

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования «Витебский государственный
университет имени П.М. Машерова»
Кафедра экологии и географии

А.Б. Торбенко, А.С. Потапенко

**ПРАКТИКУМ
ПО КОМПЬЮТЕРНОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ
ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ
(ВИЗУАЛИЗАЦИЯ
ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ)**

Методические рекомендации

*Витебск
ВГУ имени П.М. Машерова
2025*

УДК 004.932.2;502.171(076.5)
ББК 32.972.13я73+20.17с51я73
Т59

Печатается по решению научно-методического совета учреждения образования «Витебский государственный университет имени П.М. Машерова». Протокол № 6 от 27.06.2025.

Авторы: старший преподаватель кафедры экологии и географии ВГУ имени П.М. Машерова **А.Б. Торбенко**; магистрант кафедры экологии и географии ВГУ имени П.М. Машерова **А.С. Потапенко**

Р е ц е н з е н т :
доцент кафедры фундаментальной и прикладной биологии
ВГУ имени П.М. Машерова,
кандидат биологических наук, доцент *Л.М. Мержвинский*

Торбенко, А.Б.

Т59 Практикум по компьютерной визуализации экологической информации (визуализация пространственных данных): методические рекомендации / А.Б. Торбенко, А.С. Потапенко. — Витебск : ВГУ имени П.М. Машерова, 2025. — 29 с.

В учебное издание включены материалы по теории и для лабораторных занятий, словарь терминов и список рекомендуемой литературы.

Предназначается для студентов дневной и заочной форм получения образования, преподавателей, а также всех, кто интересуется проблемами пространственного анализа экологической информации.

УДК 004.932.2;502.171(076.5)
ББК 32.972.13я73+20.17с51я73

© ВГУ имени П.М. Машерова, 2025

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1. Геоинформационные системы как основной инструмент визуализации пространственно определенной экологической информации на примере QGIS	5
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2. Источники пространственной информации для экологического картографирования и моделирования	11
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3. Обработка, представление и анализ дистанционных данных о состоянии экосистем	14
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4. Анализ состояния экосистем средствами ГИС. Определение индекса NDVI	17
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5. Визуализация результатов анализа загрязнения атмосферы с помощью специализированного программного обеспечения УПРЗА «Эколог»	20
СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ	27
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	28

ВВЕДЕНИЕ

Визуализация данных дистанционного зондирования, полевых исследований, статистики в виде компьютерных моделей и цифровых карт является наиболее распространенным вариантом представления пространственно определенной экологической информации. Такой формат прекрасно подходит для решения практических задач в сфере экологии. Оценка состояния и динамики экосистем, в том числе охраняемых природных территорий, мониторинг ареалов редких, исчезающих, инвазивных видов растений и животных, оценка загрязнения и иных антропогенных воздействий на окружающую среду, рационализация использования природных ресурсов — направления, в которых картография и 2-D — 3-D моделирование оказываются наиболее оптимальным способом представления материалов для анализа и контроля.

Источником пространственных данных в экологии могут выступать инструментальные и натурные обследования, данные беспилотной и спутниковой съемки, интернет-сервисы. Исходные данные могут быть представлены в виде текста, таблиц, массива фотографий, онлайн и бумажных карт и схем. Инструментарий создания цифровых моделей и карт представлен широким спектром специализированного программного обеспечения. Это и мощные платформенные решения в сфере ГИС и САПР, такие как ArcGIS, Mapinfo, QGIS, AutoCAD, nanoCAD, а также специализированные модули и программы, которые помогают профессионально решать более узкие задачи (SAGA GIS, Agisoft Metaspape, УПРЗА «Эколог» и др.). Навыки работы с таким софтом являются обязательными для современного эколога, так как выполнение ряда работ в сфере охраны окружающей среды и природопользования уже невозможно выполнить без его применения.

Издание содержит практико-ориентированные лабораторные работы, которые дают представление о возможности комплексного использования различных исходных данных и новейших методов визуализации пространственно определенной информации для решения прикладных задач экологии от масштабных проектов геоэкологической оценки состояния крупных экосистем до инженерного моделирования конкретных объектов природопользования. Задания практикума рассчитаны на использование российского и свободно распространяемого программного обеспечения признанного пригодным и даже обязательным (в некоторых случаях) для выполнения ряда работ. На конкретных примерах рассматривается применение Agisoft Metashape для фотограмметрических работ, QGIS и Saga GIS для картографической визуализации и анализа данных, специализированного ПО УПРЗА «Эколог» для визуализации зон рассеивания загрязняющих веществ.

Лабораторный практикум предназначен для студентов-экологов и всех интересующихся вопросами картографической визуализации и цифрового моделирования на основании пространственных данных в экологии.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

Геоинформационные системы как основной инструмент визуализации пространственно определенной экологической информации на примере QGIS

Цель работы: на примере наиболее распространенной ГИС-платформы с открытым исходным кодом познакомиться с возможностями визуализации экологической информации при помощи геоинформационных систем.

Оборудование и материалы: компьютер, интернет, программное обеспечение QGIS, набор данных о состоянии окружающей среды для конкретной территории (см. SDO).

Теория.

QGIS (Quantum GIS) — свободно распространяемая бесплатная крос-платформенная *геоинформационная система*. Дает возможность просматривать и конвертировать практически все форматы растровых и векторных пространственно определенных данных, анализировать такие данные и управлять ими, создавать карты и другие графические варианты представления информации. Включает настольную и серверную части, поэтому есть возможность публикации и работы с данными в сети. По своим характеристикам и возможностям QGIS может соперничать с ведущими проприетарными геоинформационными системами такими как ArcGIS, MapInfo и пр.

Установщик QGIS можно свободно скачать по адресу <https://qgis.org/>. Программа обладает дружественным интерфейсом, который построен по принципу известных программных продуктов, графических редакторов и геоинформационных систем. Наличие стандартных системы вкладок, панели инструментов, слоев делает ее освоение интуитивно простым (рис. 1).

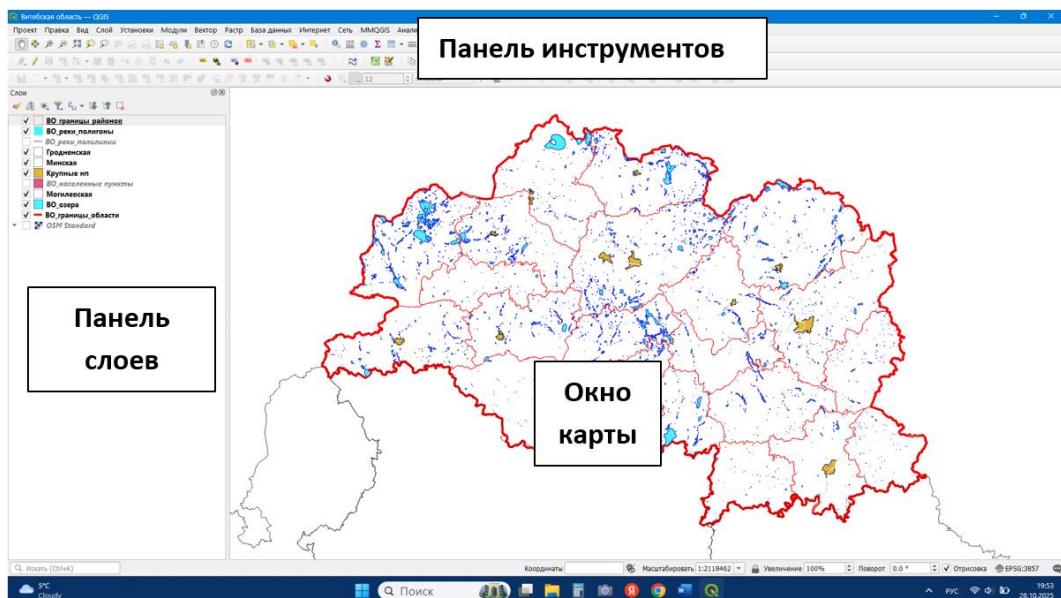


Рисунок 1 — Интерфейс программы QGIS

После открытия программы загрузка интересующих данных производится либо в результате стандартной процедуры открытия файлов (если уже есть проект QGIS (формат .qgz)¹), либо добавлением слоев (растровых или векторных) через вкладку *Слои* → *Добавить слои* → ..., либо *простым перетаскиванием файла в окно карты программы* из проводника. Дальнейшие действия с загруженными данными (слоями) возможны если сделать их изменяемыми: выделяем слой на панели слоев → активируем инструмент «изменить»  . Данные, привязанные к слою, можно увидеть если правой кнопкой мыши нажать на интересующий слой и выбрать «Открыть таблицу атрибутов». Вносить новые и править имеющиеся графические данные можно либо применяя различные инструменты с панели на имеющихся слоях, либо создав новый слой через вкладку *Слои* → *Создать слои* → Программа представляет возможность выполнять одни и те же задачи различными способами, освоение которых требует времени и опыта. Весь комплекс подключенных данных, с которыми работает пользователь, сохраняется в *Проекте* (формат .qgz), через вкладку *Проект* → *Сохранить*. В дальнейшем этот файл используется для открытия всего набора данных одним кликом.

Модульная структура позволяет подключать к платформе новые инструменты и возможности. Например, используя модуль QuickMapServices есть возможность подключить в виде «подложки» различные сетевые картографические и спутниковые ресурсы. Например, Интернет → QuickMapServices → Поиск в QSM → ... (выбор интересующего ресурса, например, Google).

Результат работ можно представить, создав новый или использовав имеющийся Макет (Проект → Создать макет/или Макеты → ...). Полная справка по работе с QGIS представлена по адресу https://docs.qgis.org/3.40/ru/docs/training_manual/index.html. Кроме того, в сети можно найти большое количество обучающих материалов по работе со всеми возможностями платформы.

Задание 1. Создать карту загрязнения почв города свинцом и подготовить ее к печати.

1. *Загрузить картографическую подложку и базовый слой карты.*
Открыть QGIS и *Создать пустой проект*.

Установить модуль *Quick Map Services* через *Модули* → *Управление модулями* → *Все* → *Quick Map Services* → *Установить*.

Загрузить слой **OSM standard** через вкладку *Интернет* → *Quick Map Services* → *OSM* → *OSM standard*.

