

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

В. В. Коцан

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СИСТЕМЫ В ОТРАСЛИ

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

*Рекомендовано
учебно-методическим объединением по образованию
в области природопользования и лесного хозяйства
в качестве учебно-методического пособия для студентов
учреждений высшего образования по специальности
1-57 01 01 «Охрана окружающей среды
и рациональное использование природных ресурсов»*

Минск 2023

УДК 630*587:004.9(076.5)(075.8)
ББК 26.12:32.98я73
К75

Рецензенты:
кафедра лесохозяйственных дисциплин
УО «Гомельский государственный университет
имени Франциска Скорины» (заведующий кафедрой
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент *М. С. Лазарева*);
ведущий научный сотрудник лаборатории геоботаники
и картографии растительности ГНУ «Институт экспериментальной
ботаники имени В. Ф. Купревича НАН Беларуси»
кандидат биологических наук *А. Р. Понтус*

Все права на данное издание защищены. Воспроизведение всей книги или ее части не может быть осуществлено без разрешения учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет».

Коцан, В. В.

К75 Информационные технологии и системы в отрасли. Лабораторный практикум : учеб.-метод. пособие для студентов специальности 1-57 01 01 «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов» / В. В. Коцан. – Минск : БГТУ, 2023. – 78 с.
ISBN 978-985-897-070-3.

Тематика лабораторного практикума охватывает ключевые разделы учебной программы дисциплины «Информационные технологии и системы в отрасли». В пособии представлены краткие теоретические сведения и методика лабораторных работ по формированию проектов в Quantum GIS, созданию точечных, линейных и полигональных векторных объектов, описаны алгоритмы получения пространственных данных из свободных источников, представлены методики использования данных глобального позиционирования для планирования и сбора полевых данных, комплексного анализа состояния окружающей среды на основании пространственного анализа.

УДК 630*587:004.9(076.5)(075.8)
ББК 26.12:32.98я73

ISBN 978-985-897-070-3

© УО «Белорусский государственный
технологический университет», 2023
© Коцан В. В., 2023

ПРЕДИСЛОВИЕ

В последнее время человеческая деятельность в промышленности, сельском хозяйстве, быту имеет все большее влияние на компоненты окружающей среды: атмосферу, гидросферу, литосферу. Антропогенное воздействие на природу приобрело такие размеры, что негативные последствия стали очевидными на протяжении жизни одного поколения, а необратимые изменения в окружающей природной среде поставили под угрозу само существование человечества. В сложившейся ситуации необходимо понимать важность изучения закономерностей взаимодействия деятельности человека и природы, упущение этого факта приводит к негативным последствиям как для людей, так и для окружающей среды.

В настоящее время деятельность в сфере охраны окружающей среды невозможна без соответствующего информационного обеспечения. Специалисты в данной области постоянно сталкиваются с задачами применения информационных технологий, которые являются необходимым условием сбора, обработки и анализа информации, связанной с источниками загрязнения, качественными и количественными показателями загрязнения и пр. Незаменимым средством обработки такого рода информации являются географические информационные системы (ГИС).

Непосредственно в сфере охраны окружающей среды геоинформационные технологии находят применение для проектирования местоположения промышленных объектов, оптимизации их работы, разработки маршрутов полевых исследований экологической обстановки, использования навигационных средств, создания планово-картографических материалов и интерактивных картографических интернет-сервисов. На современном этапе развития геоинформационные технологии характеризуются тесной интеграцией с технологиями обработки данных дистанционного зондирования (ДДЗ), системами глобального позиционирования и интернет-технологиями, что учтено при подготовке данного пособия.

Студенты специальности «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов» знакомятся с дисциплиной «Информационные технологии и системы в отрасли»

с целью изучения теоретических основ геоинформационных систем и технологий, а также практического их использования в охране окружающей среды. В этой связи значительное внимание в данном пособии уделяется использованию геоинформационных технологий для решения практических задач, возникающих в сфере охраны окружающей среды.

В результате работы с лабораторным практикумом студенты должны: научиться работать с растровыми и векторными данными; знать основные подходы к организации и использованию атрибутивных данных; уметь получать векторные и растровые данные из свободных источников; знать методику подготовки проектов для проведения полевых исследований, уметь определять комплексные показатели загрязнения с использованием ГИС.

СОЗДАНИЕ ПРОЕКТА QUANTUM GIS. РАБОТА С ВЕКТОРНЫМИ ДАННЫМИ

Цель работы: создать проект в геоинформационной системе Quantum GIS, научиться изменять свойства проекта, создать векторные слои данных для точечных, линейных и полигональных объектов геометрии в формате шейп-файла и научиться изменять их свойства.

Теоретические сведения

Геоинформационные системы (ГИС) начали массово использоваться относительно недавно. Раньше считалось, что компьютеризированные ГИС доступны только крупным компаниям и университетам с дорогостоящим оборудованием. В настоящее время любой специалист может работать с программным обеспечением ГИС, в том числе распространяемым на условиях свободного лицензионного договора, дающим пользователю право использовать программу в любых, не запрещенных законом, целях. В ходе выполнения лабораторных работ мы будем использовать Quantum GIS (QGIS) – свободную географическую информационную систему с открытым кодом [1].

ГИС являются не только программным обеспечением, они вовлечены во все аспекты управления и использования электронных геоданных, которые, в том числе, представляются и в виде векторов. Векторные данные – это один из способов представления объектов реального мира в среде ГИС. Объект – это цифровое представление объектов местности, содержащее информацию о местоположении и свойствах (атрибутах). Векторные объекты имеют атрибуты, состоящие из текстовой и числовой информации, описывающей каждый объект.

Под векторными данными понимается описание пространственных объектов, основанное на их координатах. Элементарными элементами векторного представления пространства (типами объектов векторной графики) являются точка, линия и полигон.

Точка (точечный объект) – объект, представленный одной парой координат (X, Y) и не имеющий размеров. На цифровой карте в ГИС невозможно определить какие-либо параметры точечного объекта (длину, ширину, площадь). На векторных цифровых картах точечные объекты могут представляться в виде специальных значков, показывающих условные знаки цифровой карты (места отбора проб, источники выбросов, пункты мониторинга, места гнездования птиц и др.). Физические размеры точечных объектов на картах не выражаются в данном масштабе или несущественны. Перечень специальных значков и их количество регламентируются используемым программным обеспечением ГИС.

Линия (линейный объект) – объект, представленный набором пар координат и имеющий одну размерность – длину. Ширина объекта не выражается в данном масштабе или несущественна. Таким образом, на цифровой карте в ГИС можно измерить длину линии, но нельзя определить ее ширину и площадь. При настройке изображения линий на цифровой карте можно задать ширину отображения, а также тип (сплошная, пунктирная и др.). В качестве линейных объектов на цифровых векторных картах представляются дороги, ручьи и каналы, улицы, административные границы и др.

Полигон (полигональный, площадной объект) – объект, представленный набором пар координат (или набором объектов типа «линия»), представляющий собой замкнутый контур. Для полигональных объектов на цифровой карте с использованием программных функций ГИС могут определяться площадь, периметр, центр масс. При настройке графического отображения полигональных объектов на цифровой карте для них могут устанавливаться цвет или тип заливки (штриховка, заливка в виде различных текстур), а также цвет и толщина контура. Площадными объектами могут быть представлены земельные участки, территории заводов, водоемы, полигоны отходов и др.

Порядок выполнения лабораторной работы

Задание 1. Создание проекта. Запустите QGIS через меню *Пуск* → *Все программы* → *QGIS 3.16* → *QGIS Desktop 3.16.12*. Ознакомьтесь с основными элементами интерфейса QGIS. Рабочее окно программы (рис. 1.1) состоит из пяти основных областей:

- главное меню;
- панели инструментов;

- легенда;
- область карты;
- строка состояния.

Главное меню предоставляет доступ ко всем возможностям QGIS в виде стандартного иерархического меню.

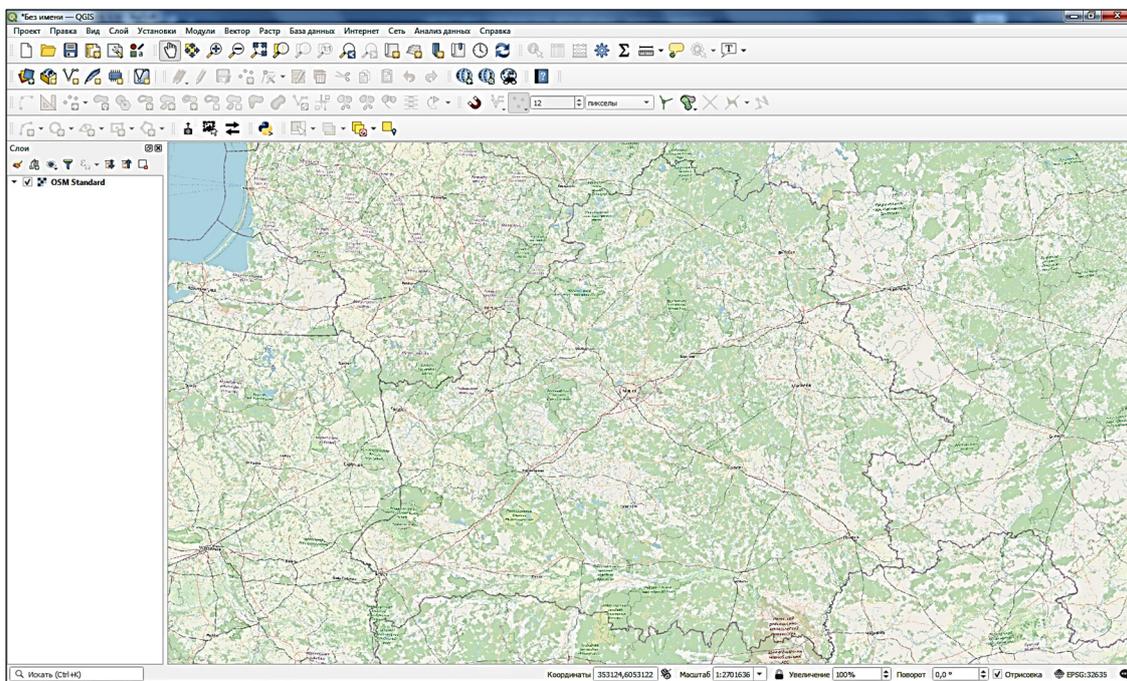


Рис. 1.1. Рабочее окно программы

Панели инструментов обеспечивают доступ к большинству тех же функций, что и меню, а также содержат дополнительные инструменты для работы с картой; они являются плавающими. Кроме того, каждую панель инструментов можно добавить/скрыть при помощи контекстного меню.

Легенда содержит список всех слоев проекта. Для каждого слоя отображается название, тип геометрии и условные обозначения. Флажок у каждого элемента легенды используется для настройки видимости. Порядок расположения слоев в легенде определяет порядок отображения слоев на карте. Слои, расположенные в начале списка, будут отображаться поверх слоев, расположенных в конце.

Расположенная в верхней части легенды панель инструментов содержит следующие элементы управления: *Добавить группу (слоев)*, *Управление видимостью слоя*, *Фильтровать легенду по содержанию карты*, *Развернуть все*, *Свернуть все*, *Удалить слой* и др.

Область карты – наиболее важная часть QGIS, где дается картографическое изображение. Последнее определяется слоями, загруженными в QGIS. Данные в окне карты можно прокручивать, смещать фокус отображения карты на другую область и масштабировать.

Строка состояния отображает позицию курсора на карте в текущих координатах или координаты границ вывода карты при масштабировании и панорамировании, масштаб карты. Масштаб можно выбирать из списка предустановленных значений от 1 : 500 до 1 : 1 000 000.

Справа в строке состояния находится флажок, позволяющий прекратить отрисовку слоев в окне карты. Последним справа в строке состояния находится код EPSG текущей системы координат и значок **Преобразование координат**.

Состояние сеанса в QGIS называется проектом. В каждый момент времени можно работать только с одним проектом. Сохранить состояние вашего сеанса в файле проекта можно, используя пункт меню **Проекты** → **Сохранить** (или **Сохранить как...**). Информация, сохраненная в файле проекта, включает в себя добавленные слои, свойства слоев, в том числе символизацию, систему координат проекта, последний охват карты и др. Проект не содержит сами данные, в нем хранятся только ссылки на них. Файл проекта сохраняется в формате *XML* с расширением *.qgs*.

Задание 2. Добавление базовой карты или подложки в проект QGIS. Для добавления карты воспользуемся модулем QuickMapServices. QGIS имеет модульную архитектуру, что позволяет легко добавлять недостающий функционал в программу. Большинство функций в QGIS реализованы как основные или внешние модули.

Управление модулями осуществляется с помощью **Менеджера модулей** и подразумевает их загрузку, обновление или удаление. QuickMapServices является внешним модулем и не входит в базовую комплектацию QGIS.

Для установки модуля откройте **Менеджер модулей (Модули** → **Управление модулями)** и переключитесь на вкладку **Не установленные**, где, либо отсортировав по имени, либо введя часть названия модуля в строку поиска, найдите интересующий модуль. Выберите QuickMapServices в списке модулей и нажмите **Установить модуль** (рис. 1.2).

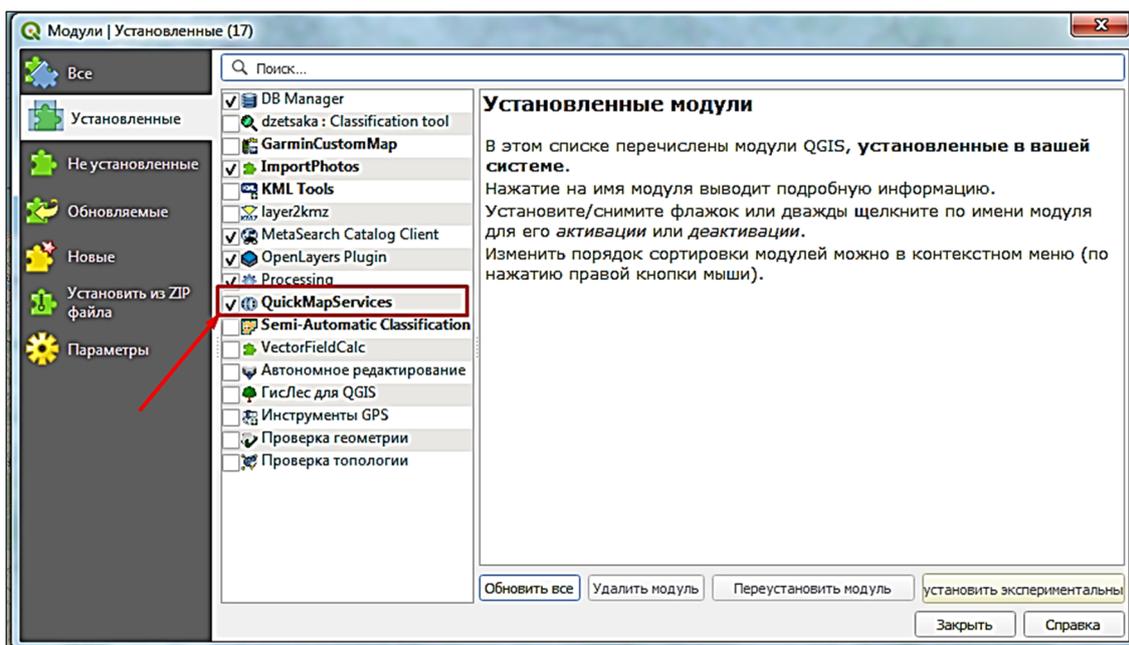


Рис. 1.2. Установка модуля QuickMapServices

После установки расширения в меню *Интернет* появится группа QuickMapServices. Также на панели веб-инструментов добавятся кнопки расширения (рис. 1.3).

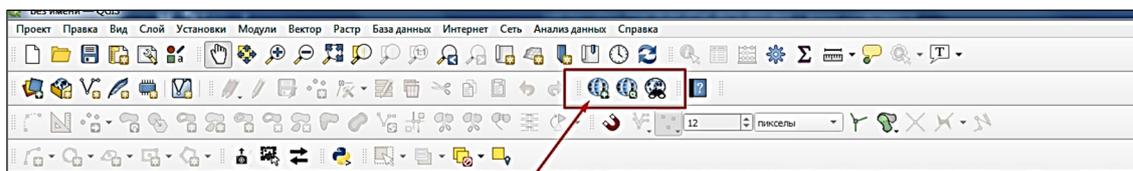


Рис. 1.3. Кнопки модуля QuickMapServices

Щелкните по пиктограмме *QuickMapServices* и в открывшемся меню выберите *OSM* → *OSM Standard*. Карта автоматически подключится в проект в качестве слоя. В легенде слой располагается в конце списка.

Для работы с подложками существует несколько модулей расширения QGIS, в том числе и OpenLayers plugin, который автоматически устанавливается с QGIS и позволяет отображать в проекте QGIS данные из OSM, GoogleMaps, Yahoo Maps и других сервисов.

Задание 3. Загрузка векторных данных. Воспользовавшись инструментом *Добавить векторный слой* на панели работы со слоями, добавьте в проект следующие векторные слои из папки исходных данных: «Minsk», «pois_Minsk», «roads_Minsk», «landuse_Minsk». При загрузке в выпадающем списке *Кодировка* выберите UTF-8.

Если вы открыли файл в неправильной кодировке, то русские буквы там будут нечитаемыми. Диалоговое окно *Добавить векторный слой* может быть вызвано сочетанием клавиш *Ctrl + Shift + V*.

В окне каталога перейдите к папке с исходными данными и выберите слой «buildings_Minsk». Добавьте слой в проект, щелкнув по пиктограмме. Добавьте выбранные слои. Также загрузить данные можно, перетащив выбранный слой в область карты или легенду.

Задание 4. Изменение системы координат проекта. В QGIS система координат (СК) проекта определяется системой координат первого добавляемого слоя. Определите систему координат текущего проекта. Для этого в меню *Проекты* выберите *Свойства проекта* и перейдите на вкладку *Система координат*. В качестве системы координат проекта установите WGS 84 / UTM zone 35N. В списке системы координат выберите: *Прямоугольные системы координат – WGS 84 / UTM zone 35N* (рис. 1.4). Нажмите *Применить* и *ОК*.

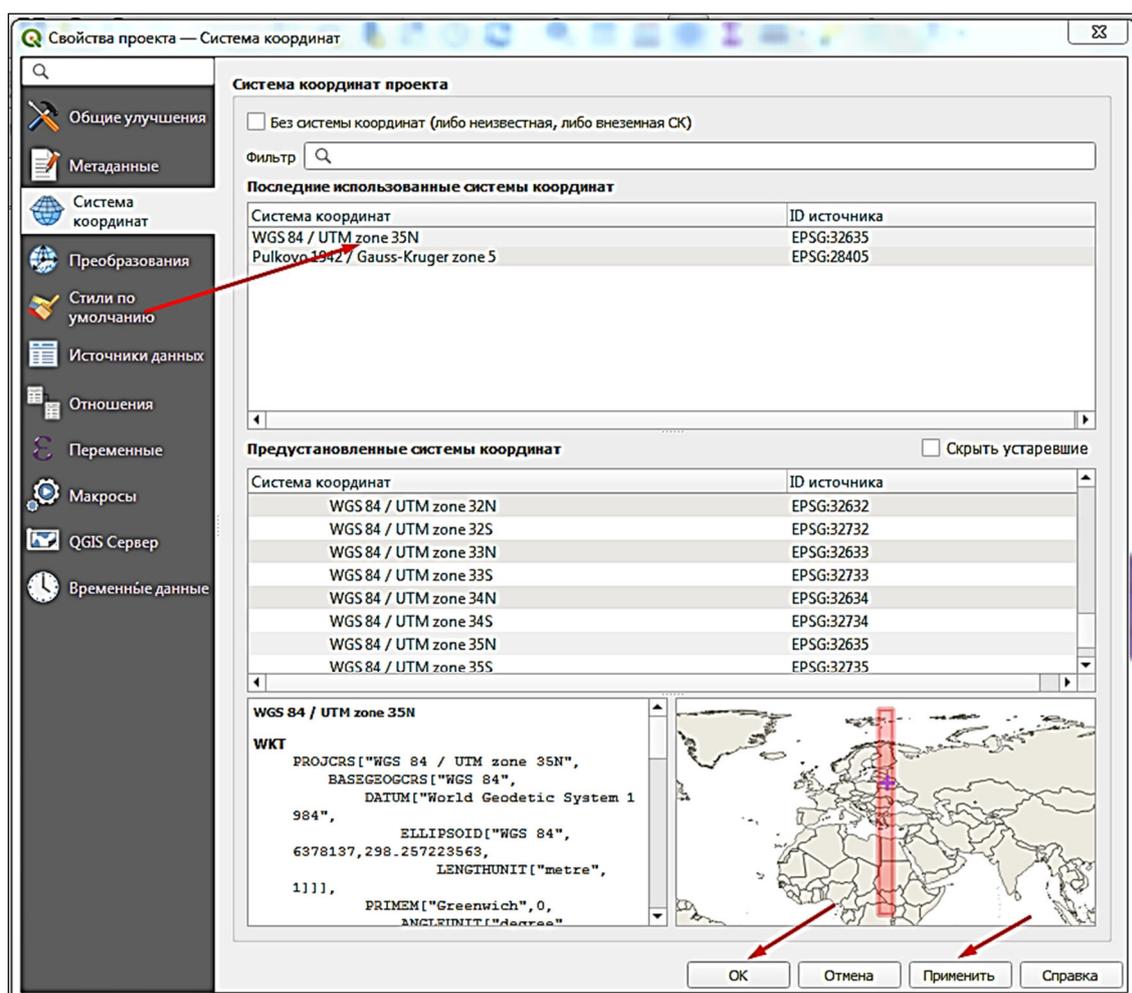


Рис. 1.4. Выбор системы координат проекта

В QGIS реализована поддержка перепроецирования «на лету» – это автоматическое преобразование данных с известной, но отличной от проекта СК, в СК проекта.

Перепроецирование «на лету» не меняет СК самого слоя, а лишь на основе известных параметров трансформирует его в заданную СК.

Задание 5. Навигация в области карты. Навигация в области карты осуществляется с помощью инструментов панели *Инструменты перемещения по карте* (рис. 1.5).

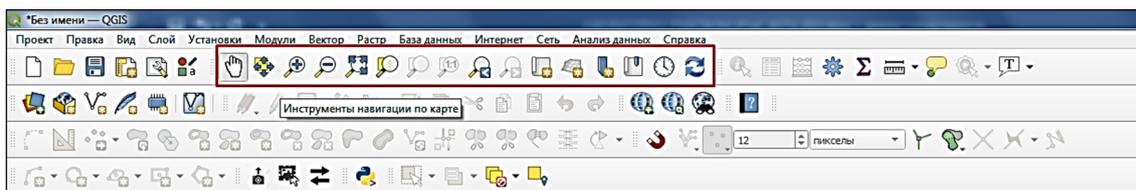


Рис. 1.5. Панель *Инструменты перемещения по карте*

Если панель отсутствует в области панелей инструментов, то следует ее включить с помощью команды *Вид* → *Панели инструментов* → *Инструменты перемещения по карте*. Инструменты позволяют уменьшать либо укрупнять масштаб пространственных данных, загруженных в проект; передвигать изображение; создавать закладки и осуществлять управление ими. Поэкспериментируйте с инструментами перемещения и масштабирования.

Задание 6. Переименование слоев. Название добавляемого слоя наследует имя источника данных. Вы можете дать слою другое имя, не меняя имени источника. Для этого в легенде правой клавишей мыши щелкните по названию слоя. В появившемся контекстном меню выберите *Свойства*. На вкладке *Общие* диалогового окна *Свойства слоя* в поле *Имя слоя* измените название векторного слоя «Minsk» на «Границы города», «points_Minsk» – на «Точки_Минск», «roads_Minsk» – на «Дороги_Минск», «landuse_Minsk» – на «Землепользование_Минск», «buildings_Minsk» – на «Здания_Минск» (рис. 1.6). Нажмите *ОК*.

Задание 7. Формирование карты. Расположите добавленные слои, как показано на рис. 1.7. Для этого в таблице содержания необходимо выделить и перетащить слой вверх или вниз. Черная линия указывает положение, где будет размещен слой.

