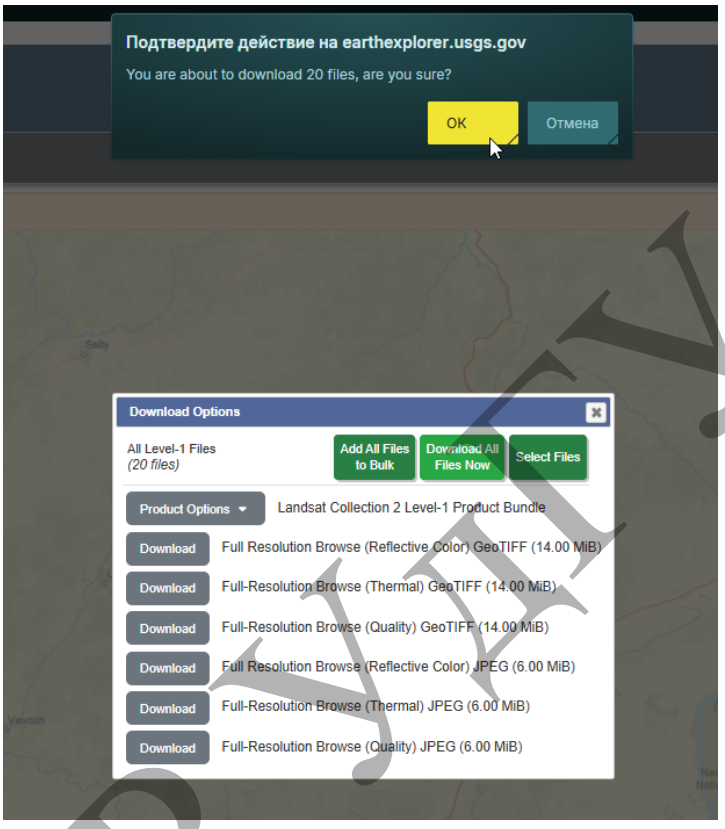


Рис. 6. Скачивание снимков

3.2. Обработка и создание синтезированных снимков

Перед началом обработки снимки были обрезаны по территории города Ижевска, для уменьшения количества ненужных вычислений.

Обработка и создание снимков проводилась в дополнительном модуле Semi-Automatic Classification Plugin (SCP) программы QGIS.

Сначала нужно установить дополнительный модуль, так как он имеет больше функционала для работы со снимками, а также пригодится для дальнейшего анализа.

После установки модуля появится новое окно SCP Dock в интерфейсе программы (Рис. 7).

Нажимаем на “Band set” (значок слоёв), добавляем снимки, а также

ВКР УдГУ

выставляем требуемые настройки (Рис. 8).

После выбора снимков переходим в окно “Basic tools”, “RGB composite” и нажимаем на “Band combinations” (Рис. 9). Это нужно сделать, чтобы можно было менять комбинации каналов.

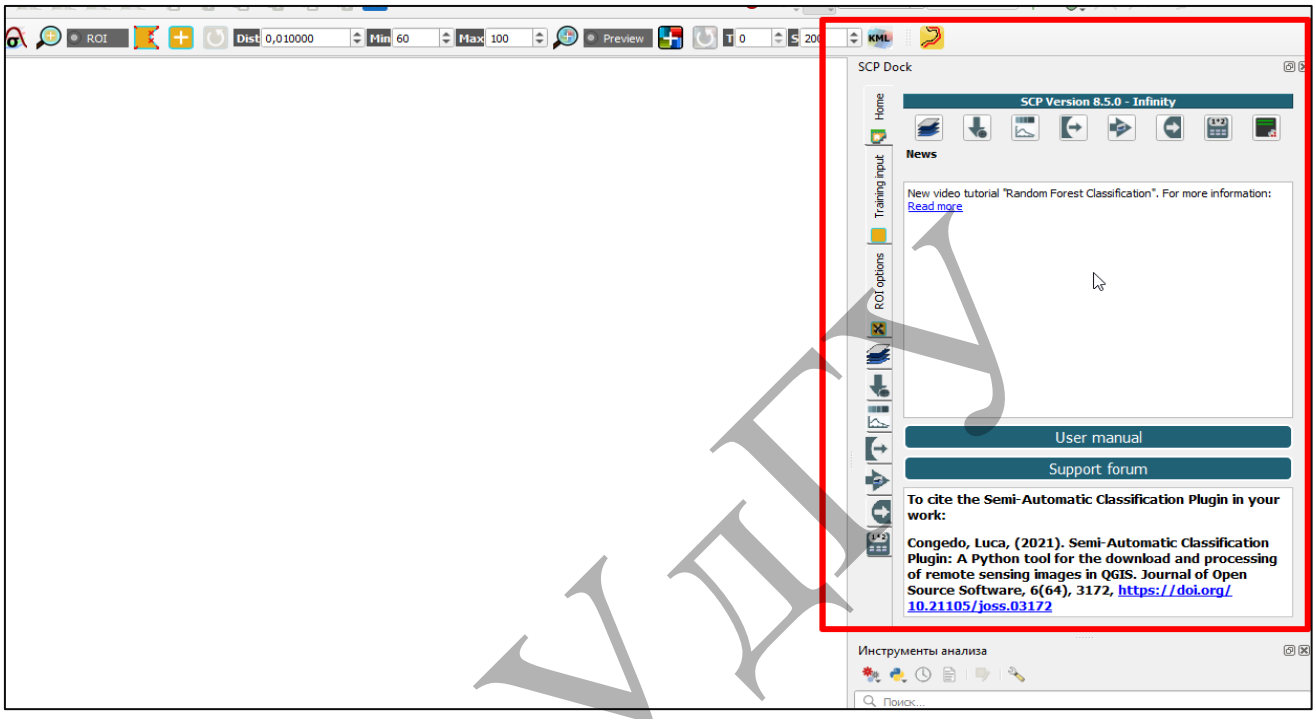


Рис. 7. SCP Dock

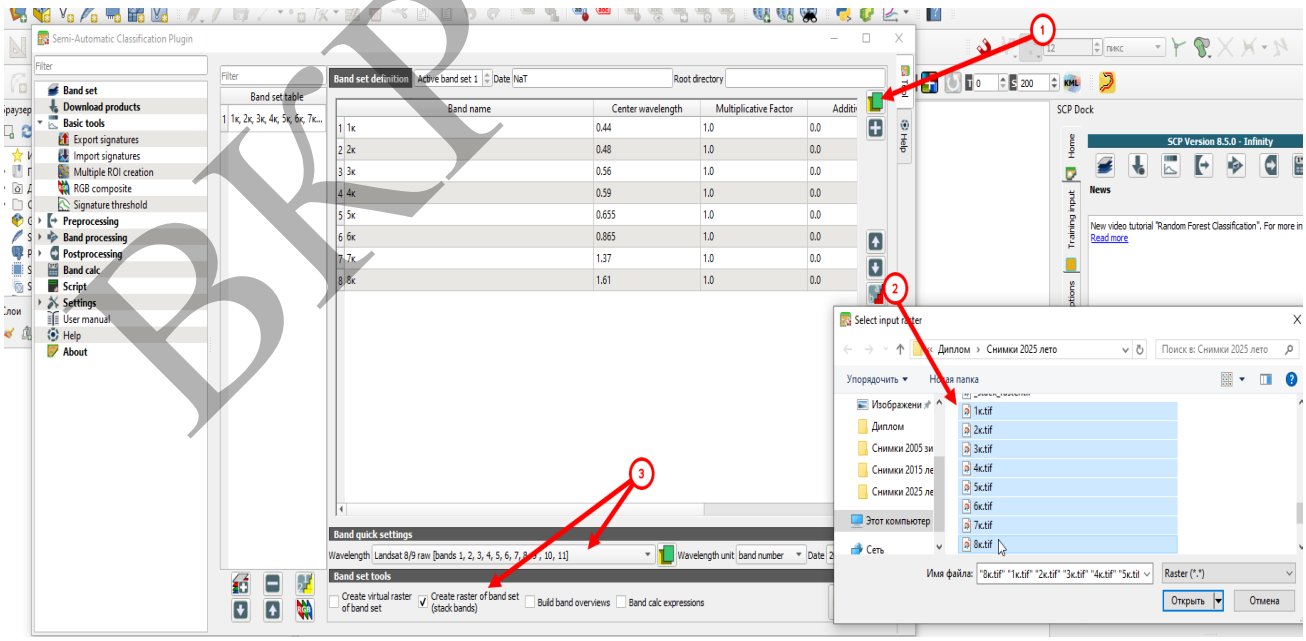


Рис. 8. Выбор снимков

В главном окне QGIS откроется растр. С помощью панели инструментов можно менять комбинации каналов (Рис. 10). Также

ВКР УлГУ

комбинации каналов можно поменять через свойства слоя, но это дольше и требует открывать лишние окна. Проще и быстрее использовать панель инструментов.