¹ Проект в QGIS — это файл, который сохраняет все настройки вашей предыдущей выполненной работы, включая расположение слоев, их стили, настройки картографического макета и данные для печати. Он служит рабочей областью, позволяя вам возвращаться к незавершенным задачам и делиться своими наработками.

Загрузить файл «Точки наблюдений» (рис. 2).

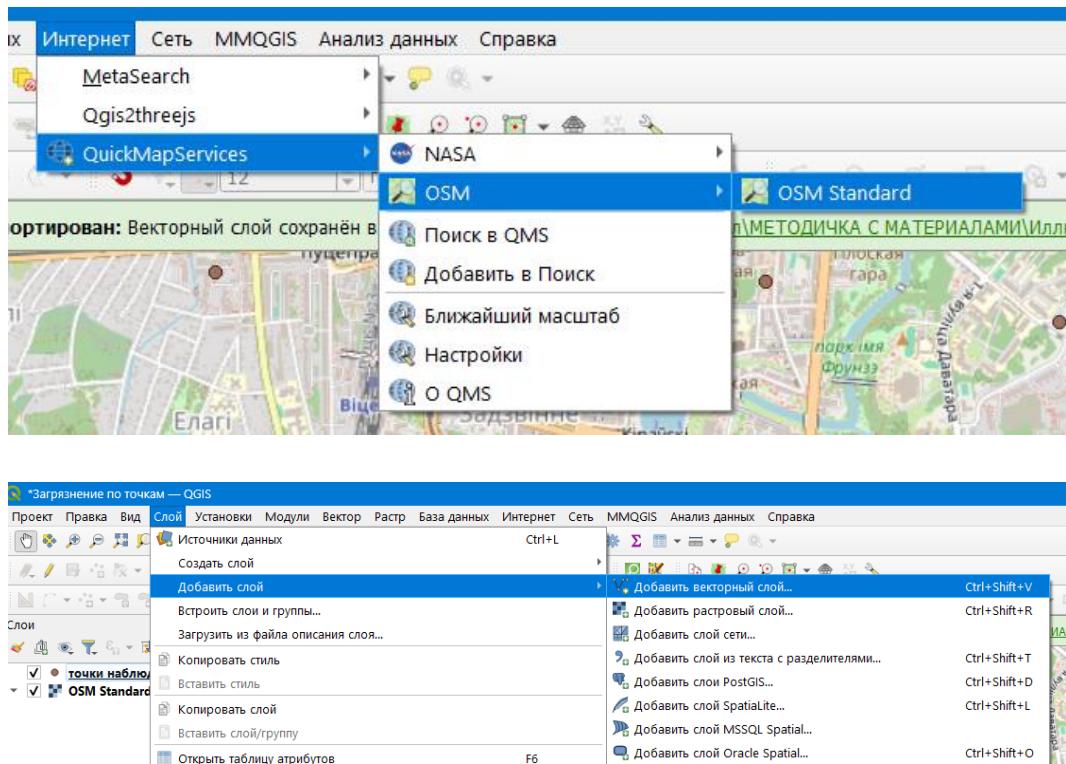


Рисунок 2 — Загрузка картографической подложки и базового слоя карты

2. **Добавить данные о загрязнении почв из таблицы Excel** (для этого необходимо предварительно сохранить данные в формате .csv) через вкладку **Слой** → **Добавить слой** → **Добавить слой из текста с разделителями**. В выпавшем меню необходимо ввести имя файла, указать кодировку (Windows - 1251 или UTF - 8) и другие необходимые параметры. В разделе **формат файла** установить **Другие разделители** и **Точка с запятой**. В разделе **Параметры записей и полей** выставить все галочки. В разделе **формат геометрии** выставить **Только атрибуты**. При установке параметров необходимо контролировать корректное отражение данных в разделе **Примеры данных**. Если данные отражаются некорректно необходимо подобрать соответствующую кодировку и формат файла. После заполнения полей меню нажимаем **Добавить** (рис. 3).

3. **Добавить данные о загрязнении в точках наблюдения на карту.** Для этого на панели слоев двойным щелчком левой кнопкой мыши по слою «Точки наблюдений» активировать меню **Свойства**. Перейти на вкладку **Связи** и нажать на кнопку **Добавить** , выбрать в списке слой открытой таблицы csv и определить связываемые поля. В данных таблицах это поле № для обеих связываемых таблиц. Далее выбираем необходимые для присоединения поля и нажимаем **Применить** → **OK**. Завершаем операцию

сохранением слоя «Точки наблюдений» в формате *.shp* как «Точки с данными» (вкладка *Слой* → *Сохранить как*).

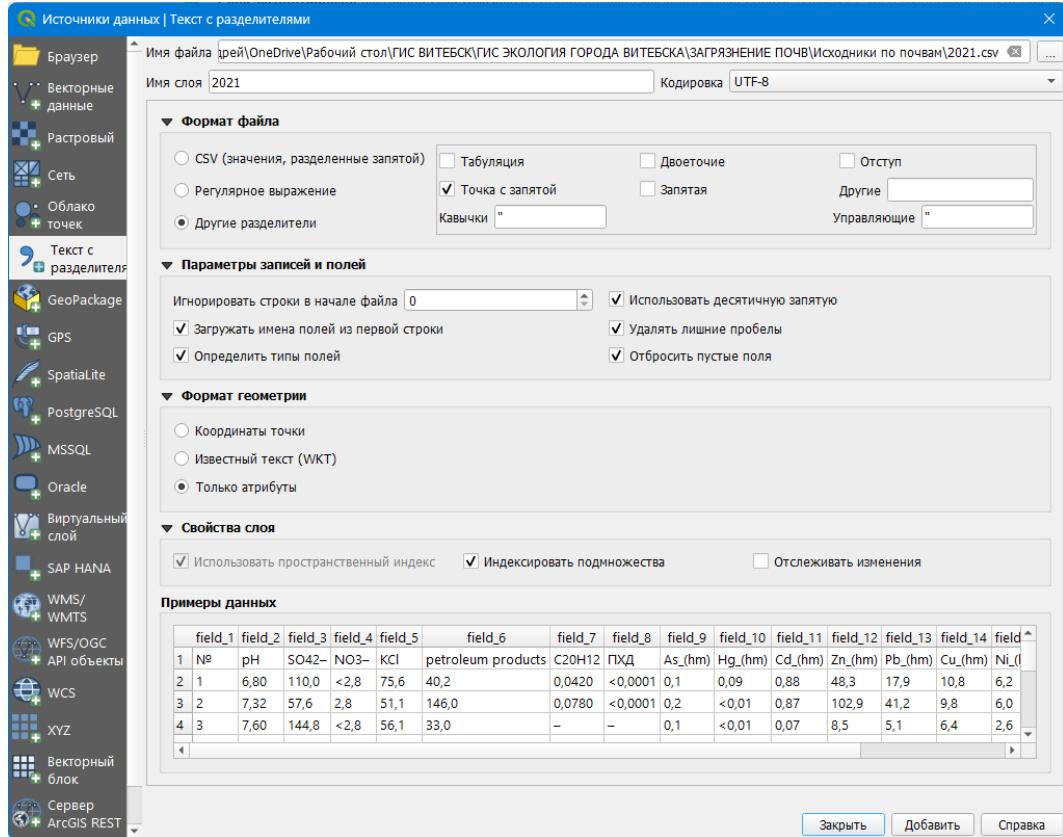


Рисунок 3 — Меню загрузки в QGIS данных из Excel

4. *Создать грид-модель загрязненности почв города с использованием программы SAGA GIS*, которая автоматически устанавливается вместе с QGIS по умолчанию и используется для научного анализа растровых данных. В открытой программе открыть шейп-файл «Точки с данными» который отразится во вкладке *Data (Данные)*. Кликнув правой кнопкой мыши на названии слоя выбрать *Add to map (Добавить на карту)* чтобы данные отразились в окне карты. Далее переходим во вкладку *Geoprocessing* или *Tools (Инструменты)* и выбираем подходящий метод интерполяции. В нашем случае для демонстрации процесса создания карты загрязненности почв выбираем *Tools (Инструменты)* → *Grid* → *Spline interpolation* → *Multiple B-Spline*. В выпадающем меню обязательно указываем *Points (файл точек)* и *Attribute (поле)* – их выбираем из выпадающих списков. Подбираем подходящее значение *Cellsize (размер клетки)*. Учитываем, что чем меньше размер клетки, тем точнее построение, но при этом время построения может многократно увеличиваться. Нажимаем *Okey* и результат появится во вкладке *Data (Данные)*. Кликнув правой кнопкой мыши на названии слоя грид-модели выбираем *Add to map (Добавить на карту)* чтобы данные отразились в окне карты (рис. 4).

Чтобы добавить полученную карту в проект QGIS кликнув правой кнопкой мыши на название слоя грид-модели выбираем *save as (сохранить как)*, назначаем директорию сохранения файла карты, выбираем формат *GeoTIFF* и сохраняем.