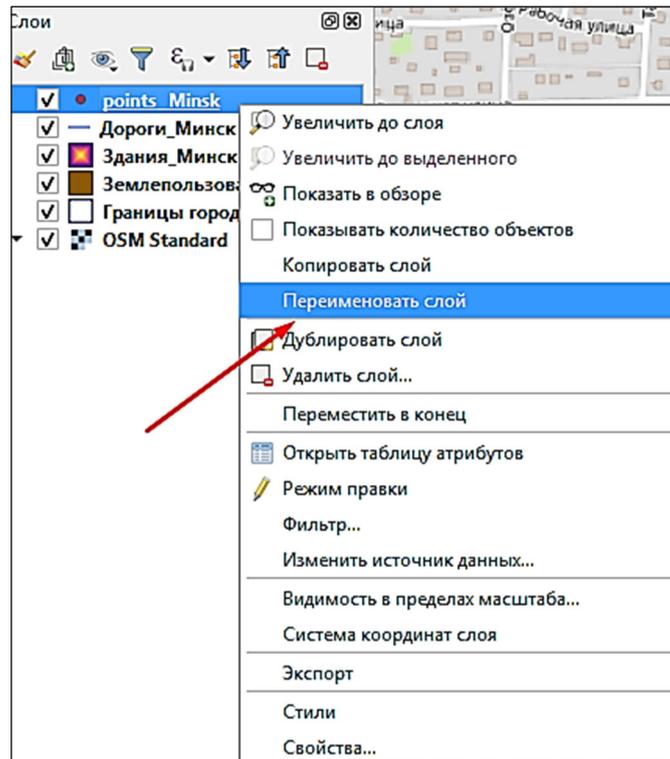


Рис. 1.6. Переименование слоя

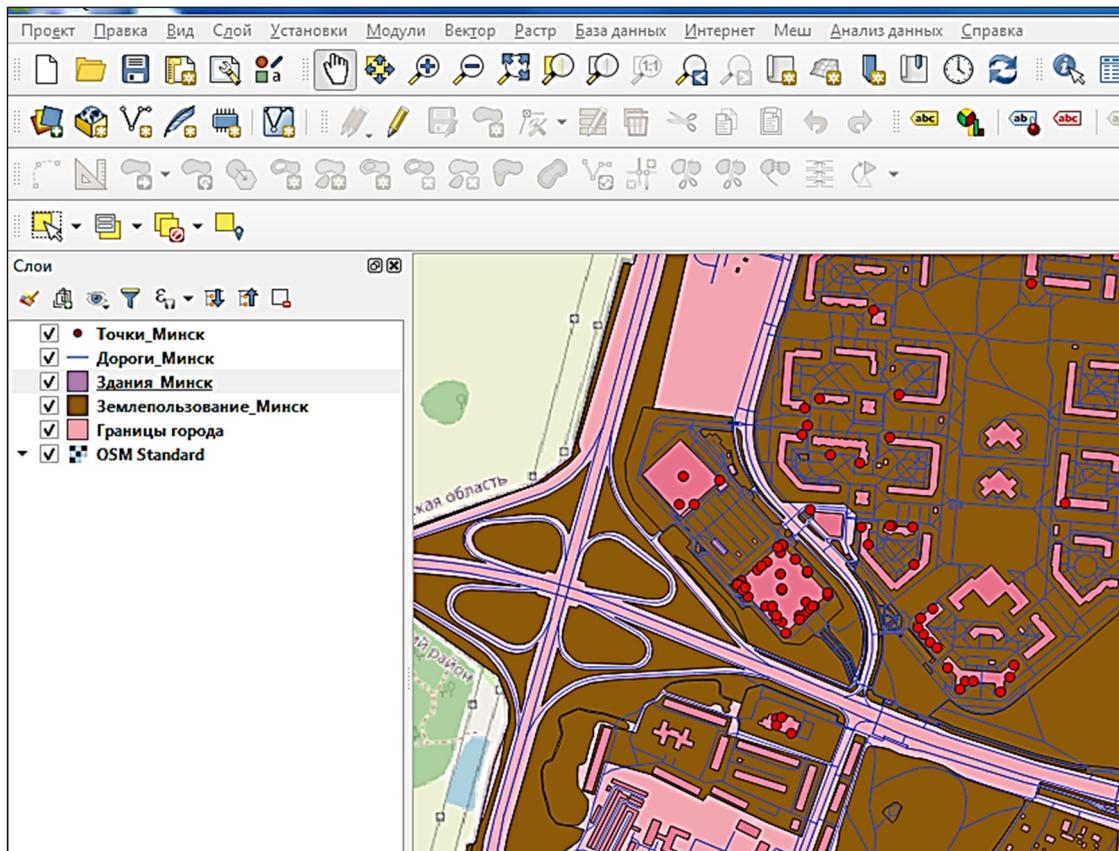


Рис. 1.7. Расположение слоев

Слой «Землепользование_Минск» символизируйте обычным знаком, цвет заливки – коричневый.

Слой «Дороги_Минск» отобразите синим цветом шириной 0,3 мм.

Для слоя «Здания_Минск» в окне *Свойства слоя* на вкладке *Стили* в качестве типа отрисовки укажите *Обычный знак*. Тип слоя – *Заливка градиентом из центра* (рис. 1.9)

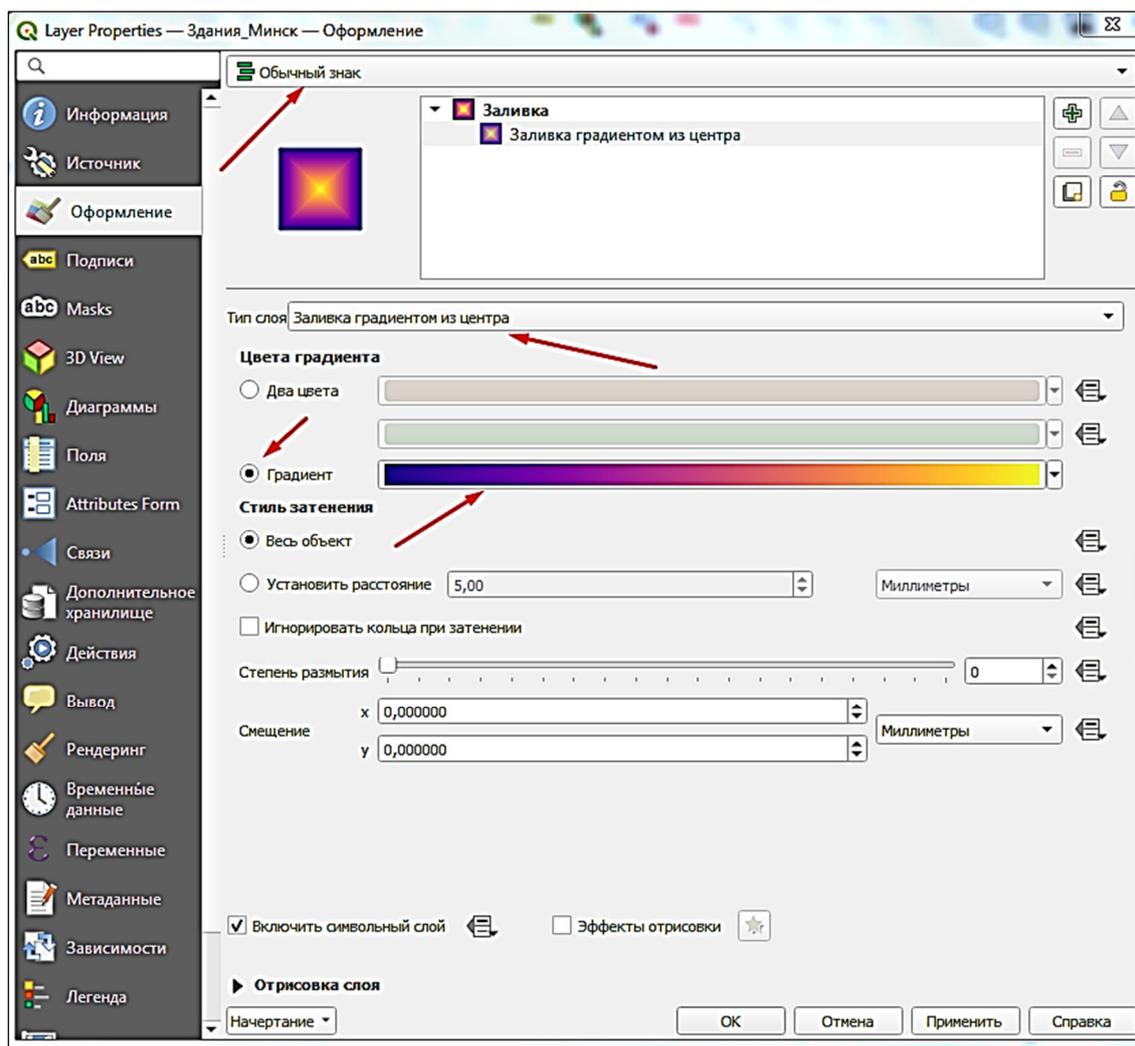


Рис. 1.9. Параметры заливки слоя «Здания_Минск»

Символизируйте слой «Точки_Минск» градуированным знаком по полю *Code*. Количество классов – 5. Режим – естественные интервалы.

Знак выберите как показано на рис. 1.10. Нажмите *Применить* и *ОК*.

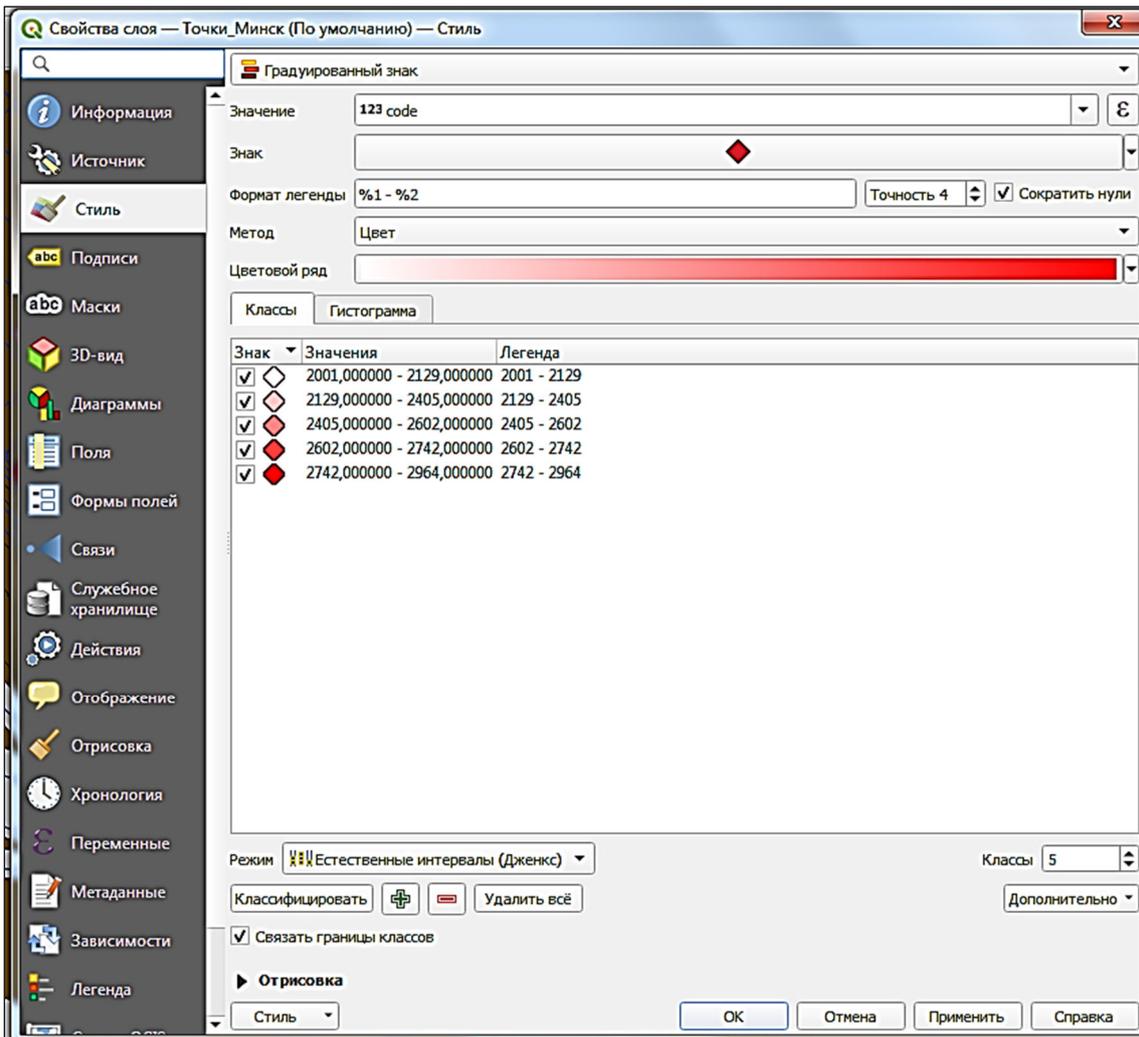


Рис. 1.10. Параметры заливки слоя «Точки_Минск»

Задание 9. Классификация объектов слоя. Классифицируйте слой «Дороги_Минск», разбив на классы по полю *fclass*. На вкладке **Стиль** диалогового окна **Свойства слоя** установите **Стиль отрисовки** – уникальное значение, **Поле** – *fclass*, **Цветовой ряд** – Random colors. Нажмите **Применить** и **ОК** (рис. 1.11).

Задание 10. Подпись объектов слоя. Подпишите объекты слоя «Дороги_Минск». На вкладке **Подписи** диалогового окна **Свойства слоя** выберите **Показывать подписи для этого слоя**. В списке **Подписывать значениями** установите поле *Name*.

Перейдите к группе **Текст** и укажите в поле **Шрифт** – Times New Roman, **Размер** – 10,00 (рис. 1.12).

На закладке **Буфер** установите флажок **Буферизировать надписи**.

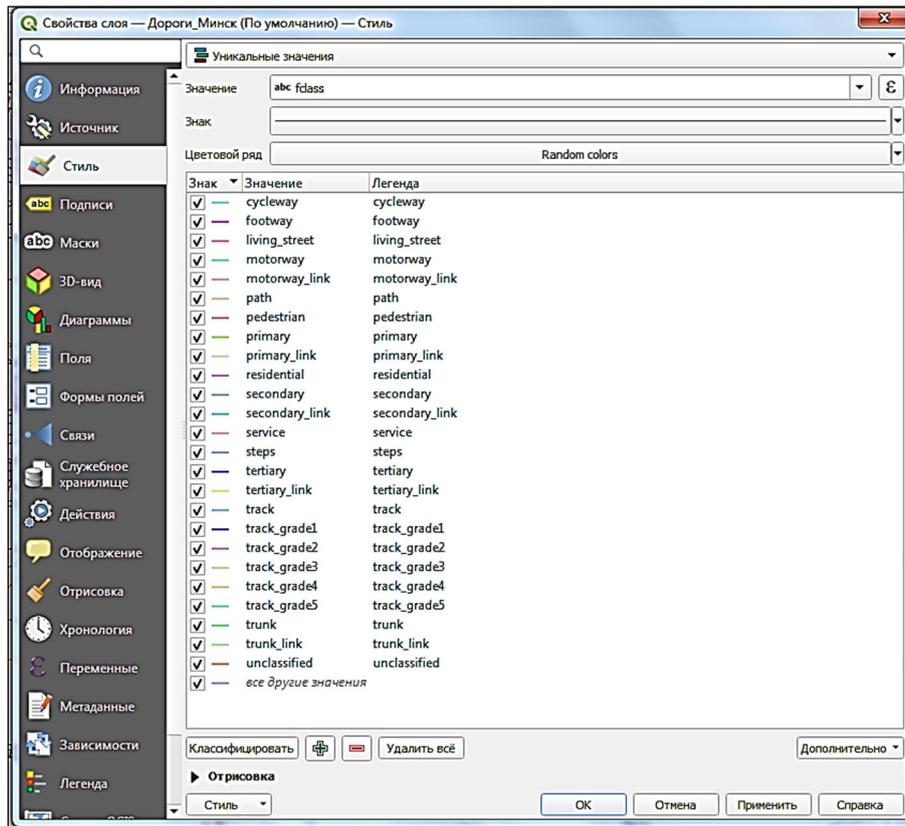


Рис. 1.11. Параметры классификации слоя «Дороги_Минск»

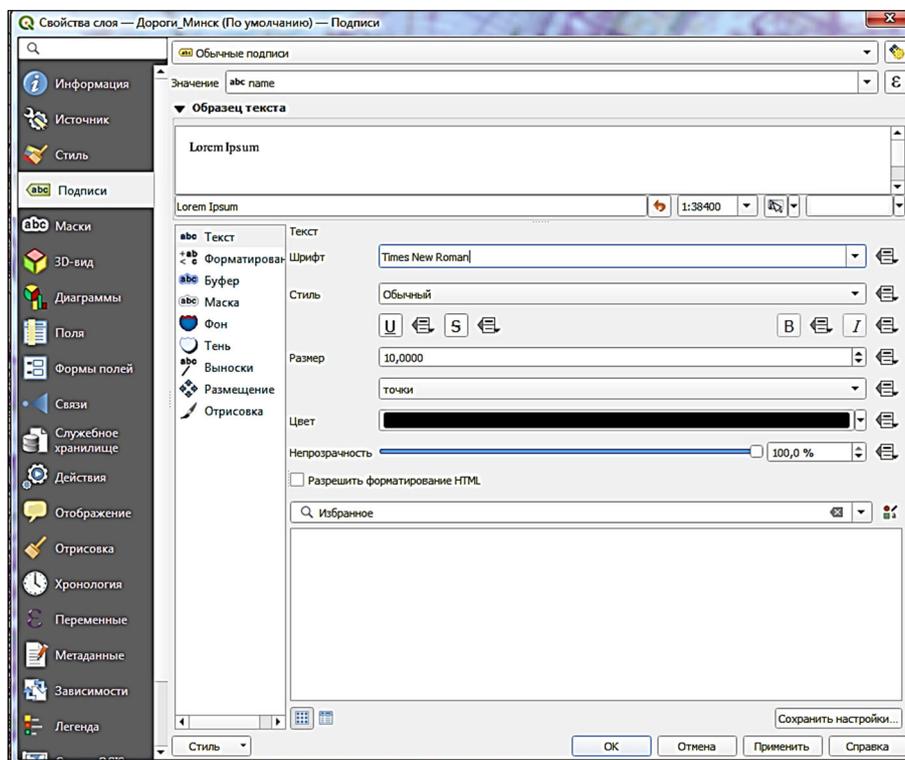


Рис. 1.12. Параметры подписи «Дороги_Минск»

Задание 11. Сохранение проекта. В меню *Проект* воспользуйтесь опцией *Сохранить как...*. Сохраните его в своей папке (D/ИТ/Год/ФИО/LR1) под именем «LR1_ФИО». Закройте QGIS.

Выводы. В ходе проведения лабораторной работы нами был создан проект в QGIS с названием LR1_ФИО; в проект различными способами были загружены базовая карта и векторные слои «Minsk», «pois_Minsk», «roads_Minsk», «landuse_Minsk», «buildings_Minsk»; была задана система координат проекта WGS 84 / UTM zone 35N; была проведена классификация слоя «Дороги_Минск» по полю *fclass*; на карте были созданы подписи объектов для слоя «Дороги_Минск».

Лабораторная работа № 2

РАБОТА С АТРИБУТИВНЫМИ ДАННЫМИ. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ФУНКЦИИ

Цель работы: познакомиться с атрибутивными данными векторных объектов, научиться применять их для настройки отображения данных, научиться использовать измерительные функции.

Теоретические сведения

Атрибутивные данные (тематические данные, «атрибутика») – качественные или количественные (негеографические) данные, представленные в виде свойств или характеристик, относящихся к определенному пространственному объекту базы данных ГИС [2, 3].

Атрибутивные данные представляются в виде характеристик объектов, таких как текстовые описания, числовые (метрические) характеристики, номера, названия, свойства и т. д. Область атрибутов объектов очень широкая. Это могут быть любые описательные и метрические свойства объекта.

Можно выделить два основных подхода к организации и использованию атрибутивных данных в ГИС:

- в атрибутивных таблицах картографических слоев;
- с использованием внешних баз данных, находящихся под управлением СУБД в рамках геореляционной модели ГИС.

Таблица атрибутов объектов – это особый тип файла данных, хранящий информацию о каждом пространственном объекте цифровой карты (точке, линии или полигоне). Таблица включает заданный набор полей (столбцов) и записей (строк), количество которых равно числу пространственных объектов цифровой карты. Таким образом, одному объекту цифровой карты соответствует одна запись в атрибутивной таблице.

Одно поле атрибутивной таблицы представляет определенную характеристику объекта (площадь, концентрация, вид покрытия, вид растительности, собственник и др.). В зависимости от содержания атрибутивных данных полю таблицы присваивается определенный тип. Перечень поддерживаемых типов полей зависит

от используемого программного обеспечения ГИС и, как правило, меньше, чем в стандартных СУБД. Основными типами полей таблиц атрибутивных данных являются:

- числовое – поле, содержащее символы, составляющие допустимое целое или вещественное число;
- символьное – поле, которое может содержать любую комбинацию алфавитно-цифровых символов, знаков;
- логическое – поле, значения в котором – «Истина» (True) или «Ложь» (False);
- дата – поле, значения в котором содержат 8 цифр, обозначающие год, месяц и дату. Например, дата 19 ноября 2022 года будет представлена как 20221119.

Порядок выполнения лабораторной работы

Задание 1. Создание точечных, линейных и полигональных объектов в QGIS. Откройте QGIS Desktop 3.16.12. Создайте новый проект и сохраните его в своей папке с названием LR2_ФИО.

В начале работы необходимо добавить базовый слой карты. Щелкните по пиктограмме *QuickMapServices* и в открывшемся меню выберите *OSM* → *OSM Standard*. Карта автоматически подключится в проект в качестве слоя. В легенде слой располагается в конце списка. В свойствах проекта установите следующую систему координат: *Прямоугольные системы координат – WGS 84 / UTM zone 35N (EPSG: 32 635)*.

Создайте новый полигональный шейп-файл для границ города Минска. В меню *Слой* последовательно выберите *Создать* → *Создать шейп-файл* или воспользуйтесь пиктограммой, по умолчанию расположенной на панели работы со слоями. В открывшемся диалоговом окне задайте необходимые параметры. Сначала тип создаваемого слоя – полигональный (полигон), кодировка – UTF 8. Определите систему координат слоя: WGS 84 / UTM zone 35N. Также можно определить поля таблицы атрибутов. По умолчанию в список полей включен только обязательный атрибут «id» (тип – Integer, размер – 10). Это уникальный идентификатор.

Создайте текстовое поле *Name* размером 100. Следует отметить, что имя атрибута указывать латинскими буквами с длиной не более 12 символов. Большинство свойств поля после создания таблицы, в частности тип поля и размер, изменять нельзя. После того

как все необходимые параметры будут заданы, нажмите кнопку **ОК**. Последний этап создания шейп-файла – это выбор папки, где будет храниться файл, и присвоение ему имени. Лучше присваивать короткие и понятные имена: назовите сохраняемый шейп-файл «Minsk» и нажмите кнопку **Сохранить** (рис. 2.1). После этого созданный слой появится в легенде проекта QGIS.

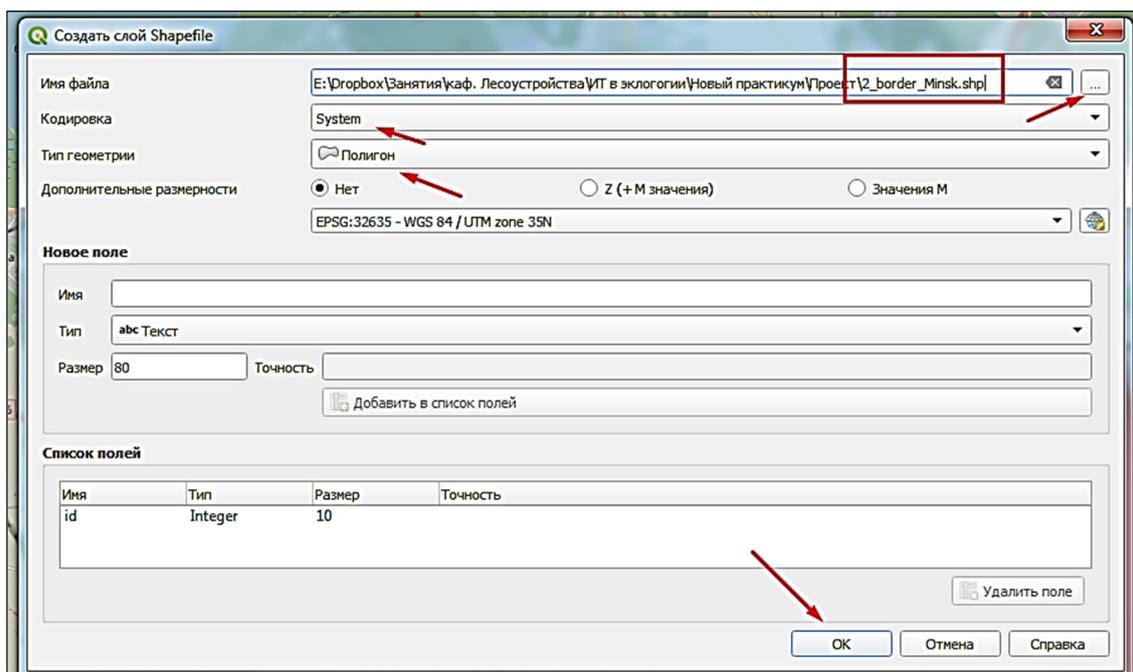


Рис. 2.1. Параметры создания шейп-файла

Создайте векторный полигональный объект в слое «Minsk». Перейдите в режим редактирования. При выделенном в окне легенды слое щелкните правой кнопкой мыши по пиктограмме **Режим редактирования**. Чтобы добавить полигон, щелкните по значку **Добавить объект**, после чего с помощью левой клавиши мыши последовательно, указывая вершины, нарисуйте полигональный объект.

В качестве подложки используйте слой «OSM Standard», где за границы города Минска в учебных целях принимайте внутреннее кольцо Минской кольцевой автомобильной дороги. При векторизации, если вы достигли края области карты и вам нужно панорамировать изображение, чтобы переместить границы видимости, удерживайте клавишу «Пробел» и перемещайте мышь. Изменить масштаб изображения для более эффективной оцифровки можно, используя колесико мыши. Точка, завершающая

ввод полигона, устанавливается щелчком правой клавиши мыши. В появившемся окне можно сразу указать значения атрибутов созданного объекта, а можно сделать это позже.

При необходимости отредактировать существующий полигон используйте инструмент «Редактирование узлов». Инструмент позволяет удалить узлы или изменить их местоположения, добавить новые двойным щелчком мыши. После завершения всех изменений выйдите из режима редактирования, повторно нажав на пиктограмму *Режим редактирования*, и нажмите кнопку *Сохранить*.

Таким же образом создайте линейный слой с названием «Улицы», объекты данного слоя должны отображать местоположение улиц, которые назовет преподаватель.