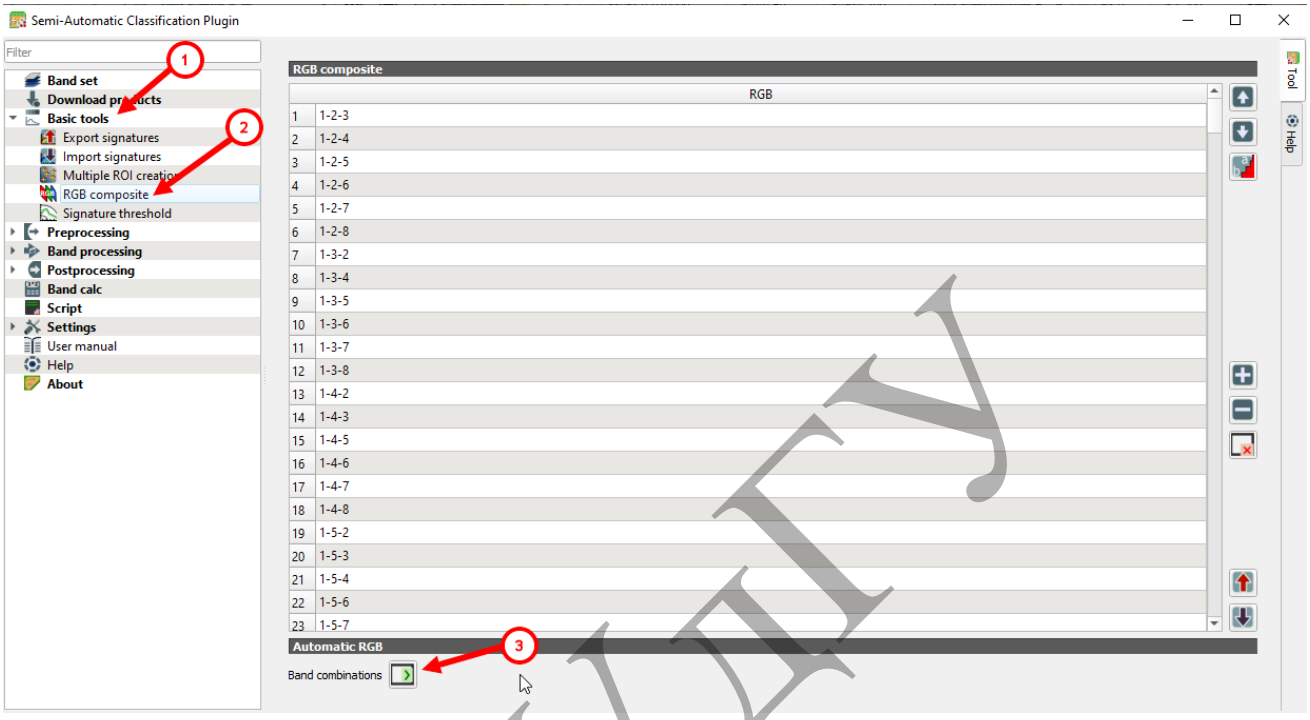


Рис. 9. RGB composite

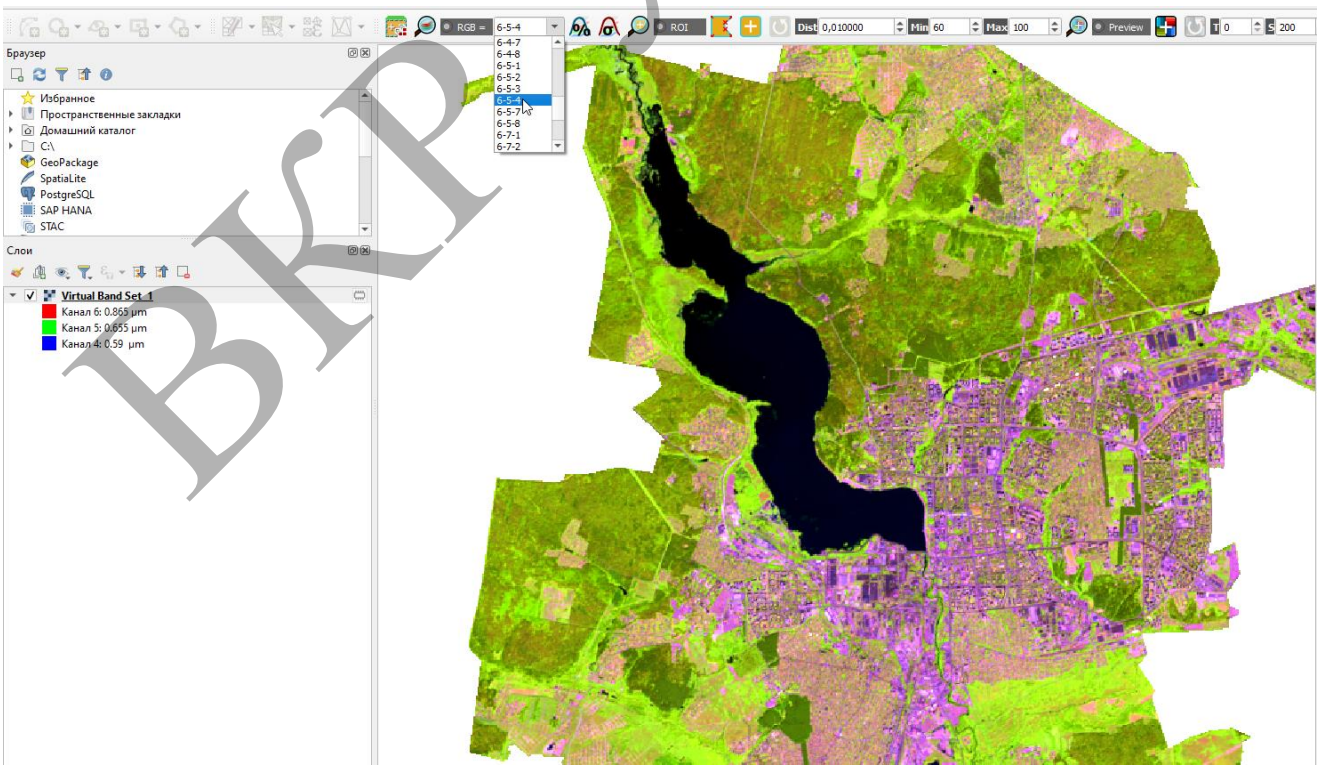


Рис. 10. Растр

Обработать растр намного быстрее. Нужно открыть свойства растра и

ВКР ЮУрГУ

перейти в стили. Здесь выставляем такие настройки гаммы, яркости, контраста и насыщенности, чтобы объекты были лучше читаемы (Рис. 11). Конечно, можно использовать дополнительные модули, но результат будет одинаковый.

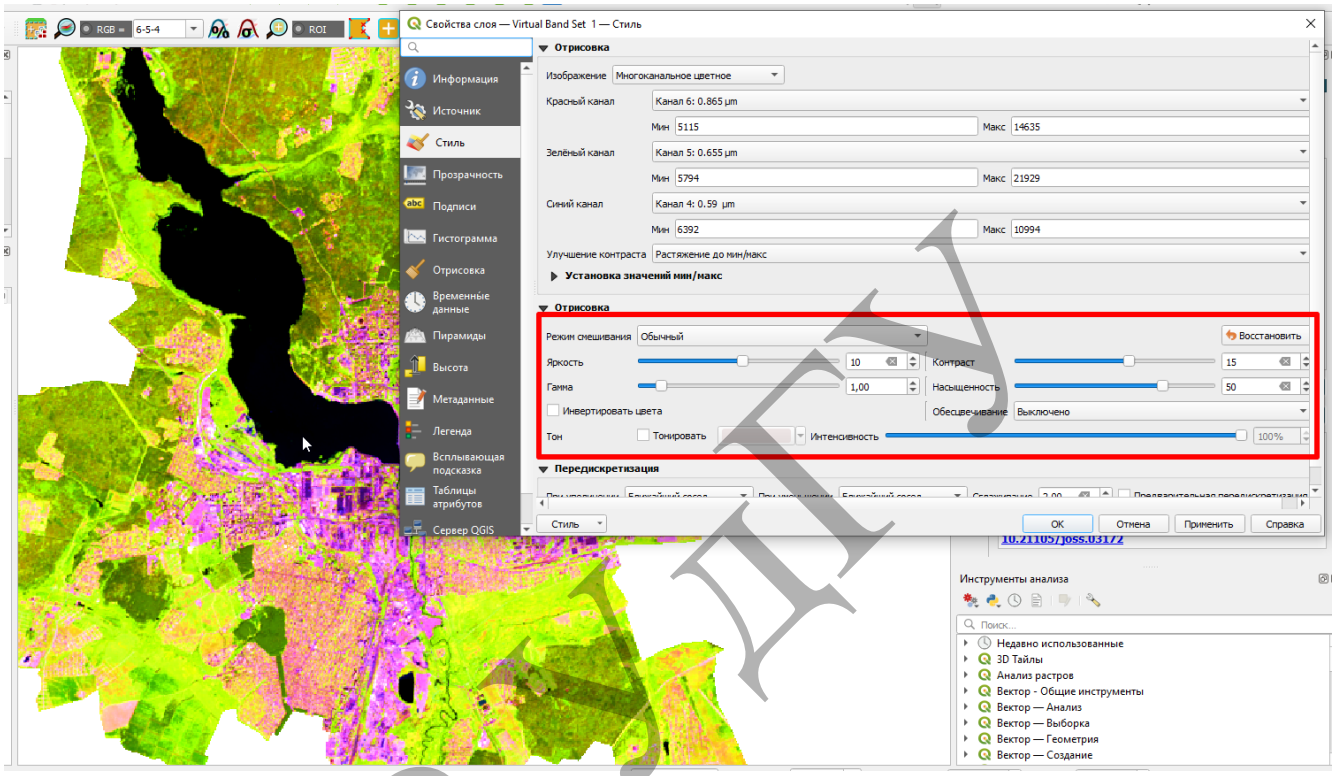


Рис. 11. Обработка растра

Скачивание и обработка снимков процесс не сложный, но требующий внимательности и правильно подобранных настроек, иначе могут появиться некоторые осложнения на следующих этапах работы, которые придётся исправлять и терять из-за этого время.

ВКР ДГУ

Глава 4. Определение динамики территории

4.1. Понятие динамики

Динамика — это отображение возникновения, развития, изменения во времени и перемещения в пространстве различных явлений и процессов. Картографирование динамики позволяет изучать закономерности развития объектов, делать прогнозы и обобщения, оценивать современное состояние территорий.

Основные методы создания динамических карт:

- Использование разновременных карт. На этих картах одни и те же объекты показаны в разные моменты времени. Это позволяет изучать медленные, быстрые, периодические, эпизодические и катастрофические изменения.
- Картографические анимации, то есть последовательность кадров, показывающих смену ситуаций. Такой подход активно развивается в картографии.
- Создание хронологически организованных баз данных. Вместо набора дискретных разновременных карт предлагается накапливать состояния системы по событийному принципу: при изменении параметра объекта создаётся новое его описание с указанием даты события. Это позволяет восстанавливать состояние системы в любой момент времени.
- Данные дистанционного зондирования — это один из главных источников для составления и обновления тематических динамических карт. Космические снимки позволяют проводить глобальные съёмки, непрерывные наблюдения и анализ многократных повторных съёмок.

Основные способы отображения динамики:

- На одной карте — с помощью специальных средств визуализации:

а) стрелок или лент движения (для показа направлений и скоростей перемещения: течений, миграций и т.д.);

ВКР УлГУ

b) «нарастающих» знаков и диаграмм (отражение роста показателей во времени);

c) расширяющихся ареалов (например, распространение пожаров, эпидемий);

d) изолиний скоростей изменения явлений (градиенты изменений температуры, давления и т. п.).