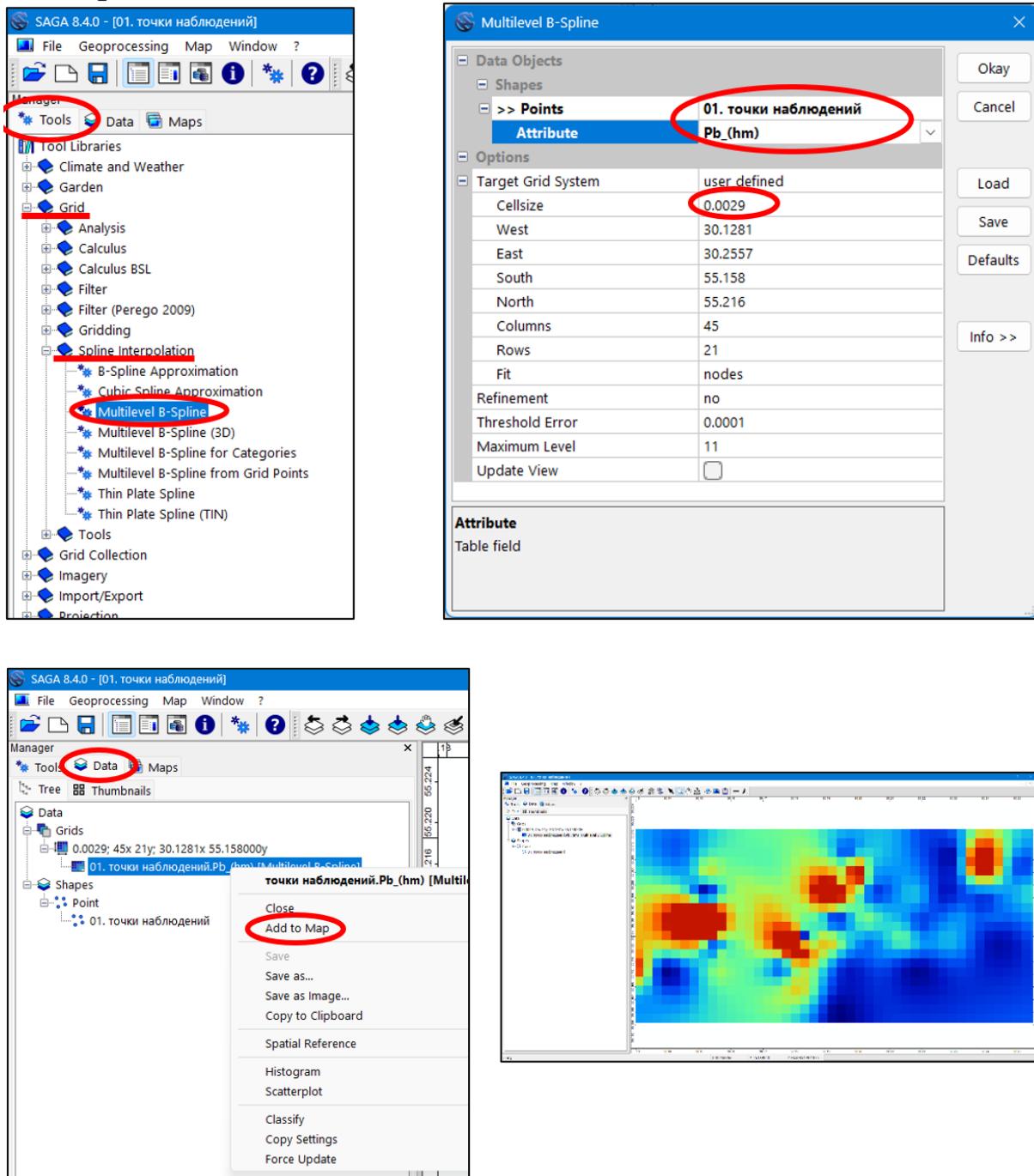


Рисунок 4 — Этапы создания грид-модели в SAGA GIS

5. **Подготовить карту к печати.** Добавляем построенную карту в открытый проект QGIS. Чтобы картографическая подложка (слой OSM) позволяла ориентироваться и была видна делаем слой карты

экспортированной из SAGA GIS полупрозрачным: вкладка *Слой* → *Свойства слоя* → *Прозрачность* → выставляем от 50 до 80 %. Далее подбираем *Стиль* карты в *Свойствах слоя*. В учебных целях рекомендуем установить изображение — *одноканальное псевдоцветное*, градиент подобрать по принципу «светофора» — красный наибольшие, зеленый наименьшие, желтый средние значения. *Количество классов* и *режим классификации* во многом определяют конечную «картинку». Подберите вариант, на Ваш взгляд, наиболее подходящий в данном случае. Остальные параметры можно оставить по умолчанию. Далее *Классифицировать* → *Применить* → *OK* (рис. 5)

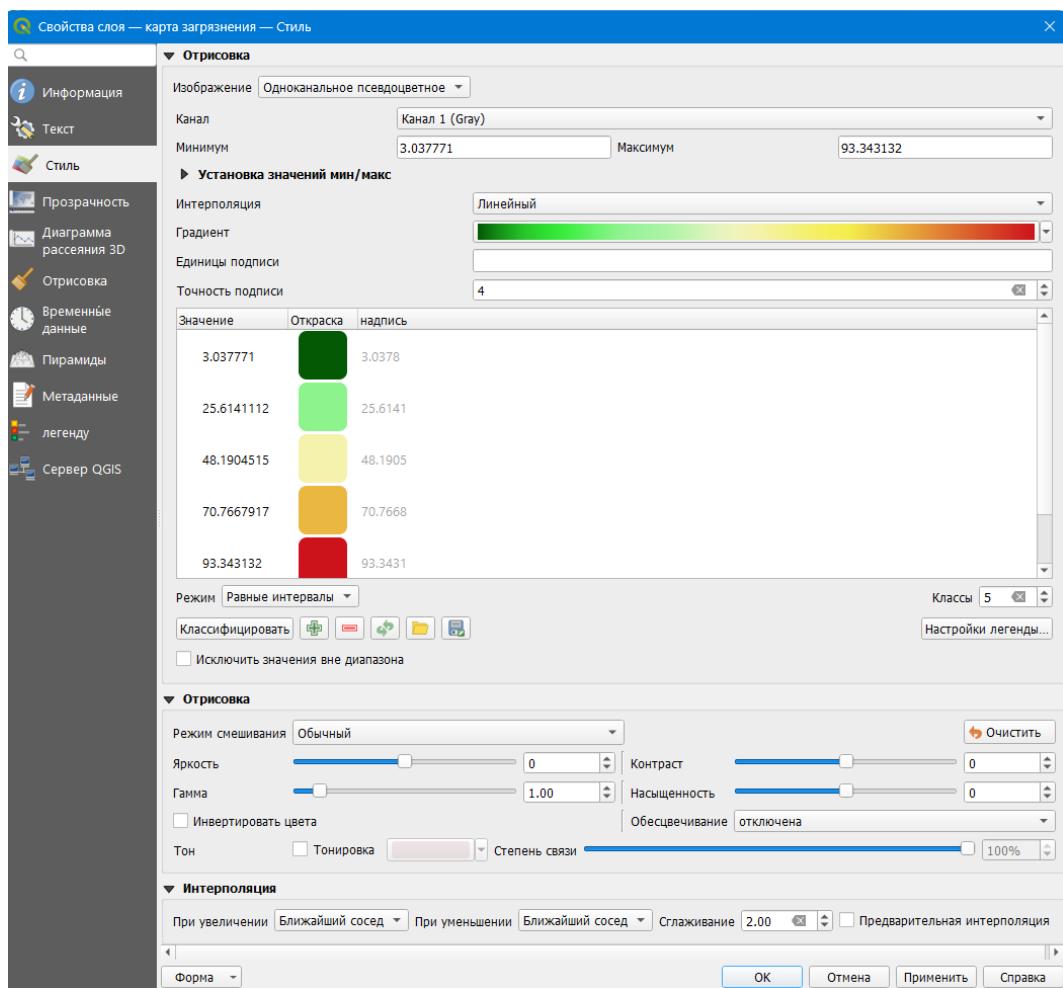


Рисунок 5 — Установки стиля карты

Далее вкладка *Проект* → *Создать макет* → называем его и открываем. Выбираем в окне *Макет* на панели инструментов слева кнопку *(Добавить карту)* и с помощью курсора и зажатой левой кнопки мыши выбираем область, где будет отражена карта. С помощью кнопки *(Перемещение содержимого элемента)* можно необходимым образом разместить карту на макете двигая курсором с зажатой левой кнопкой. Кликнув правой

кнопкой в области макета, можно вызвать окно свойств элемента и выбрать там необходимые опции отображения, а также масштабировать карту.

Стандартно на карту необходимо добавить масштабную линейку, легенду и название (надпись). Через вкладку **Добавить** откройте по очереди данные инструменты и, подобрав параметры добавьте их в окно карты (рис. 6).

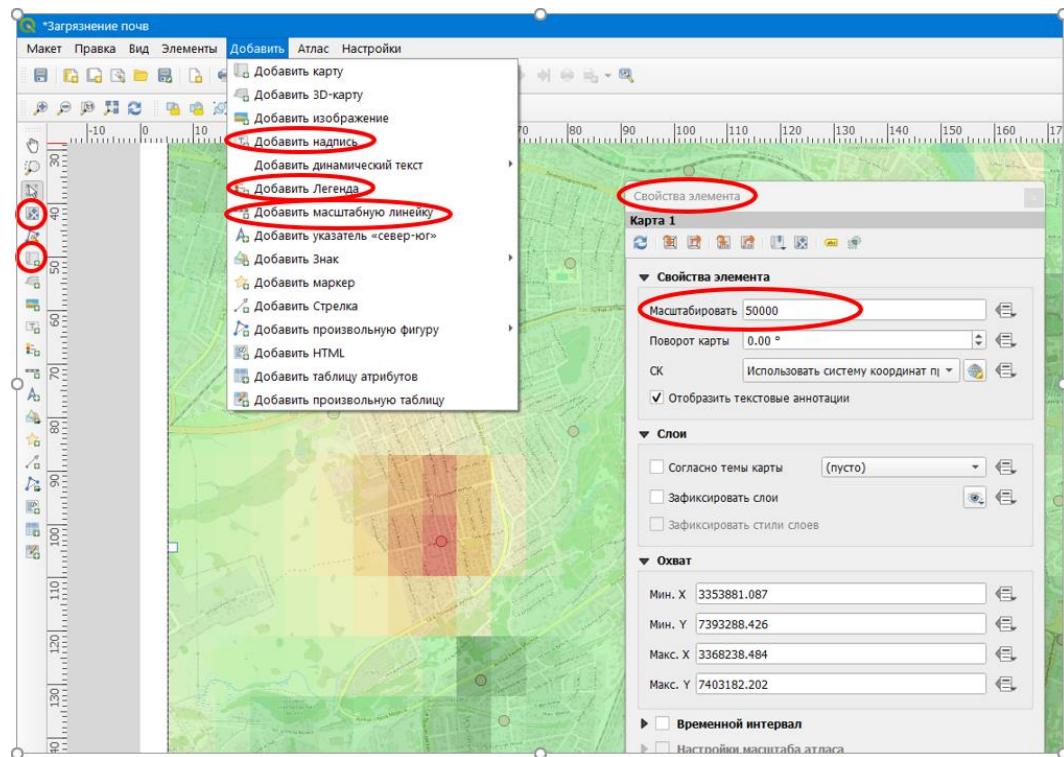


Рисунок 6 — Создание итогового макета карты

Сохраните проект. Сохраните макет в формате jpg через вкладку **Макет** → **Экспорт изображения**.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

Источники пространственной информации для экологического картографирования и моделирования

Цель работы: изучить варианты получения экологически значимой информации из открытых источников как материала для создания экологических карт и пространственного моделирования.