Далее создайте точечный слой с названием «Источники загрязнения» и создайте количество объектов (указанное преподавателем) вдоль оцифрованных улиц, которые являются источниками загрязнения окружающей среды.

Задание 2. Создание нового поля. Откройте таблицу атрибутов слоя «Источники загрязнения» (клик правой клавишей по названию слоя в легенде → *Открыть таблицу атрибутов*). Перейдите в режим редактирования, нажав на значок *Режим редактирования* в верхней части окна таблицы атрибутов. Создайте новое поле в таблице, для чего выберите инструмент *Новое поле*. В окне *Добавить поле* обозначьте *Имя* – *Concentration*, *Тип* – *десятичное число (real)*, *Длина* – *5*, *Точность* – *2*. Размер поля, равный *5* с точностью *2*, означает, что в поле может быть записано трехзначное число, десятичная запятая и два знака после запятой, определяющие точность.

Задание 3. Измерение координат объекта, длины, периметра и площади. Вычислите все необходимые параметры для объектов, созданных в предыдущем задании, в системе координат проекта. Предварительно для проекта установлена географическая система координат WGS 84 / UTM zone 35N (EPSG: 32 635). Одним из самых простых способов решения поставленной задачи является использование набора функций для расчета пространственных характеристик в калькуляторе полей.

Калькулятор полей в таблице атрибутов позволяет проводить расчеты на основе существующих значений атрибутов или заданных функций. Группа *Геометрия* объединяет функции для работы

с геометрией объекта. В их числе функции (таблица), позволяющие измерить все требуемые показатели. Для точечных объектов определите координаты, для линейных – их длину, для полигональных – периметр и площадь. Для расчета всех показателей в таблицах атрибутов необходимо создать новое поле с названием параметра, тип – десятичное число, длина – 10, точность – 3.

**Функции калькулятора полей
для получения пространственных характеристик**

Функция	Тип геометрии	Описание
\$x	Точка	Возвращает координату X (долгота) точки
\$y	Точка	Возвращает координату Y (широта) точки
\$length	Линия	Возвращает длину линии
xat	Линия	Возвращает координату X (долгота) n -й точки линии (индекс начинается с 0; отрицательные значения отсчитываются от последнего значения индекса)
yat	Линия	Возвращает координату Y (долгота) n -й точки линии (индекс начинается с 0; отрицательные значения отсчитываются от последнего значения индекса)
\$perimeter	Полигон	Возвращает периметр полигона
\$area	Полигон	Возвращает площадь полигона

Задание 4. Фильтр. Каждый объект на карте связан с определенной строкой в атрибутивной таблице. Изучите атрибутивную таблицу слоя «Источники загрязнения». Для этого щелкните правой клавишей мыши по имени слоя в легенде и выберите команду **Открыть таблицу атрибутов**. Количество объектов указано в заголовке атрибутивной таблицы.

Панель в верхней части окна таблицы атрибутов включает инструменты, позволяющие выполнить сортировку, фильтрацию, сформировать выборку объектов и др.

На панели инструментов в окне таблицы атрибутов нажмите кнопку **Выделить объекты, удовлетворяющие условию** . В появившемся диалоговом окне необходимо построить выражение для создания выборки данных (рис. 2.2). Задание с определенными параметрами выборки выдается преподавателем индивидуально каждому студенту.

В средней секции окна выберите раздел **Поля и значения**, чтобы увидеть список имеющихся атрибутов.

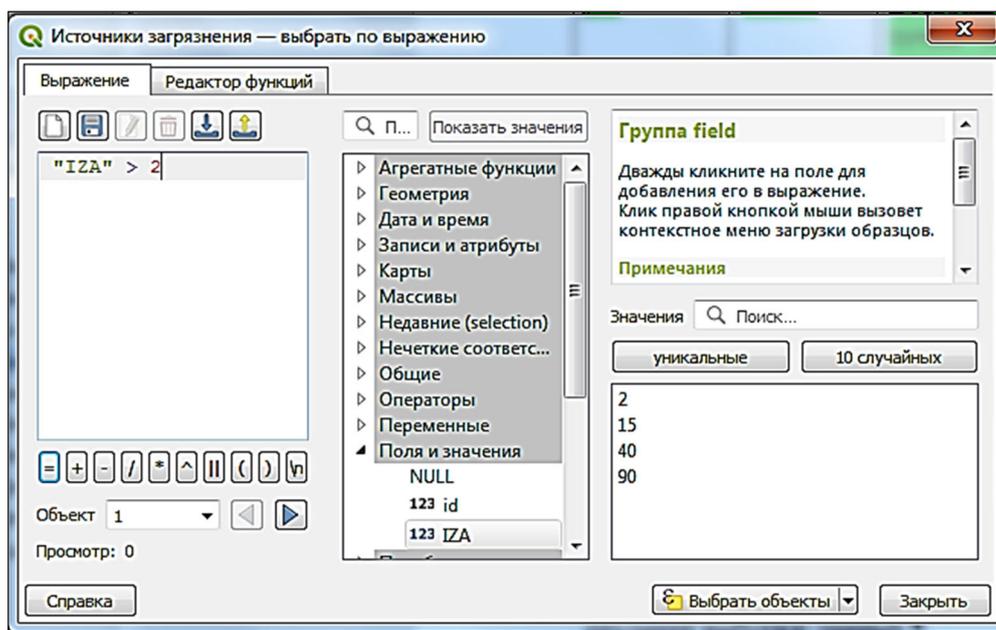


Рис. 2.2. Параметры создания выборки данных

Дважды щелкните по имени необходимого атрибута в списке для добавления в поле **Выражение**. Затем раскройте список **Операторы** и дважды щелкните по нужному символу. В текстовый блок запроса добавится логический оператор, там же наберите нужное число и нажмите **Выбрать объекты**. В соответствии с условием составленного вами выражения в таблице будут выбраны определенные строки. В ниспадающем списке в левой нижней части окна таблицы атрибутов выберите **Выделенные объекты**. В таблице атрибутов отобразятся только выделенные объекты. Закройте окно таблицы атрибутов.

Задание 5. Сохранение выделенных объектов в отдельный слой. В легенде щелкните правой клавишей мыши на названии нужного слоя. В появившемся меню выберите **Сохранить как...**. Сохраните в свою рабочую папку под другим именем. Включите опции **Сохранить только выделенные объекты** и **Добавить слой в проект**.

Выводы. В ходе проведения лабораторной работы нами были созданы точечные, линейные и полигональные объекты. В атрибутивных таблицах слоев были созданы новые поля с различными параметрами. С помощью калькулятора полей были определены параметры геометрии созданных объектов. По заданию преподавателя необходимые объекты были отфильтрованы и пересохранены в отдельный слой.

ПОЛУЧЕНИЕ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ИЗ СВОБОДНЫХ ИСТОЧНИКОВ НА ПРИМЕРЕ EARTHExplorer

Цель работы: изучить особенности данных дистанционного зондирования Земли и освоить методику их получения из свободных источников.

Теоретические сведения

Дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ) – это наблюдение за поверхностью Земли с аэро- и космических аппаратов, оснащенных различными видами съемочной аппаратуры. Рабочий диапазон длин волн, принимаемых съемочной аппаратурой, составляет от долей микрометра (видимое оптическое излучение) до метров (радиоволны). Методы зондирования могут быть пассивные, т. е. использующие естественное отраженное или вторичное тепловое излучение объектов на поверхности Земли, обусловленное солнечной активностью, и активные – использующие вынужденное излучение объектов, инициированное искусственным источником направленного действия. Данные дистанционного зондирования Земли (ДДЗ) – это аэро- или космические снимки [4]. Снимок – это двумерное изображение, полученное в результате дистанционной регистрации техническими средствами собственного или отраженного излучения и предназначенное для обнаружения, качественного и количественного изучения объектов, явлений и процессов путем дешифрирования, измерения и картографирования [5].

Основными свойствами, характеризующими космические снимки, являются: обзорность, детальность, разрешение, повторяемость во времени. По обзорности снимки бывают глобальные, охватывающие освещенную часть одного полушария; региональные; локальные. По масштабу космические снимки делятся на следующие группы: мелкомасштабные (от 1 : 10 000 000 до 1 : 100 000 000); среднемасштабные (от 1 : 1 000 000 до 1 : 10 000 000); крупномасштабные (крупнее 1 : 1 000 000).

Детальность – это количество информации на единицу площади снимка. По этому показателю выделяют снимки малой детальности, средней детальности, детальные снимки. По разрешению бывают снимки очень низкого разрешения (десятки километров); низкого разрешения (несколько километров); среднего разрешения (сотни метров); относительно высокого разрешения (50–100 м); высокого разрешения (20–50 м); очень высокого разрешения (10–20 м); сверхвысокого разрешения (меньше 1 м).

Данные ДЗЗ, полученные с космического аппарата, характеризуются большой степенью зависимости от прозрачности атмосферы. Поэтому на космических аппаратах используется многоканальное оборудование пассивного и активного типов, регистрирующее электромагнитное излучение в различных диапазонах.

Одним из основных источников материалов ДЗЗ, в том числе и бесплатных, является архив Геологической службы (ГС) США (USGS) [6]. Доступ к нему возможен как для простого просмотра каталога, так и для непосредственного получения хранимых в нем материалов. Во втором случае потребуется регистрация на сайте архива. Ниже на примере сервиса EarthExplorer описывается методика работы с каталогом Геологической службы США для просмотра хранимых в нем материалов, способ регистрации и авторизации на сайте архива и технология получения снимков из него.

Порядок выполнения лабораторной работы

Задание 1. Регистрация на портале EarthExplorer. Для начала регистрации необходимо в строке меню главного окна EarthExplorer щелкнуть по ссылке **Register** (Зарегистрироваться).

Начнется процесс регистрации, который будет проходить в 4 этапа:

- User Credentials – параметры доступа пользователя;
- Contact Demographic – область интереса пользователя;
- Contact Information – контактная информация;
- Complete Registration – завершение регистрации.

Прохождение этих этапов возможно только по порядку. В любой момент доступна кнопка **Cancel** (Отмена) в правом верхнем углу страницы для прерывания процесса регистрации.

Определение параметров доступа. К параметрам доступа относятся **Username** (Имя пользователя) и **Password** (Пароль). Справа

от строк *Username*, *New Password* (Новый пароль) и *Confirm New Password* (Подтвердить новый пароль) размещены требования к их оформлению. Требования к имени пользователя: должно состоять из не менее 4 и не более 30 символов; может содержать английские буквы и арабские цифры; может содержать специальные символы «.», «@», «_» и «-». Требования к паролю: должен состоять из не менее 12 и не более 24 символов; должен содержать хотя бы одну английскую букву; должен содержать хотя бы одну арабскую цифру; может содержать специальные символы «,», «-», «.», «|», «#» и «_». Завершается первый этап нажатием на кнопку *Continue* (Продолжить).

Указание области интересов пользователя и применения данных. На втором этапе требуется заполнить анкету, цель которой – определить, в какой области и для решения каких задач пользователь собирается применять данные из архива Геологической службы (ГС) США. Анкета эта обширна, поэтому необходимо указать пункты, связанные с экологией и охраной окружающей среды. Завершается второй этап также нажатием кнопки *Continue*.

Ввод информации о контактах пользователя. На третьем этапе пользователь должен представиться и сообщить некоторую персональную информацию. Обязательными для заполнения являются только пункты, перечисленные ниже:

- *First Name* (Имя);
- *Last Name* (Фамилия);
- *Address 1* (Адрес в пределах города). Например, «13a Sverdlova Str.»;
- *Country* (Страна). Выбрать из списка пункт «*BELARUS*»;
- *City* (Город). Ввести, например, «*Minsk*»;
- *Zip/Postal Code* (Почтовый индекс). Например, «220006»;
- *E-mail* (Адрес электронной почты, к которой Вы имеете доступ);
- *Retype E-mail* (Повторно ввести адрес электронной почты);
- *Telephone* (Телефон). Например, «+375173936217».

Крайне важно ввести действующий адрес электронной почты, так как на него придет письмо со ссылкой для подтверждения регистрации, а потом и письма со ссылками на заказанные сцены. Завершение третьего этапа осуществляется с помощью кнопки *Continue*.

Завершение регистрации. На четвертом этапе будет показано резюме введенной ранее информации, которое надо проверить и нажать кнопку **Submit Registration** (Предоставить регистрацию). Появится сообщение **Registration Complete!** (Регистрация завершена!). После этого нужно дождаться прихода письма по указанному адресу электронной почты со ссылкой для подтверждения регистрации.

После перехода по ссылке из письма будет открыта страница **Registration Confirmation** (Подтверждение регистрации), на которой надо будет ввести имя пользователя, введенное при регистрации. После этого будет открыта страница для авторизации на сайте EarthExplorer, где необходимо ввести имя пользователя и пароль.

Получение интересующих материалов. Если просматривать содержимое архива ГС США может любой, то скачивать из него какие-нибудь материалы – только пользователь, авторизованный на сайте EarthExplorer. Поэтому лучше всего будет на главной странице сайта перейти по ссылке **Login** (Войти). Откроется страница **Sign In** (Вход для зарегистрированного пользователя). На этой странице надо ввести имя пользователя и пароль, после чего нажать кнопку **Sign In**.

Задание 2. Знакомство с интерфейсом главного окна сайта EarthExplorer. В структуре интерфейса главного окна сайта EarthExplorer выделяются следующие основные элементы (рис. 3.1):

- строка меню (под баннером USGS) (рис. 3.1, 1);
- панель поиска материалов (слева) (рис. 3.1, 2);
- карта (основная часть страницы) (рис. 3.1, 3).

Строка меню содержит несколько ссылок, главными из которых являются **Login** и **Register**, позволяющие, соответственно, авторизоваться на сайте зарегистрированным пользователям и зарегистрироваться тем, кто этого еще не сделал ранее. Без авторизации нельзя получить материалы. Панель поиска предоставляет возможность задать критерии отбора необходимых материалов, хранимых в архиве, и посмотреть их превью на карте или в отдельном окне. Также можно получить доступ к метаданным, т. е. характеристикам, описывающим условия, при которых были получены материалы.

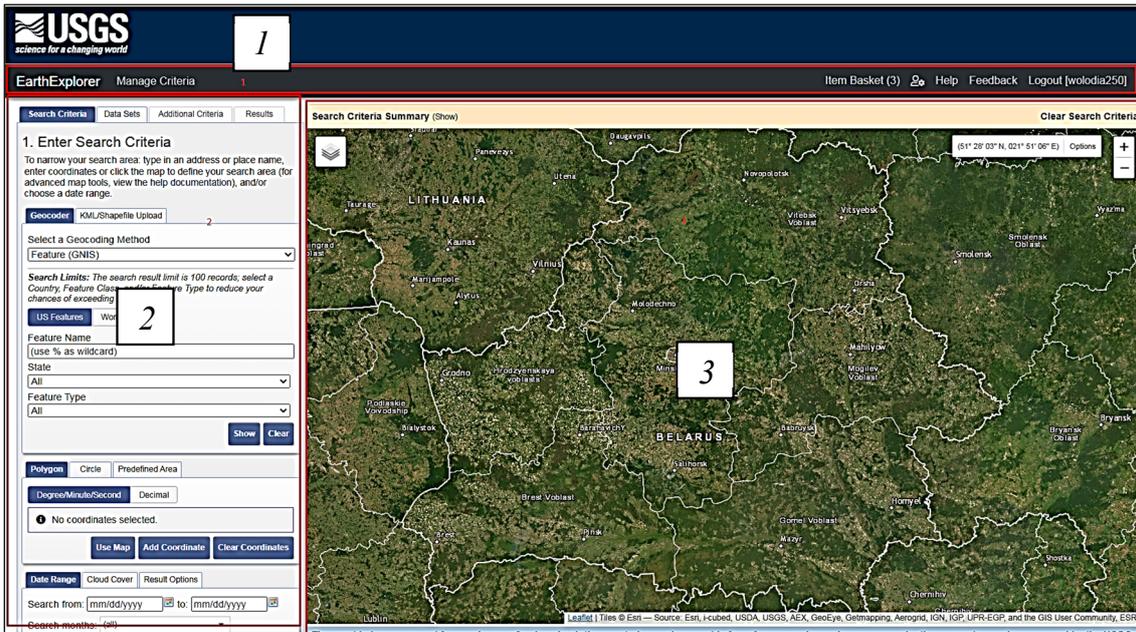


Рис. 3.1. Структура интерфейса главного окна сайта EarthExplorer:
1 – строка меню; 2 – панель поиска материалов; 3 – карта

Панель поиска содержит 4 вкладки (рис. 3.2):

- *Search Criteria* (Параметры поиска);
- *Data Sets* (Наборы данных);
- *Additional Criteria* (Дополнительные параметры);
- *Results* (Результаты).

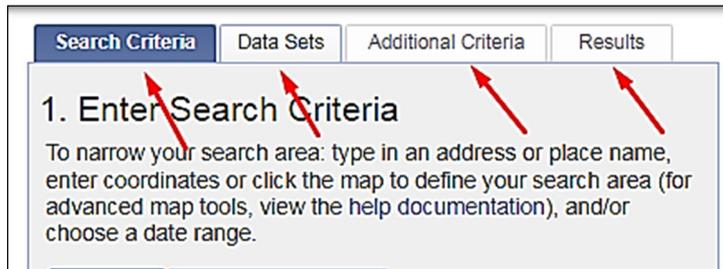


Рис. 3.2. Меню панели поиска

Переключение между этими вкладками осуществляется (после ввода необходимых параметров) с помощью кнопок внизу панели или с помощью ярлычков самих вкладок. До того как пользователь введет основные критерии поиска и выберет набор данных, кнопки и ярлычки вкладок *Additional Criteria* и *Results* остаются недоступными.

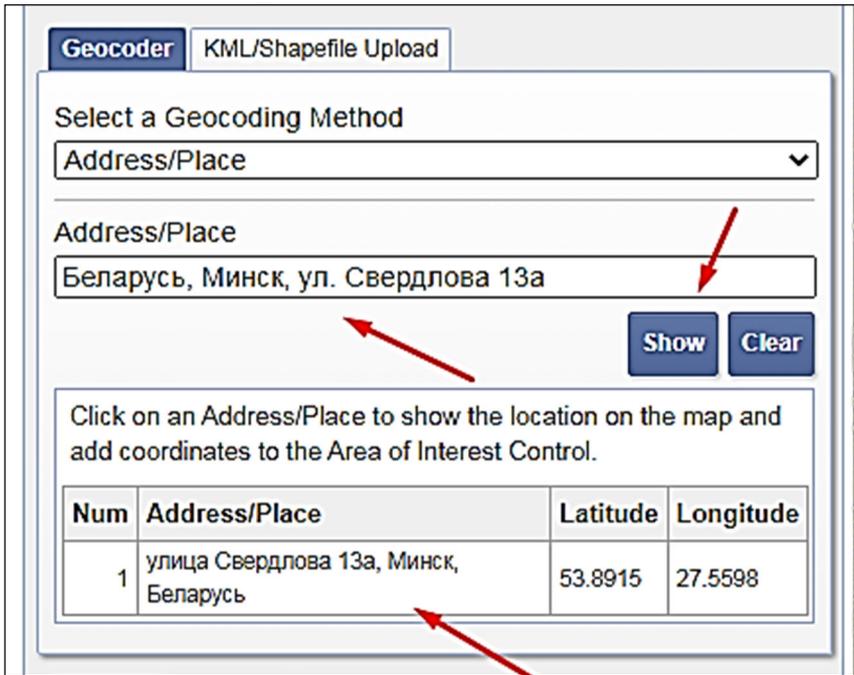
Задание 3. Задание области интереса. Вкладка *Search Criteria* (Параметры поиска) предназначена для ограничения пространственно-временных рамок поиска данных. С помощью

инструментов этой вкладки можно локализовать область интереса на карте и задать временной интервал даты регистрации исходных материалов.

Для определения области интереса можно воспользоваться несколькими способами:

- ввод адреса объекта;
- указание координаты сцены *Landsat* в системе WRS (*Path/Row*);
- выбор из базы данных географических объектов;
- задание радиуса поиска;
- ввод географических координат вручную;
- отметка по карте Google;
- задание области интереса вокруг объекта по его адресу.

Кнопка *Address/Place* (Адрес/Место) делает активной строку ввода адреса объекта. Система позволяет вводить адреса и названия как на английском, так и на русском языке. Например, если ввести строку «Беларусь, Минск, ул. Свердлова 13а» и нажать кнопку *Show* (Показать), то получившийся результат будет соответствовать показанному на рис. 3.3.



The screenshot shows a web interface for a geocoder. At the top, there are two tabs: 'Geocoder' (selected) and 'KML/Shapefile Upload'. Below the tabs is a dropdown menu labeled 'Select a Geocoding Method' with 'Address/Place' selected. Underneath is a text input field containing 'Беларусь, Минск, ул. Свердлова 13а'. To the right of the input field are two buttons: 'Show' and 'Clear'. Below the input field is a text box with the instruction: 'Click on an Address/Place to show the location on the map and add coordinates to the Area of Interest Control.' At the bottom of the interface is a table with the following data:

Num	Address/Place	Latitude	Longitude
1	улица Свердлова 13а, Минск, Беларусь	53.8915	27.5598

Рис. 3.3. Результат поиска объекта по адресу в виде таблицы

Можно видеть, что по введенному адресу был найден Белорусский государственный технологический университет, причем указаны географические координаты его главного корпуса.

Если щелкнуть по названию объекта, которое выделено в таблице синим цветом и подчеркиванием подобно ссылке, то на карте будет осуществлен переход к этому месту в мелком масштабе. Это масштаб, который позволяет хорошо обозревать сцены Landsat, но он не дает возможности убедиться, что действительно найден главный корпус БГТУ. Однако для этого можно воспользоваться функционалом самой карты Google и, увеличив масштаб, убедиться, что найденный объект соответствует искомому (рис. 3.4).

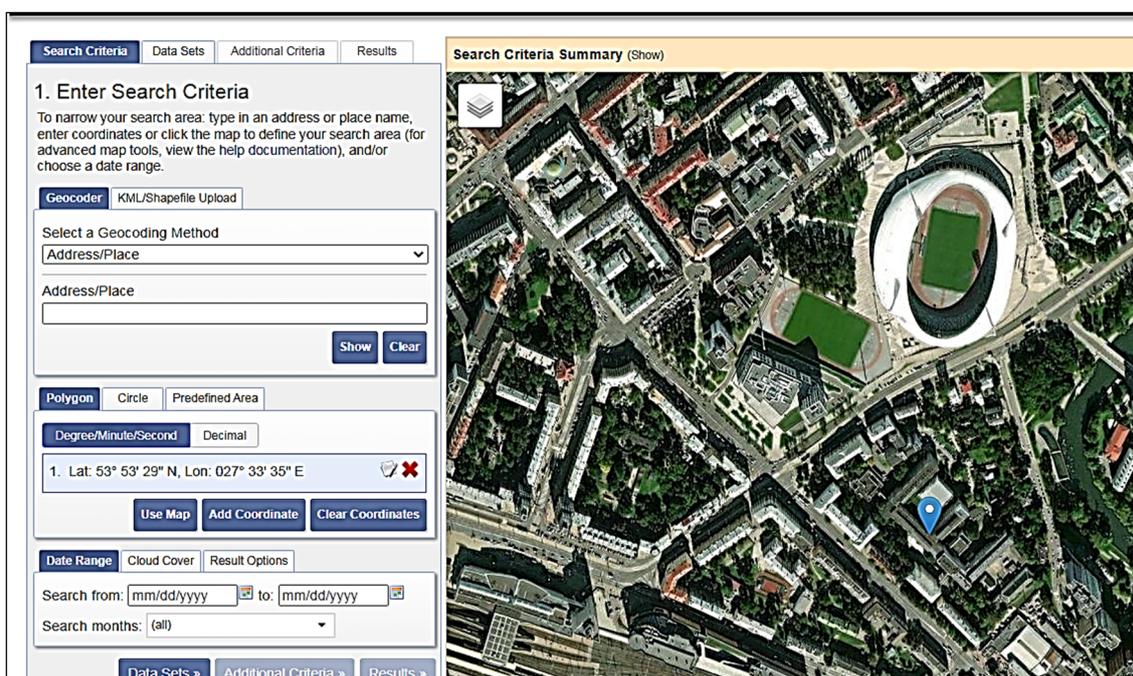


Рис. 3.4. Найденный объект в крупном масштабе (указание координаты сцены Landsat в системе WRS)

Если известна сцена, снимки для которой надо получить заново или за другие периоды времени, то указание ее номера в системе WRS-2 – самый быстрый способ ограничить пространственные рамки области интереса. На вкладке *Search Criteria* есть кнопка *Path/Row*, которая позволяет ввести номер витка (path) и строки (row) интересующей сцены. Если ее нажать, то появятся несколько элементов интерфейса, в том числе список *Type* (Тип), предоставляющий выбор из двух вариантов: WRS-1 и WRS-2. По умолчанию выбирается 2-й. Если это не так, то надо установить WRS-2. В качестве примера введем номер витка и строки сцены, соответствующей северо-востоку Минской области. Это сцена с номером 184/022. После

нажатия на кнопку **Show** (Показать) в панели **Coordinates** (Координаты) появится строка с географическими координатами точки, являющейся центром указанной сцены. А на карту будет помещена отметка, соответствующая этим координатам (рис. 3.5).



Рис. 3.5. Координаты центра сцены 184/022 в числовом представлении и на карте Google

В систему заложена база данных большого числа географических объектов во всем мире. К сожалению, в отличие от поиска по адресу, при работе с этой базой данных можно работать только на английском языке. Для примера найдем озеро Нарочь. Потребуется нажать кнопку **Feature** (Объект) и в появившейся панели на кнопку **World Features** (Глобальные объекты). Затем ввести в строке **Feature Name** (Название объекта) в английской транслитерации – *Vozyera Narach*; выбрать в списке **Country** (Страна) – *BELARUS*; в списке **Feature Class** (Класс объекта) – *Hydrographic Features* (Гидрографические объекты); в списке **Feature Type** (Подкласс объекта) – *LAKE* (Озеро) и нажать на кнопку **Show**. Результат поиска будет представлен в табличном виде (рис. 3.6).