- Серии разновременных карт, снимков, фотокарт — фиксируют состояние объектов в разные моменты времени. Пример: карты уровня Аральского моря за разные годы, показывающие постепенное обмеление.
- Карты изменения состояний — показывают не саму динамику, а результаты изменений. Например, карты вырубки лесов, осушения болот, изменения береговой линии.

Виды динамических карт:

- Карты, отображающие состояние явлений на определённый момент времени.
- Карты, характеризующие среднюю скорость или интенсивность процессов.
- Карты, определяющие время наступления явлений.
- Карты, отображающие изменение состояния или замену явлений.
- Исторические карты. Показывают территориальные, политические, экономические изменения.
- Карты, совмещающие пространственное положение для ряда моментов времени.

4.2. Подготовка данных для определения динамики территории

Чтобы определить динамику данной территории, выполним дешифрирование с помощью модуля SCP в QGIS.

После создания и обработки синтезированного снимка нужно создать файл вводных данных обучения, чтобы осуществить полуавтоматическую

ВКР УдГУ

классификацию объектов (Рис. 12).

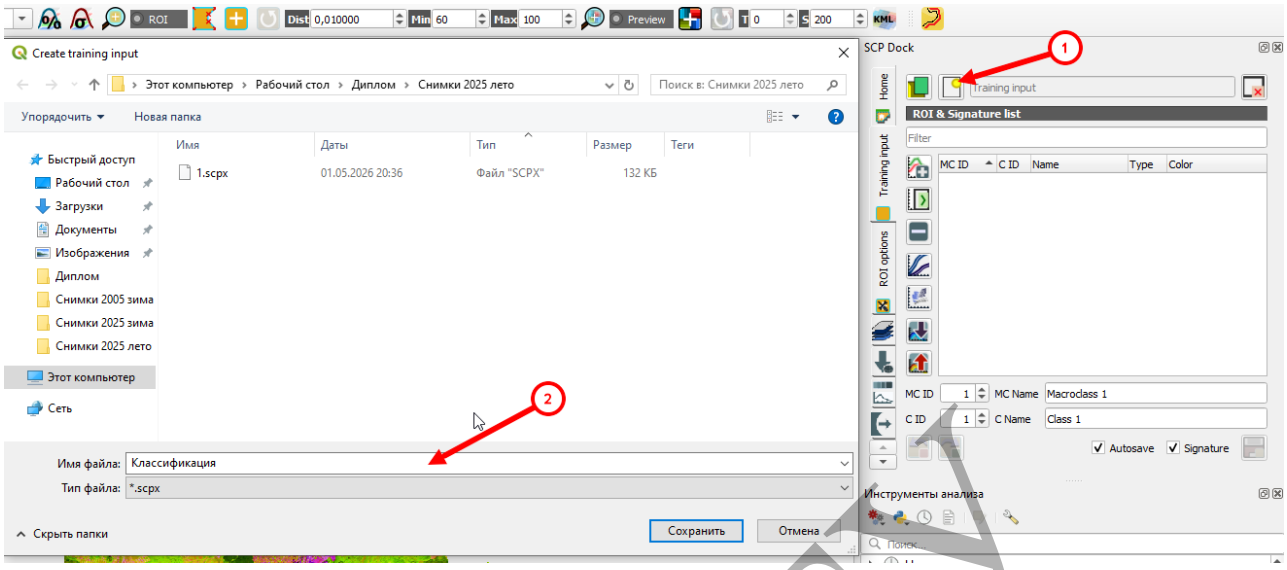


Рис. 12. Создание файла вводных данных

Теперь необходимо набрать графические пробы (ROI), по которым будет происходить классификация. На панели плагина нажимаем иконку полигона и выделяем участок водной поверхности. Если необходимо переименовываем макрокласс для удобства и обязательно меняем название (в данном случае “Вода”) и номер класса (чтобы менять цвет), так как классификация будет происходить по классам, а не по макроклассам. Нажимаем на иконку сохранить ROI (Рис. 13).

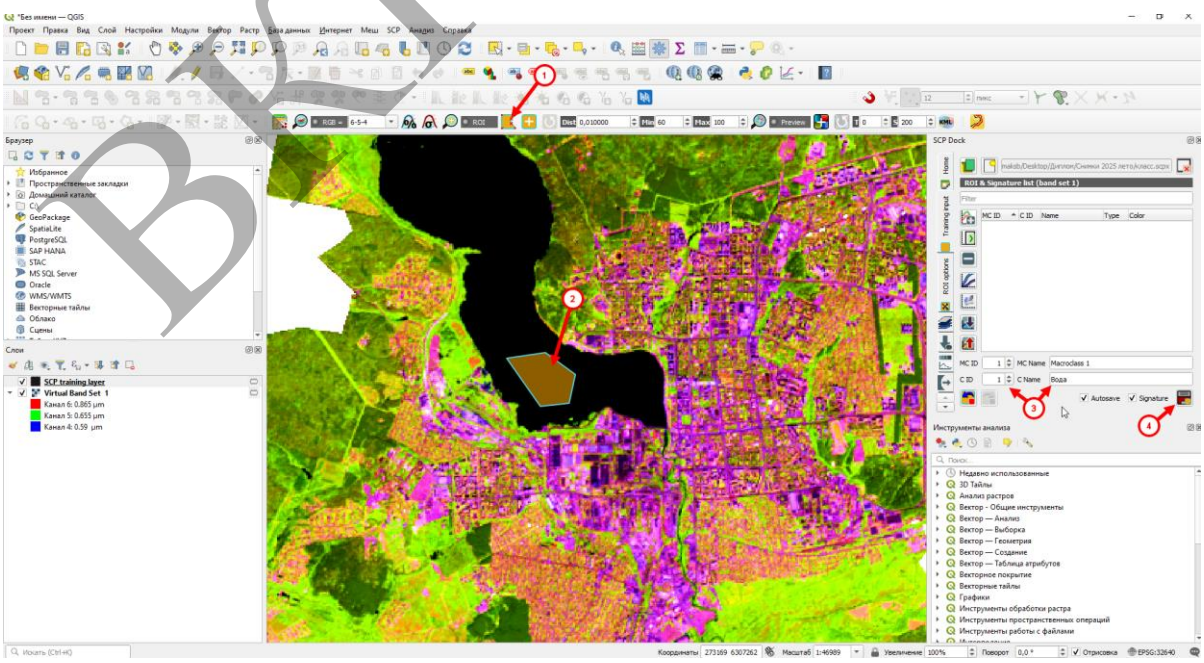


Рис. 13. Набор графических проб (ROI)

ВКР УлГУ

Появляется новый объект. Далее набираем ROI лесов, полей, застроенной части и так далее.

Чтобы не переделывать классификацию, используем инструмент предварительного просмотра и в случае ошибок добавляем новые классы, но с одинаковым названием и номером (по итогам классификации объекты должны быть объединены в уже созданный слой).

После учета всех ошибок переходим в окно “Band processing”, “Classification”, выбираем классификацию по классам и алгоритм, с помощью которого будет производиться классификация, нажимаем выполнить и даём имя файлу (Рис. 14).

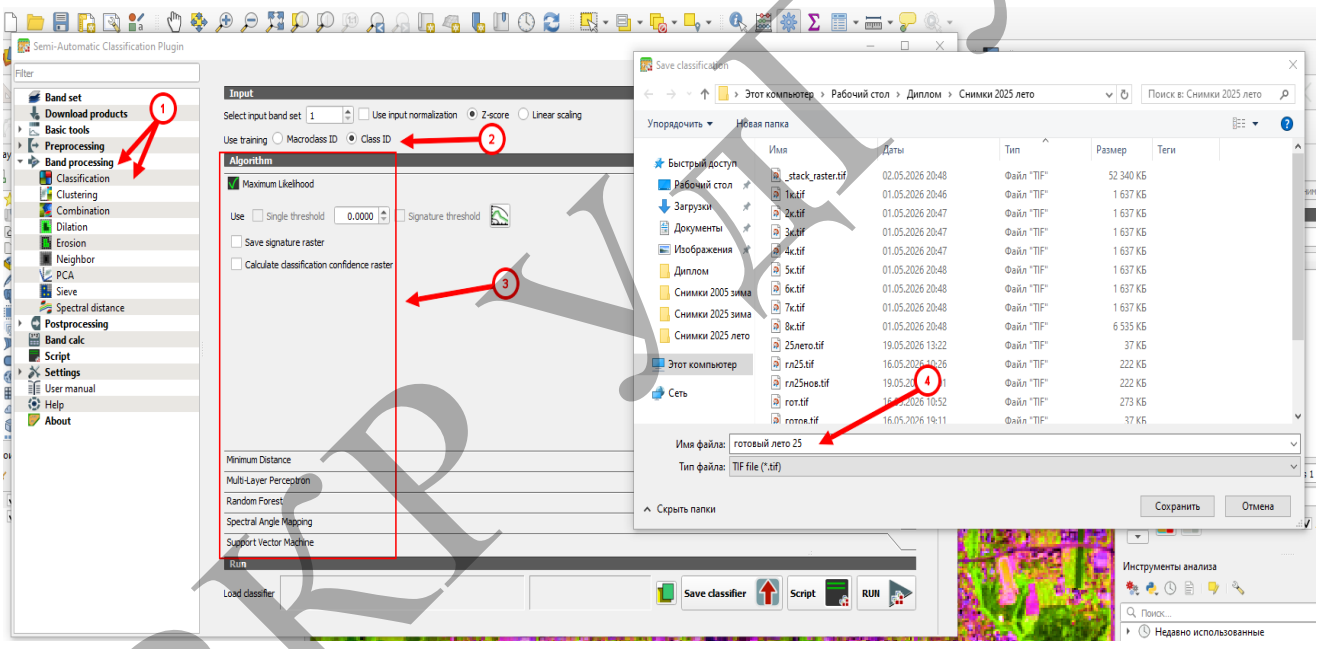


Рис. 14. Классификация объектов

Так как файлы сохраняются в растровом типе данных (TIF), мы можем рассчитать площадь объектов, воспользовавшись инструментом “Отчёт об уникальных значениях растрового слоя”, не переводя при этом растр в вектор. После выполнения появится новый слой с атрибутивными данными. Для удобства переведем квадратные метры в квадратные километры, с помощью калькулятора полей (Рис. 15). Также сохраняем таблицу для дальнейшего использования.