Оборудование и материалы: компьютер, интернет, программное обеспечение QGIS.

Теория.

Экологически значимую пространственную информацию в Беларуси можно получить из различных источников, среди которых государственные организации, научные учреждения, международные открытые интернет-платформы.

Государственные организации, сервисы, научные учреждения. Основной источник информации — *Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды* (<https://minpriroda.gov.by/ru>). На сайте министерства публикуются ежегодные доклады «О состоянии окружающей среды», данные Национального кадастра загрязняющих веществ и сведения об особо охраняемых природных территориях. Пространственные данные по территории страны частично доступны через находящийся в настоящее время в разработке *Национальный геопортал Республики Беларусь* (<https://nipd.by/>) — включая слои лесов, водных объектов, землепользования и административных границ. Существует также *Геопортал земельно-информационной системы Республики Беларусь* — интернет-ресурс, который является единой точкой доступа ко множеству информационных ресурсов с инструментами просмотра, поиска геопространственной информации, ее визуализации, загрузки, распространения и поиска геосервисов (<https://gismap.by/>). Интересную и полезную информацию можно почерпнуть также на странице *Публичной кадастровой карты Республики Беларусь* (<https://map.nca.by/>) сайта Национального кадастрового агентства. Данные о качестве атмосферного воздуха, радиационном фоне и гидрометеорологической обстановке предоставляет *Белгидромет* (<https://belgidromet.by/ru>). Информацию о лесах можно запросить в *Белгослесе* (<https://belgosles.by/>) или региональных лесхозах. Широкий спектр материалов о характеристиках и использовании недр предоставляет *Белгосгеоцентр* (<https://www.belgeocentr.by/>) а также совместная база данных НПЦ по биоресурсам и Института природопользования НАН Беларуси *Торфяники Беларуси* (<https://peatlands.by/>). *Институт природопользования НАН Беларуси* публикует исследования и карты по экосистемам и устойчивому развитию (<https://nature-nas.by/>) и т.д.

Международные открытые платформы. Бесплатные спутниковые данные предоставляются в рамках европейской программы *Copernicus* (<https://www.copernicus.eu/en>). Основу Copernicus составляет созвездие спутников Sentinel, которые ежедневно проводят огромное количество наблюдений за экосистемой Земли. Получить доступ к этим данным можно через несколько веб-порталов. Подробнее о сервисах Copernicus можно узнать по адресу <https://www.copernicus.eu/en/copernicus-services>. Кроме того, существует открытый сервис доступа к снимкам и инструментами для визуализации и анализа (<https://www.sentinel-hub.com/>).

Существует также ряд сайтов и сервисов с отраслевой информацией о состоянии окружающей среды и экосистемах. Так, например, данные о мониторинге лесов в мировом масштабе можно найти на *Global Forest Watch* (<https://www.globalforestwatch.org/>).

Однако, большинство организаций и сервисов предоставляют пространственную информацию для просмотра или на платной основе. В этой связи особенно интересен картографический сервис OpenStreetMap, векторные данные которого можно получить для дальнейшего использования при создании экологических карт и моделировании (<https://www.openstreetmap.org/>).

Существует несколько вариантов получения данных в стандартном ГИС-формате, например, шейп-файлов – по территории (например, векторные данные OSM на административный район, область отражения на мониторе и т.д.), по типу объектов (например, реки, озера, карьеры, дороги) и другие. В случае, если требуются данные по небольшому участку необходимо открыть искомый участок карты OSM (например, <https://www.openstreetmap.org/#map=11/55.1840/30.1554>), затем во вкладке Экспорт выбрать необходимый участок, нажать кнопку «Экспортировать», выбрать директорию загрузки файла и «Сохранить» в формате .osm. Затем загрузить файл в QGIS и сохранить открывшиеся слои как файлы .shp.

Если необходимы данные по крупному региону (стране, области, району) можно воспользоваться специальными сервисами загрузки связанными с OSM, например, **Geofabrik** (<https://download.geofabrik.de/>). С полным перечнем возможностей загрузки можно ознакомиться через страницу сервиса **Planet OSM** (<https://planet.openstreetmap.org/>).

Наиболее избирательный способ получения данных связан с использованием специализированного модуля QGIS – Quick OSM. Установка модуля производится через вкладку **Модули → Управление модулями**. Запуск осуществляется через вкладку **Вектор**. Далее в окне модуля на вкладке **Быстрый запрос** выбирается **ключ** (тип, группа объектов), **значение** и **район** запроса. Например, ключ – землепользование (landuse), значение – карьеры (quarry), регион – Витебский район. После нажатия кнопки **Выполнить запрос** на панели слоев в QGIS появиться временный слой с искомыми данными (рис.7). После сохранения в формате .shp файл готов к использованию в любом специализированном ПО.

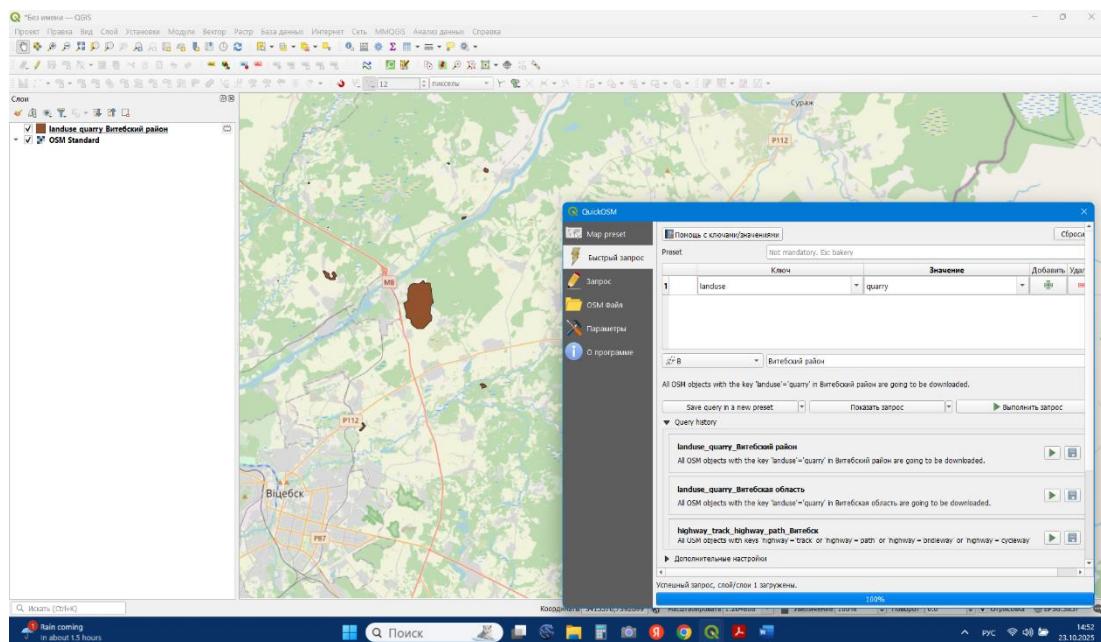


Рисунок 7 — Пример избирательного запроса на векторные данные по отдельной категории объектов в QGIS

Задание 1. Проанализируйте информацию об основных источниках пространственной информации для экологического картографирования и моделирования. Сравнить источники по характеру и особенностям получаемой информации, ее доступности и применимости для создания экологических карт и моделей. Результаты оформить в виде таблицы:

Организация, учреждение, сервис	Электронный адрес	Представляемая информация	Форма представления	Условия представления информации

Задание 2. Извлечь данные о местах открытой добычи полезных ископаемых и торфа в одном из административных районов области из базы данных OSM с использованием соответствующего модуля геоинформационной платформы QGIS. Создать карту участков, требующих в перспективе рекультивации и подготовить ее к печати.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

Обработка, представление и анализ дистанционных данных о состоянии экосистем

Цель работы: освоить инструментарий программы Agisoft Metashape, предназначенный для первичной обработки и простейшего анализа данных, полученных в результате беспилотной съемки.

Оборудование и материалы:

1. Компьютер со следующими характеристиками: 64-битная операционная система (Windows 10+, macOS или Linux), процессор Intel/AMD/Apple M1/M2 от 2.0 ГГц (4-12 ядер), 16-32 ГБ оперативной памяти, видеокарта NVIDIA/AMD с 1024+ унифицированными шейдерами и не менее 100 ГБ свободного места на диске.
2. Программа Agisoft Metashape.
3. Массив данных беспилотной съемки проведенной с использованием мультиспектральной камеры (по вариантам).

Теория.

Результатом беспилотной съемки (как и спутниковой), является массив фотографий участков исследуемой поверхности (рис. 8). Однако, для получения полного изображения исследуемой поверхности (ортофотоплана) или создания других моделей (например, цифровая модель местности — ЦММ) необходимо провести фотограмметрическую обработку полученных данных. Сегодня для этого используется специализированное

программное обеспечение. В данной работе принцип функционирования такого софта будет рассмотрен на примере Agisoft Metashape.

Agisoft Metashape Professional — это программное обеспечение, которое включает в себя технологии машинного обучения для анализа и постобработки, что позволяет получать результаты самой высокой точности.

Metashape дает возможность:

- обрабатывать изображения, получаемые с помощью RGB- или мультиспектральных камер,
- преобразовывать снимки в плотные облака точек, в текстурированные полигональные модели, в геопривязанные ортофотопланы, в цифровые модели рельефа/местности (ЦМР/ЦММ).

Постобработка позволяет удалять тени и искажения текстур с поверхности моделей, рассчитывать вегетационные индексы, составлять файлы предписаний для агротехнических мероприятий, автоматически классифицировать плотные облака точек и т.д. Возможность экспорта во все внешние пакеты для постобработки делает Agisoft Metashape Professional универсальным фотограмметрическим инструментом.

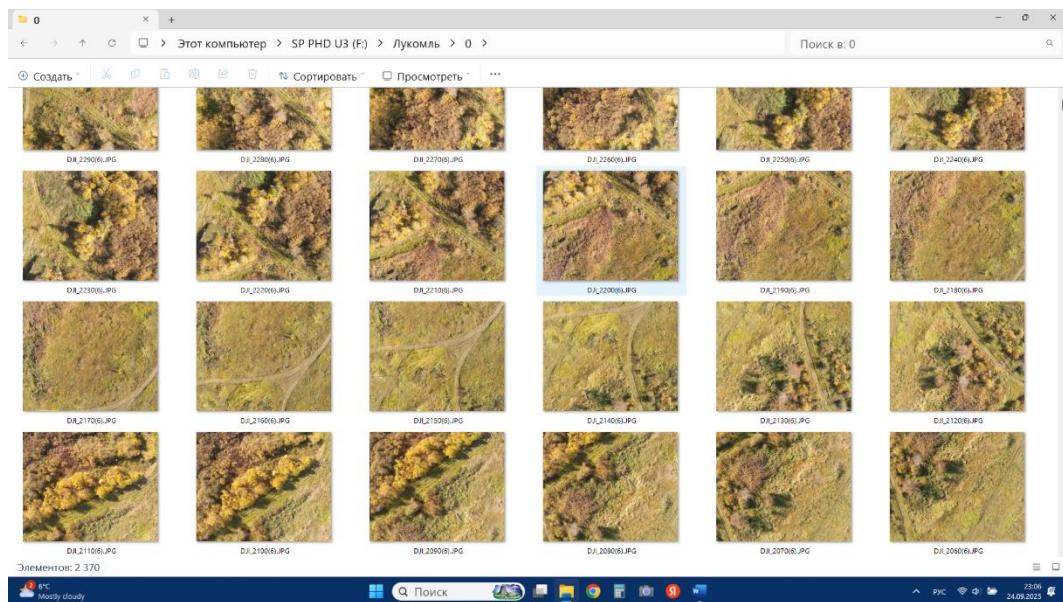


Рисунок 8 — Массив фотографий беспилотной съемки

Порядок проведения стандартной обработки дистанционных данных в Agisoft Metashape Professional и создание карт NDVI.

Для построения ортофотоплана или другой модели в Metashape используются инструменты вкладки «Обработка» (рис.9). Порядок выполнения операций можно определить исходя из активации того или иного инструмента: Добавить снимки/папку → Выровнять снимки → Построить модель/облако точек/ЦММ → Построить ортофотоплан.

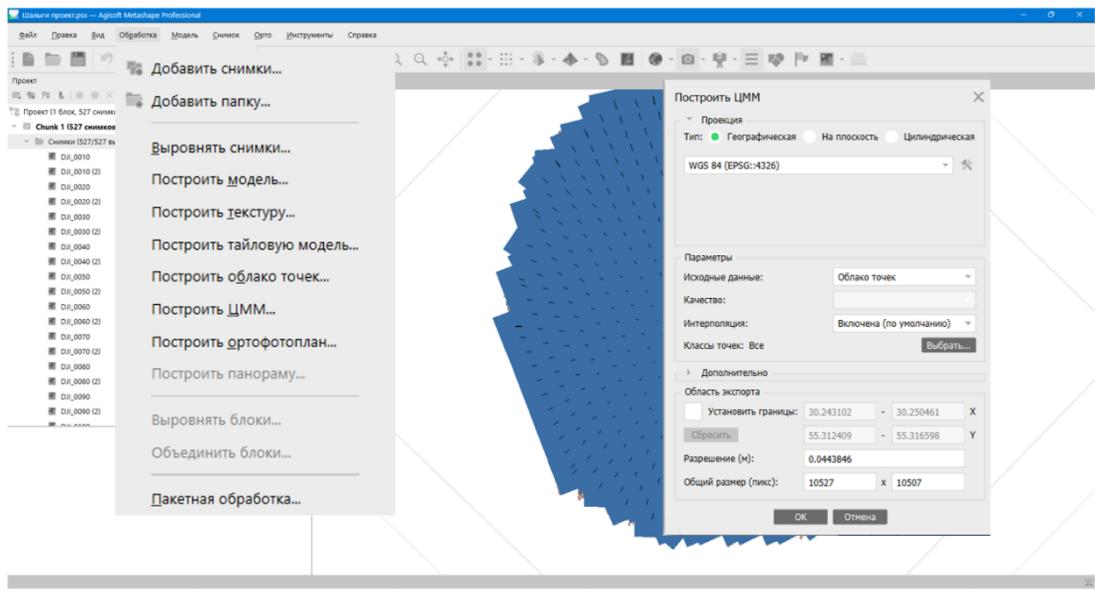


Рисунок 9 — Интерфейс программы Agisoft Metashape с открытой вкладкой «Обработка» и примером окна настройки операции

На каждом этапе предлагается выбрать настройки операции, однако, в простейшем случае можно оставлять настройки, предлагаемые программой. При работе с большим массивом данных необходимо учитывать возможности используемого для обработки компьютера, т.к. при недостаточной мощности получить результаты высокого качества не получиться. В этом случае в настройках операций необходимо задавать низкое или, максимум, среднее значение.

Задание 1. Используя массив фотографии беспилотной съемки создать цифровую модель местности и ортофотоплан в видимом спектре. Сохранить результаты в формате .GeoTIFF.

Задание 2. Создать ортофотопланы по массиву данных беспилотной мультиспектральной съемки в красном (RED) и ближнем инфракрасном спектрах (NIR). Сохранить результаты в формате .GeoTIFF.

Съемка камерой беспилотника Phantom4multispectral проводится в 6 спектрах. В связи с этим массив данных мультиспектральной съемки содержит файлы разных форматов и значительно больше по объему чем материалы обычной съемки. В результате при загрузке в Agisoft Metashape может кратно увеличиваться время обработки данных. А в случае невысоких технических характеристик аппаратного обеспечения программа вообще может не справляться с обработкой. Для решения проблемы предварительно необходимо провести простейшие операции по выборке и упорядочиванию данных через, например, стандартные инструменты Total Commander. Файлы с фотографиями в разных спектрах разбиваются на группы, и их обработка проводится отдельно. Особенно это удобно, если в дальнейшей работе нужны материалы съемки лишь в 1–2 спектрах.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

Анализ состояния экосистем средствами ГИС. Определение индекса NDVI

Цель работы: освоить некоторые инструменты анализа и обработки дистанционных данных QGIS используемые для оценки состояния экосистем и моделирования их элементов.

Материалы и оборудование: результаты лабораторной работы № 3, QGIS, компьютер.

Теория.

1. Для определения состояния экосистем по фотосинтетической активности растительности часто используется NDVI — индекс растительности, основанный на разности спектральных каналов. NDVI (Normalized Difference Vegetation Index, нормализованный разностный вегетационный индекс) — пожалуй, самый распространённый спектральный индекс, используемый для оценки состояния и плотности растительного покрова на основе данных дистанционного зондирования Земли. NDVI позволяет количественно оценить «зелёность» ландшафта, что делает его незаменимым инструментом в экологии, сельском и лесном хозяйстве, климатологии и других областях.

NDVI основан на принципе отражательной способности растений в разных диапазонах электромагнитного спектра. Здоровая растительность активно поглощает свет в видимом красном диапазоне (около 650–700 нм) для фотосинтеза и сильно отражает свет в ближнем инфракрасном диапазоне (около 750–900 нм) из-за структуры клеток листьев.

Формула NDVI выглядит следующим образом:

$$\text{NDVI} = (\text{NIR} - \text{Red}) / (\text{NIR} + \text{Red})$$

где:

- NIR — отражённая радиация в ближнем инфракрасном диапазоне,
- Red — отражённая радиация в красном видимом диапазоне.

Значения NDVI варьируются от –1 до +1:

- от –1 до 0: обычно соответствуют водным объектам, снегу, облакам или голой почве или абсолютно застроенным участкам.
- от 0 до 0,2: редкая или отсутствующая растительность (пустыни, урбанизированные территории).
- от 0,2 до 0,5: умеренная растительность (кустарники, луга).
- от 0,5 до 1: густая и здоровая растительность (леса, сельхозугодья в фазе активного роста).

Надо учитывать, что такая трактовка индекса очень приблизительна и поверхностна. Поэтому в большинстве случаев NDVI используется как маркер для проведения более детальных исследований.

Область применения NDVI очень широка. В экологии и мониторинге экосистем индекс используется для оценки биомассы, продуктивности экосистем и изменений в растительном покрове. С его помощью отслеживают последствия засух, пожаров, вырубок лесов и деградации земель. Например, снижение NDVI в течение ряда лет может указывать на процессы опустынивания.

В сельском хозяйстве фермеры и агрономы используют NDVI для точного земледелия: выявления зон стресса у растений, определения оптимальных сроков посева и уборки урожая, оценки эффективности полива и внесения удобрений. На основе NDVI строятся карты урожайности и принимаются решения по управлению полями. Лесному хозяйству NDVI помогает в мониторинге здоровья лесов, выявлении очагов вредителей и болезней, а также в оценке последствий лесных пожаров. Также индекс используется при планировании лесовосстановительных мероприятий. В урбанистике NDVI применяется для оценки «зелёных зон» в городах, анализа температурных аномалий («городских островов тепла») и разработки стратегий по озеленению и т.д.

NDVI рассчитывается на основе данных снимков со спутников, таких как Landsat (NASA/USGS), Sentinel-2 (ESA), MODIS (на борту спутников Terra и Aqua), а также с помощью беспилотных летательных аппаратов (БЛА) и комплексов, оснащённых мультиспектральными камерами.

Задание. Построить карту NDVI используя данные построений лабораторной работы № 3 и инструментарий QGIS.

Откройте QGIS. Загрузите картографическую подложку OSM. Загрузить данные мультиспектральной съемки в красном и ближнем инфракрасном спектре полученные в предыдущей работе в QGIS. Сохраните проект.

Откройте Калькулятор растров (вкладка *Растр* → *Калькулятор растров*) и заполните поля выпадающего меню (рис. 10).

При заполнении поля *Выражение* двойным щелчком левой кнопки мыши выбирайте необходимый растр из списка *Каналы растров*, а знаки действий и скобки из списка *Операторы*. Можно использовать также символы на клавиатуре. Если все заполнено верно, кнопка *OK* станет активной.

В результате выполнения операции получится одноканальное серое изображение, которое необходимо настроить. Сначала убираем растр за пределами территории съемки: *Свойства* → *Прозрачность* → *Добавить значение с экрана* () → *Применить*. Далее во вкладке *Свойства* → *Стиль* задаем желаемые параметры изображения (рис. 11):

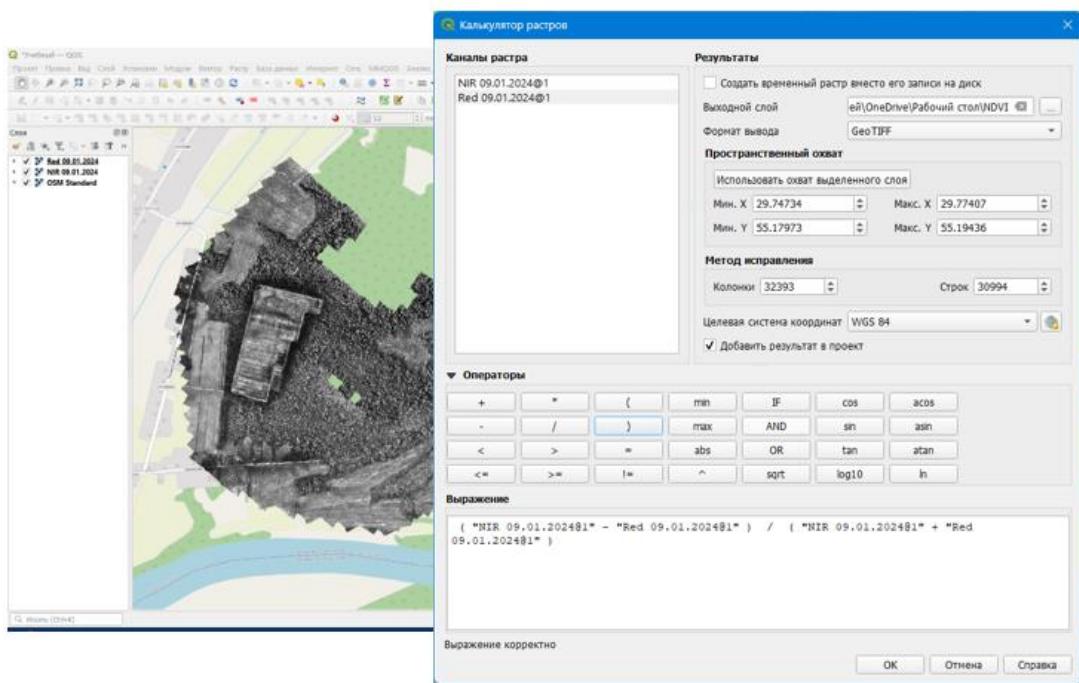


Рисунок 10 — Заполненное меню «Калькулятор растров»

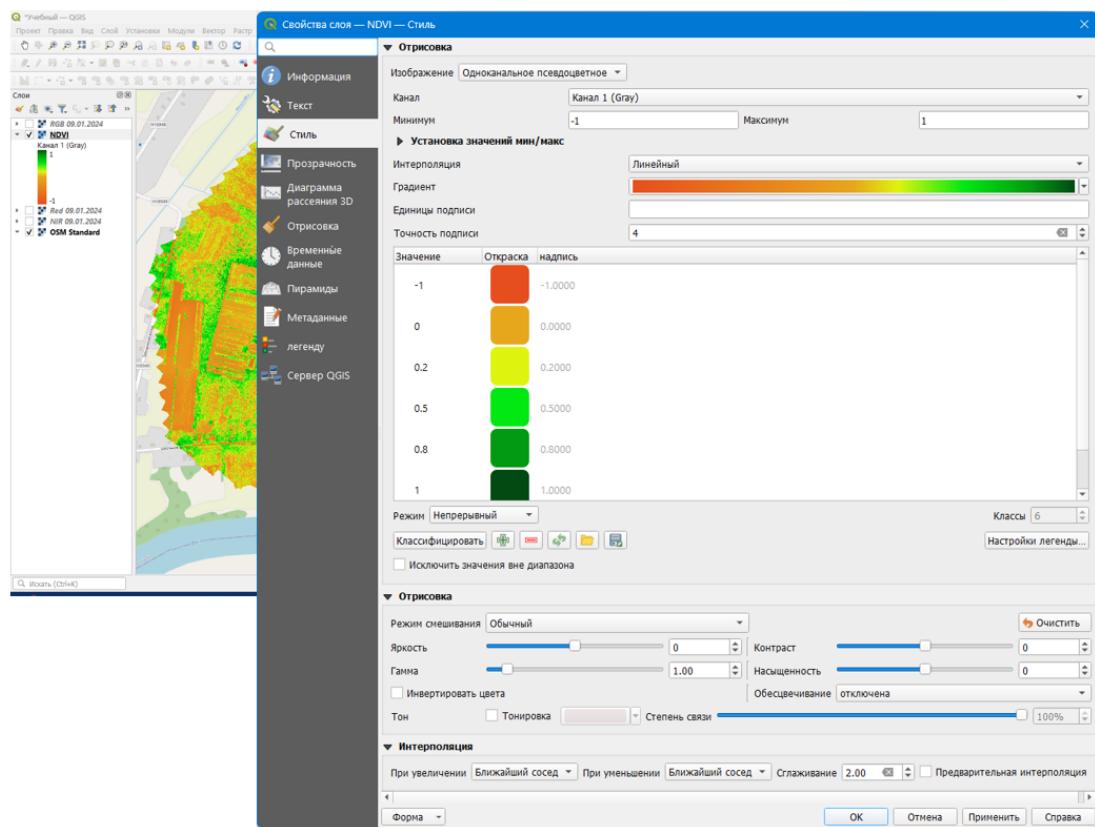


Рисунок 11 — Заполненная вкладка «Стиль» с настройками карты NDVI

Загрузите ортофотоплан полученный на предыдущем занятии. Сравните визуальные характеристики поверхности и значения индекса.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

Визуализация результатов анализа загрязнения атмосферы с помощью специализированного программного обеспечения УПРЗА «Эколог»

Цель работы: изучить инструментарий УПРЗА «Эколог» для расчета и визуализации зон рассеивания загрязнений с учетом векторных данных о городской застройке.

Оборудование и материалы: компьютер, интернет, УПРЗА «Эколог».

Теория.

Унифицированная программа расчета загрязнений атмосферы УПРЗА «Эколог» представляет собой комплекс решений по экологической оценке состояния воздушного бассейна.

Основным назначением программы УПРЗА «Эколог» и связанной с ней ГИС «Эколог» является *расчет приземных концентраций загрязняющих веществ в атмосфере* в соответствии с «Методикой расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах промышленных предприятий (ОНД-86)» и визуализация результатов этих расчетов. Программа позволяет по данным об источниках выброса веществ и условиях местности рассчитывать разовые (осредненные за 20–30 минутный интервал) концентрации веществ в приземном слое при любых метеорологических условиях.

Программа позволяет:

- Учитывать влияние рельефа;
- Учитывать фоновые концентрации;
- Определять границы нормативных санитарно-защитных зон;
- Заносить карты-схемы предприятия.

Проектом называется совокупность информации, связанной с одним предприятием, включающая в себя описания всех объектов, участвующих в расчете, результаты расчетов, а также настройки отображения и вспомогательные объекты, используемые для повышения качества представлении результата расчета (векторные и растровые подложки).

Проект сохраняется в одном файле, расположение которого выбирается пользователем. Файлы проектов имеют расширение .LEM, остальную часть имени файла вводит пользователь при сохранении проекта.

Над проектами предусмотрены следующие действия:

- Создание нового проекта;
- Сохранение нового проекта;
- Открытие проекта, созданного ранее.

Все эти действия можно выполнить с помощью соответственных команд меню программы (рис. 12).

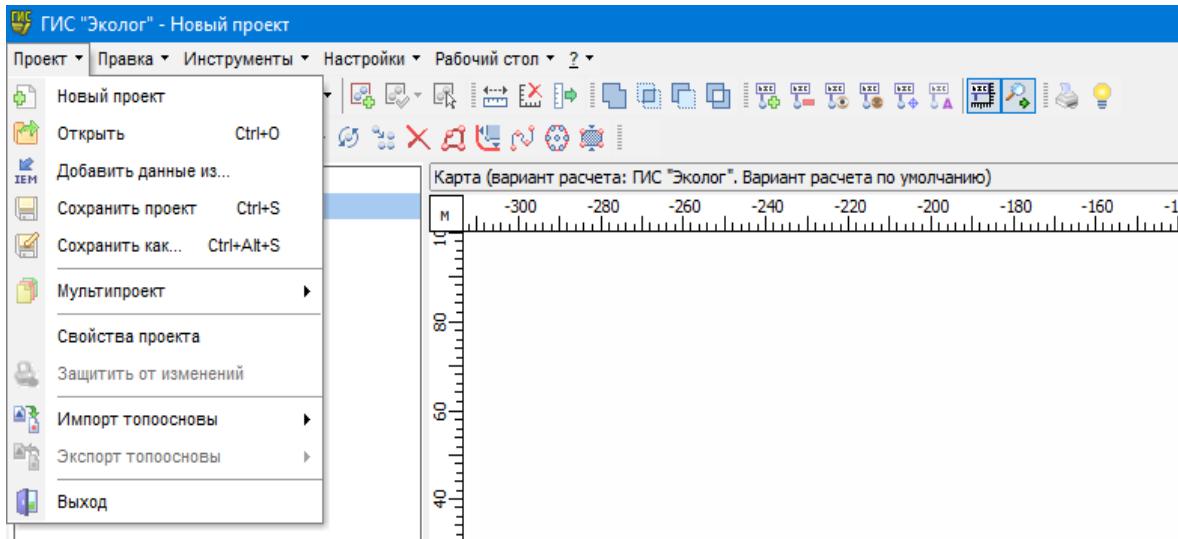


Рисунок 12 — Команды меню программы

Главное окно программы состоит из следующих частей:

1. Главное меню программы (рис. 13). В данном меню собраны все команды, при помощи которых осуществляется управление работой программы.

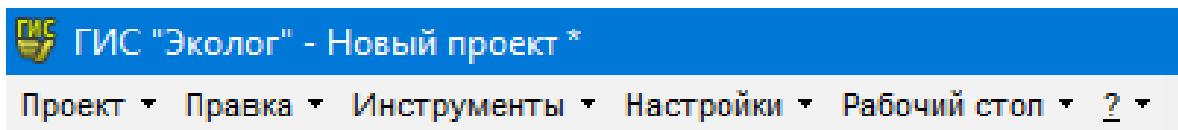


Рисунок 13 — Главное меню программы

2. Панель инструментов (рис. 14). Здесь находятся всех основные команды, наиболее часто использующиеся при работе с программой.



Рисунок 14 — Панель инструментов

3. Дерево слоев и фигур. Содержит информацию обо всех объектах проекта и их подчиненности (рис. 15).

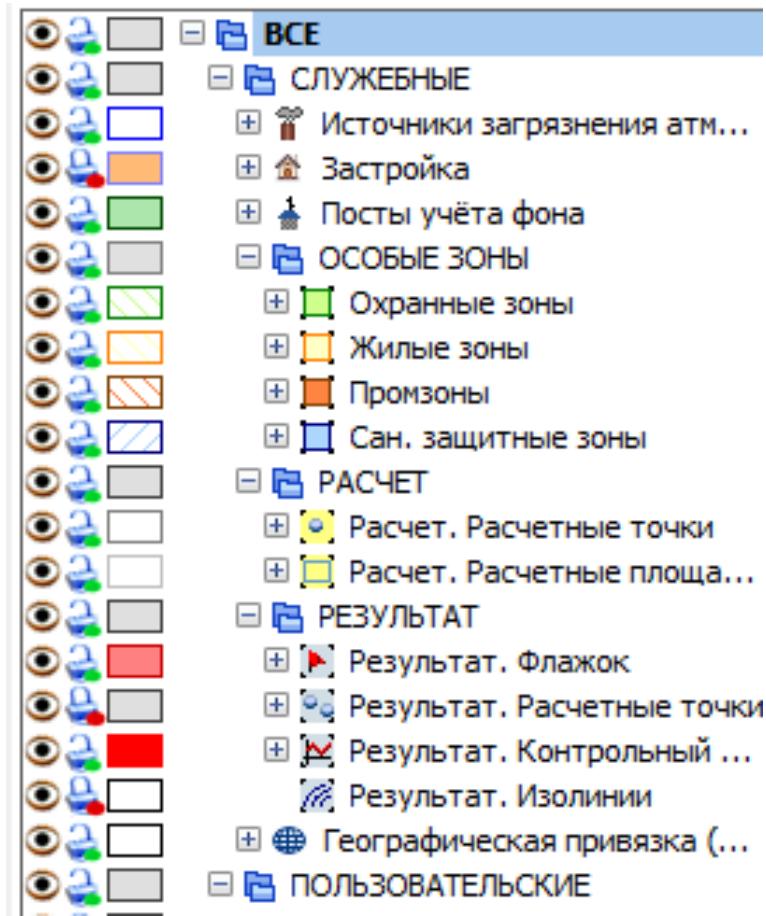


Рисунок 15 — Дерево слоев и фигур

4. Карта (рис. 16). Инструмент ввода графической информации и первичного анализа расчетных данных.

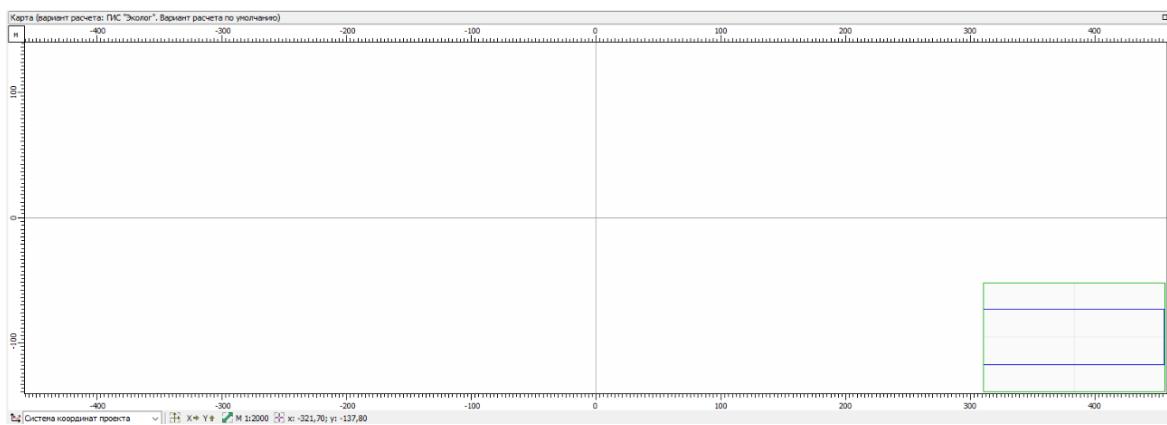


Рисунок 16 — Окно карты

5. Панель «Свойства фигур» (рис. 17). Предназначена для просмотра и редактирования графических свойств выделенных объектов (для фигур каждого вида предусмотрен специализированный диалог).

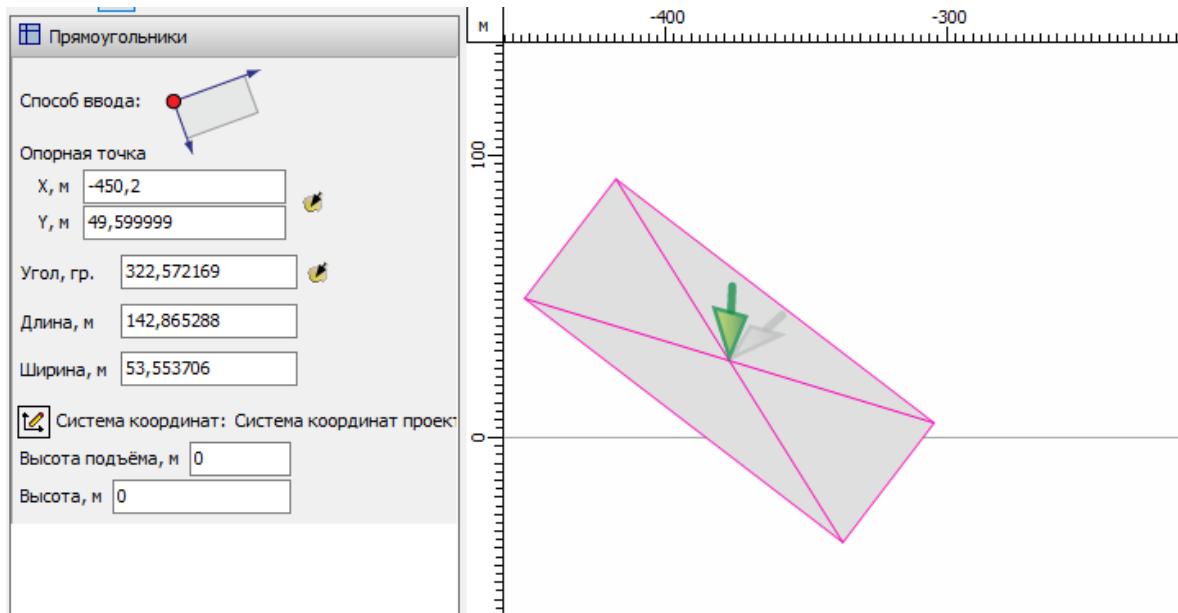


Рисунок 17 — Панель «Свойства фигур»

В программе предусмотрены раздельные настройки для разных видов геометрических фигур, а именно:

- точек;
- прямоугольников;
- расчетных площадок;
- полигональных эллипсов;
- эллипсов-полилиний;
- подложек;
- отрезков;
- полигонов.

Помимо этого, отдельный диалог редактирования свойств предусмотрен для выносок — вспомогательных объектов, не участвующих в расчете, но играющих значительную роль при оформлении проекта.

Задание 1. Моделирование зон рассеивания загрязняющих веществ с учетом застройки городской территории. Предварительно необходимо скачать базу данных территориальной организации исследуемого участка (<https://newsdo.vsu.by/mod/page/view.php?id=717337>). Открыть УПРЗА «Эколог» и выбрать заранее скачанную базу данных. Перейти в ГИС «Эколог» (Вкладка Вид → Новый вариант исходных данных (F5) → ГИС).

Нанести источники загрязнения (рис. 18) (*Источник загрязнения* → *Автомагистраль*).

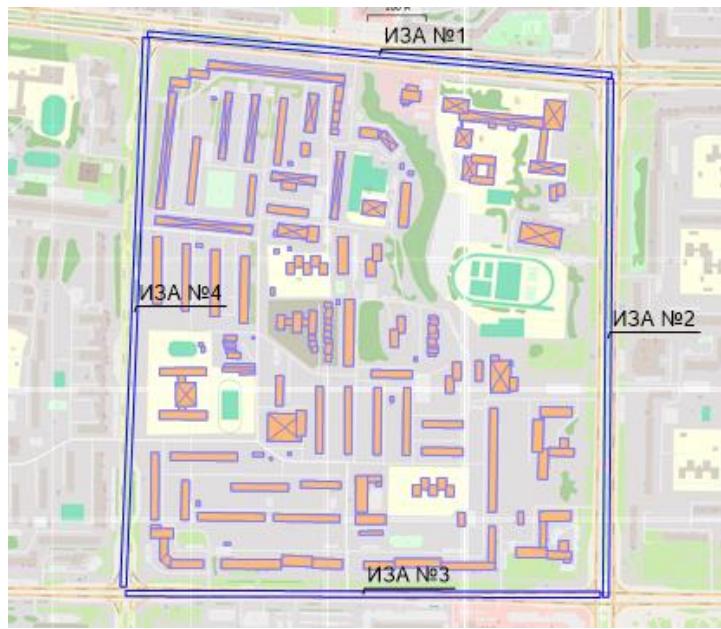


Рисунок 18 — Нанесение источников загрязнения

Нанести расчетную площадку, расчетные точки и изменить их высоту.

Для нанесения расчетных точек необходимо зайти в ГИС «Эколог» через «Варианты расчета». Расчетные точки наносятся с помощью инструмента «Расчетная точка» (рис. 19). Расчетные точки наносятся вблизи жилой застройки, учреждений образования, на жилую застройку, на жилые зоны.

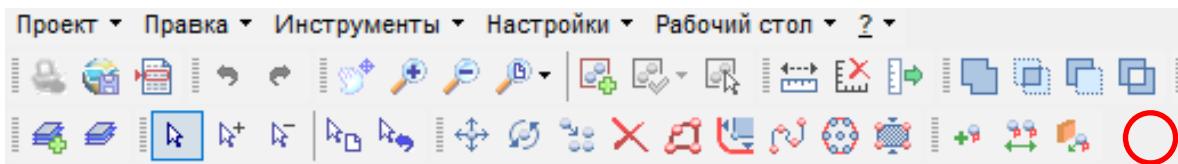


Рисунок 19 — Инструмент «Расчетная точка»

При необходимости выбираем тип расчетной точки (рис. 20).

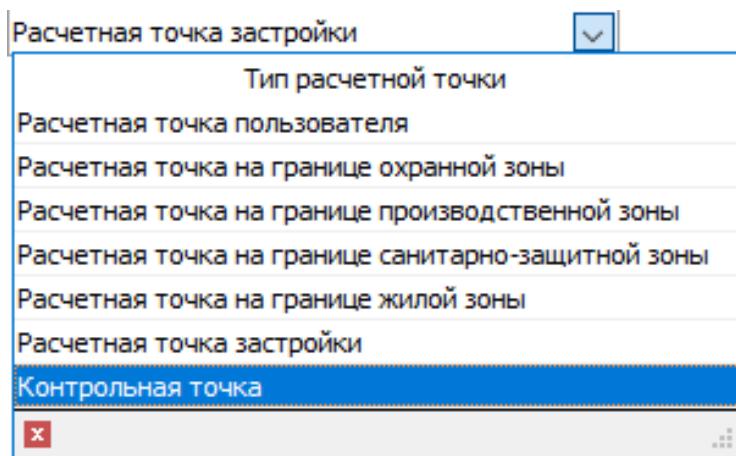


Рисунок 20 — Типы расчетных точек

Для изменения высоты расчетных точек необходимо в УПРЗА «Эколог» перейти:

1. «Новый вариант исходных данных»;
2. «Варианты расчета»;
3. «Расчетные области»;
4. «Расчетные точки».

В колонке «Высота» изменяем высоту расчетных точек (для расчетных точек застройки высота 40 м, для расчетных точек жилой зоны — 2 м).

Внести данные о загрязняющих источниках, приведенных в таблицах 1, 2 (УПРЗА «Эколог» → в окно «ВИД» → Новый вариант исходных данных → окно «Выброс источника» → в столбец «Код» ввести код вещества из справочника загрязняющих веществ → в столбцы «г/с до очистки», «т/год до очистки», «Средний(г/с)» внести данные по загрязнениям).

№ участка	CO	NO _x	CH ₄	PM 2.5
1	8,4623723	0,0431892	3,2681133	0,2138561
2	8,5135097	0,0443951	3,3068296	0,2103840
3	8,4831561	0,0449612	3,2763001	0,1935716
4	8,4831970	0,0455212	3,2624961	0,2123089

Таблица 1 — Данные загрязнения атмосферного воздуха автотранспортом в точках наблюдений, г/с

№ участка	CO	NO _x	CH ₄	PM 2.5
1	266,8693728	1,3620146	103,0632210	6,7441659
2	268,4820418	1,4000438	104,2841782	6,6346698
3	267,5248107	1,4178964	103,3213999	6,1044739
4	267,5261005	1,4355565	103,3213999	6,6953734

Таблица 2 — Данные загрязнения атмосферного воздуха автотранспортом в точках наблюдений, т/г

где:

CO — оксид углерода (код 0337); NO_x — оксиды азота (код 0301); CH₄ — метан (код 0410); PM 2.5 — мелкодисперсные частицы, не превышающие в диаметре 2,5 микрон (код 0010).

Провести моделирование зон рассеивания (УПРЗА «Эколог» → окно «ВИД» → «Новый вариант исходных данных» → окно «Источники» → окно «Вещества» → «Обновить таблицу» → окно «Варианты расчета» → запуск расчетного модуля → выбор типа расчетного модуля и сезона, для которого проводится расчет → «Запуск»).

После окончания расчета, в результатах расчета необходимо выбрать проведенный расчет и перейти в ГИС «Эколог». При переходе в ГИС «Эколог» расчетные данные автоматически появляются в результатах по расчетным точкам. Для графического отображения результатов в ГИС «Эколог»

необходимо нажать «Расчеты» и выбрать все вещества и получить результат в виде картосхемы (рис. 21).

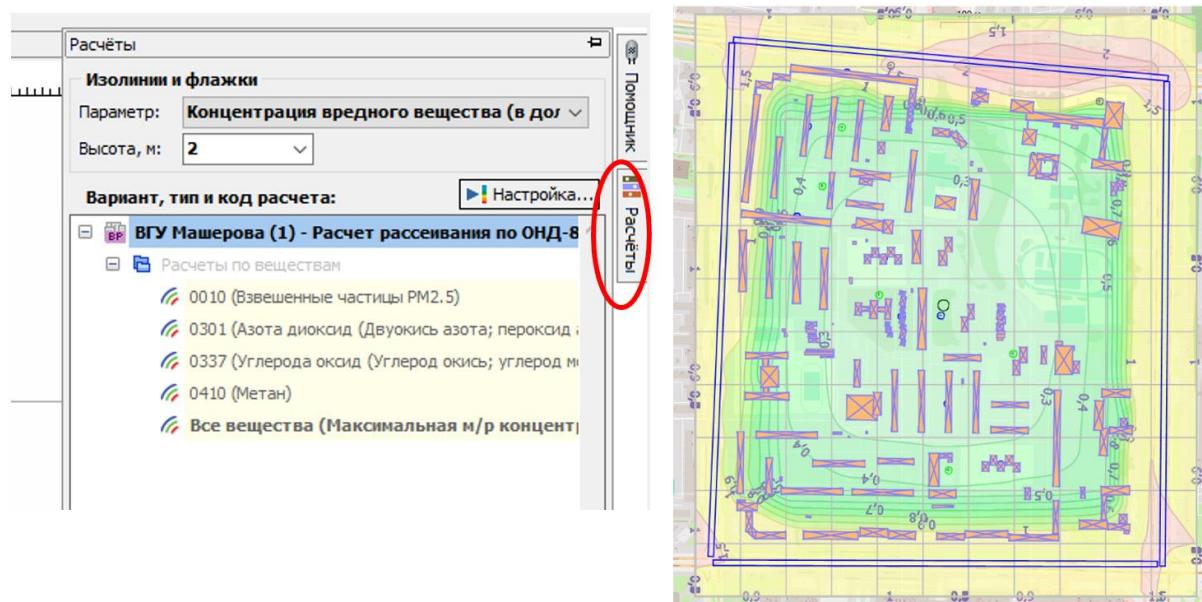


Рисунок 21 — Работа вкладки «Расчеты» и полученный результат

После завершения работы над проектом, необходимо сохранить его и закрыть программу.

СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ

Геоинформационная система (ГИС) — система сбора, хранения, анализа и картографической визуализации пространственных данных и связанной с ними информации об объектах.

Грид (grid, решетка) — в ГИС это растровая модель, представляющая поверхность в виде регулярной сетки равных по размеру ячеек, организованных в строки и столбцы. Каждая ячейка (пиксель) имеет определенное значение, которое может описывать категорию (например, тип почвы) или количественную характеристику (например, высоту).

Интерполяция — это процесс математического построения непрерывной поверхности (или растрового слоя) на основе дискретных (точечных) данных, позволяющий оценить значения в промежуточных точках, где измерения не проводились.

Карта глубин — в Agisoft Metashape это изображение, где каждый пиксель отображает расстояние от камеры до объекта, позволяя строить трехмерные модели, плотные облака точек и выполнять дальнейший анализ сцены. Карты глубин создаются путем попарного расчета глубины на основе перекрывающихся фотографий, а затем объединяются для создания более точного цифрового представления рельефа и объектов.

Мультиспектральная камера — это оптическое устройство, которое фиксирует изображения объекта сразу в нескольких узких диапазонах электромагнитного спектра, от ультрафиолетового до инфракрасного. Сравнивая изображения, полученные в разных спектральных каналах, можно получить детальную информацию о физических и химических свойствах объектов, которую невозможно увидеть при обычной фотосъемке.

Ортофотоплан — это фотографический план местности, который совмещает в себе точность карты и детальность фотографии, свободный от искажений рельефа и наклона камеры, с точной привязкой к системе координат. Он создается на основе аэрофотосъемки или спутниковых снимков путем их ортотрансформирования, устранившего перспективные искажения. Ортофотопланы используются для создания карт, землеустройства, проектирования, мониторинга и других задач, требующих точного изображения земной поверхности.

УПРЗА — это *Унифицированная Программа Расчёта Загрязнения Атмосферы*, предназначенная для расчёта рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере и определения влияния выбросов предприятий на окружающую среду. Она помогает рассчитывать концентрации вредных веществ, определять границы санитарно-защитных зон (СЗЗ), учитывать рельеф местности и фоновые концентрации.

Фотограмметрическая обработка — это научно-технический процесс получения надежной визуальной информации о реальных объектах и окружающей среде путем измерения и интерпретации фотографических изображений. Результатом такой обработки является создание точных пространственных данных — например, ортофотопланов, цифровых моделей рельефа и местности (ЦМР/ЦММ), а также трехмерных моделей объектов.

QGIS (Quantum GIS) — бесплатная геоинформационная система (ГИС) с открытым исходным кодом, которая позволяет просматривать, редактировать, анализировать и визуализировать геопространственные данные. Используется для создания карт и управления пространственной информацией. Работает на различных операционных системах, включая Linux, Windows, macOS и Android.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Пугачёва, И.Г. Компьютерная визуализация экологической информации: учебно-методическое пособие / И.Г. Пугачёва, О.С. Антипова. — Горки: БГСХА, 2021. — 151 с.
2. Основы геоинформатики учебник, для студентов, магистрантов, аспирантов в области наук о Земле / В.Я. Цветков. — Санкт-Петербург [и др.]: Лань, 2020. — 184.
3. Agisoft Metashape Professional: описание программы // Сайт ГК «Геоскан». — URL: https://www.geoscan.ru/ru/software/agisoft/metashape_pro (дата обращения: 25.09.2025).
4. УПРЗА «Эколог» Руководство пользователя // Сайт ГК «Интеграл». — URL: https://integral.ru/Integral/userguides/uprza_ecolog.pdf/ (дата обращения: 15.10.2025).
5. «ГИС Эколог»: Геоинформационная программная платформа. Версия 1. Руководство пользователя // Сайт ГК «Интеграл». — URL: <https://integral.ru/Integral/userguides/EcoMap.pdf> (дата обращения: 15.10.2025).
6. Руководство пользователя QGIS // Документация QGIS 3.40. — URL: https://docs.qgis.org/3.40/ru/docs/user_manual/index.html (дата обращения: 15.10.2025).