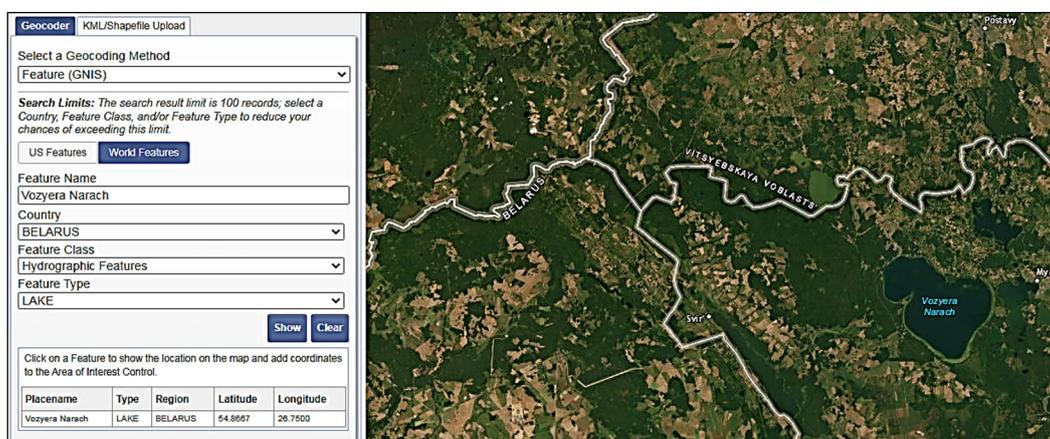


Рис. 3.6. Ввод названия и выбор категорий объекта для поиска по базе данных

Задание радиуса поиска. Если есть задача найти все доступные материалы в пределах определенного радиуса от заданной точки, то следует поступить таким образом: установить параметр карты Google для выделения кругом: кнопка **Options** (Опции), вариант **Circle** (Окружность). На вкладке **Search Criteria** нажать кнопку **Circle**. Ввести координаты центра окружности (*Lat:* и *Lon:*), например, 53.89201722772626 и 27.55994439125061. Указать радиус окружности (*Radius:*), например, 50. Определить единицы измерения радиуса: *Kilometers*. Нажать кнопку **Show**. Результат будет подобен показанному на рис. 3.7.

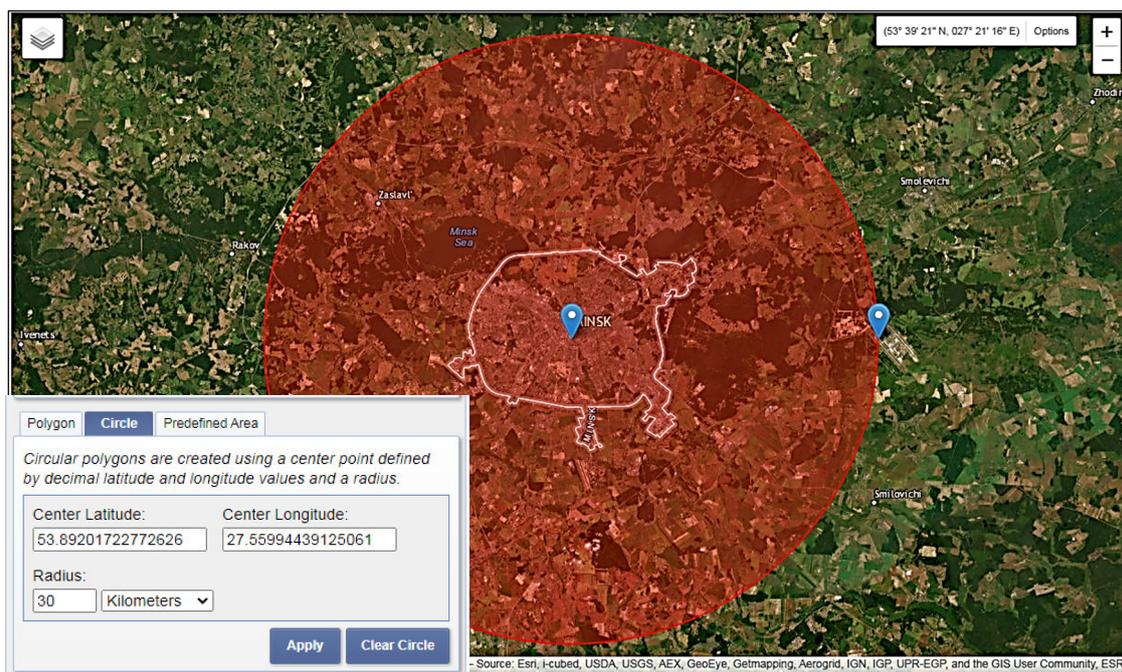


Рис. 3.7. Результат задания радиуса поиска на карте Google

Ввод географических координат вручную. Если координаты интересующего объекта или района заранее известны, то их можно ввести вручную. Для этого надо нажать кнопку **Degree/Minute/Second** или **Decimal** в зависимости от формата задания координат: как набор значений градусов, минут и секунд или как градусы с долями градусов. Затем нажать на кнопку **Add Coordinate** (Добавить координату). В появившемся окне ввести значения *Latitude* (Широта) и *Longitude* (Долгота).

Пользуясь только картой Google, можно задать область интереса в виде полигона произвольной формы. Для этого надо установить опцию карты в значение *Polygon* (Полигон). Затем просто выполнить

щелчки мышью в тех местах карты, где должны располагаться узлы полигона. Для примера обведем полигоном по периметру границы города Минска (рис. 3.8). После определения таким образом формы полигона сохраняется возможность коррекции положения его узлов. Но добавить новую точку можно только после последней.

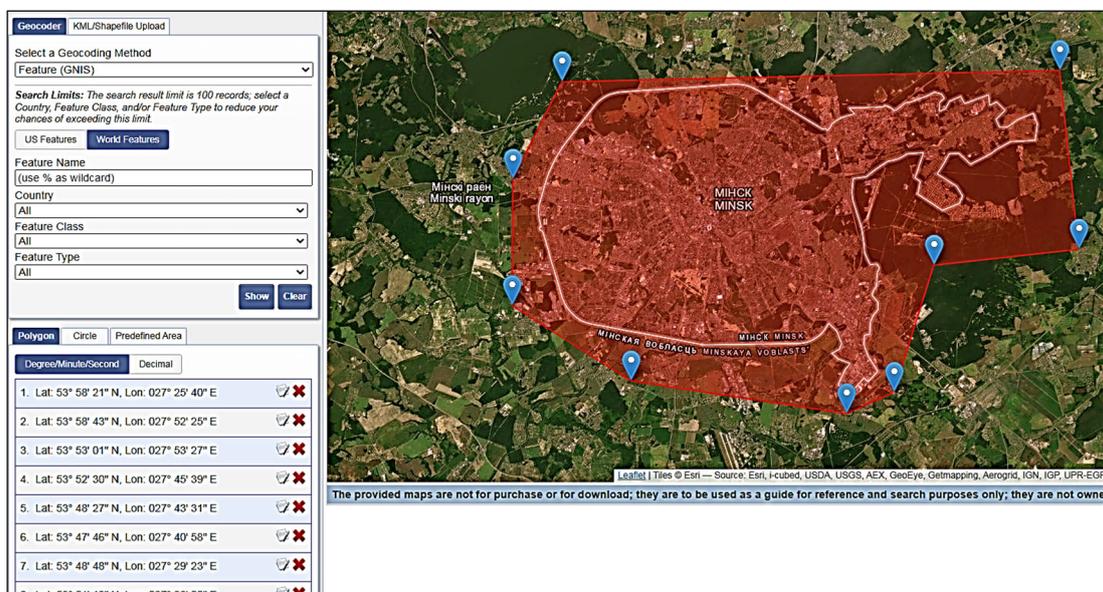


Рис. 3.8. Результат задания области интереса в виде полигона на карте Google

Для быстрого удаления всех точек (способ действует для любого варианта определения области интереса) можно нажать на кнопку **Clear Coordinates** (Удалить координаты).

В учебных целях по указанию преподавателя также необходимо найти на карте полигоны отходов возле города Минска, отвалы галитовых отходов возле Солигорска, фосфогипсовые отходы возле Гомеля.

Задание 4. Определение временного диапазона даты регистрации материалов. В нижней части вкладки **Search Criteria** есть панель **Data Range** (Диапазон данных). В ней можно ввести значения *Search from* (Искать с) и *to* (до) как границы (начальная и конечная соответственно) временного диапазона. Вводить даты можно как вручную, так и с помощью инструментов «Календарь» рядом с каждым значением. Введем период с 1 мая 2019 г. до 1 октября 2020 г. Дата вводится в американском формате: ММ/ДД/ГГГГ. Например, начальная дата будет выглядеть так: 01/05/2019. Одновременно можно выбрать, какие месяцы каждого года следует

рассматривать. Для этого есть параметр *Search months* (Искомые месяцы). По умолчанию для него установлено значение *all* (все). Однако при анализе растительности имеет смысл брать материалы не за все месяцы, а только за те, в течение которых происходит вегетация. Например, с мая (*May*) по сентябрь (*September*) включительно. Следовательно, в списке месяцев этого параметра надо включить галочки против требуемых месяцев и выключить у остальных. В конечном счете установленные параметры будут выглядеть как показано на рис. 3.9.

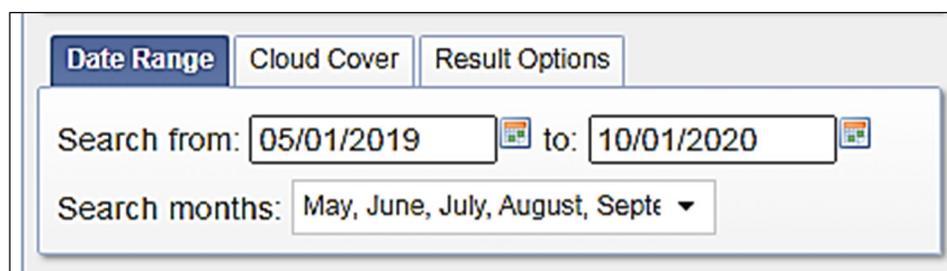
The image shows a search interface with three tabs: "Date Range", "Cloud Cover", and "Result Options". The "Date Range" tab is active. It contains two date input fields: "Search from:" with the value "05/01/2019" and "to:" with the value "10/01/2020". Below these is a "Search months:" dropdown menu with the selected options "May, June, July, August, Septe".

Рис. 3.9. Параметры ограничения временного диапазона искомых данных

Задание 5. Определение нужного для дальнейшего использования набора данных. После установки всех параметров на вкладке *Search Criteria* надо переходить к следующей вкладке *Data Sets*, с помощью которой можно выбрать источник поступления данных. Источники сформированы на этой панели в виде древовидной структуры. Как правило, каждая строка первого уровня – это название системы космического мониторинга, материалы которой хранятся в архиве ГС. Если щелкнуть по такой строке, то будет развернут набор строк второго уровня, которые дают уже непосредственный доступ к данным, доступным для просмотра и скачивания. Для примера найдем строку *Landsat Archive* (архив Landsat) и развернем строки второго уровня, стоящие за ней. Смысл названия материалов, доступных в архиве Landsat, понятен из следующей таблицы (табл. 3.1).

Ориентируясь по этой таблице, можно предварительно выбрать те источники материалов, которые действовали в интересующий период времени. Однако получить качественные материалы с радиометра MSS практически невозможно, поэтому лучше отмечать в архиве только кондиционные материалы со спутников Landsat 5, 7 и 8.

Таблица 3.1

Описание источников данных архива Landsat

Источник	Описание	Период действия
1. L8 OLI/TIRS	Материалы спутника № 8 миссии Landsat после выхода его на траекторию WRS – основной источник данных этого спутника	10 апреля 2013 г. – н. в.
2. L8 OLI/TIRS Pre-WRS-2	Материалы Landsat 8 до выхода на траекторию WRS	11 февраля 2013 г. – 10 апреля 2013 г.
3. L7 ETM + SLC-off (2003-present)	Материалы спутника № 7 миссии Landsat после того, как на его борту вышел из строя модуль SLC	31 мая 2003 г. – н. в.
4. L7 ETM + SLC-on (1999-2003)	Материалы Landsat 7 в период после запуска при еще работающем модуле SLC	Июль 1999 г. – 31 мая 2003 г.
5. L7 ETM + Intl Ground Stations (Search Only)	Показ карты всемирной сети наземных станций, используемых для сбора и распространения материалов Landsat 7 и Landsat 8	Июль 1999 г. – н. в.
6. L4-5 TM	Материалы, зарегистрированные с помощью аппаратуры TM, установленной на Landsat 4 и 5	Июль 1982 г. – май 2012 г.
7. L1-5 MSS	Материалы, зарегистрированные с помощью аппаратуры MSS, установленной на Landsat 1–5	Июль 1972 г. – октябрь 1992 г.

Не стоит при этом отказываться от материалов Landsat 7 после выхода из строя модуля SLC (источник № 3), так как этот брак не столь существенен. Таким образом, оставим отметки у источников Landsat 8-9 OLI/TIRS C2 L2 и Landsat 7 ETM + C2 L2 (рис. 3.10).

После задания основных параметров поиска и выбора хотя бы одного источника данных становится доступной вкладка *Additional Criteria*. На этой вкладке требуется устанавливать параметры для каждого источника данных по отдельности, так как для разных источников и параметры могут быть разными. Поэтому сначала надо выбрать один источник, установить параметры для него, затем выбрать другой источник и т. д. Выбор источника данных, к которому будут применены дополнительные параметры, осуществляется

с помощью списка *Data Sets* (Наборы данных) в самом верху одноименной панели.

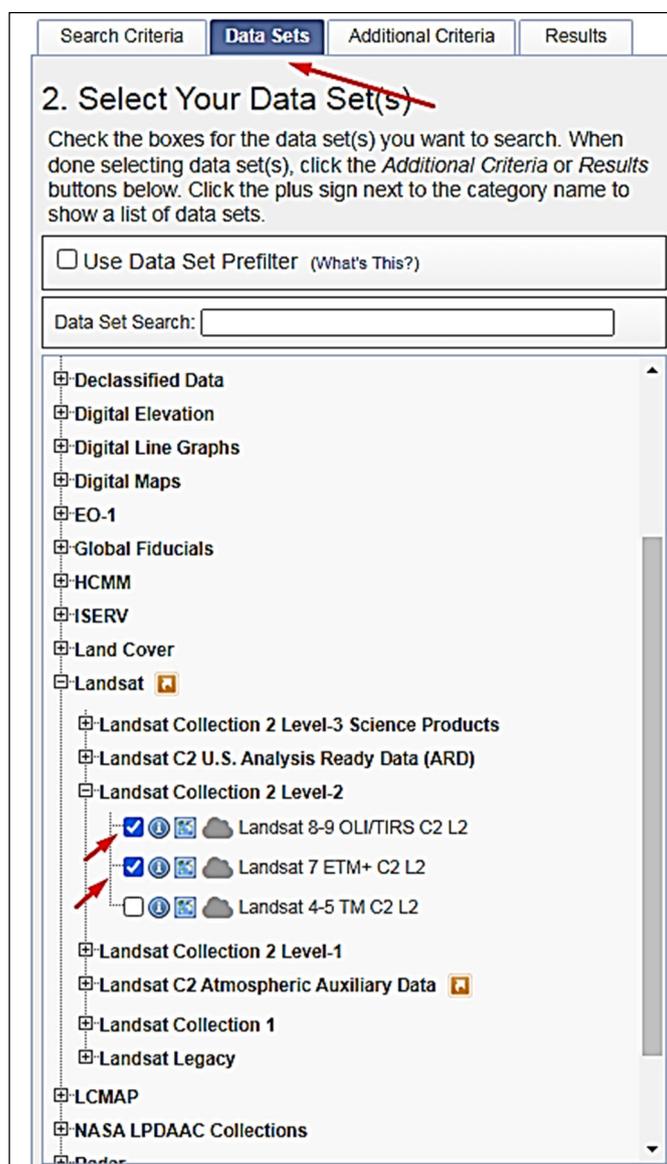


Рис. 3.10. Выбор источника данных

Из всех параметров, которые можно установить для данного (также, как и для всех остальных) источника данных Landsat, мы будем использовать лишь предел облачного покрытия сцены (*Cloud Cover*). Этот параметр позволяет выбрать из архива только те сцены, которые покрыты облаками незначительно и, следовательно, содержат достаточно информации для анализа. Установим для параметра *Cloud Cover* значение *Less than 30%* (менее 30%) (рис. 3.11).

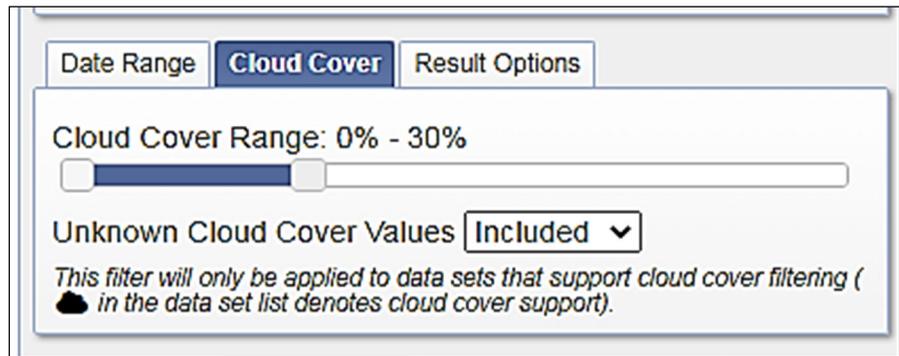


Рис. 3.11. Выбор предела облачного покрытия

Задание 6. Вкладка *Results* (результат). После установки параметра предела облачного покрытия для каждого источника данных миссии Landsat можно перейти к просмотру результатов поиска по всем заданным критериям. Для этого надо переключиться на вкладку *Results* (Результаты). Также, как и при установке дополнительных параметров, просмотр результатов производится отдельно для каждого источника данных. Найденные записи представлены в виде списка, разделенного на несколько страниц по 10 записей на каждой. Для перехода между страницами можно использовать кнопки *First* (Первая), *Previous* (Предыдущая), *Next* (Следующая), *Last* (Последняя). Также доступна установка номера страницы сразу с помощью списка, который расположен между этими кнопками.

Каждая строка списка результатов содержит небольшое превью, краткую идентифицирующую информацию и панель инструментов, используемые для просмотра и заказа сцен (*Entity ID* – Идентификатор сцены, *Acquisition Date* – Дата регистрации).

Если щелкнуть мышью по превью космоснимка, то появится окно, содержащее изображение побольше, а также таблицу с метаданными – характеристиками режима его получения. Кнопки панели инструментов имеют название и назначение, описанное в табл. 3.2.

На рис. 3.12 показаны отпечатки всех сцен, отображенных на первой странице результатов поиска. Цветные полупрозрачные прямоугольники на карте соответствуют форме и положению сцен, у которых включена кнопка *Show Footprint*. При включении этой кнопки она отмечается цветом, таким же, каким на карте обозначена соответствующая сцена.

Инструменты просмотра и заказа материалов

Инструмент	Название	Описание
	Show Footprint	Показать отпечаток
	Show Browse Overlay	Показать наложенное изображение
	Compare Browse	Сравнить сцены
	Show Metadata and Browse	Показать метаданные и изображение сцены
	Download Options	Параметры загрузки
	Add to Bulk Download	Добавить к пакетной загрузке
	Order Scene	Заказать сцену
	Exclude Scene from Results	Исключить сцену из списка результатов

Можно видеть, что все собранные сцены так или иначе покрывают область интереса – территорию города Минска.

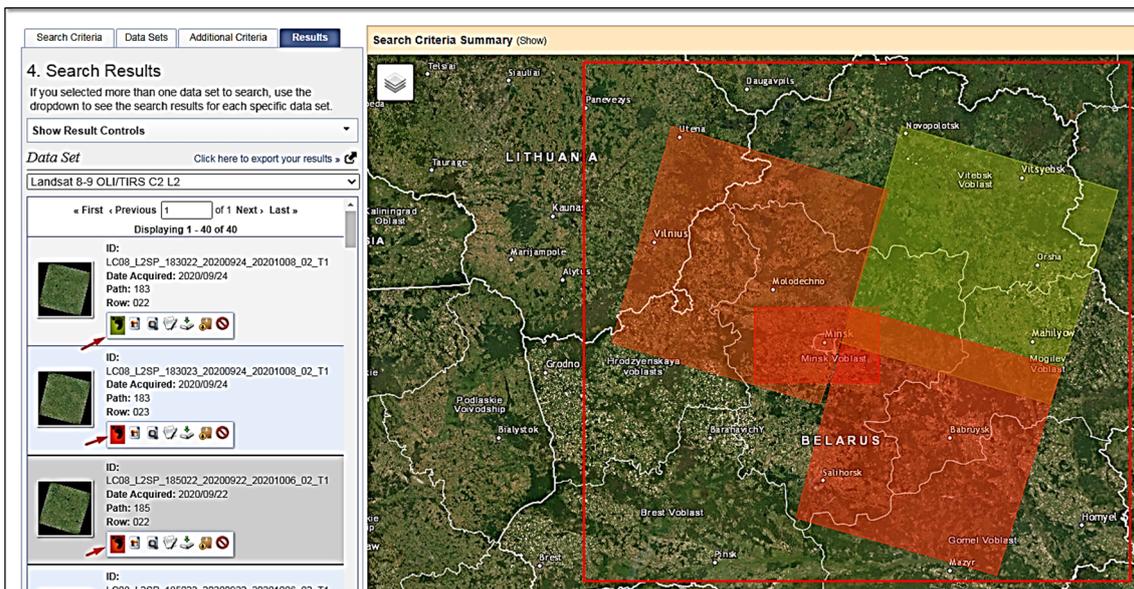


Рис. 3.12. Отпечатки выбранных сцен одной страницы результатов

Есть удобная возможность – посмотреть, какую территорию на местности покрывает та или иная сцена, одновременно увидев ее изображение. Для этого можно, включив для этой сцены кнопку **Show Browse Overlay**, увидеть ее в проекции, наложенную на карту (рис. 3.13).

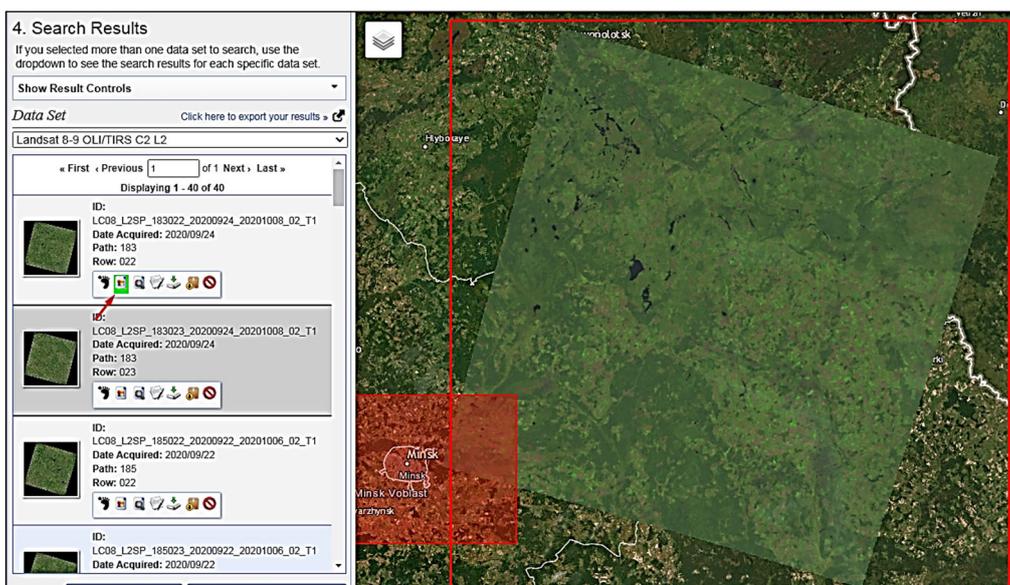


Рис. 3.13. Наложение выбранной сцены на карту Google

Космоснимков, удовлетворяющих заданным критериям поиска, может оказаться очень много, порой несколько сотен. Если случится так, то первым делом следует уточнить эти критерии, чтобы отсеять максимум ненужных материалов. После того как это сделано, надо просмотреть отобранные сцены и исключить те из них, которые содержат какие-либо изъяны на изображении. При этом надо обращать внимание на следующие моменты, которые должны помочь определиться, скачивать ли сцену: облачность; дым от природных пожаров; технический брак; климатические феномены [7].

Облачность. При осуществлении выборки из архива ГС США практически никогда нет смысла брать сцены с плотным (более 30%) облачным покрытием. Поэтому правомерно ожидать, что на отобранных изображениях должно быть мало облаков. Но, во-первых, даже те немногие облака, которые могут присутствовать при таком отборе, порой закрывают интересующий объект на космоснимке. Во-вторых, иногда фильтр облачности дает сбой и в выборку попадают снимки, чуть ли не сплошь покрытые облаками.

Дым от природных пожаров. В иные годы происходит много природных пожаров, и часто космоснимки оказываются испорченными из-за дымки. При этом непосредственно облачное покрытие могло быть и небольшим.

Технический брак. Брак при регистрации радиометрической информации на спутниках Landsat особенно часто был в 80-е гг. XX в. Он заключался как в систематическом искажении информации

об отражающей способности поверхности в целом по сцене, так и в появлении на ней размытых полос. Отдельно надо рассматривать технический брак, связанный с выходом из строя модуля SLC на спутнике Landsat 7, произошедшим 31 мая 2003 г. Этот брак заключается в появлении на изображении узких черных полос. По краям сцены полосы расширяются и порой могут привести к невозможности использования таких космоснимков.