Общая площадь территории Ижевска, определённая в рамках

ВКР УдГУ

Генерального плана, составляет 317 квадратных километров. Такая же площадь получается, если суммировать полученные результаты, то есть ошибок в вычислениях быть не должно.

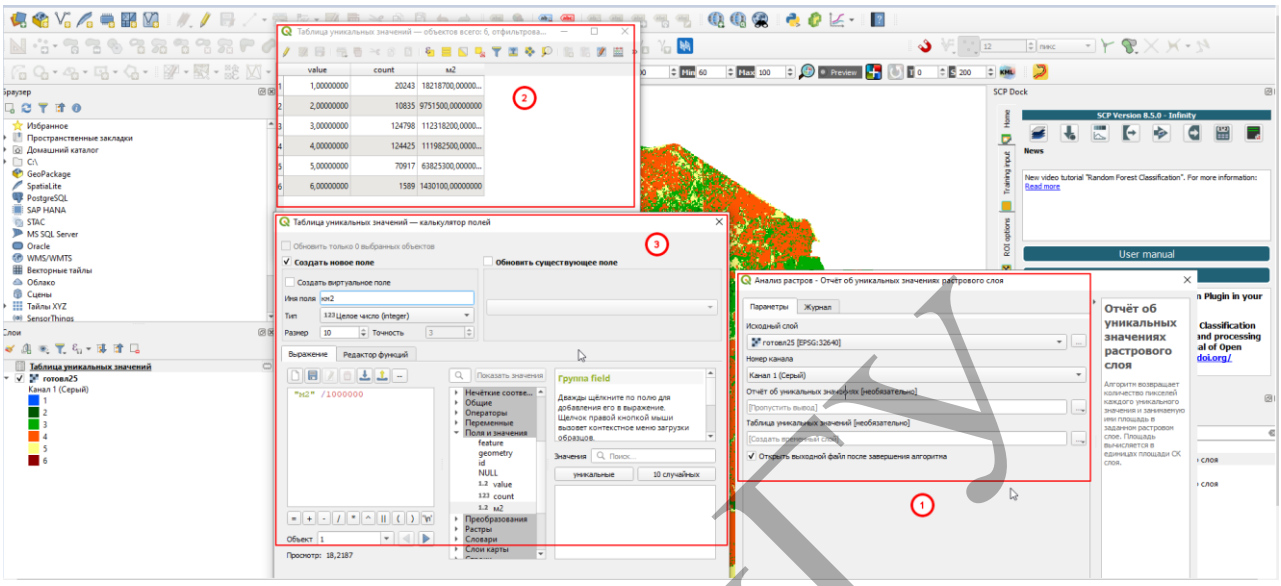


Рис. 15. Площадь объектов

В результате получились дешифрированные растры, где каждому объекту были присвоены значения, в данном случае площадей в квадратных километрах (Рис. 16).

Также нужно перевести таблицы с площадями в excel для построения диаграмм. Для этого создаем новый файл excel. Нажимаем данные, из текста, выбираем нужный файл. Откроется окно мастера текста. Необходимо настроить параметры так, чтобы данные не слились в одну ячейку. Для этого нужно выбрать формат данных с разделителями, а в следующем окне символ-разделитель выбрать запятая, нажать готово (Рис. 17).

Повторяем со всеми таблицами. Также для удобства можно поменять названия столбцов и продублировать некоторые данные для построения столбчатых диаграмм для разных годов.

Далее строим диаграммы общей площади объектов в процентном соотношении для разных лет и отдельно для каждых объектов, таких как хвойный лес, смешанный лес, застроенная территория и так далее.

Построенные круговые диаграммы добавить к растрам.

ВКР УлГУ

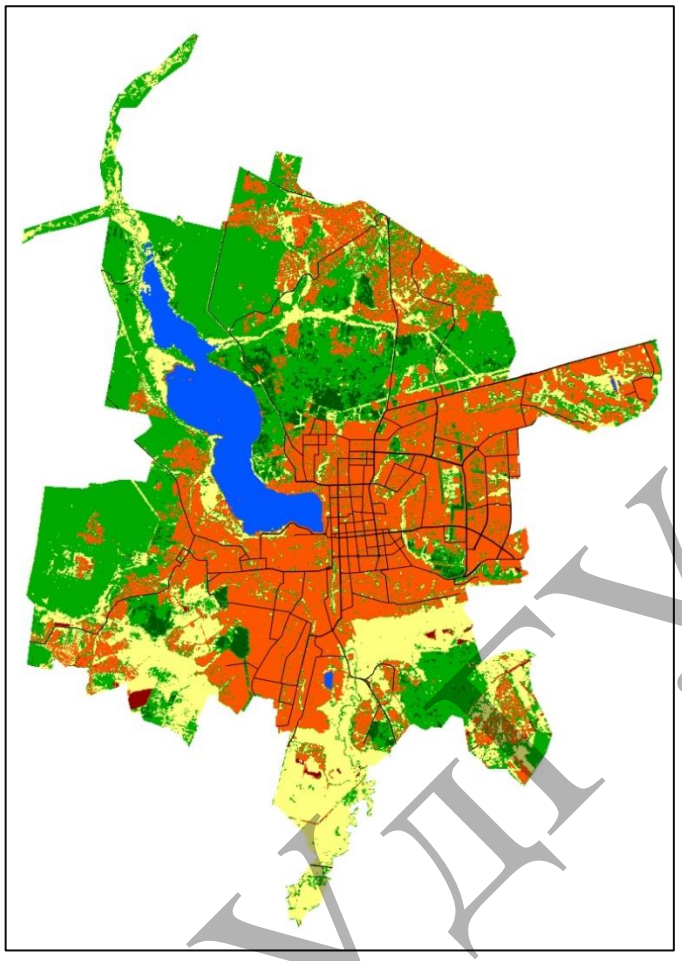


Рис. 16. Полученный растр

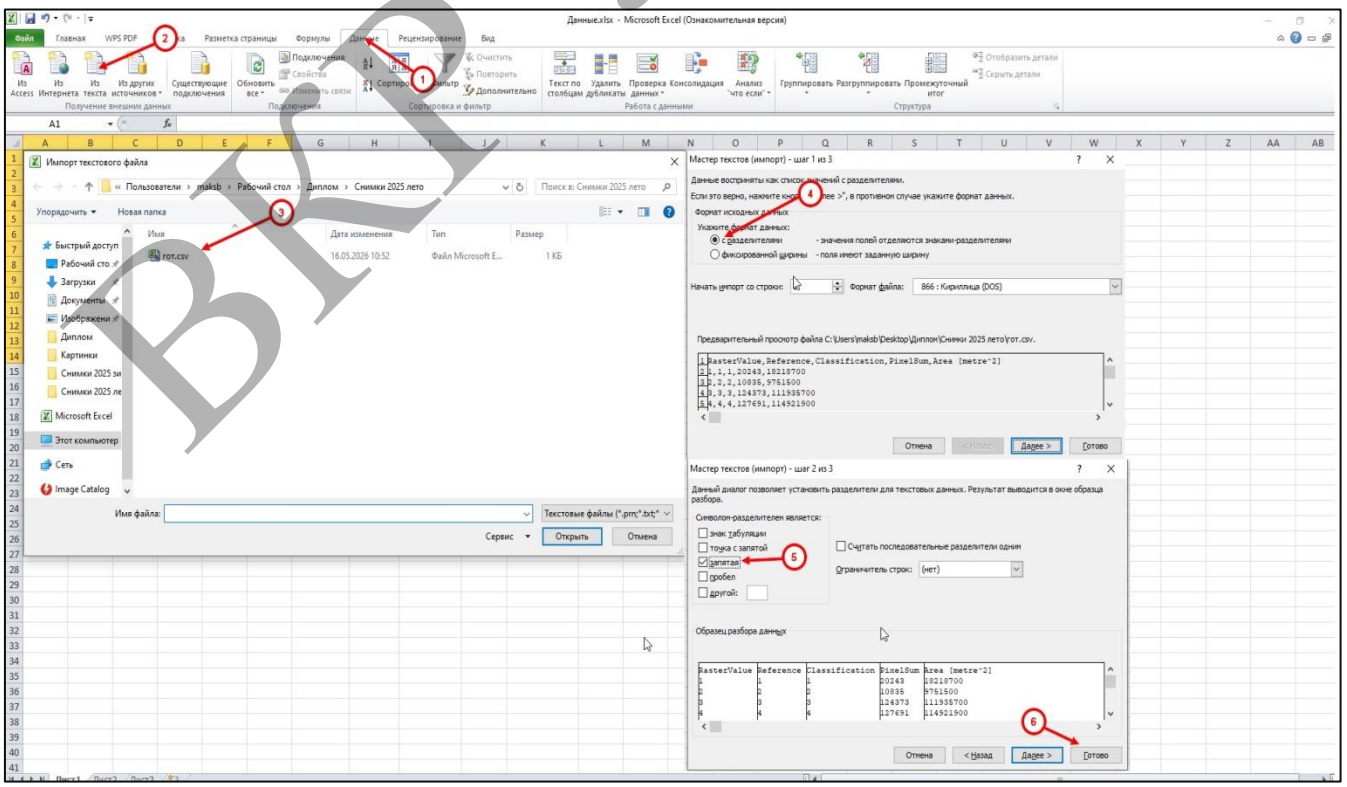


Рис. 17. Перевод таблиц из формата csv

ВКР УдГУ

4.3. Результаты отображения динамики

По дешифрированным растрам визуально можно определить объекты, которые изменились. Например, заметно, что появились новые жилые зоны (юго-запад Ижевска, рядом с СК Чекерил) (Рис. 18, 19, 20).