Климатические феномены. Иногда природа преподносит сюрпризы, и вместо зеленеющих зарослей можно обнаружить, что в тот год зима затянулась и в мае еще лежал снег. Если целью анализа космоснимков является оценка состояния растительности, то, очевидно, такие сцены использовать не стоит.

Задание 7. Загрузка выбранного набора данных. Многие сцены, популярные у пользователей, а также выданные кому-то недавно, могут быть скачаны непосредственно по прямой ссылке, доступной сразу. Выяснить, есть ли такой прямой доступ к архиву, можно по составу кнопок у панели инструментов сцены в списке результатов. Если панель инструментов сцены не содержит кнопки *Order Scene*, то это свидетельствует, что сцену можно скачать сразу.

Для скачивания надо воспользоваться кнопкой *Download Options*. При щелчке по ней появится одноименное окно. Это окно предоставляет доступ к скачиванию как полномасштабных превью сцены, так и всей ее целиком. Вся сцена доступна по щелчку на последней кнопке *Download*, рядом с которой написано *Level 1 GeoTIFF Data Product*. В скобках указан размер файла-архива (для сцены Landsat 8 это может быть почти 1 Гб). Имеет смысл инспектировать содержимое окна *Download Options* и в случае наличия кнопки *Order Scene*. Однако для непопулярных сцен можно увидеть, что в окне *Download Options* доступны только превью, а кнопка для скачивания всей сцены неактивна. В таком случае остается только делать заказ.

Технически процесс заказа строится из следующих этапов:

- подготовка выборки из содержимого архива ГС США в соответствии с заданными критериями;
- просмотр выборки с отметкой для заказа тех сцен из нее, которые удовлетворяют требованиям к качеству данных;
- оформление заказа на отобранные сцены;
- ожидание исполнения заказа;
- получение письма со ссылками для скачивания материалов, загрузка их.

После получения выборки в соответствии с пространственными и временными ограничениями на вкладке результатов поиска будет представлен список собранных сцен. У каждой сцены есть панель инструментов с кнопками для просмотра и заказа материалов. Кнопка *Order Scene* работает как переключатель. Если она включена, то это означает, что данная сцена будет включена в заказ и впоследствии может быть скачана.

Под заказ предоставляются малопопулярные сцены, хранящиеся на таких носителях, которые не позволяют получить к ним мгновенный онлайн-доступ. Как правило, редко запрашиваются материалы довольно большой давности (более 5 лет), низкого качества (или с большим облачным покрытием), а также представляющие слабообжитые территории. Если потребовалось все же получить что-нибудь из такого, то, как было предложено на предыдущем этапе, требуется включить кнопку *Order Scene* для таких данных.

Как правило, через несколько секунд после отправки заказа по адресу электронной почты, указанному при регистрации, придет письмо с уведомлением о получении заказа. Еще через несколько суток (4–5 при отсутствии непредвиденных проблем) будет получено письмо с прямыми ссылками для скачивания. Одновременно эти сцены станут доступны для скачивания и через обычный интерфейс EarthExplorer.

Выводы. В ходе проведения лабораторной работы нами были изучены особенности данных дистанционного зондирования земли и освоена методика их получения из архива ГС США. Были приобретены навыки задавать область интересов, определять временной диапазон и выбирать необходимые наборы данных из полученных результатов.

Лабораторная работа № 4

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАСТРОВЫХ ДАННЫХ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Цель работы: с помощью модуля Semi-Automatic Classification Plugin для QGIS произвести подготовку растровых данных, в том числе атмосферную коррекцию, научиться формировать мультиспектральные изображения и производить расчет вегетативных индексов.

Теоретические сведения

При работе с данными дистанционного зондирования Земли потребитель изначально получает набор необработанных («сырых») растровых данных. Набор растровых данных может иметь несколько каналов. В таком случае каналы набора растровых данных используют одну и ту же сетку, но значения пикселей в них разные. Как правило, многоканальные растровые изображения нужны для хранения многозональных (мультиспектральных) космических снимков. При этом один канал в таком изображении представляет значения пикселей в определенном участке спектра электромагнитных волн, зафиксированных сенсором, включая диапазоны, не видимые глазом – инфракрасные или ультрафиолетовые области спектра. Количество каналов в изображении зависит от вида съемочной аппаратуры спутника дистанционного зондирования и может составлять 4–14 и более. Для визуализации такого изображения в ГИС требуется установить, какие каналы относятся к красному, зеленому и синему цветам. Многоканальные изображения позволяют более четко разделять пространственные объекты на материалах аэрофото- или космической съемки, а также формировать контрастные синтезированные цветные изображения. Ниже описаны основные комбинации каналов Landsat и информация об их возможном использовании [8].

Комбинация каналов 3–2–1 (Landsat 5, 7), 4–3–2 (Landsat 8). Комбинация «естественные цвета». В этой комбинации используются каналы видимого диапазона, поэтому объекты земной поверхности выглядят похожими на то, как они воспринимаются человеческим

глазом. Здоровая растительность выглядит зеленой, убранные поля – светлыми, нездоровая растительность – коричневой и желтой, дороги – серыми, береговые линии – белесыми. Эта комбинация каналов дает возможность анализировать состояние водных объектов и процессы седиментации, оценивать глубины. Также используется для изучения антропогенных объектов. Вырубки и разреженная растительность детектируются плохо, в отличие от комбинации 4–5–1 или 4–3–2. Облака и снег выглядят одинаково белыми и трудноразличимы. Кроме того, трудно отделить один тип растительности от другого. Эта комбинация не позволяет отличить мелководье от почв, в отличие от комбинации 7–5–3 [9].

Комбинация каналов 4–3–2 (Landsat 5, 7), 5–4–3 (Landsat 8). Стандартная комбинация «искусственные цвета». Растительность отображается в оттенках красного, городская застройка – зелено-голубых, а цвет почвы варьируется от темно- до светло-коричневого. Лед, снег и облака выглядят белыми или светло-голубыми (лед и облака по краям). Хвойные леса будут выглядеть более темно-красными или даже коричневыми по сравнению с лиственными. Эта комбинация очень популярна и используется, главным образом, для изучения состояния растительного покрова, мониторинга дренажа и почвенной мозаики, а также для изучения агрокультур. В целом насыщенные оттенки красного являются индикаторами здоровой и (или) широколиственной растительности, в то время как более светлые оттенки характеризуют травянистую или кустарниковую растительность (редколесья).

Комбинация каналов 7–4–2 (Landsat 5, 7), 7–5–3 (Landsat 8). Эта комбинация дает изображение, близкое к естественным цветам, но в то же время позволяет анализировать состояние атмосферы и дым. Здоровая растительность выглядит ярко-зеленой, травянистые сообщества – зелеными, ярко-розовые участки детектируют открытую почву, коричневые и оранжевые тона характерны для разреженной растительности. Сухостойная растительность выглядит оранжевой, вода – голубой. Песок, почва и минералы могут быть представлены очень большим числом цветов и оттенков. Эта комбинация дает великолепный результат при анализе пустынь и опустыненных территорий, а также может быть использована для изучения сельскохозяйственных земель и водно-болотных угодий. Сгоревшие территории будут выглядеть ярко-красными. Данная комбинация используется для изучения динамики пожаров и слепожарного анализа территории.

Городская застройка отображается в оттенках розово-фиолетового, травянистые сообщества – зелеными и светло-зелеными. Светло-зеленые точки внутри городских территорий могут быть парками или садами. Оливково-зеленый цвет характерен для лесных массивов, более темный цвет является индикатором примеси хвойных пород.

Комбинация каналов 4–5–1 (Landsat 5, 7), 5–6–2 (Landsat 8). Здоровая растительность отображается в оттенках красного, коричневого, оранжевого и зеленого. Почвы могут выглядеть зелеными или коричневыми, урбанизированные территории – белесыми, серыми и зелено-голубыми, ярко-голубой цвет может детектировать недавно вырубленные территории, а красноватый – восстановление растительности или разреженную растительность. Чистая, глубокая вода будет выглядеть очень темно-синей (почти черной), если же это мелководье или в воде содержится большое количество взвесей, то в цвете будут преобладать более светлые синие оттенки. Добавление среднего инфракрасного канала позволяет добиться хорошей различимости возраста растительности. Здоровая растительность дает очень сильное отражение в каналах 4 и 5. Использование комбинации 3–2–1 параллельно с этой комбинацией позволяет различать затопляемые территории и растительность. Данная комбинация малоприспособна для детектирования дорог и шоссе.

Комбинация каналов 4–5–3 (Landsat 5, 7), 5–6–4 (Landsat 8). Эта комбинация ближнего, среднего ИК-каналов и красного видимого канала позволяет четко различить границу между водой и сушей и подчеркнуть скрытые детали, плохо заметные при использовании только каналов видимого диапазона. С большой точностью будут детектироваться водные объекты внутри суши. Эта комбинация отображает растительность в различных оттенках и тонах коричневого, зеленого и оранжевого. Данная комбинация дает возможность анализа влажности и полезна при изучении почв и растительного покрова. В целом чем выше влажность почв, тем темнее она будет выглядеть, что обусловлено поглощением водой излучения ИК-диапазона.

Комбинация каналов 7–5–3 (Landsat 5, 7), 7–6–4 (Landsat 8). Эта комбинация дает изображение, близкое к естественным цветам, но в то же время позволяет анализировать состояние атмосферы и дым. Растительность отображается в оттенках темно- и светло-зеленого,

урбанизированные территории выглядят белыми, зелено-голубыми и малиновыми, почвы, песок и минералы могут быть очень разных цветов. Практически полное поглощение излучения в среднем ИК-диапазоне водой, снегом и льдом позволяет очень четко выделять береговую линию и подчеркнуть водные объекты на снимке. Горячие точки (как, например, кальдеры вулканов и пожары) выглядят красноватыми или желтыми. Одно из возможных применений этой комбинации каналов – мониторинг пожаров. Затопляемые территории выглядят очень темно-синими и почти черными, в отличие от комбинации 3–2–1, где они выглядят серыми и плохо различимы.

Комбинация каналов 5–4–3 (Landsat 5, 7), 6–5–4 (Landsat 8). Как и комбинация 4–5–1, эта комбинация дает дешифровщику очень много информации и цветовых контрастов. Здоровая растительность выглядит ярко-зеленой, а почвы – розовато-лиловыми. В отличие от комбинации 7–4–2, включающей канал 7 и позволяющей изучать геологические процессы, эта комбинация дает возможность анализировать сельскохозяйственные угодья. Она очень удобна для изучения растительного покрова и широко используется для анализа состояния лесных сообществ.

Комбинация каналов 7–5–4 (Landsat 5, 7), 7–6–5 (Landsat 8). Эта комбинация не включает ни одного канала из видимого диапазона и обеспечивает оптимальный анализ состояния атмосферы. Береговые линии четко различимы. Комбинация может быть использована для анализа текстуры и влажности почв. Растительность при этом выглядит голубой.

Но перед тем как проводить анализ данных дистанционного зондирования Земли, необходимо провести их предварительную обработку. Это нужно для того, чтобы данные, полученные в разное время и на разных территориях, можно было сопоставить между собой. Одним из наиболее важных этапов предварительной обработки космических снимков является атмосферная коррекция. Этот процесс связан с уменьшением влияния на снимок атмосферы и переводом значений радиации, дошедшей до сенсоров спутника (TOA radiance), в значения реально отраженного от земли спектрального излучения солнечного света. Влияние атмосферы на геоснимок проявляется в целом ряде факторов: угол падения и отражения солнечных лучей, прозрачность атмосферы, газовый фактор и дымка (рис. 4.1) [10].

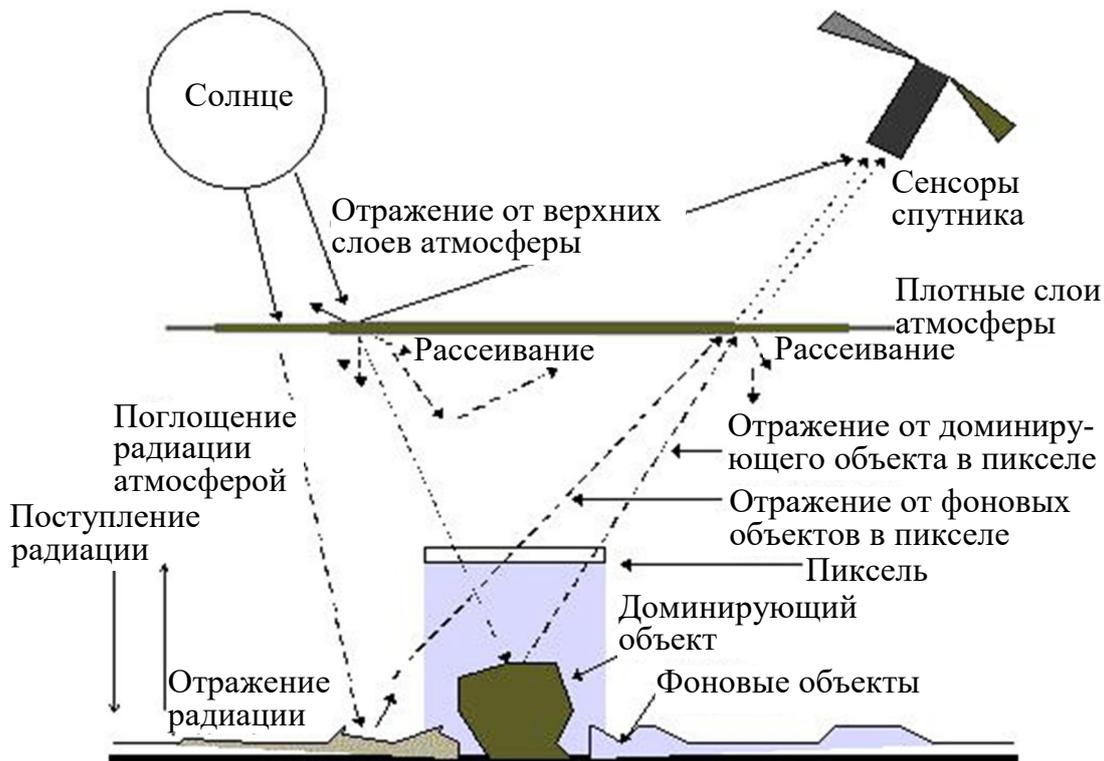


Рис. 4.1. Факторы, влияющие на попадание отраженной солнечной радиации на сенсоры спутника

В настоящее время большая часть данных, попадающих в руки конечного пользователя, уже атмосферно скорректирована. Однако в связи с тем, что процесс коррекции больших объемов данных полностью автоматизирован, используемые для коррекции алгоритмы рассчитываются исходя из усредненных показателей и не учитывают особенностей получения каждого конкретного снимка. Поэтому оптимально проводить атмосферную коррекцию отдельно для каждого набора растровых данных.

Порядок выполнения лабораторной работы

Задание 1. Установка модуля **Semi-Automatic Classification**.

Для установки нужного модуля необходимо скачать и подключить его через *Модули* → *Управление модулями* (*Plugins* → *Plugin manager*) (рис. 4.2). В открывшемся окне *Модули* в строке поиска нужно ввести *Semi* и выбрать необходимый модуль, далее нажать кнопку *Установить плагин*, после установки нажать кнопку *Заккрыть*. В случае успешной установки модуля в меню инструментов появится закладка SCP.

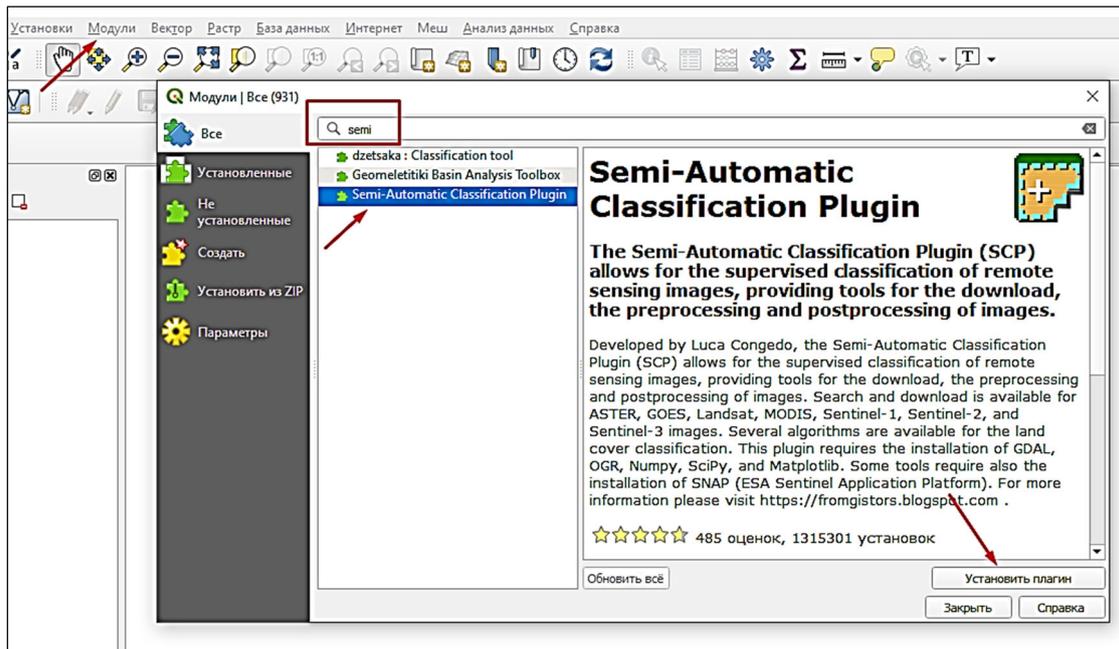


Рис. 4.2. Установка модуля Semi-Automatic Classification

Задание 2. Загрузка исходных данных. Для проверки правильности наложения исходных данных на исследуемую территорию необходимо поместить их в созданный в своей папке проект LR4_ФИО. Загрузить сырые данные в проект можно несколькими способами: 1) напрямую, путем простого «перетаскивания» необходимых файлов в окно программы QGIS; 2) с помощью панели инструментов *Меню: Слой* → *Добавить слой* → *Добавить растровый слой* (рис. 4.3); 3) с помощью модуля Semi-Automatic Classification.

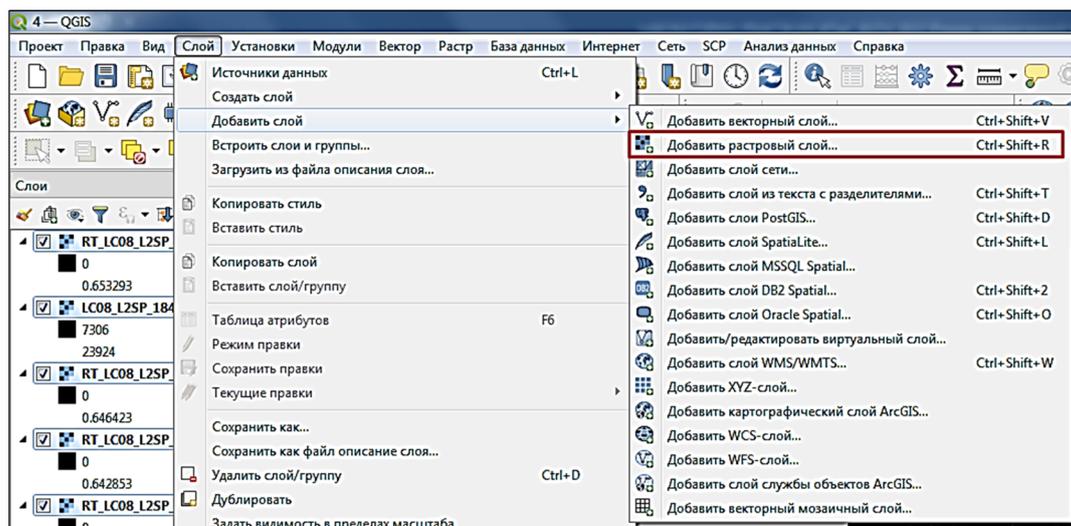


Рис. 4.3. Загрузка растровых данных в проект с помощью панели инструментов *Меню*

На панели инструментов **Меню** нужно найти пункт меню **CPS** → **Band set**, откроется окно **Semi-Automatic Classification** (рис. 4.4).

В открывшемся окне нужно нажать на кнопку **Open a file**  и выбрать файлы с расширением *tif*. Выбранные файлы отобразятся в окне модуля и окне проекта.

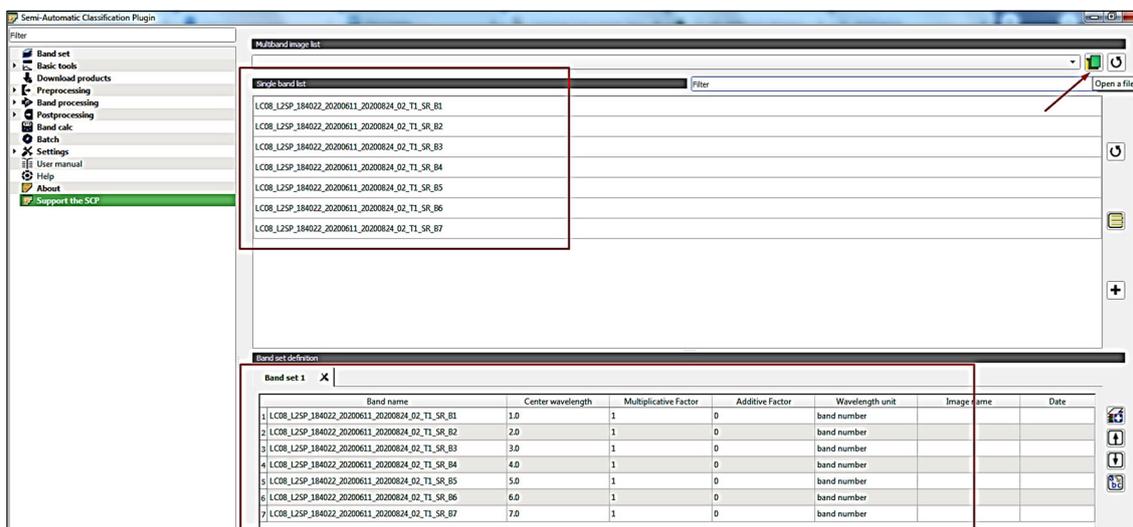


Рис. 4.4. Загрузка растровых данных в проект с помощью модуля Semi-Automatic Classification

Задание 3. Атмосферная коррекция. Для проведения предварительной обработки в модуле Semi-Automatic Classification необходимо перейти в пункт меню **Preprocessing** → **Landsat** (рис. 4.5).

Первоначально необходимо с помощью кнопки **Select a directory**  указать каталог, где размещаются исходные «сырые» данные, далее с помощью кнопки **Open a file**  необходимо указать файл с методанными с расширением *txt* и именем файла, заканчивающимся «..._MTL» (например «LC08_L2SP_184022_20200611_20200824_02_T1_MTL.txt»). Здесь же снимаем флажок с пункта **Create Band set and use Band set tools** (Создать набор пакетов и использовать инструменты пакетной обработки) и ставим флажок **Apply DOS1 atmospheric correction** (Применить алгоритм атмосферной коррекции DOS1).

Для запуска процесса атмосферной корректировки нажимаем кнопку **RUN**.

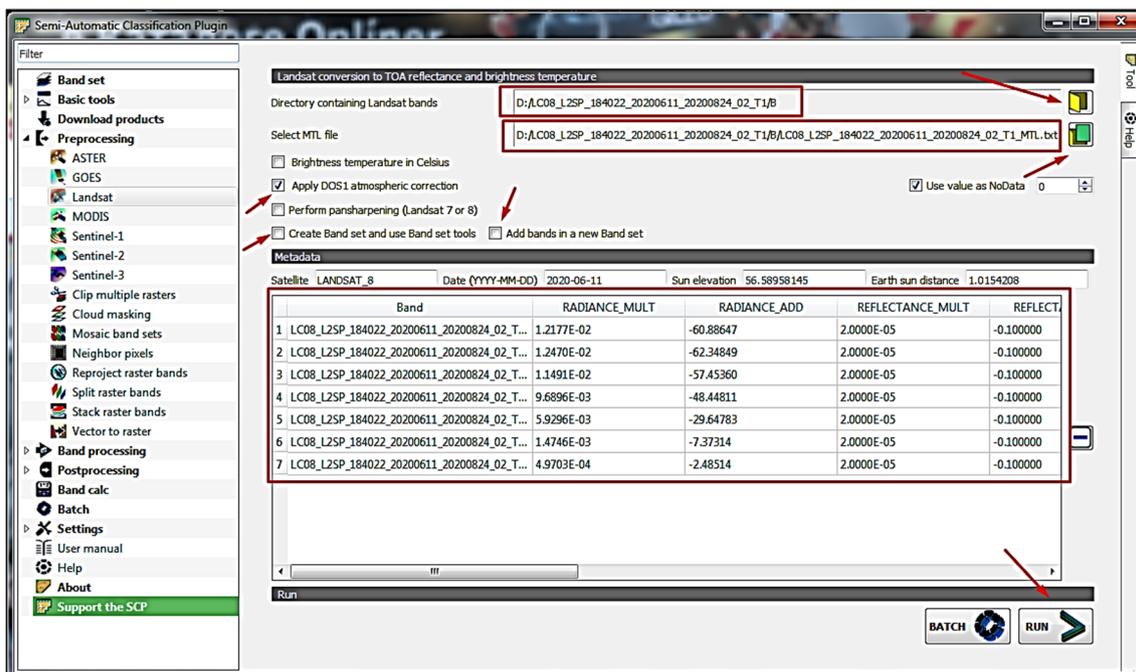


Рис. 4.5. Настройки модуля Semi-Automatic Classification для проведения атмосферной коррекции

Открывается окно, в котором необходимо указать (предварительно создать) папку с названием *RT*. Далее мы наблюдаем ход атмосферной коррекции снимка. После окончания этого процесса мы можем заметить, что в списке слоев QGIS появились слои снимка с префиксом *RT*. Это слои, прошедшие атмосферную коррекцию, значения их пикселей обычно варьируют от 0 до 1, в отличие от исходных данных, где значения пикселей выражено в тысячах.

Задание 4. Синтез спектронального изображения по данным ДЗЗ. На основании подготовленных данных необходимо синтезировать изображения по комбинациям каналов, приведенным в теоретических сведениях к данной лабораторной работе, и проанализировать экологическую ситуацию на исследуемой территории по основным дешифровочным признакам.

Для подготовки различных комбинаций синтезированного изображения необходимо в модуле Semi-Automatic Classification перейти по меню *Basic tools* → *RGB list* (рис. 4.6). Далее необходимо нажать кнопку *Add all combinations of bands* , после этого в окне модуля появится список всех возможных комбинаций из загруженных каналов.

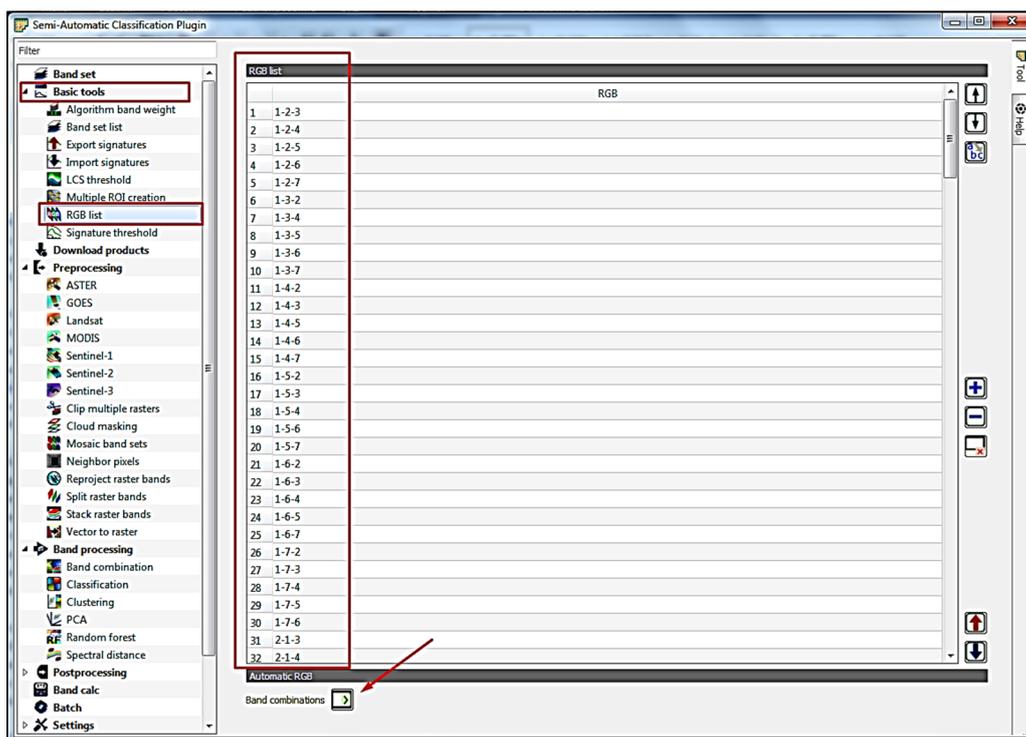


Рис. 4.6. Настройки модуля Semi-Automatic Classification для подготовки возможных комбинаций каналов

В основном окне программы QGIS в окне *Select a RGB color composite* (рис. 4.7) необходимо выбрать нужную комбинации каналов, после чего она отобразится в окне слоев в виде виртуального слоя с названием *Virtual Band Set 1*. При выборе новой комбинации каналов этот же слой раскрасится другими цветами в соответствии с выбранной комбинацией синтезированного изображения.

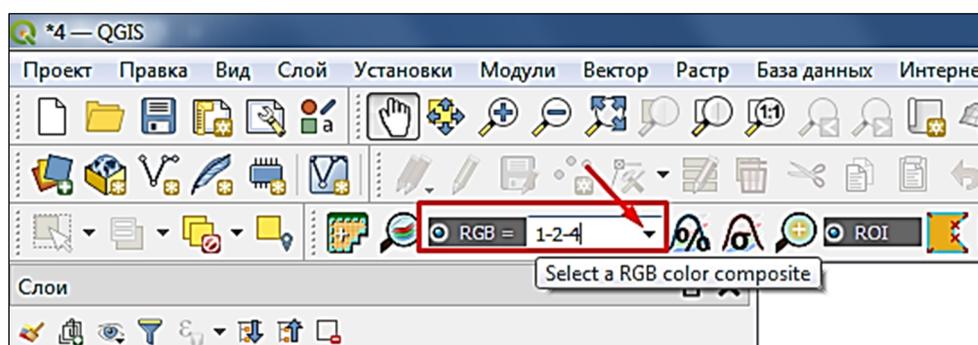


Рис. 4.7. Окно *Select a RGB color composite*

Задание 5. Определение вегетационных индексов. Характерным признаком растительности и ее состояния является спектральная отражательная способность, характеризующаяся

большими различиями в отражении излучения разных длин волн. Знания о связи структуры и состояния растительности с ее отражательными способностями позволяют использовать космические снимки для идентификации типов растительности и их состояния. Вегетационный индекс – это показатель, рассчитываемый в результате операций с разными спектральными диапазонами данных дистанционного зондирования Земли и имеющий отношение к параметрам растительности в данном пикселе снимка [11].

В настоящее время существует около 160 вариантов вегетационных индексов. Они подбираются экспериментально (эмпирическим путем), исходя из известных особенностей кривых спектральной отражательной способности растительности и почв. Расчет большей части вегетационных индексов базируется на двух наиболее стабильных (не зависящих от прочих факторов) участках кривой спектральной отражательной способности растений. На красную зону спектра (0,62–0,75 мкм) приходится максимум поглощения солнечной радиации хлорофиллом, а на ближнюю инфракрасную зону (0,75–1,30 мкм) – максимальное отражение энергии клеточной структурой листа, т. е. высокая фотосинтетическая активность (связанная, как правило, с большой фитомассой растительности) ведет к более низким значениям коэффициентов отражения в красной зоне спектра и большим значениям в ближней инфракрасной. Хорошо известно, что отношение этих показателей друг к другу позволяет четко отделять растительность от прочих природных объектов.

Наиболее популярный и часто используемый вегетационный индекс – NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), который для растительности принимает положительные значения, и чем больше зеленая фитомасса, тем он выше. На значения индекса влияет также видовой состав растительности, ее сомкнутость, состояние, экспозиция и угол наклона поверхности, цвет почвы под разреженной растительностью.

Главным преимуществом вегетационных индексов является легкость их получения и широкий диапазон решаемых с их помощью задач. Так, NDVI часто используется как один из инструментов при проведении более сложных типов анализа, результатом которых могут являться карты продуктивности лесов и сельскохозяйственных земель, карты ландшафтов и природных зон.

Нормализованный вегетационный индекс (NDVI) высчитывают с помощью математического выражения:

$$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED),$$

где NIR – ближний инфракрасный свет (канал 5);

RED – видимый красный свет (канал 4).

Необходимо рассчитать индекс NDVI по своим данным с помощью калькулятора растров. Для этого в меню инструменты нужно выбрать *Растр* → *Калькулятор растров*. В открывшемся окне в поле *Выражение* необходимо прописать формулу расчета индекса, как показано на рис. 4.8, в строке *Слой результатов* необходимо нажать кнопку *Обзор* и указать место хранения (папка LR4) и название (NDVI) слоя результатов. Для начала расчета нажмите кнопку *ОК*.

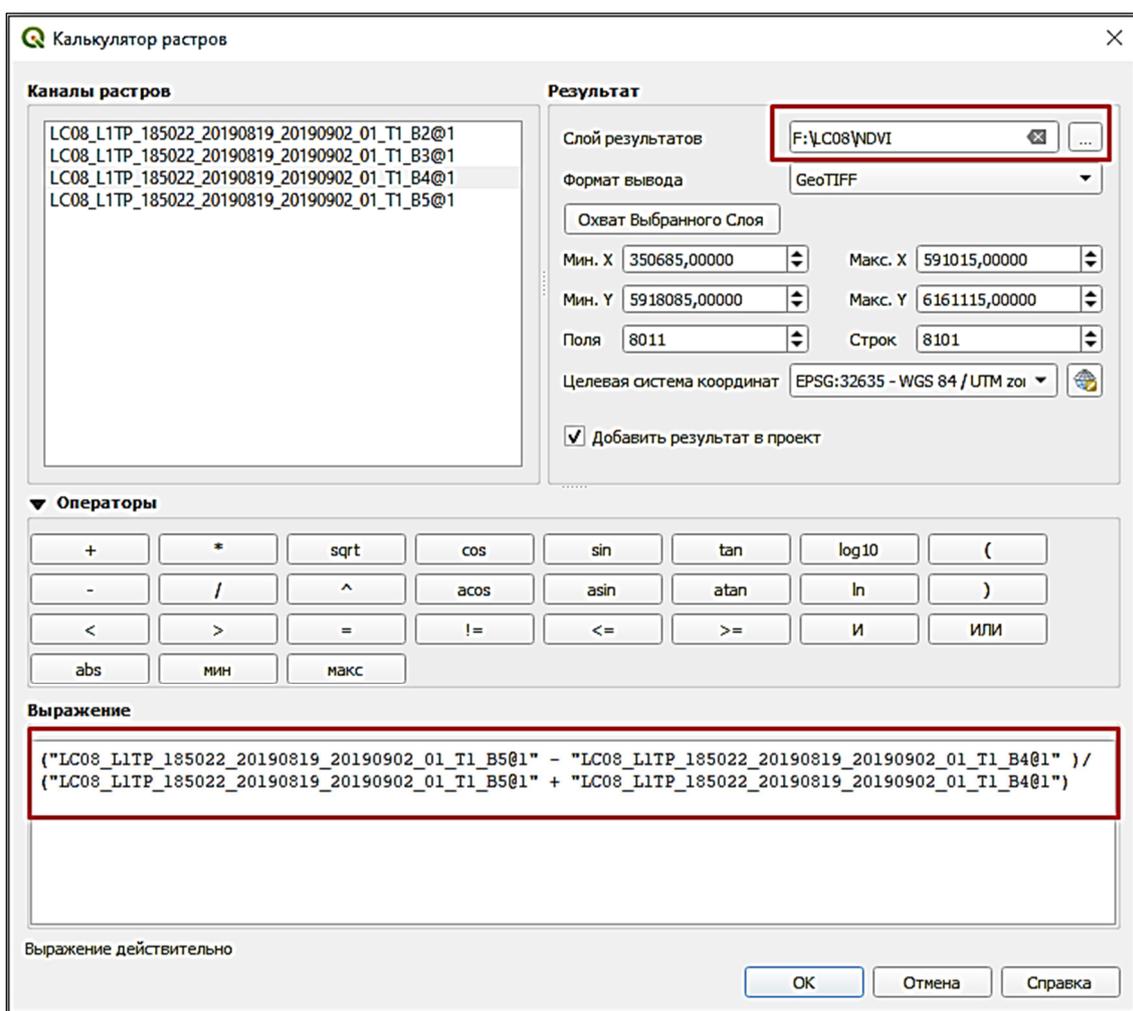


Рис. 4.8. Окно *Калькулятор растров*

В результате проделанных операций в окне слоев появится новый слой «NDVI». В свойствах слоя на закладке **Оформление** необходимо выбрать вид изображения *Одноканальное псевдоцветное*, градиент *RdYlGn* и нажать **ОК**. В результате на экране появится изображение, представленное на рис. 4.9.

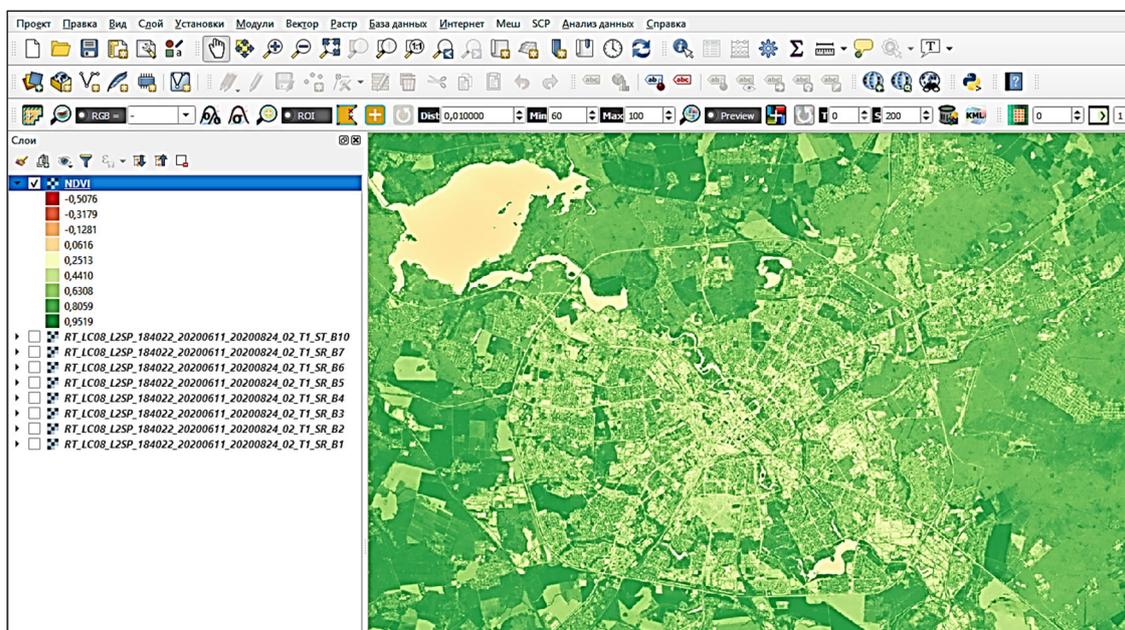


Рис. 4.9. Результат расчета вегетативного индекса NDVI

На основании полученных результатов необходимо сделать выводы о состоянии растительности в указанном преподавателем районе города Минска.

Выводы. В ходе проведения лабораторной работы мы научились с использованием модуля Semi-Automatic Classification проводить атмосферную коррекцию данных дистанционного зондирования Земли, создавать синтезированные изображения различных комбинаций каналов, рассчитывать вегетативные индексы и на основании полученной информации делать выводы об экологическом состоянии исследуемой территории.

Лабораторная работа № 5

ПРИВЯЗКА РАСТРОВЫХ ДАННЫХ. ВЕКТОРИЗАЦИЯ

Цель работы: освоить основные алгоритмы выполнения географической привязки растровых изображений в QGIS, произвести векторизацию различных типов объектов.

Теоретические сведения

Растровая модель данных в ГИС предполагает разбиение географического пространства (координатной плоскости) с содержащимися в нем пространственными объектами на неделимые дискретные элементы, упорядоченные в виде прямоугольной матрицы. Наименьший элемент растрового изображения, получаемый в результате его разбиения на далее неделимые элементы, называют пикселем [12].

Помимо картографической проекции, система координат набора растровых данных включает размер ячейки и базовые координаты (обычно левого верхнего пикселя). Эти свойства позволяют описать набор растровых данных как серию значений ячеек, начиная с левого верхнего угла. Местоположение каждой ячейки можно автоматически получить, зная координаты начала отсчета, размер ячейки и количество строк и столбцов. Основная область применения растровых данных – средние и мелкие масштабы 1 : 10 000–1 000 000.

В растровом представлении данных нет подразделения по типам картографических объектов (точки, линии и полигоны), а также не существует логической связи между отдельными пикселями изображения. Растровые данные содержат лишь информацию о свойствах пикселя (тон, цвет). Растровые структуры данных не обеспечивают точной информации о месторасположении, поскольку географическое пространство поделено на дискретные ячейки конечного размера и вместо точных координат пунктов местности имеются отдельные ячейки растра, в которых эти пункты находятся.

Растровые графические данные характеризуются следующими основными показателями, которые определяют их качество

и возможности использования в геоинформационных системах для решения тех или иных задач: разрешение, тип изображения (глубина цвета), формат данных.

Разрешение – количество пикселей изображения, приходящихся на единицу длины (дюйм). В ГИС и системах обработки данных дистанционного зондирования Земли применяют термин «пространственное разрешение» – длина сторон пикселя изображения на местности. Так, изображения космического спутника дистанционного зондирования Landsat имеют пространственное разрешение 60 м, а спутника GeoEye – 0,41 м. Эта одна из важнейших характеристик ДДЗ, определяющая сферу их применения.

Цвет каждого пикселя хранится в компьютере как комбинация битов. Следовательно, чем больше битов используется для пикселя, тем больше оттенков цветов можно получить. Число битов, используемых компьютером для каждого пикселя, называется битовой глубиной, или глубиной цвета. В зависимости от различной глубины цвета выделяют следующие типы растровых изображений: черно-белые штриховые (монохромные); полутоновые (в оттенках серого); с индексированным цветом; полноцветные.

Порядок выполнения лабораторной работы

Задание 1. Установка и запуск модуля привязки растров. Модуль географической привязки данных называется *Привязка растров (GDAL, Georeferencer GDAL)* и запускается через *Растр → Привязка растров (Plugins → Georeferencer)* (рис. 5.1). Если этого модуля в меню *Модули* нет, необходимо сначала подключить его через *Модули → Управление модулями (Plugins → Plugin manager)*.

Задание 2. Загрузка исходных данных. После запуска модуля привязки появится окно привязки растровых данных, разделенное на две части: часть данных и часть таблицы точек привязки. В самом начале, так как никакие данные еще не загружены, окно и таблицы пусты.

Для начала привязки загрузите привязываемый растровый файл, он может находиться в любом распространенном графическом формате (*gif, jpeg, tif* и др.), для этого выберите *Файл → Открыть растр* (рис. 5.2).

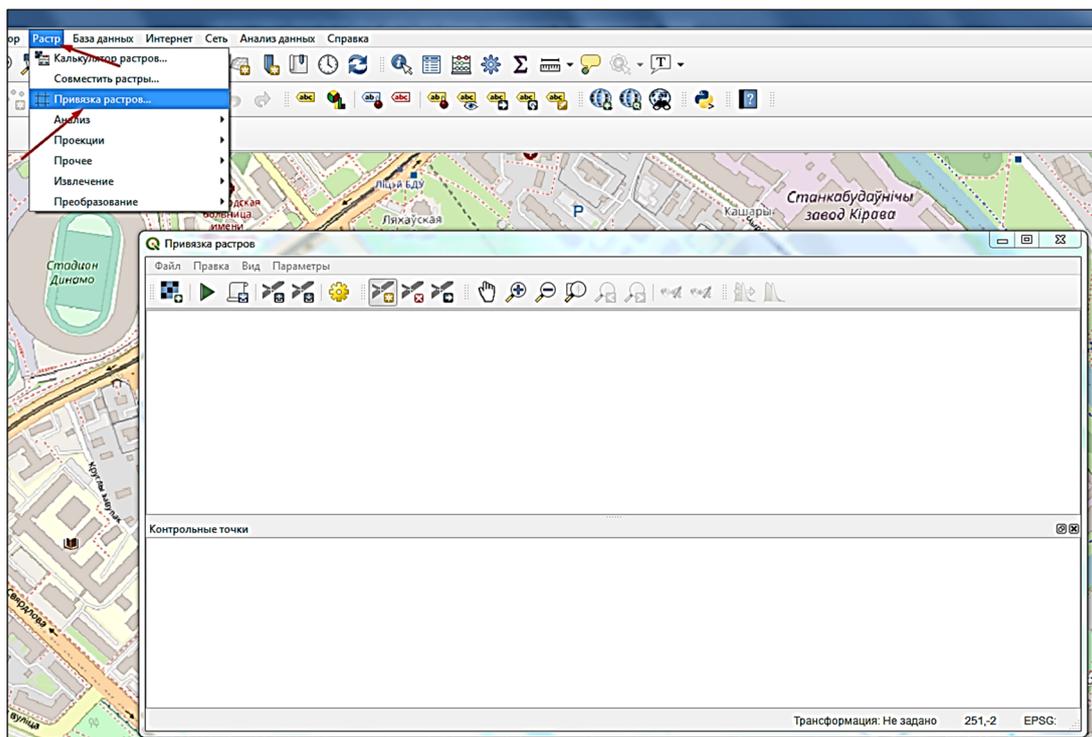


Рис. 5.1. Запуск модуля привязки растров

Если ваш файл не может быть загружен, обычно это является свидетельством особенности растра, нестандартного сжатия или цветовой системы, в этом случае просто пересохраните его в формат *tif*.

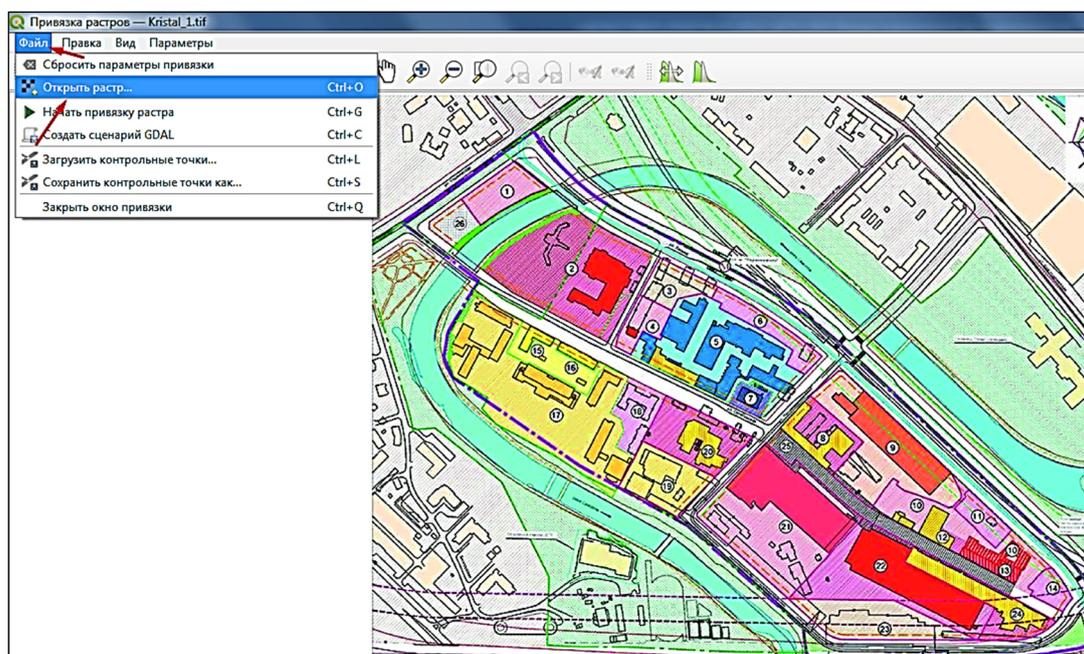


Рис. 5.2. Загрузка растра в модуль привязки

Для выполнения лабораторной работы выберите растровый файл *Kristal_1*.

Задание 3. Расстановка точек привязки. Дальнейшая работа по сбору точек привязки происходит в области с загруженным растром, поэтому Вы можете захотеть его максимально увеличить. Процесс привязки заключается в создании нескольких опорных точек, для которых известны их реальные координаты.

Точки создаются инструментом *Добавить точку (Add Point)*. При этом исходные координаты привязываемого изображения получаются автоматически, а опорные (к которым осуществляется привязка) нужно получить.

Источником координат может быть любой набор данных, сервис или что-то иное, где можно получить координаты в явном виде. Внешним источником могут выступать:

- координаты, собранные в поле с помощью GPS;
- координаты из интернет-карт: *osm.org*, *maps.google.com* и т. д.;
- координаты из документов.

Если координаты находятся в формате отличном от *dd.ddddddd* (десятичные градусы), их нужно привести к данному формату, прежде чем использовать для привязки.

В определенных случаях координаты явно прописаны на самом изображении. Это часто встречается на топокартах. Координаты получают, увеличивая соответствующие фрагменты и глазомерно считывая широту и долготу.

В ходе выполнения лабораторной работы мы будем привязывать растр к основе в виде карты OSM Standard, которую необходимо сначала загрузить в основное окно QGIS. Затем для задания координат опорных точек нужно выбрать кнопку *С карты (From map canvas)* и щелкнуть в нужном месте основной карты (рис. 5.3). В этом случае координаты опорных точек берутся с карты, которая может содержать любые другие слои, открытые в основном окне программы.

Для качественной привязки растрового изображения необходимо установить минимум 3 опорные точки.

Задание 4. Сохранение исходных точек. Для сохранения установленных точек нужно выбрать *Файл → Сохранить контрольные точки как*. Они будут сохранены в дополнительный файл, имеющий такое же имя, как и привязываемый, с расширением *points*. Содержимое файла легко отредактировать в любом текстовом редакторе.

Если, по некоторой причине, процесс расстановки точек пришлось прервать, то при следующей загрузке растра расставленные точки загрузятся вместе с ним. Для загрузки другого файла точек нужно выбрать **Файл** → **Загрузить контрольные точки**.