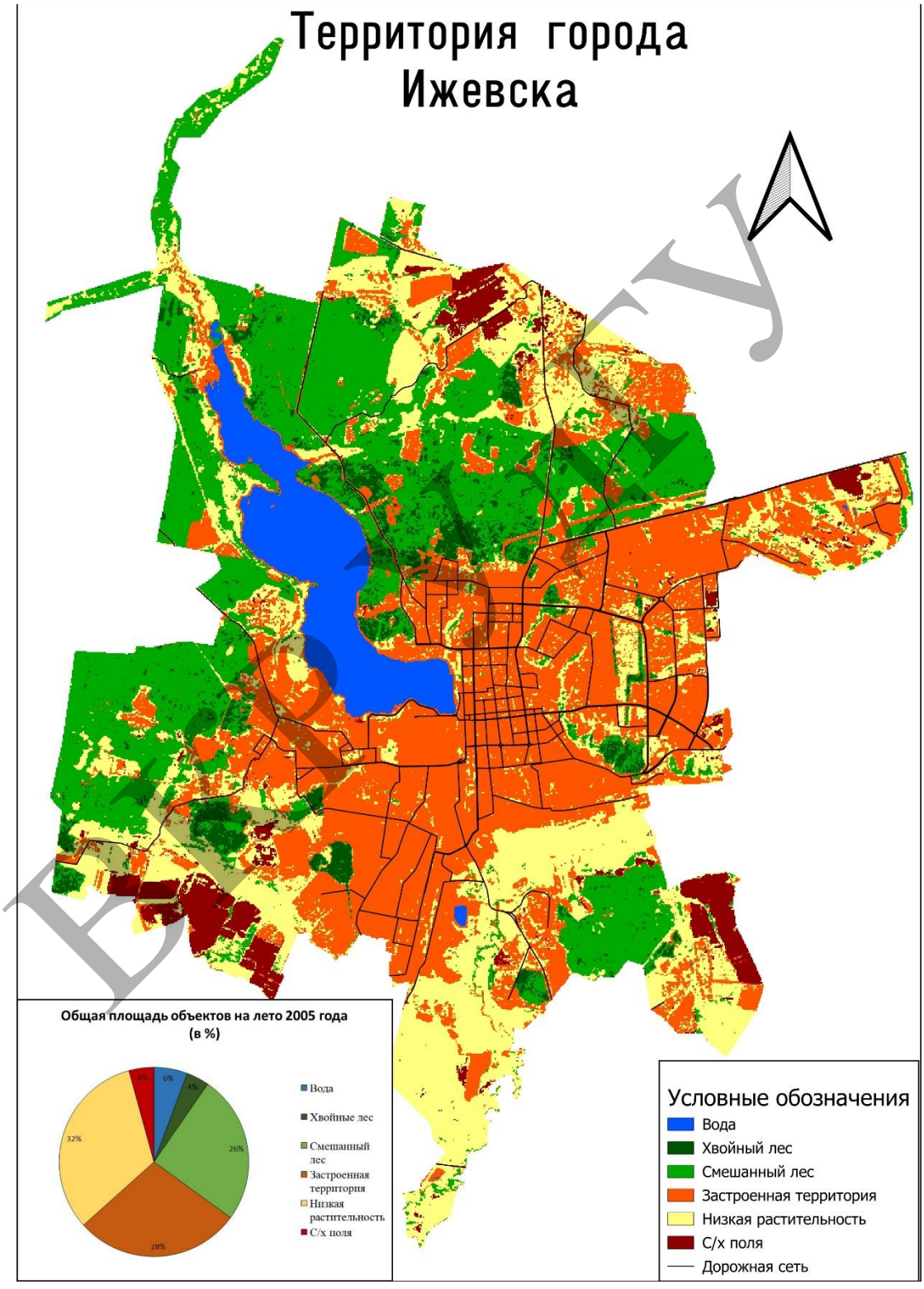


Рис. 18. Лето, 2005 год

ВГУ

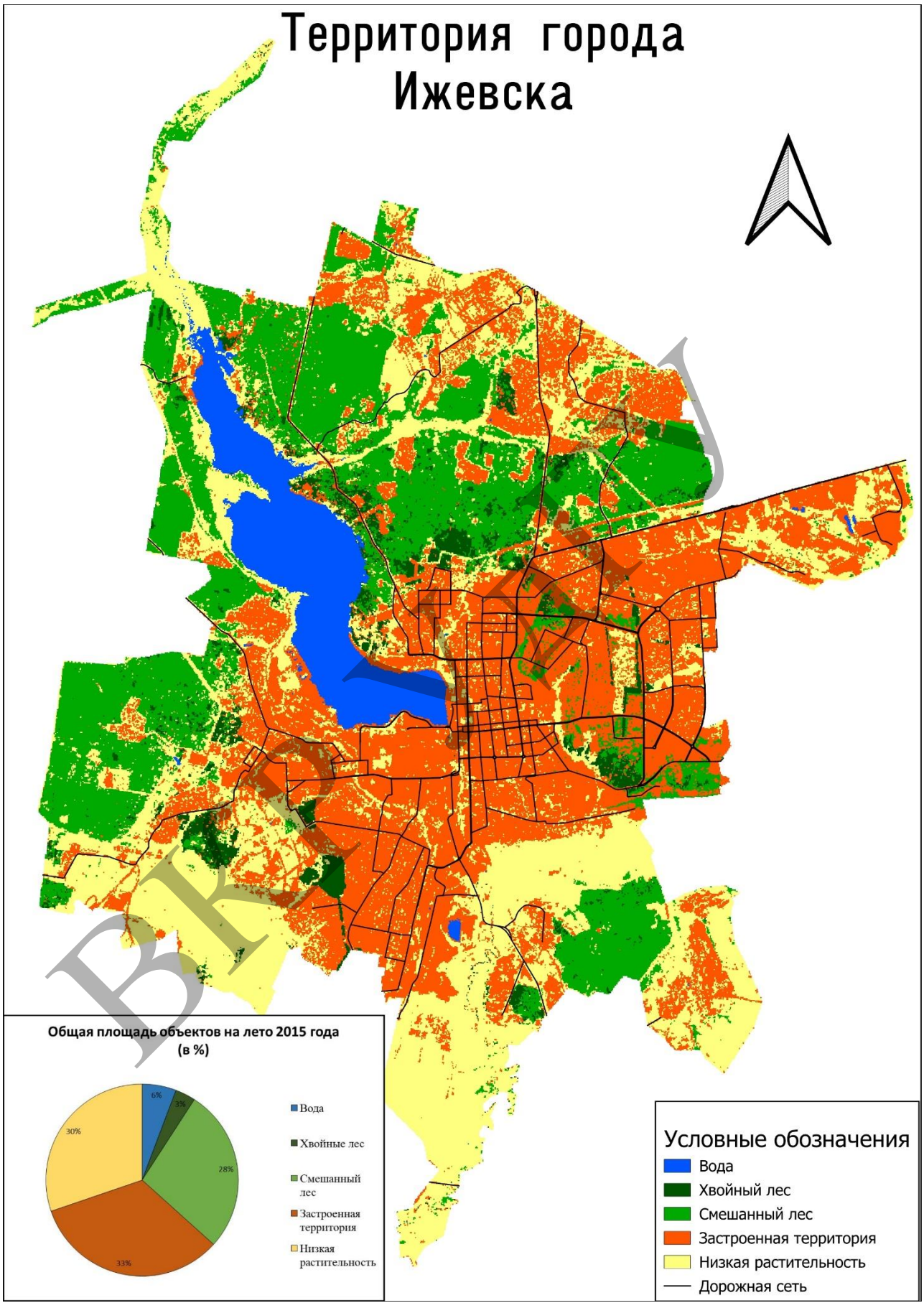


Рис. 19. Лето, 2015 год

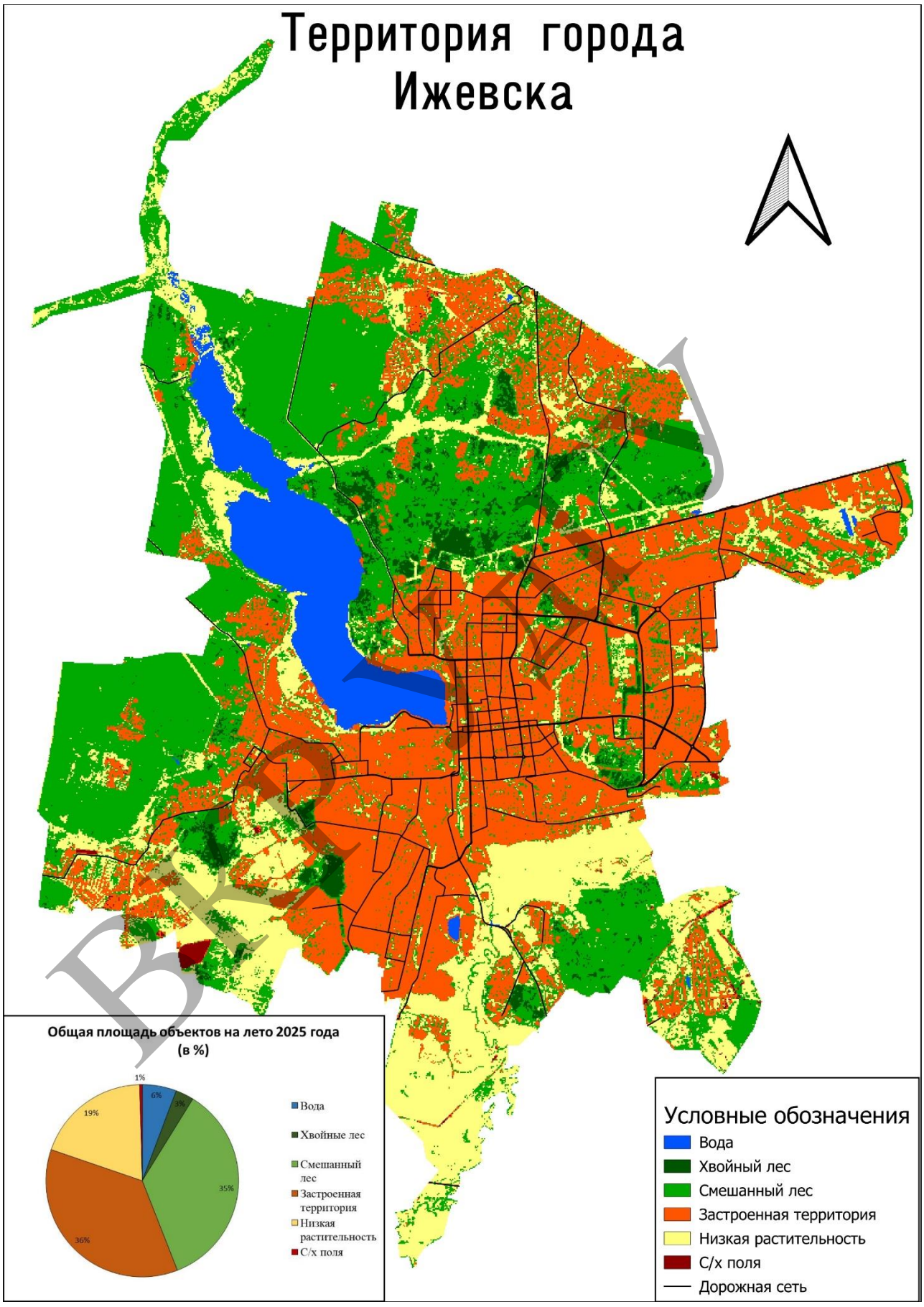


Рис. 20. Лето, 2025 год

На растрах за зимний период некоторые объекты поменялись. Исчезли сельскохозяйственные поля и низкая растительность, но появился снежный покров (Рис. 21, 22, 23).