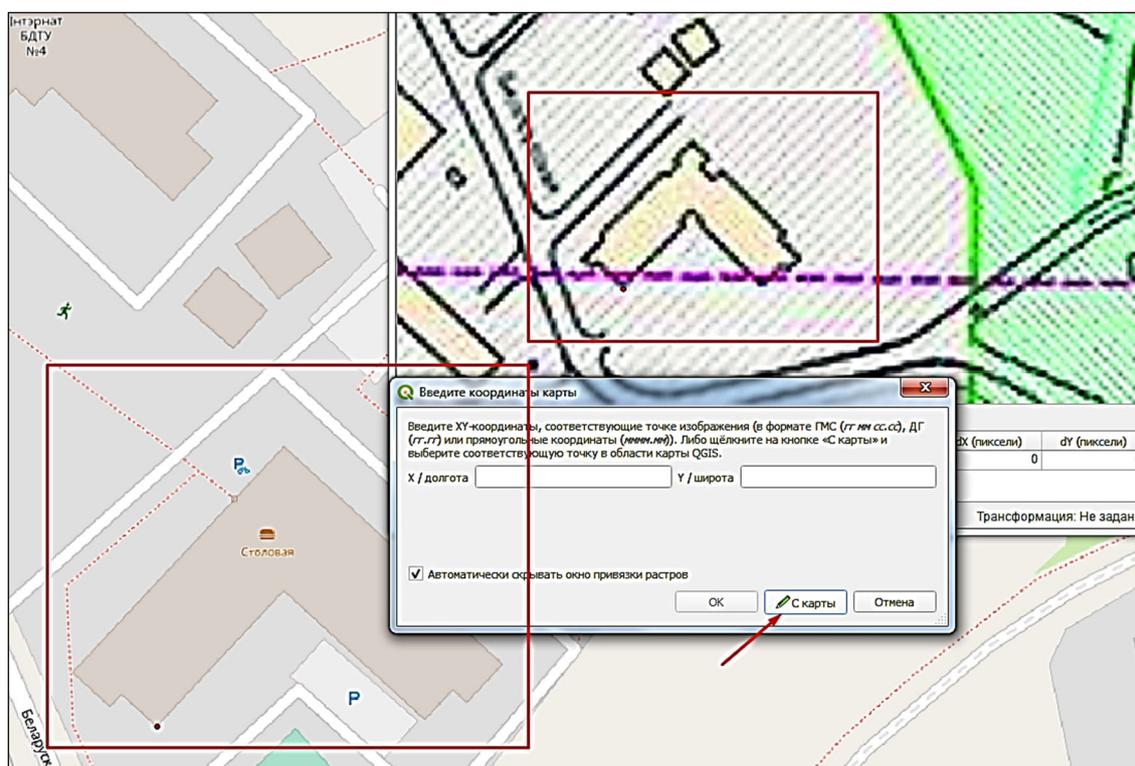


Рис. 5.3. Установка точек привязки с карты

Задание 5. Трансформация растра. После сбора необходимого количества точек можно приступить к трансформации растра (пересчету) в новую систему координат. Для этого необходимо выбрать настройки трансформации **Параметры** → **Параметры трансформации**.

В QGIS доступно несколько типов трансформации растров, в том числе:

1) линейная – аффинное преобразование, линейный сдвиг и масштабирование, пересчет (создание нового) растра при этом не происходит (поэтому пункт создания нового растра заблокирован), создается новый файл привязки;

2) Гельмерта – линейный сдвиг и поворот, создается новый файл в формате *tif* и файл привязки;

3) полиномиальная 1, 2, 3 – полиномиальное преобразование первого, второго или третьего порядка. Требуют соответственно

минимум 4, 6, 10 точек. Создается новый файл в формате *tif* и файл привязки.

Для быстрой привязки рекомендуется использовать полиномиальное преобразование первого порядка, а для более точной – полиномиальное преобразование второго порядка.

После получения нового растра, который отобразится в основном окне программы, рекомендуется проверить точность привязки независимым или тем же набором точек и, если необходимо, вернуться к процессу привязки еще раз, удалив неудачно (неправильно) поставленные опорные точки.

Получив качественный результат привязки первого растрового изображения, необходимо по этому алгоритму произвести привязку растра *Kristal_2*.

Задание 6. Векторизация растровых данных. По указанию преподавателя произведите векторизацию указанного количества точечных, линейных и полигональных объектов на привязанных растровых изображениях.

Выводы. В ходе проведения лабораторной работы нами были изучены характеристики растровых данных, произведена привязка растрового изображения, получены навыки установки опорных точек и осуществлена векторизация точечных, линейных и полигональных объектов.

Лабораторная работа № 6

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИС ДЛЯ ПЛАНИРОВАНИЯ И ПРОВЕДЕНИЯ ПОЛЕВЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Цель работы: научиться создавать проект в QGIS и экспортировать его в QField для сбора полевой информации, получить навыки использования GPS-устройств в полевых условиях.

Теоретические сведения

Географические информационные системы оперируют координированными пространственно-временными данными, а современные технологии определения координат пунктов местности сводятся, главным образом, к использованию систем глобального позиционирования. Интегрированное использование геоинформационных технологий и систем глобального позиционирования позволяет решать ряд практических задач: получение координат контрольных точек с целью координатной привязки пространственных данных; ввод пространственной информации в ГИС на основе технологий GPS-съемки; навигация на местности; вынос в натуру проектируемых маршрутов и иных объектов; контроль за движущимися объектами и многое другое. Эффективная эксплуатация геоинформационных систем в настоящее время не мыслится без использования систем глобального позиционирования [13].

Системы глобального позиционирования – технологические комплексы, предназначенные для нахождения координат пунктов в трехмерном земном пространстве путем измерения псевдодальности от приемника до спутников (не менее четырех) способами автономного или дифференциального позиционирования в статическом или кинематическом режиме.

В околоземном пространстве развернута сеть искусственных спутников Земли, равномерно распределенных по земной поверхности. Орбиты спутников и траектории их движения вычисляются с очень высокой точностью, поэтому в любой момент времени известны координаты каждого спутника. На всех спутниках установлены солнечные батареи питания, двигатели корректировки орбит,

атомные эталоны частоты и времени, аппаратура для приема и передачи радиосигналов. Радиопередатчики спутников непрерывно излучают сигналы в направлении Земли, которые принимаются приемником, находящимся в некоторой точке земной поверхности, координаты которой нужно определить. В приемнике измеряется время распространения сигнала от спутников до приемника, на основании которого рассчитываются расстояния (псевдодальности) до соответствующих спутников. Получив сигнал и определив псевдодальности до 4 (или более) спутников, GPS-приемник определяет точку пересечения соответствующих сфер распространения сигналов от спутников. При этом для определения координат приемник должен получить сигнал минимум от четырех спутников, а большее количество наблюдаемых спутников увеличивает точность определения координат.

Выделяют два метода определения расстояний до спутников: кодовый и фазовый. При кодовом методе измерения псевдодальностей используются дальномерные коды, представляющие собой последовательности двух состояний сигналов, обозначаемые символами 0 и 1. Таким образом, код представляет собой некоторую периодически повторяющуюся комбинацию нулей и единиц. На спутнике и в приемнике одновременно генерируются одинаковые коды, т. е. код в приемнике представляет собой копию кода спутника. Принятый в приемнике код спутника запаздывает по отношению к коду самого приемника на время, пропорциональное пройденному им расстоянию. В этой связи коды спутника и приемника (т. е. последовательность нулей и единиц) не совпадают. Время распространения сигнала от приемника до спутника определяют по продолжительности задержки кода приемника до обнаружения его совпадения с кодом, принятым со спутника. Соответственно, чем продолжительнее задержка кода, тем больше расстояние до спутника.

Фазовым методом выполняют наиболее точные измерения расстояний. Метод основан на том, что фаза синусоидального колебания радиосигнала, получаемого со спутника, изменяется пропорционально времени. По истечении каждого периода она меняется на один цикл.

В общей структуре систем глобального позиционирования выделяют три сегмента:

- космический сегмент;
- сегмент управления;
- аппаратура потребителей.

Космический сегмент представляет собой созвездие искусственных спутников Земли, равномерно размещенных на орбитах в околоземном пространстве.

Сегмент управления включает сеть наземных станций слежения за космическими аппаратами. Наземные станции слежения осуществляют контроль за траекторией движения спутников и коррекцию их орбит, включают службу точного времени, а также выполняют загрузку данных на борт спутников. Собранную на станциях слежения информацию используют для прогнозирования координат спутников.

Расположение спутников на орбитах, их количество и высота, а также расположение и число наземных станций слежения зависят от вида конкретной системы глобального позиционирования.

В настоящее время в мире существуют следующие функционирующие глобальные системы позиционирования: GPS (США), ГЛОНАСС (РФ), Galileo (ЕС), BeiDou (Китай), IRNSS (Индия).

Для определения местоположения по данным системы глобального позиционирования в полевых условиях используются специальные приборы – GPS-приемники. Также все современные гаджеты имеют модули для определения координат своего положения, и точность их результатов все время увеличивается. Поэтому активно ведется разработка программного обеспечения для возможности работы с геоинформационными данными на мобильных устройствах. Одним из таких программных продуктов является QField. QField для QGIS – это бесплатное мобильное приложение для работы с геоинформационными данными в полевых условиях, разработанное SPSA [14].

Оно помогает пользователю для получения точных результатов находить, проектировать, управлять и понимать географические данные. QField – это гибкое приложение, позволяющее настраивать проекты в полевых условиях, работать над проектами, хранящимися на вашем устройстве или переданными Вам по электронной почте, создавать и получать отчеты по электронной почте или из интернета. С помощью QField можно решать следующие задачи:

- разработка проекта в полевых условиях;
- печать отчетов и карт;
- обмен данными с другими пользователями;
- просмотр данных, которые созданы в других приложениях;
- изменение проектов, хранящихся на устройстве;
- сохранение проектов в базе данных.

Порядок выполнения лабораторной работы

Задание 1. Создание проекта в QGIS для полевых исследований. Создайте проект LR6_ФИО и сохраните в папку LR6. В созданный проект загрузите базовую карту (*OSM Standard*). С помощью инструментов навигации по карте приблизьте охват окна карты проекта к территории студенческого городка БГТУ. Создайте точечный слой «Пункты забора проб_ФИО» и сохраните в папке LR6.

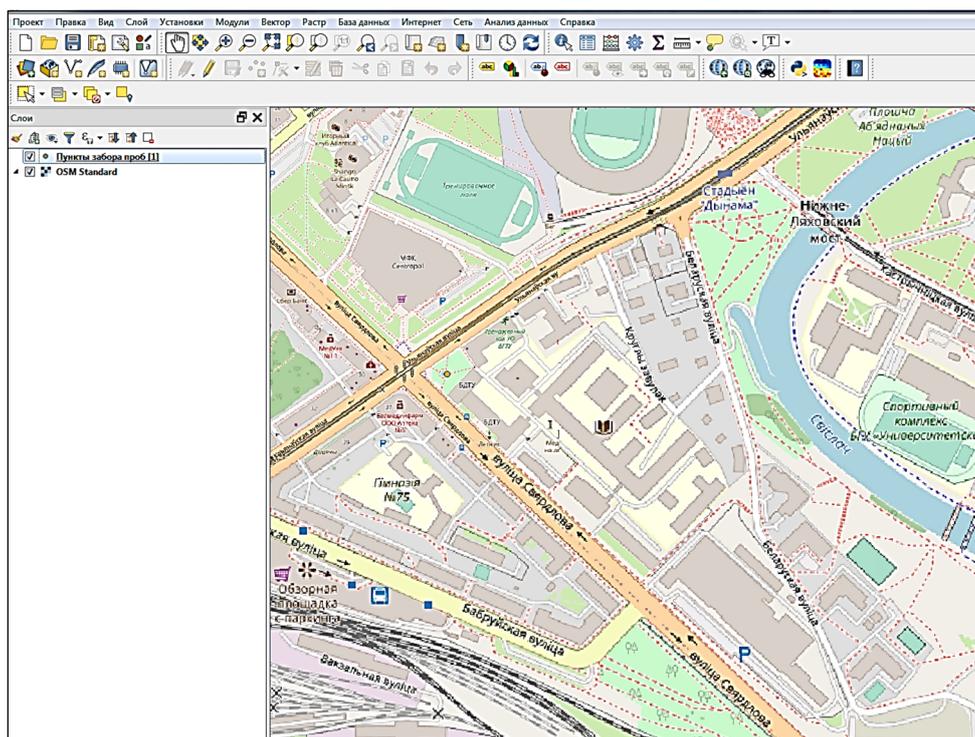


Рис. 6.1. Вид проекта со слоем «Пункты отбора проб»

В созданном проекте по указанию преподавателя на территории студенческого городка БГТУ создайте точечные объекты, местоположение которых будет соответствовать пунктам отбора проб атмосферного воздуха для анализа атмосферы. В таблице атрибутов с помощью пункта меню **Новое поле** создайте поля, соответствующие загрязняющим веществам, перечисленным в таблице из лабораторной работы № 7 (тип поля – числовой, количество десятичных знаков должно соответствовать значениям концентрации вещества в таблице) (рис. 6.2).

Задание 2. Экспорт проекта в QField. Откройте папку LR6 и проверьте наличие в ней файла проекта LR6.qgz и пяти файлов с различными расширениями с названием «Пункты отбора проб_ФИО».

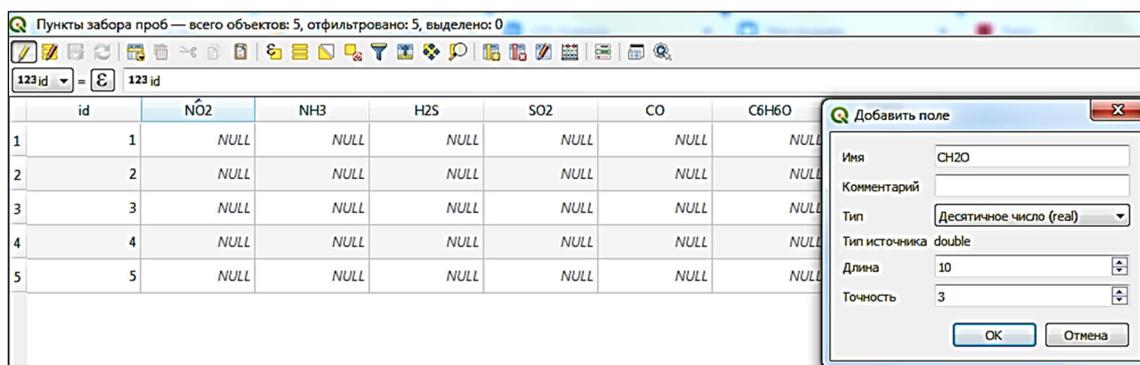


Рис. 6.2. Создание в таблице атрибутов слоя «Пункты забора проб» новых полей

Никаких других файлов в папке быть не должно. Далее необходимо провести архивацию папки LR6 с помощью программных средств компьютера в наиболее распространенные форматы архивов *zip* или *rar* (главное при этом, чтобы мобильное устройство могло произвести их разархивацию). Созданный архив с помощью электронной почты или иными путями перемещается на мобильное устройство с операционной системой Android, где производится его разархивирование.

На мобильном устройстве через каталог мобильных приложений Google Play Market устанавливается мобильное приложение QField. При включении приложения необходимо выбрать **Открыть локальный файл**, далее нажать на кнопку «+» в нижнем правом углу, выбрать **Import project from folder**, пройти в папку, где был разархивирован проект, и нажать **Использовать эту папку**. Далее откроется окно с названиями проектов и слоев, необходимо выбрать свой проект и нажать на его название, после чего он откроется, как показано на рис. 6.3.

Задание 3. Сбор полевых данных с помощью QField в QGIS.

После того как проект открывается на мобильном устройстве, по указанию преподавателя студенты с соблюдением всех правил по охране труда приступают к сбору полевых данных. В открытом проекте точками заданного цвета показаны пункты забора проб, голубой точкой, когда Вы стоите, или стрелочкой, когда Вы двигаетесь, указывается Ваше местоположение. Первая Ваша задача – прийти в пункт забора пробы, для этого Ваше местоположение должно совместится с положением точки забора пробы. После того когда Вы попали в нужное место, необходимо нажать на точечный объект векторного слоя на экране мобильного устройства. Откроется

окно с индикационным номером точки, на который нужно нажать. Далее развернется таблица атрибутов данного векторного слоя, но она изначально находится не в режиме редактирования. Для ввода значений концентрации загрязняющих веществ необходимо нажать кнопку **Режим редактирования** , после чего во всех полях можно указать необходимые значения, выданные преподавателем (рис. 6.4).

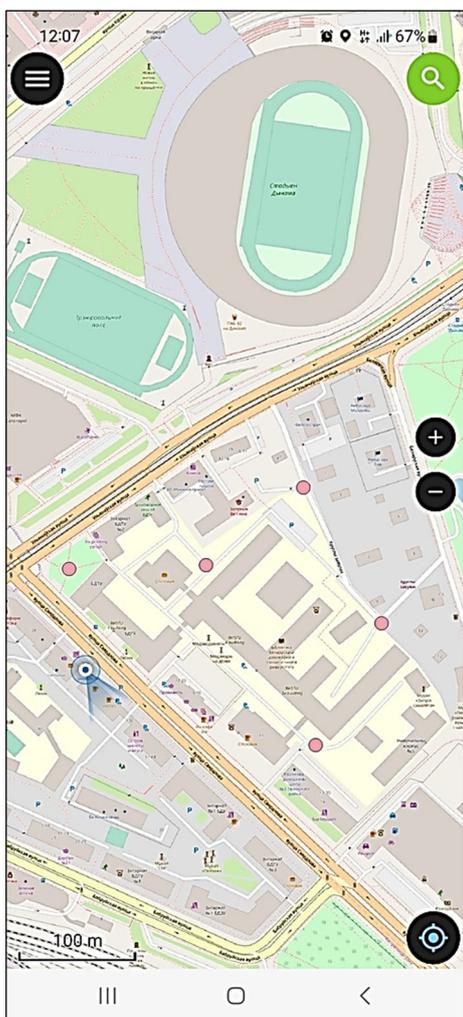


Рис. 6.3. Вид проекта в QField

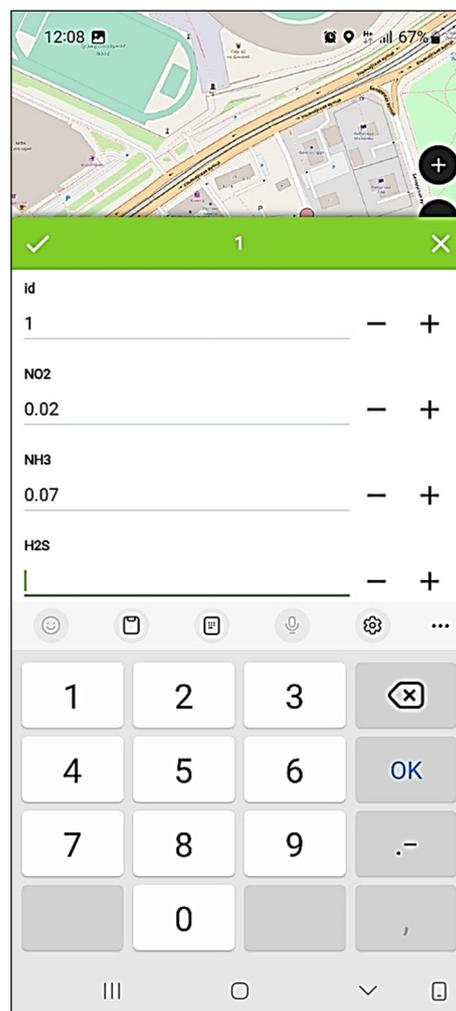


Рис. 6.4. Внесение данных в атрибуты слоя с помощью QField

По окончании ввода данных на определенной точке необходимо нажать на кнопку , после чего появится надпись **Все изменения сохранены**. Операцию по вводу значений концентрации загрязняющих веществ необходимо провести на всех пунктах забора проб. Также на каждом пункте необходимо сделать фотографию исследовательской группы студентов с GPS-привязкой. Для этого в настройках мобильного

устройства должны быть включены настройки геолокации, в таком случае в растровом изображении будут сохранены координаты местоположения, где был сделан фотографический снимок.

Задание 4. Экспорт проекта из QField в QGIS. Готовый проект необходимо заархивировать в папку «LR6_» и с помощью электронной почты или иным способом перенести на свой рабочий компьютер. Таким же образом нужно экспортировать фотографии с GPS-привязкой. Для точной уверенности в том, что фотографии имеют привязку к координатам, нужно проверить свойства файла (рис. 6.5). В строке GPS должна присутствовать информация о координатах.

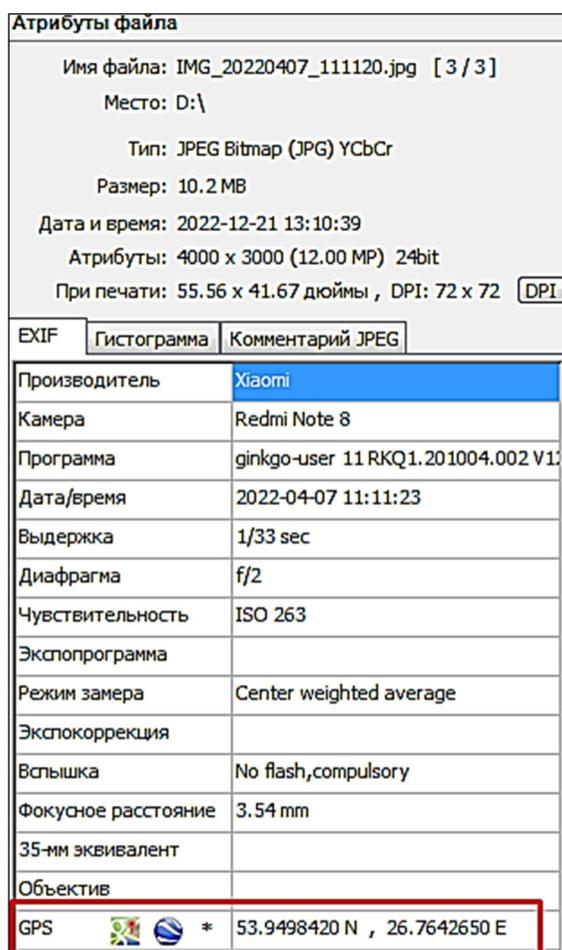


Рис. 6.5. Свойства фотографии с GPS-привязкой

Вывод. В ходе проведения лабораторной работы был подготовлен проект для проведения полевых работ по отбору проб загрязнения атмосферного воздуха. С помощью мобильного приложения QField созданный проект использовался в полевых условиях для ориентации на местности и внесения собранных данных в атрибуты векторного слоя.

Лабораторная работа № 7

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ
КОМПЛЕКСНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ
ЗАГРЯЗНЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИС**

Цель работы: создать слой с источниками загрязнения, рассчитать комплексный показатель загрязнения и провести его пространственный анализ с использованием тепловых карт.

Теоретические сведения

Тепловая карта (*heatmap*) – это инструмент визуального пространственного анализа, результатом которого является растровое изображение. Основой для вычислений и построений тепловой карты является точечный слой или представление полигональных классов в виде их центроидов [15].

Тепловая карта, или карта интенсивности, используется для визуального анализа и выявления областей с наибольшим влиянием определенного фактора. Карта интенсивности отображает не только распределение точек, но и их характеристики. Визуально карты интенсивности показывают относительную плотность точек как растровое изображение, использующее цветовую схему для представления результата. Каждый пиксель в выходном растре имеет значение, которое подразумевает относительную плотность. Плотность основана на количестве объектов, близко расположенных друг к другу, и на выражении, построенном на атрибутах объекта, которое накладывает дополнительные веса при раскраске раstra. Например, значениям карты интенсивности точечных объектов, представляющих населенные пункты, можно присвоить вес, соответствующий численности населения для того, чтобы населенные пункты с большей численностью проживания вносили больший вклад в вычисление плотности.

Одним из важных моментов в построении тепловой карты является нормализация значений относительно выборки текущих обрабатываемых данных, на выбор которых влияют пользовательские фильтры, текущий экстенд карты или вносимые изменения в данные. Еще один параметр для вычисления значений тепловой

карты – это радиус поиска соседей. Для определения радиуса поиска соседей относительно основной точки в некоторых ГИС можно использовать не простое значение этого радиуса, а SQL-выражение.

Порядок выполнения лабораторной работы

Задание 1. Создание точечного слоя, отображающего источники загрязнения. Создайте в своей папке проект LR7_ФИО. В созданный проект загрузите базовую карту (*OSM Standart*). На территории города Минска по указанию преподавателя (место и количества точек) создайте точечный слой источников загрязнения. Слой с названием «Источники загрязнения_ФИО» сохраните в папке LR7.

Задание 2. Создание таблицы атрибутов. Откройте таблицу атрибутов созданного точечного слоя «Источники загрязнения_ФИО» и перейдите в режим правки . С помощью пункта меню **Новое поле**  создайте поля, соответствующие загрязняющим веществам, перечисленным в таблице (тип поля – числовой, количество десятичных знаков должно соответствовать значениям концентрации вещества в таблице). В созданные поля вносятся значения концентраций загрязняющих веществ по номеру варианта, указанному преподавателем.