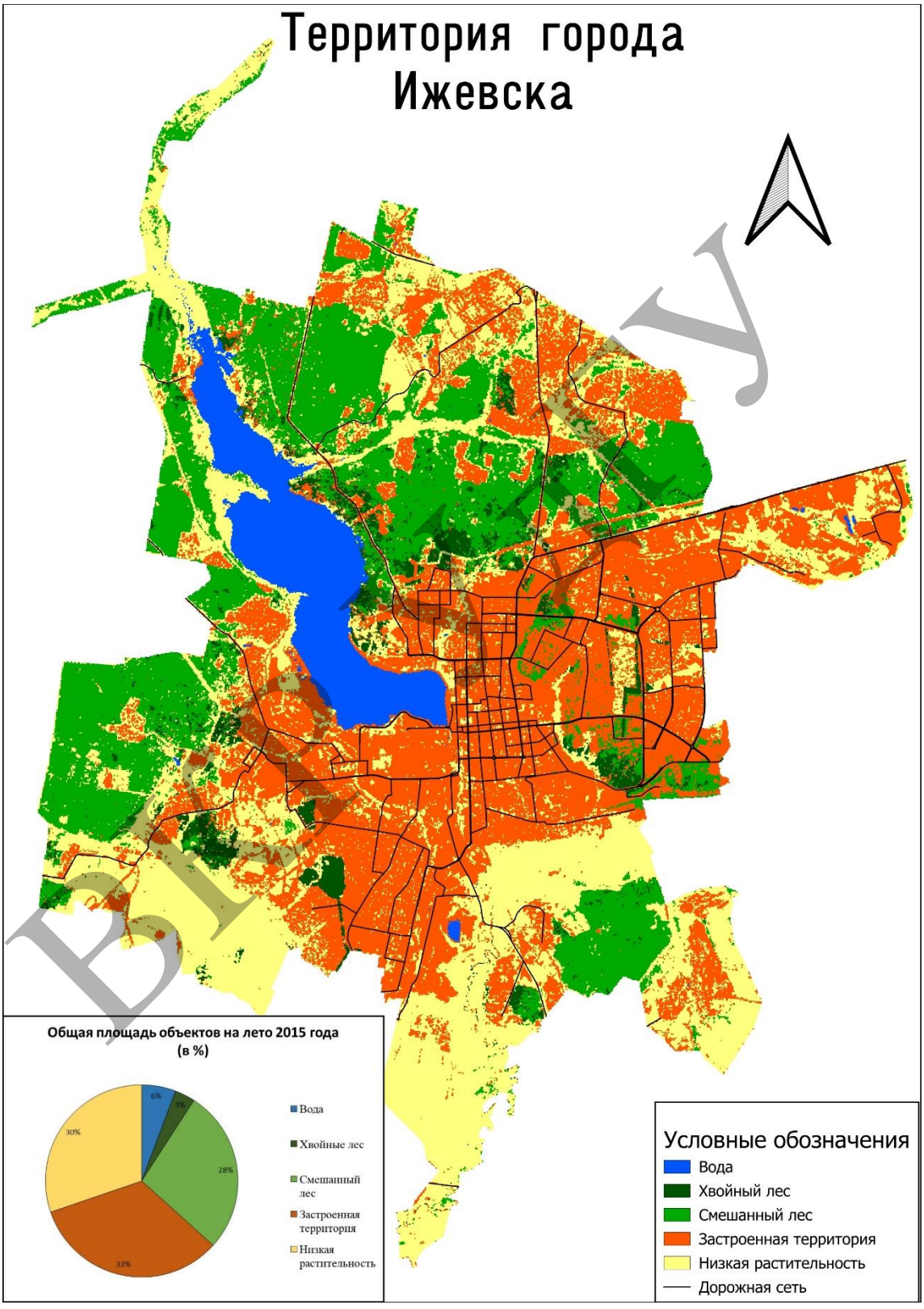


Рис. 21. Зима, 2005 год

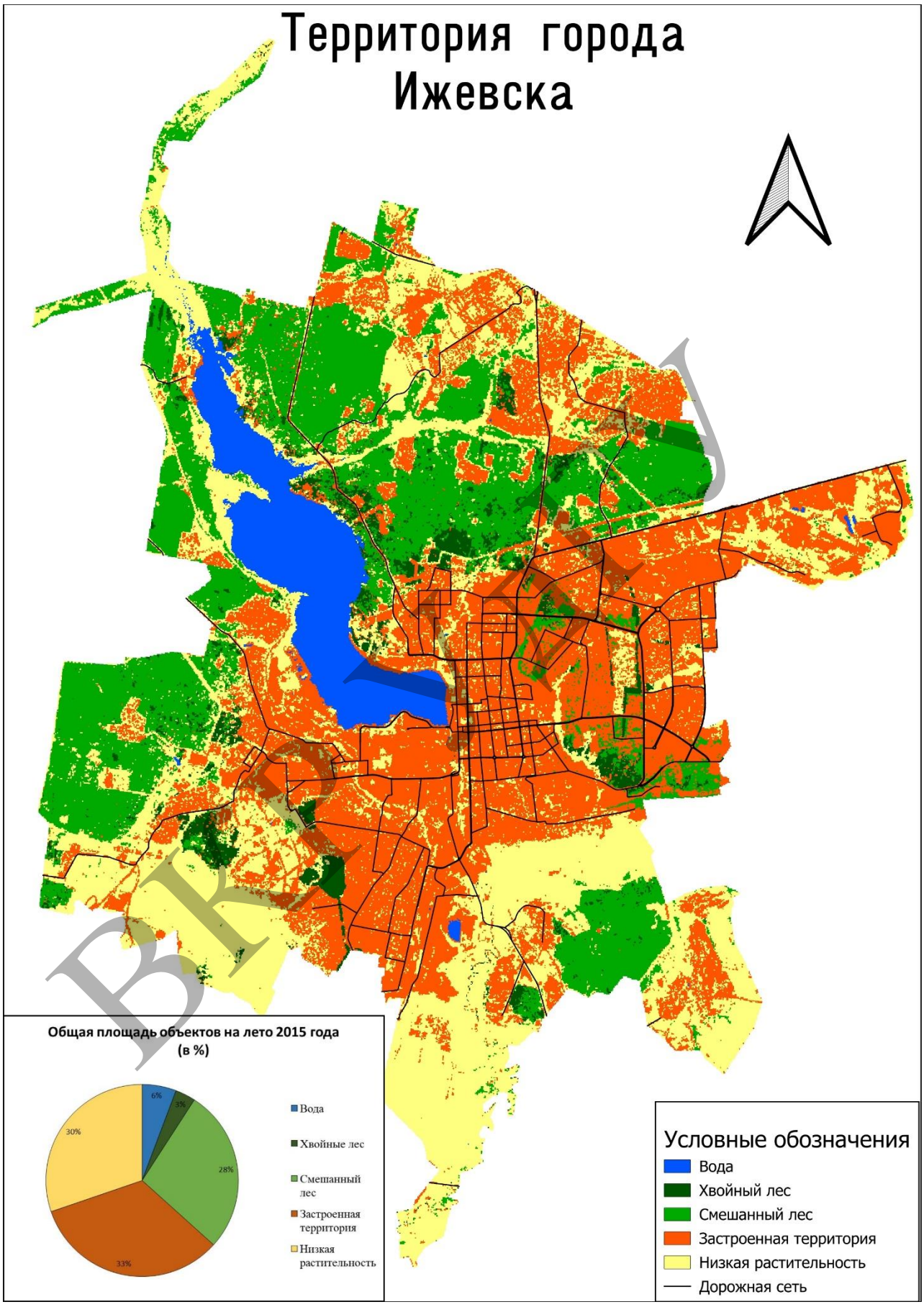


Рис. 22. Зима, 2015 год

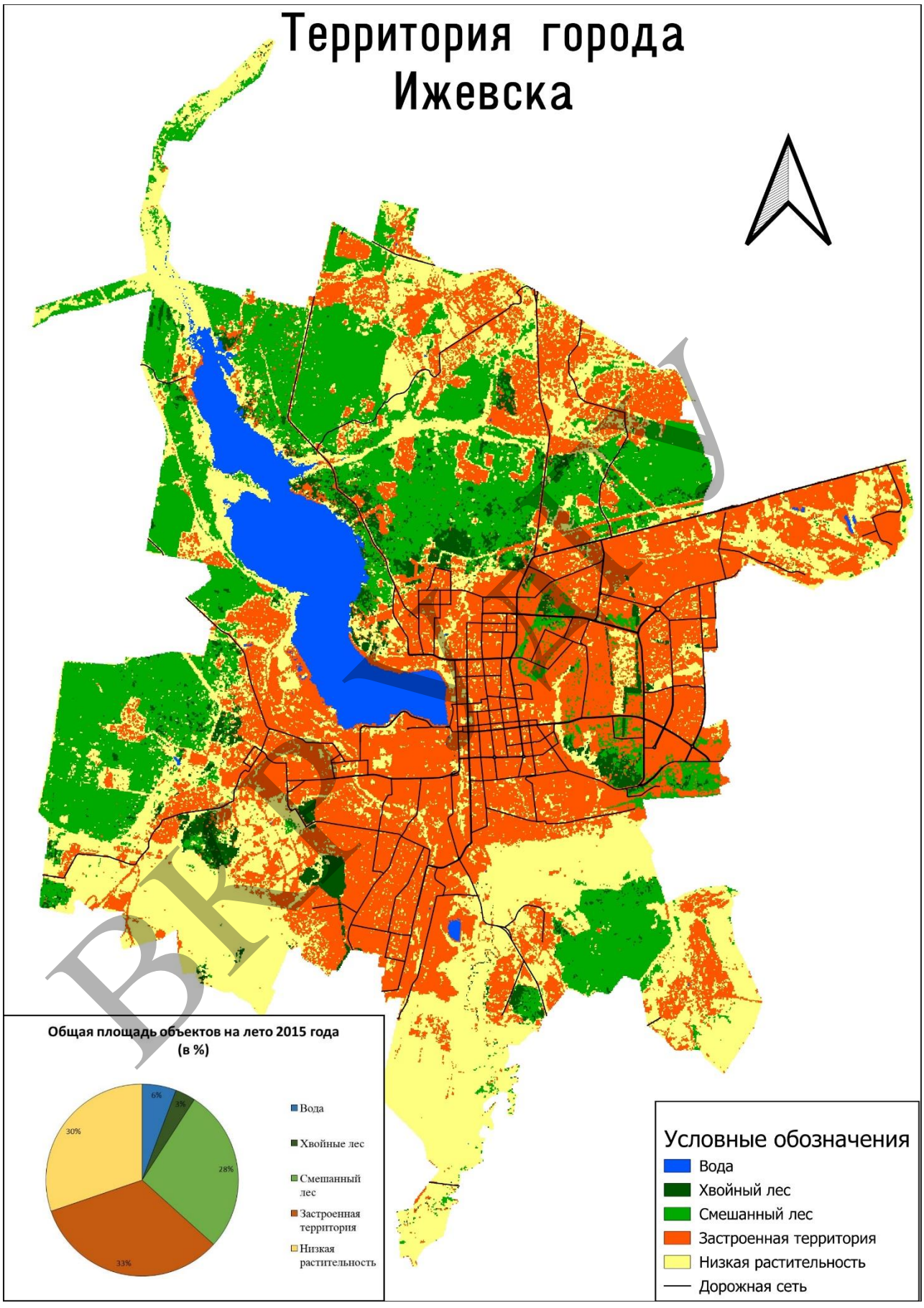


Рис. 23. Зима, 2025 год

Предварительные данные указывают на то, что водные объекты не будут участвовать в дальнейшем анализе, так как остаются, практически, неизменны.

Рассматривалась динамика по таким объектам: хвойные лес, смешанный лес, застроенная территория, с/х поля и низкая растительность (для летних периодов), снежный покров (для зимних периодов).

Можно заметить, что за оба периода застроенная территория увеличивалась. Причиной тому служит активное развитие территории, сопровождающееся возникновением новых жилых зон и предприятий (Рис. 24, 25). Также заметна разница за эти периоды. Это связанно с объектами, которые дешифрировались. На зимних снимках здания сливаются со снегом, в отличие от летних снимков, где застроенную территорию можно визуально легче различать и определять.

Сельскохозяйственные поля изменялись не так однозначно. На 2005 год сельскохозяйственные угодья занимали значительную территорию, по сравнению с другими годами. В 2015 году поля заросли и не использовались в качестве сельскохозяйственных, а в 2025 появилось лишь малое количество (Рис. 26). Связано с развитием новой застройки на местах прежнего нахождения полей и прекращением использования из-за ненадобности.

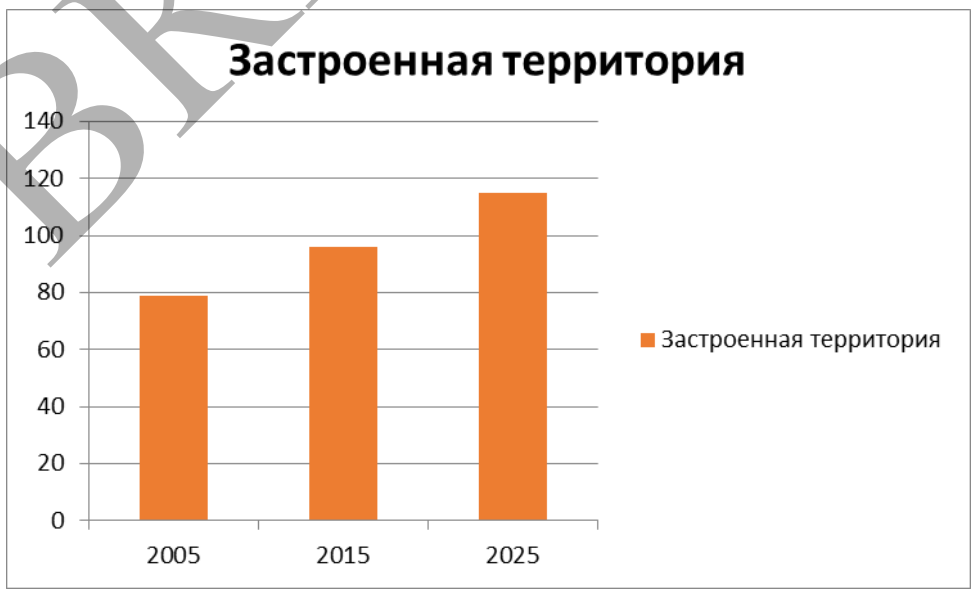


Рис. 24. Застроенная территория за летний период

ВКР УдГУ



Рис. 25. Застроенная территория за зимний период

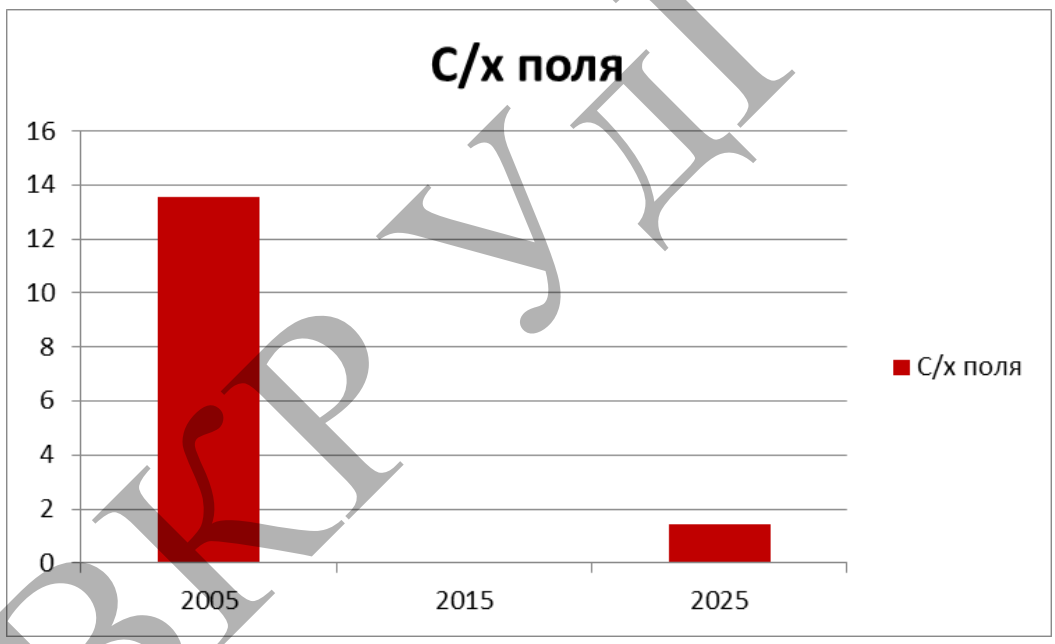


Рис. 26. Сельскохозяйственные поля

Кроме того, можно наблюдать, взаимозависимость между различными видами растительности. Для начала будет определена динамика за летний период. С течением времени наблюдается увеличение площади смешанных лесов и сокращению участков с хвойным лесом и низкой растительности. Смешанный лес растет, замещая участки с низкой растительностью, а из-за густоты лиственного покрова закрывает собой хвойные породы (Рис. 26, 27, 28).

ВКР УлГУ



Рис. 27. Смешанный лес за летний период

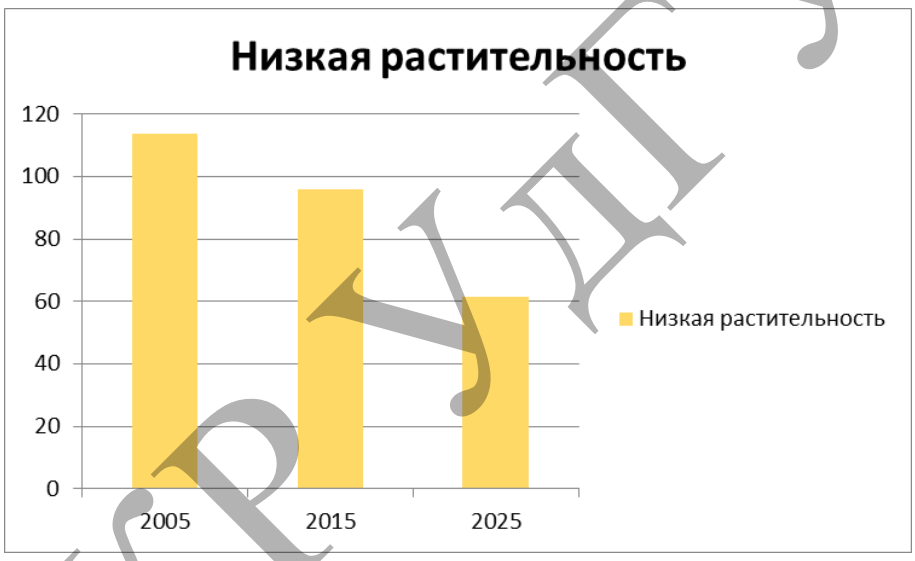


Рис. 28. Низкая растительность



Рис. 29. Хвойный лес за летний период

ВКРУдГУ

В зимний период ситуация немного иная. Ввиду того, что зимой образуется снег, будет рассматриваться снежный покров вместо низкой растительности. В отличие от лета, где смешанный лес преобладает над хвойным лесом, зимой лучше видны хвойные породы. Поэтому в этом временном промежутке заметен рост динамики хвойной растительности. Обусловлено тем, что лиственные деревья сбрасывают свою листву, открывая лучший вид хвойным лесам (Рис. 30, 31, 32).

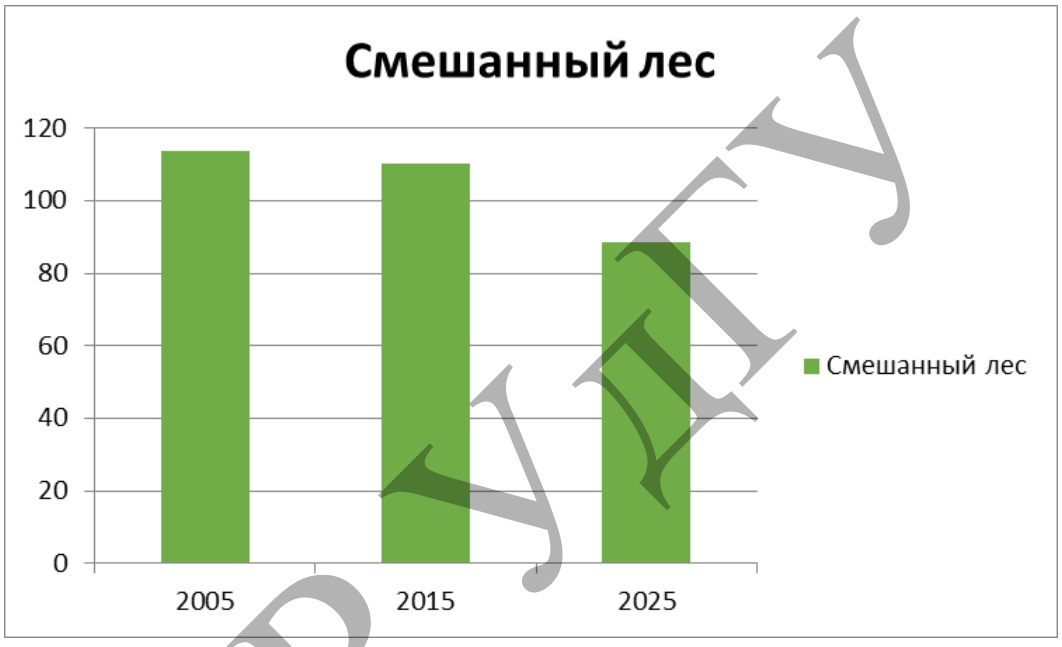


Рис. 30. Смешанный лес за зимний период

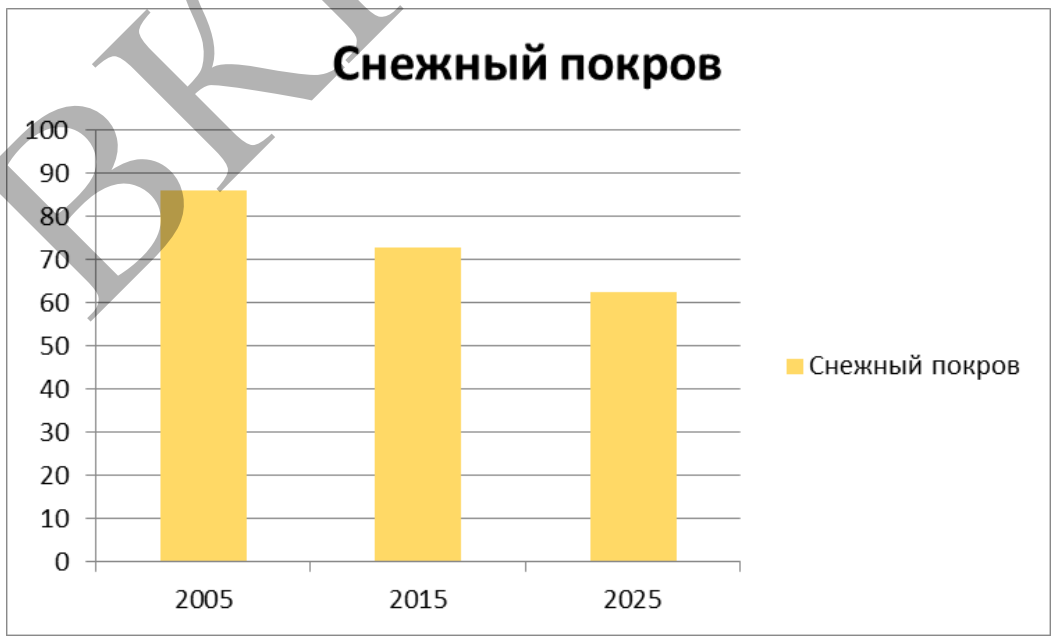


Рис. 31. Снежный покров

ВКР УлГУ



Рис. 32. Хвойный лес за зимний период

ВКР УдГУ

Заключение

В результате выполнения выпускной квалификационной работы были рассмотрены основные понятия и определения динамики, история развития QGIS и ее функциональные возможности, способы скачивания и обработки космоснимков Landsat с официального сайта Геологической службы США (USGS), а также была определена и проанализирована динамика территории города Ижевска с использованием QGIS и дополнительных программ.

В первой главе были рассмотрены сущность динамики, её главные задачи; основные термины, такие как картографические анимации, разновременные карты, динамические условные знаки и так далее.

Во второй главе рассмотрены, что представляет собой ГИС в целом, как развивалась ГИС QGIS и её возможности.

В третьей главе ознакомились с основными этапами скачивания космоснимков Landsat с сайта Геологической службы США и обработкой этих космоснимков в программе QGIS.

В четвертой главе было описано понятие динамики, показаны этапы подготовки данных для анализа динамики и сами результаты этой динамики территории города Ижевска.

ВКР УдГУ

Список литературы

1. Аковецкий В.Н. Дешифрирование снимков. – М.: Недра, 1983. – 375 с.
2. Берлянт А. М. Картография: Учебник для вузов. — М.: Аспект Пресс, 2002,- 336 с.
3. Берлянт А.М. Геоинформационное картографирование. М: 1997. - 64 с.
4. Брюханов, Александр Владимирович. Аэрокосмические методы в географических исследованиях / А. В. Брюханов, Г. В. Господинов, Ю. Ф. Книжников. — Москва: Изд-во МГУ, 1982. — 231 с.
5. Вишневецкий В.Ю., Старченко И.Б., Ледяева В.С. Работа с Microsoft Office 2016: Excel. Методическое руководство к выполнению лабораторных работ по курсу «Информационные технологии». – Ростов на–Дону: Изд–во ЮФУ, 2016. – 36 с.
6. Гаврилова И.И. Компьютерная обработка снимков / И.И. Гаврилова, В.Я. Степанов // Монография. – Тверь: ТГТУ, 2009. – 99 с.
7. Гафуров А.М., Усманов Б.М. Основы работы в QGIS. Часть 1. / А.М. Гафуров, Б.М. Усманов – Казань: Казан. ун-т, 2022. – 30 с.
8. Дамрин, А.Г. Картография: учебно-методическое пособие / А.Г. Дамрин, С.Н. Боженов; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2012. – 132 с.
9. Жуковский О. И. Геоинформационные системы: учебное пособие / О. И. Жуковский. — Томск: Эль Контент, 2014. — 130 с.
10. Жуковский О. И. Геоинформационная система QGIS: Учебно-методическое пособие / О.И. Жуковский. – Томск, 2018. – 81 с.
11. Зудилова Т.В., Одиночкина С.В., Работа пользователя в Microsoft Excel 2010 - СПб: НИУ ИТМО, 2012. – 87 с.
12. Книжников, Юрий Фирсович. Аэрокосмические исследования динамики географических явлений / / Ю. Ф. Книжников, В. И. Кравцова. — Москва: Изд-во МГУ, 1991. — 205 с.

ВКР УлГУ

13. Пасько, О. А. Практикум по картографии: учебное пособие / О. А. Пасько, Э. К. Дикин. — 2-е изд. — Томск: ТПУ, 2014. — 175 с.

14. Прозорова, Г. В. Современные системы картографии: учебное пособие / Г. В. Прозорова. — Тюмень: ТИУ, 2011. — 140 с.

15. Соколова Н.В. к.т.н., ст. научн. сотрудник Института проблем нефти и газа РАН Учебное пособие по курсу «Дешифрирование снимков». Изучение динамики природных процессов и объектов по аэро- и космическим снимкам. М. МГУГиК, 2006. — 77 с.

16. Ципилева Т.А. Геоинформационные системы: Учебное пособие. − Томск: Томский межвузовский центр дистанционного образования, 2004. − 162 с.

17. Картографирование динамики географических явлений и составление прогнозных карт Материалы к Симпозиуму на Третьей науч.-техн. конференции по картографии. 30 янв. - 2 февр. 1968 г. / АН СССР. Сиб. отд-ние. Ин-т географии Сибири и Дальнего Востока. — Иркутск: Б. и., 1968. — 81 с

18. Методические рекомендации по картографированию динамики природных объектов на основе космической информации. /Гл. упр. геодезии и картографии при Совете Министров СССР; [Сост. Е. А. Востоковой и др.]. — Москва: ЦНИИГАИК, 1988. — 160 с.

Электронные ресурсы

19. США Геологическая служба [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://earthexplorer.usgs.gov (дата обращения: 10.10.2025).

20. Учебное пособие QGIS [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://docs.qgis.org/3.44/ru/docs/training_manual/index.html (дата обращения: 03.11.2025).

21. QGIS User Guide [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://gis_lab.info/docs/qgis/user_guide/qgis_1.7.0_user_guide_ru.pdf?ysclid=mq

ВКР УлГУ

2djiqi8t697441250 (дата обращения: 03.11.2025).

22. Руководство по созданию картографических проектов в QGIS [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://docs.qgis.org/3.44/ru/docs/training_manual/index.html (дата обращения: 04.11.2025).

23. Опыт классификации космоснимка Landsat с помощью Semi-Automatic Classification Plugin в QGIS [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://gis-lab.info/qa/landsat_qgis_scp.html (дата обращения: 15.03.2026).

24. Документация Semi-Automatic Classification Plugin (SCP) [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://semiautomaticclassificationmanual_v5.readthedocs.io/ru/latest/tutorial_1.html (дата обращения: 17.03.2026).

25. Руководство пользователя Semi-Automatic Classification Plugin [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/265031337_Semi_Automatic_Classification_Plugin_User_Manual (дата обращения: 17.03.2026).

26. Интерпретация комбинаций каналов данных Landsat TM / ETM+ [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://gis-lab.info/qa/landsat-bandcomb.html (дата обращения: 21.03.2026).

ВКР УлГУ