Концентрации выбрасываемых веществ С, мкг/м³

Вещество	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
NO ₂	32	24	27	32	33	35	34	31	46	39
SO ₂	3,0	7,9	18,0	24,1	26,2	38,2	0,9	0,3	0,2	0,3
CO	669	745	360	337	342	419	425	369	335	475
O ₃	60	67	72	83	52	87	49	82	36	40
PM ₁₀	21	23	21	14	12	8	12	15	10	17
PM _{2,5}	12	15	18	10	25	16	25	14	19	18

Задание 3. Расчет индекса качества атмосферного воздуха. На основании исходных данных (таблица) рассчитаем индекс качества атмосферного воздуха (ИКАВ) по следующей формуле:

$$\text{ИКАВ} = \max\left(\frac{\text{NO}_2}{40}, \frac{\text{SO}_2}{70}, \frac{\text{CO}}{2000}, \frac{\text{O}_3}{24}, \frac{\text{PM}_{10}}{20}, \frac{\text{PM}_{2,5}}{12}\right),$$

где NO_2 – концентрация азота (IV) оксида (азота диоксида) с периодом осреднения 1 ч, мкг/м^3 ;

SO_2 – концентрация серы диоксида (ангидрида сернистого, серы (IV) оксида, сернистого газа) с периодом осреднения 1 ч, мкг/м^3 ;

CO – концентрация углерода оксида (окиси углерода, угарного газа) с периодом осреднения 8 ч, мкг/м^3 ;

O_3 – концентрация озона с периодом осреднения 8 ч, мкг/м^3 ;

PM_{10} – концентрация твердых частиц фракции размером до 10 мкм с периодом осреднения 24 ч, мкг/м^3 ;

$\text{PM}_{2,5}$ – концентрация твердых частиц фракции размером до 2,5 мкм с периодом осреднения 24 ч, мкг/м^3 .

Каждый студент рассчитывает ИКАВ по своему варианту. Расчет производится с помощью калькулятора полей в таблице атрибутов слоя «Источники загрязнения_ФИО». Создаваемое поле имеет имя «ИКАВ», тип – числовой, размер – 10, точность – 1.

На основании полученных результатов по нижеприведенной шкале делается вывод об уровне загрязнения атмосферного воздуха для каждого источника загрязнения. В соответствии с существующей шкалой индекса качества атмосферный воздух считается хорошим, если ИКАВ имеет значение от 0 до 50, от 50 до 100 – умеренное загрязнение, от 100 до 150 – уровень загрязнения повышенный, от 150 до 200 – вредный уровень, от 200 до 300 – очень вредный, от 300 до 500 – очень опасный.

Задание 4. Создание теплокарт. Для комплексного анализа уровня загрязнения от всех источников не в отдельных точках, а в пространстве необходимо смоделировать карту интенсивности (тепловую карту). Для этого зайдите в пункт меню *Анализ данных* и далее выберите *Панель инструментов*. В открывшейся панели в строку поиска введите название модуля «Тепловая карта». Выберите найденный модуль и настройте его, как показано на рис. 7.1. После установки всех настроек нажмите *Выполнить* и ждите окончания процесса построения раstra. В результате проведенной операции в окне слоев появится новый временный растровый слой «Heatmap», он будет отображать концентрацию загрязнения по цветовой черно-белой шкале.

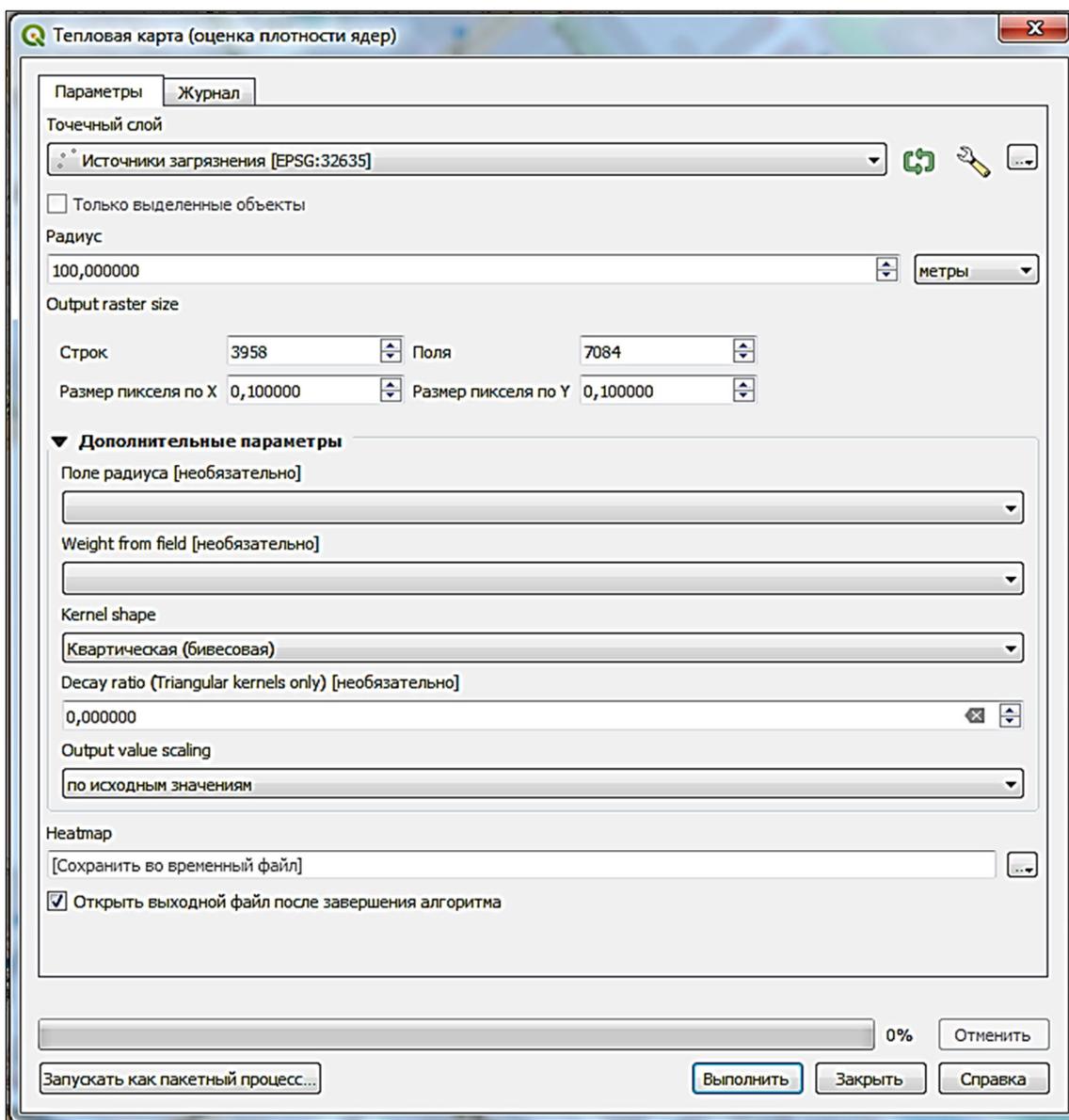


Рис. 7.1. Параметры модуля «Тепловая карта»

Для большей наглядности полученного результата в свойствах слоя «Heatmap» необходимо установить следующие настройки стиля: изображение – одноканальное псевдоцветное, цветовой ряд – Reds.

Далее необходимо нажать кнопки **Классифицировать**, **Применить** и **ОК** (рис. 7.2).

В результате проведенных манипуляций получается изображение, характеризующее комплексное загрязнение атмосферы (рис. 7.3), где более красным и насыщенным цветом определены области наибольшего загрязнения.

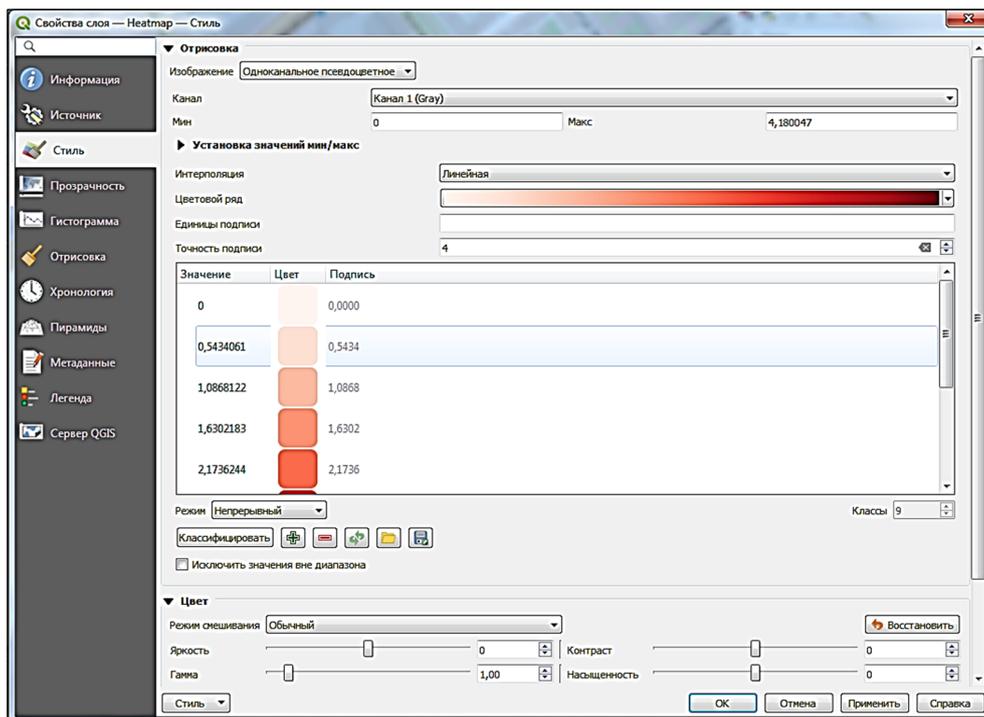


Рис. 7.2. Настройки отображения слоя «Heatmap»

Задание 5. Векторизация зон загрязнения. Для получения большего объема пространственной и количественной информации об уровне загрязнения необходимо провести векторизацию созданного растрового изображения.

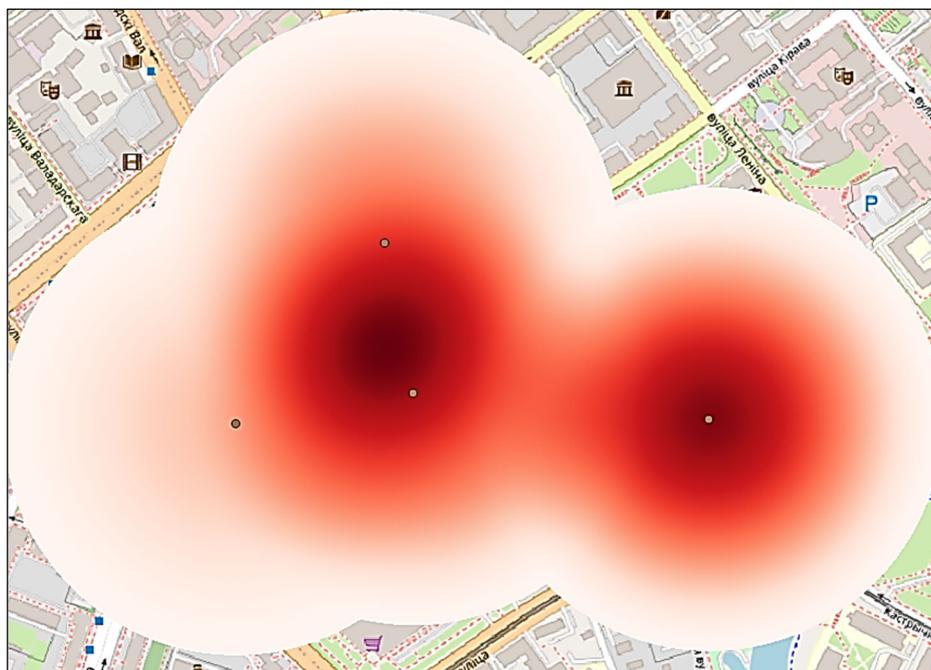


Рис. 7.3. Вид созданной тепловой карты

Для этого зайдите в пункт меню *Растр* → *Преобразование* → *Создание полигонов (растр в вектор)* и настройте открывшийся модуль, как показано на рис. 7.4. После завершения настроек нажмите кнопку *Выполнить*.

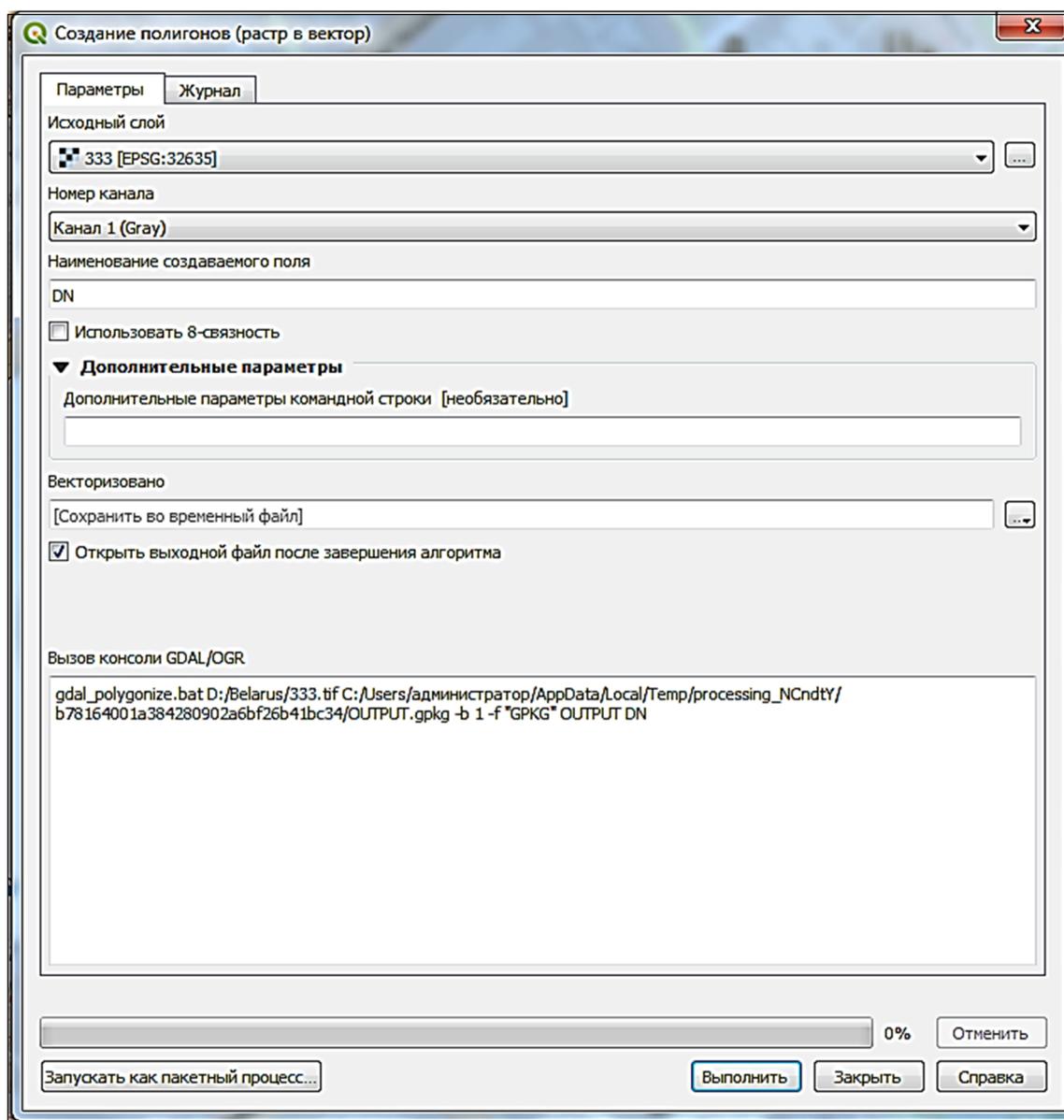


Рис. 7.4. Настройки модуля «Создание полигонов»

В результате векторизации в окне слоев отобразится новый векторный слой. Для его большей информативности необходимо в свойствах слоя на закладке *Стиль* установить параметры, как показано на рис. 7.5.

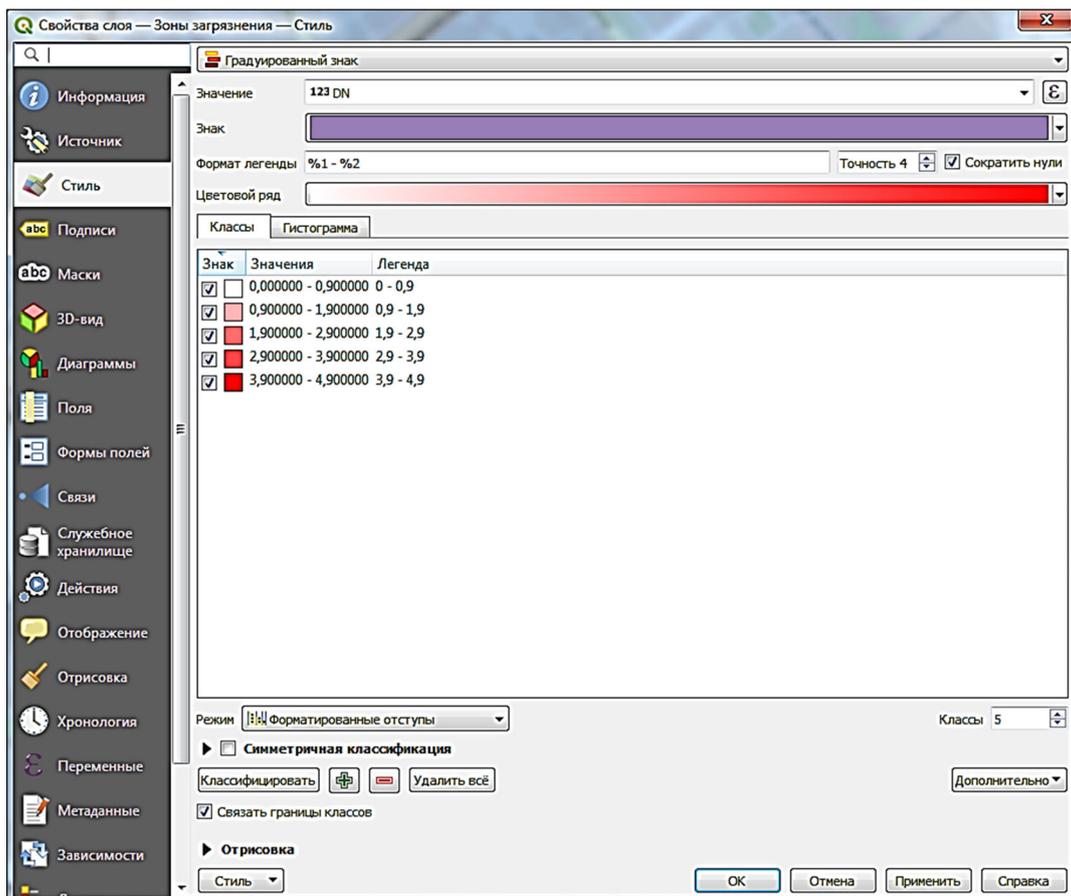


Рис. 7.5. Свойства векторного слоя «Зоны загрязнения»

Результат векторизации виден на рис. 7.6.

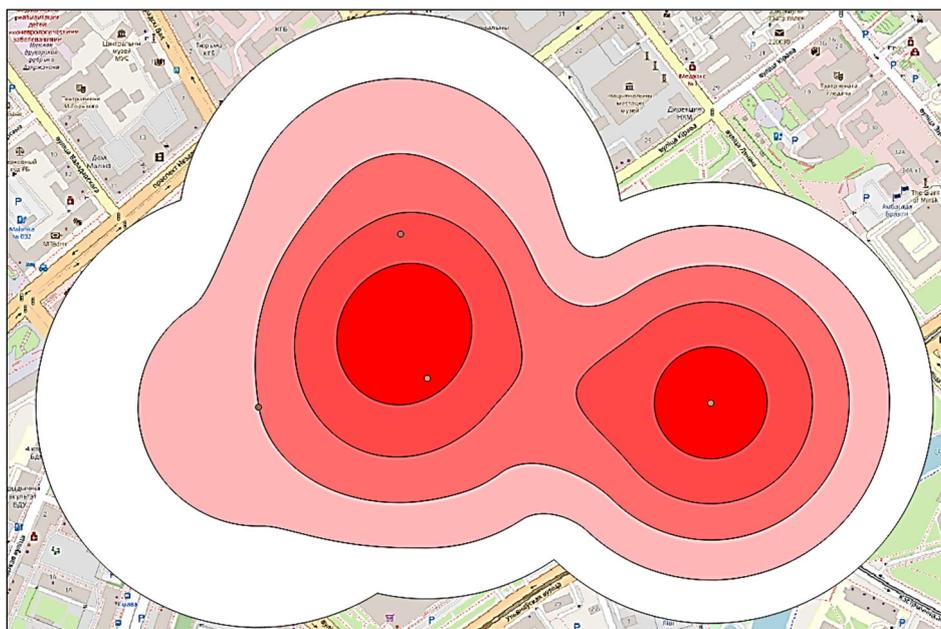


Рис. 7.6. Вид векторного слоя «Зоны загрязнения»

Разным цветом показаны зоны с различным уровнем загрязнения. С помощью *калькулятора полей* в таблице атрибутов необходимо рассчитать площадь каждой зоны загрязнения. Полученные результаты вычислений проанализируйте в выводе к лабораторной работе.

Вывод. В ходе проведения лабораторной работы для точечных источников загрязнения было рассчитано значение индекса загрязнения атмосферы, на основании полученных данных была построена тепловая карта и проведена ее векторизация. По результатам векторизации определены площади различных зон загрязнения атмосферы и сделаны соответствующие выводы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Свободная географическая информационная система с открытым кодом [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.qgis.org/ru>. – Дата доступа: 15.09.2022.

2. Информационные технологии в высшей школе. Геоинформатика и географические информационные системы: отраслевой стандарт Минобрнауки России 02.001–97. – Введ. 01.03.98. – М.: Министерство общего и профессионального образования РФ, 1997. – 10 с.

3. Гурьянова, Л. В. Аппаратно-программные средства ГИС: курс лекций / Л. В. Гурьянова. – Минск: БГУ, 2003. – 140 с.

4. Толкач, И. В. Аэрокосмические методы в лесном хозяйстве: учеб. пособие для студентов специальности 1-75 01 01 «Лесное хозяйство» / И. В. Толкач. – Минск: БГТУ, 2014. – 348 с.

5. Егоров, С. Б. Анализ информативности поляриметрического метода дистанционного зондирования / С. Б. Егоров, В. В. Жуков // Многозональные аэрокосмические съемки Земли: сб. – М., 1981. – С. 203–210.

6. EarthExplorer [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://earthexplorer.usgs.gov>. – Дата доступа: 20.09.2022.

7. EarthExplorer Help Documentation [Электронный ресурс] // USGS.GOV: сервер Геологической службы США. – Режим доступа: <http://earthexplorer.usgs.gov/documents/helptutorial.pdf>. – Дата доступа: 05.08.2015.

8. Чабан, Л. Н. Автоматизированная обработка аэрокосмической информации при картографировании геопространственных данных: учеб. пособие / Л. Н. Чабан. – М.: МИИГАиК, 2013. – 96 с.

9. Quinn, J. W. Band Combination [Электронный ресурс] / J. W. Quinn. – Режим доступа: <http://web.pdx.edu/~emch/ip1/band-combinations.html/>. – Дата доступа: 30.11.2022.

10. Flood, N. Continuity of Reflectance Data between Landsat-7 ETM+ and Landsat-8 OLI, for Both Top-of-Atmosphere and Surface Reflectance: A Study in the Australian Landscape / N. Flood // Remote Sensing. – 2014. – No. 6. – P. 7952–7970.

11. Коржавин, В. Е. Возможности применения вегетационного индекса NDVI для сравнительной оценки продуктивности лесов / В. Е. Коржавин, С. В. Кабанов // Геоинформационные технологии в сельском хозяйстве, природообустройстве и защите окружающей

среды: материалы Всерос. науч.-практ. конф. молодых ученых, посвященной 130-й годовщине со дня рождения академика Н. И. Вавилова и Году экологии в РФ, Саратов, 20–22 нояб. 2017 г. – Саратов, 2017. – С. 53–56.

12. Сухих, В. И. Аэрокосмические методы в лесном хозяйстве и ландшафтном строительстве: учебник / В. И. Сухих. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2005. – 392 с

13. Генике, А. А. Глобальные спутниковые системы определения местоположения и их применение в геодезии / А. А. Генике, Г. Г. Побединский. – М.: Картгеоцентр, 2004. – 345 с.

14. Документация по экосистеме QField. – Режим доступа: <https://docs.qfield.org/>. – Дата доступа: 15.10.2022.

15. Курлович, Д. М. Геоинформационные методы анализа и прогнозирования погоды: учеб.-метод. пособие / Д. М. Курлович. – Минск: БГУ, 2013. – 191 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие.....	3
Лабораторная работа № 1. Создание проекта Quantum GIS. Работа с векторными данными	5
Лабораторная работа № 2. Работа с атрибутивными данными. Измерительные функции	18
Лабораторная работа № 3. Получение данных дистанционного зондирования Земли из свободных источников на примере EarthExplorer	24
Лабораторная работа № 4. Использование растровых данных для целей охраны окружающей среды	42
Лабораторная работа № 5. Привязка растровых данных. Векторизация	54
Лабораторная работа № 6. Использование ГИС для планирования и проведения полевых экологических исследований	60
Лабораторная работа № 7. Определение комплексных показателей загрязнения с использованием ГИС.....	67
Литература	75

Учебное издание

Коцан Владимир Васильевич

**ИНФОРМАЦИОННЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ И СИСТЕМЫ
В ОТРАСЛИ**

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

Учебно-методическое пособие

Редактор *О. П. Приходько*
Компьютерная верстка *О. П. Приходько*
Дизайн обложки *П. М. Никитина*
Корректор *О. П. Приходько*

Подписано в печать 20.03.2023. Формат 60×84 ¹/₁₆.
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать ризографическая.
Усл. печ. л. 4,5. Уч.-изд. л. 4,7.
Тираж 70 экз. Заказ .

Издатель и полиграфическое исполнение:
УО «Белорусский государственный технологический университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/277 от 20.03.2014.
Ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск.