

# Основы геоинформатики: практикум в QGIS

Андрей Энтин, Тимофей Самсонов

2020-07-14



# Contents

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Общие сведения</b>  | <b>7</b>  |
| Учебные материалы . . . . .  | 7         |
| Программа зачета . . . . .   | 8         |
| Программное обеспечение для работы . . . . .                                       | 8         |
| <br>   |           |
| <b>I Основы работы с QGIS</b>  | <b>19</b> |
| <br>   |           |
| <b>1 Создание общегеографической карты</b>   | <b>21</b> |
| 1.1 Введение . . . . .   | 21        |
| 1.2 Начало работы . . . . .  | 22        |
| 1.3 Настройка системы координат . . . . .  | 24        |
| 1.4 Навигация по карте . . . . .   | 26        |
| 1.5 Оформление рельефа . . . . .   | 27        |
| 1.6 Добавление векторных наборов данных . . . . .                                  | 30        |
| 1.7 Использование атрибутов объектов при визуализации .                            | 32        |
| 1.8 Подписи . . . . .  | 35        |
| 1.9 Настройка компоновки карты . . . . .   | 37        |
| <br>   |           |
| <b>2 Создание карты четвертичных отложений</b>                                     | <b>41</b> |
| 2.1 Введение . . . . .   | 41        |
| 2.2 Начало работы . . . . .  | 42        |
| 2.3 Добавление данных в проект . . . . .   | 44        |
| 2.4 Применение готового стиля к слою . . . . .                                     | 46        |
| 2.5 Создание набора пространственных данных из таблицы<br>с координатами . . . . . | 47        |
| 2.6 Оформление карты . . . . .   | 49        |

|   |           |
|---|-----------|
| <b>3 Привязка и цифрование административной карты</b>   | <b>51</b> |
| 3.1 Введение . . . . .  | 51        |
| 3.2 Добавление базовых данных . . . . .   | 52        |
| 3.3 Привязка карты . . . . .  | 54        |
| 3.4 Создание слоя избирательных округов . . . . .   | 58        |
| 3.5 Расчет статистики по округам . . . . .  | 64        |
| 3.6 Построение картодиаграмм . . . . .  | 69        |
| 3.7 Использование базовых слоёв из сети Интернет . . . . .  | 73        |
| 3.8 Оформление итоговой схемы . . . . .   | 75        |
| <b>II Векторный анализ</b>  | <b>77</b> |
| <b>4 Анализ пространственных взаимосвязей</b>   | <b>79</b> |
| 4.1 Введение . . . . .  | 79        |
| 4.2 Визуальный анализ векторных слоев . . . . .   | 81        |
| 4.3 Оверлей слоев методом пересечения . . . . .   | 85        |
| 4.4 Слияние результатов пересечения с целью получения показателя пространственной связи . . . . . | 87        |
| 4.5 Объединение подтипов почв для подсчёта суммарной площади . . . . .                            | 89        |
| 4.6 Расчёт площадей объектов . . . . .  | 90        |
| 4.7 Соединение таблиц по названию подтипа почв . . . . .  | 92        |
| 4.8 Вычисление результирующих значений показателя связи   | 94        |
| <b>III Растровый анализ</b>   | <b>97</b> |
| <b>5 Оптимизация местоположения</b>   | <b>99</b> |
| 5.1 Введение . . . . .  | 99        |
| 5.2 Добавление исходных данных . . . . .  | 101       |
| 5.3 Расчет углов наклона . . . . .  | 102       |
| 5.4 Расчет расстояний . . . . .   | 105       |
| 5.5 Переклассификация наборов данных . . . . .  | 112       |
| 5.6 Нахождение мест с наилучшей комбинацией факторов с помощью взвешенного оверлея . . . . .      | 125       |
| 5.7 Окончательный выбор участка . . . . .   | 127       |

**CONTENTS** 5

|  |            |
|--|------------|
| <b>6 Гидрологическое моделирование на основе ЦМР</b>     | <b>129</b> |
| 6.1 Введение . . . . .                                   | 129        |
| 6.2 Получение и подготовка исходных данных . . . . .     | 131        |
| 6.3 Гидрологическая коррекция ЦМР . . . . .              | 136        |
| 6.4 Расчёт водосборной площади . . . . .                 | 137        |
| 6.5 Определение границ бассейна р. Оскол . . . . .       | 139        |
| <b>A Форматы пространственных данных</b>                 | <b>145</b> |
| A.1 Шейп-файлы . . . . .                                 | 145        |
| A.2 GeoPackage . . . . .                                 | 145        |
| A.3 Базы геоданных ESRI . . . . .                        | 145        |
| <b>В Инструкция по регистрации в системе Мастер-тест</b> | <b>147</b> |



# Общие сведения

Если вы ищете практикум на основе **ArcGIS**, то он находится [тут](#).

## Учебные материалы

- **Учебник:** Лурье И. К. *Геоинформационное картографирование. Методы геоинформатики и цифровой обработки космических снимков: Учебник для вузов.* 2-е изд. – М.: КДУ, 2010. [PDF](#)
- **Пособие:** Лурье И. К., Самсонов Т. Е. *Информатика с основами геоинформатики. Часть 2. Основы геоинформатики.* Учебное пособие. Москва. Изд-во МГУ, 2016. [PDF](#)
- **Практикум в ArcGIS:** Самсонов Т. Е. *Основы геоинформатики: практикум в ArcGIS.* — Географический факультет МГУ Москва, 2018. — 460 с. DOI: 10.5281/zenodo.1167857. [Website](#)
- **Практикум в QGIS:** Энтин А. Л., Самсонов Т. Е. *Основы геоинформатики: практикум в QGIS.* [Website](#)
- **Презентации:**
  - *Фундаментальные понятия геоинформатики:* [PDF](#)
  - *Географическая информация:* [PDF](#)
  - *Программное обеспечение ГИС (17 апреля):* [PPT](#)
  - *Обзор программных средств ГИС (17 апреля):* [PPT](#)
  - *Технологии пространственного моделирования (20 марта, 27 марта):* [PPT](#)

- Основные этапы развития ГИС. Типы ГИС (10 апреля): [PPT](#)
- Проектирование ГИС. Разработка ГИС-проекта (10 апреля): [PPT](#)
- Обзорная лекция (24 апреля): [PPT](#)

## Программа зачета

Для подготовки к зачету следует использовать перечень вопросов, представленный ниже. Данный перечень можно также [просмотреть](#) непосредственно в *Google Docs* или [скачать](#) в формате *Microsoft Excel*.

## PhantomJS not found. You can install it with webshot::install\_phantomjs().

Темы для подготовки составлены И. К. Лурье (лектор) и Т. Е. Самсоновым.

## Программное обеспечение для работы

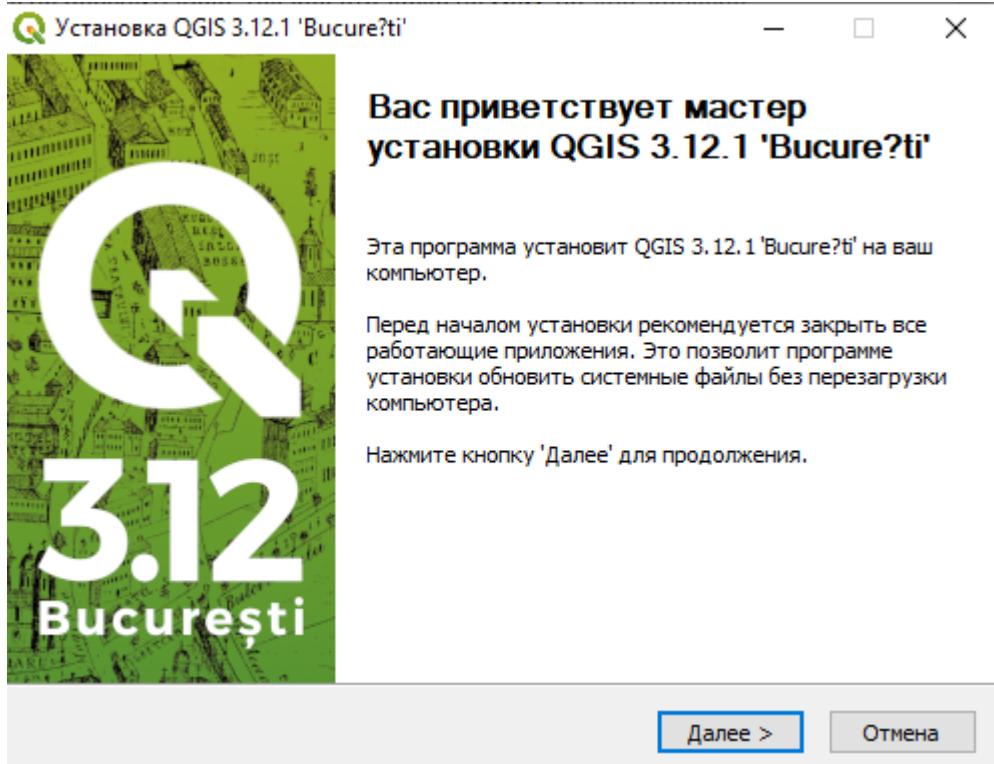
Для работы вам потребуется скачать и установить на свои компьютеры геоинформационное приложение QGIS. Это свободно распространяемое программное обеспечение, для его установки не требуется покупка или регистрация.

### Windows

Скачайте с официального сайта последнюю стабильную версию QGIS (3.10). Выберите версию в зависимости от разрядности вашей системы: [64 bit](#), [32 bit](#).

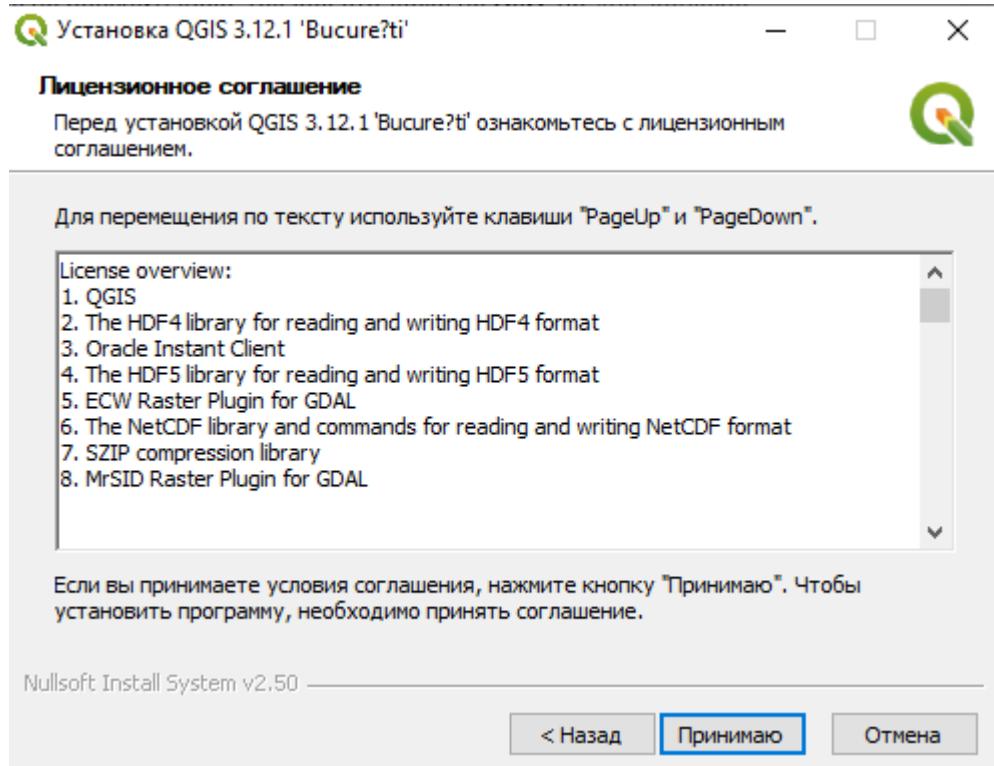
Когда исполняемый файл загрузится, запустите его. Если потребуется, разрешите приложению вносить изменения на вашем устройстве.

Будет показано приветственное окно мастера установки.



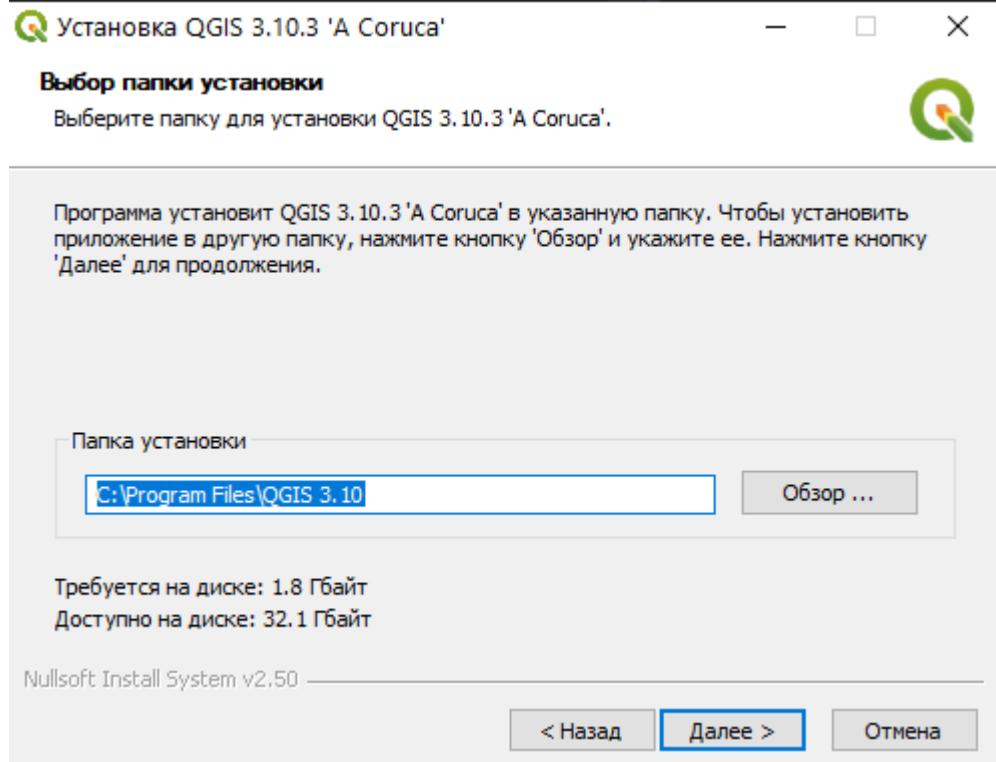
Нажмите «Далее», чтобы перейти на следующий шаг

На следующем шаге будет показано лицензионное соглашение QGIS и другого программного обеспечения, входящего в пакет поставки.

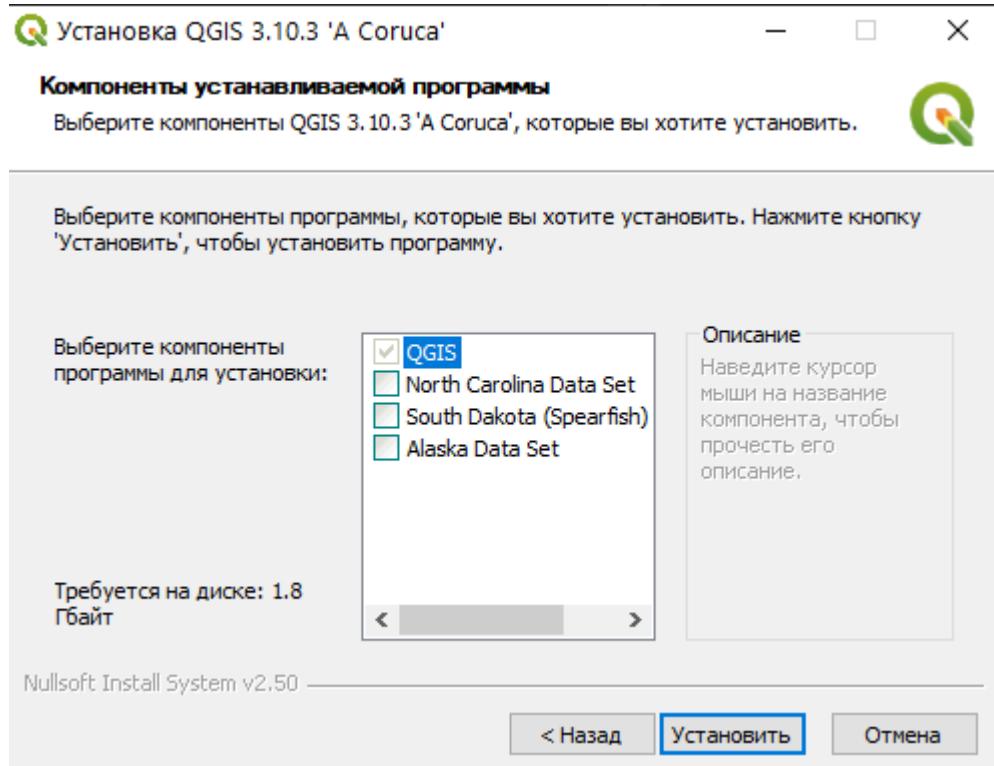


Нажмите «Принимаю».

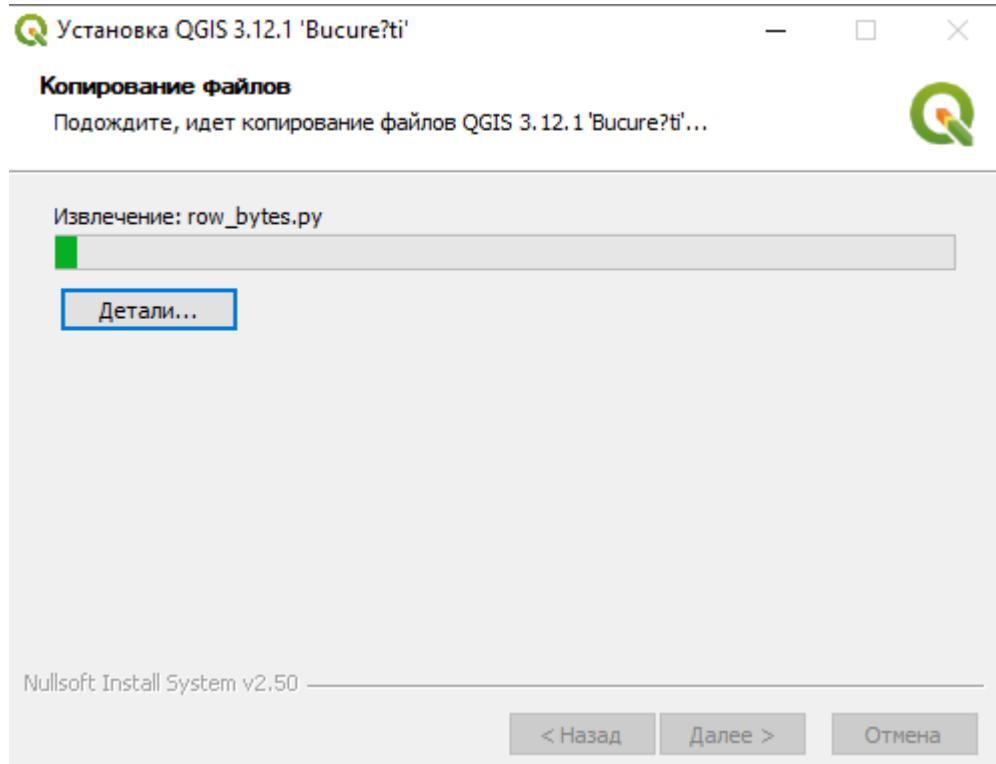
На следующем шаге выберите папку для установки. По возможности используйте расположение, предлагаемое по умолчанию.



На следующем шаге предлагается выбрать дополнительные компоненты для установки. Снимите все флагки, кроме QGIS, и нажмите «Установить»

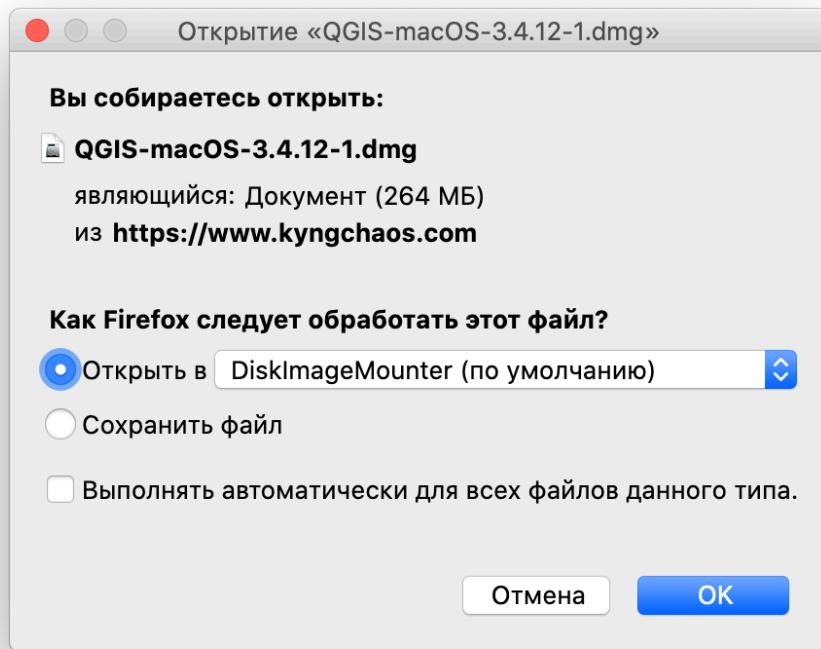


После окончания установки ярлыки QGIS будут добавлены в меню “Пуск” и в отдельную папку QGIS на рабочем столе.

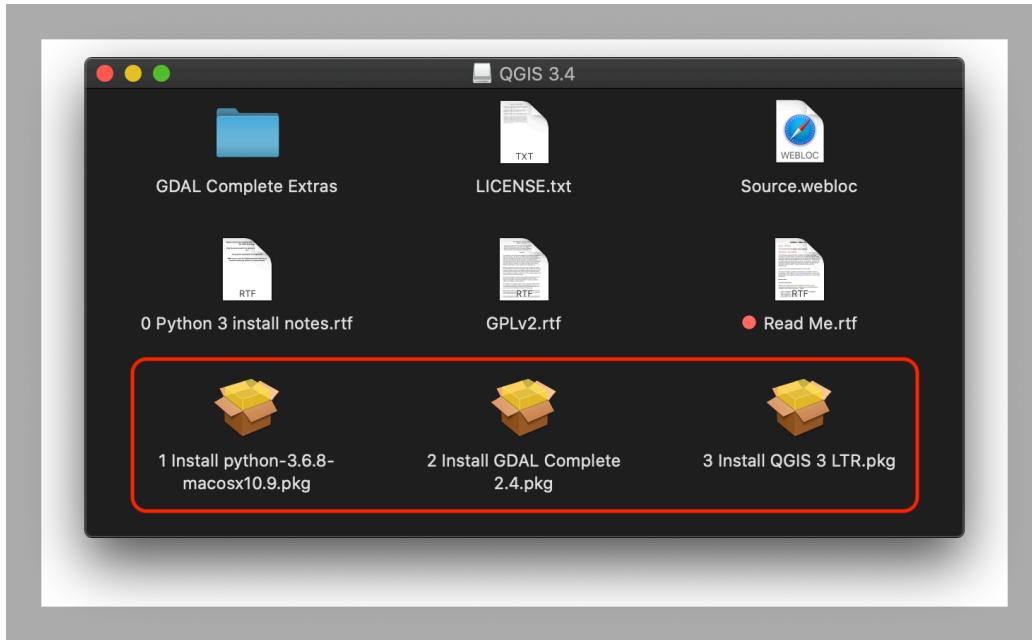


## macOS

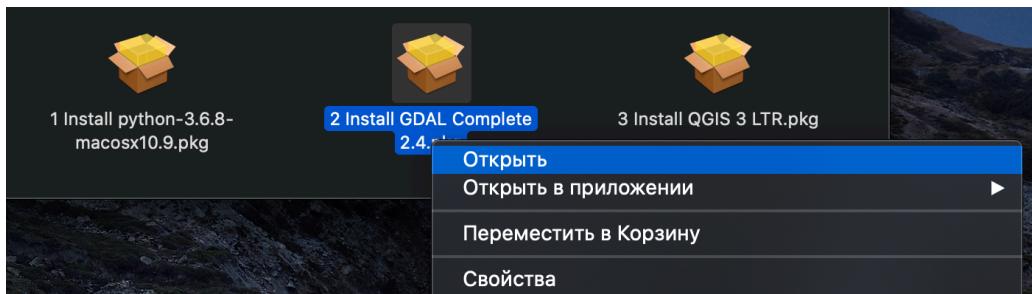
По состоянию на 2020-07-14 для прохождения практикума рекомендуется использовать альтернативную сборку версии [3.4.12](#). Перейдя по ссылке, необходимо согласиться сохранить образ установочного диска на компьютер (можно разрешить его сразу открыть средствами *DiskImageMounter*):



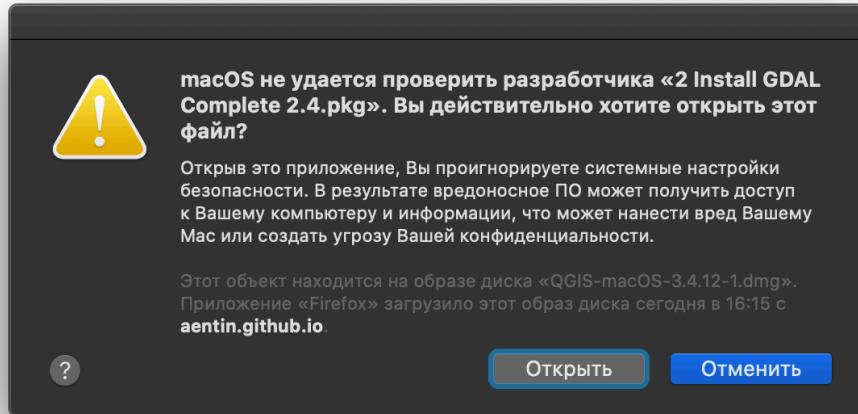
После того как образ загрузится и будет открыт, необходимо последовательно запустить три установщика, выделенные на снимке экрана ниже (именно в том порядке, в котором они пронумерованы!):



Установщики **GDAL Complete** и **QGIS 3 LTR** необходимо запускать через контекстное меню и выбирать пункт “Открыть”:



В появившемся диалоговом окне необходимо нажать “Открыть”, чтобы разрешить установку:



Все опции при установке каждой компоненты приложения оставляйте по умолчанию, ничего не меняйте и нажимайте в диалоговых окнах “Продолжить”, пока не запустится установщик.

После того как последняя компонента — **QGIS** — будет установлена, вы сможете найти приложение и запустить его из каталога *Программы* macOS:



## Linux

Воспользуйтесь инструкциями по [этой ссылке](#).

Дополнительную информацию по установке можно найти на <https://qgis.org/ru/site/forusers/download.html>.



# **Part I**

## **Основы работы с QGIS**



# Chapter 1

## Создание общегеографической карты

Архив с данными и файлом отчёта

### 1.1 Введение

**Цель задания** — знакомство с моделями пространственных объектов и базой пространственных данных. Визуализация данных на карте. Оформление легенды и компоновки карты.

**Необходимая теоретическая подготовка:** модели пространственных данных, модели пространственных объектов, базы пространственных объектов, картографические проекции.

**Необходимая практическая подготовка:** практическая подготовка не требуется.

**Исходные данные:** база географических данных на территорию Кавказских гор, собранная из нескольких источников.

**Ожидаемый результат:** общегеографическая карта гор Кавказа и прилегающих территорий масштаба 1:4 500 000.

### 1.1.1 Контольный лист

- Добавить на карту источники пространственных данных и настроить их оформление
- Настроить подписи объектов
- Создать компоновку карты и легенду
- Экспортировать результат в графический файл

## 1.2 Начало работы

**В начало упражнения**

1. Скачайте архив с исходными данными для упражнения и распакуйте его в свою рабочую директорию.
2. Запустите **QGIS**. Для запуска воспользуйтесь иконкой с названием QGIS Desktop [...] with GRASS [...].



3. Найдите **панель менеджера источников данных** и откройте **Менеджер источников данных**.
4. В менеджере источников данных в режиме браузера найдите вашу рабочую директорию, а в ней — каталог Ex01\_GeneralMap\raster\_data. В этом каталоге отображается единственный источник данных — 30n030e\_20101117\_gmted\_meal075.tif. Иконка и расширение \\*.tif (Tagged Image Tile Format) подсказывают вам, что этот источник представляет пространственные данные в растровой (регулярно-сеточной) модели.



Замечание 1: растр, с которым вы будете работать сейчас, сохранён в формате **GeoTIFF**. От «обычного» TIFF этот формат отличается тем, что сведения о пространственной привязке в GeoTIFF записываются непосредственно в файл с данными, в то время как «обычный» формат TIFF не поддерживает запись сведений о пространственной привязке, поэтому она

хранится отдельно — в [world-файле](#). В дальнейшем вы часто будете работать и с тем, и с другим способом хранения пространственных данных.

Замечание 2: файл 30n030e\_20101117\_gmted\_mea075.tif является фрагментом («тайлом») глобальной цифровой модели рельефа (ЦМР) [GMTED2010](#). Этот источник часто используется для геоинформационного анализа и картографирования. Загрузить тайлы GMTED2010 можно через сервис [EarthExplorer](#) геологической службы США.

5. Дважды щёлкните левой кнопкой мыши на название файла 30n030e\_20101117\_gmted\_mea075.tif в менеджере источников данных. В панель слоёв (по умолчанию слева) добавится слой с названием 30n030e\_20101117\_gmted\_mea075.
6. Сохраните проект QGIS в папку с материалами упражнения (на том же иерархическом уровне, где находятся .). Назовите его по шаблону <Ex01\_%Фамилия%>, где %Фамилия% — ваша фамилия латинскими буквами.

#### Скриншот 1: Окно QGIS после загрузки набора данных.

Примечание: файл проекта QGIS (\*.qgs, \*.qgz) и документ карты ArcGIS (\*.mxd) отличаются от тех файлов, с которыми вы работали ранее. В этих файлах не хранятся пространственные данные, а только ссылки на них и настройки их отображения (включая порядок слоёв, символику и подписи). Если вы перемещаете файл проекта относительно источников данных, ссылки «теряются». Поэтому важно правильно организовать структуру ГИС-проекта. В рамках нашего упражнения мы разместили файл проекта в директории более высокого уровня по отношению к тем директориям, где лежат данные. Теперь, если мы переместим всю папку Ex01 вместе со всем её содержимым, относительные пути от файла проекта до файлов данных не изменятся, и проект сохранит работоспособность. Разумеется, такое простое решение не будет оптимальным для крупных организаций

с разветвлённой структурой сетевых ресурсов, но для студенческих проектов оно, как правило, работает

### 1.3 Настройка системы координат

В начало упражнения 

В правом нижнем углу карты вы видите надпись  EPSG:4326. Нажмите на эту надпись, чтобы открыть интерфейс выбора системы координат проекта.

В открывшемся окне вы видите более подробную информацию об используемой системе координат. Код EPSG:4326 соответствует системе географических координат **WGS 84**. Термин «географическая система координат» (*geographic coordinate systems*) в ГИС означает, что координаты объектов и линейные параметры растров хранятся в виде широты и долготы. Альтернативный подход — проецированные системы координат (*projected coordinate systems*), где плановые координаты измеряются в метрических единицах.

Система координат проекта была импортирована из первого (в нашем случае — пока единственного) загруженного источника пространственных данных. Система координат WGS 84, как правило, не используется для картографирования, поэтому мы изменим систему координат проекта.

К настоящему моменту вы ещё не освоили курс «Математическая картография», в котором подробно разбираются вопросы разработки и выбора проекций для различных карт. Поэтому мы воспользуемся простым инструментом для выбора проекции — [Projection Wizard](#).

1. Перейдите на сайт [Projection Wizard](#). Настройте параметры территории и проекции следующим образом:

Класс проекции по виду искажений: **равнопромежуточная**  
Охват территории картографирования: от  $39^{\circ}$  с.ш. до  $46^{\circ}$  с.ш.,  
от  $36^{\circ}$  в.д. до  $51^{\circ}$  в.д.

Вам будет предложено две проекции. **Нажмите на ссылку PROJ.4**, соответствующей **косой азимутальной** проекции. В верхней части экрана будет отображено всплывающее окно с параметрами выбранной проекции в формате **PROJ**.

формат PROJ, ранее известный как PROJ.4 — один из трёх форматов описания системы координат, с которыми вы должны быть «на ты» по окончании курса геоинформатики. Другой формат — коды **EPSG** (удобный ресурс для поиска — [epsg.io](http://epsg.io)). Эта международная база систем координат интегрирована почти во всё современное геоинформационное и окологеоинформационное ПО, включая QGIS. Третий вариант — описание систем координат в формате Well-Known Text (WKT), применяемое в ArcGIS и некотором другом ПО.

2. Скопируйте строку PROJ в буфер обмена

Также **вставьте скопированную строку в отчётный документ**

3. В QGIS откройте меню **Установки — Пользовательские проекции...**

4. Нажмите кнопку **Добавить новую проекцию**

5. В полях для ввода ниже введите название проекции: *Azimuthal Equidistant (Caucasus)*, в поле «Параметры» скопируйте строку PROJ.

6. Нажмите **OK**.

Вы успешно добавили новую систему координат в пользовательский список. Теперь нужно применить её к проекту.

7. Откройте интерфейс выбора системы координат. Это можно сделать не только нажатием на элемент в правом нижнем углу, но и через меню **Проекты — Свойства...** (кладка **Система координат**).

8. В открывшемся меню найдите в списке свою проекцию, выберите её и нажмите **OK**.

### Скриншот 2: Окно QGIS после изменения проекции

Закройте интерфейс выбора системы координат и нажмите правой кнопкой на слой 30n030e\_20101117\_gmted\_me075 в таблице слоёв. В контекстном меню выберите **Свойства...** и в открывшемся окне перейдите на вкладку **Информация**. Вы видите, что проекция набора данных не изменилась. Просто QGIS умеет трансформировать наборы данных для отображения их в целевой проекции. Это называется «перепроектирование на лету».

## 1.4 Навигация по карте

### В начало упражнения

После изменения проекции центр карты сместился таким образом, что загруженный растр перестанет помещаться во фрейм карты. Нам в любом случае необходимо увеличить масштаб и переместить изображение, чтобы иметь возможность рассмотреть территорию картографирования более детально. Воспользуемся этим как поводом для освоения инструментов панели инструментов перемещения по карте:



Изучите функционал инструментов перемещения по карте. Некоторые из них могут быть задействованы независимо. Например, масштабирование выполняется прокруткой колеса мыши, а перемещение по карте — движением мыши с зажатой средней кнопкой.

Когда освоитесь с функциями перемещения по карте, установите масштаб карты равным 1:5 000 000. Это можно сделать в элементе «Масштаб» в нижней панели QGIS. После этого переместите изображение таким образом, чтобы Кавказские горы простирались из северо-западного угла к юго-восточному.

## 1.5 Оформление рельефа

### В начало упражнения

Изображение рельефа, которые вы видите, представляет собой так называемую аналитическую отмыкку по высоте. Для аналитической отмыкки используется шкала оттенков серого, применяемая по умолчанию. Мы будем использовать аналитическую отмыкку по высоте вместе со светотеневой отмыккой.

1. Откройте свойства слоя `30n030e_20101117_gmted_me075` и перейдите на вкладку **Стиль**.
  2. Измените тип представления с *Одноканальное серое* на *Одноканальное псевдоцветное*.
  3. Установите минимальное значение равным *0*, а максимальное значение – *4000*.
  4. В строке выбора градиента нажмите правой кнопкой на шкалу и в открывшемся контекстном меню выберите опцию **Создать новый градиент**
  5. В появившемся всплывающем окне в ниспадающем списке выберите тип градиента *Catalog: cpt-city* ([подробнее о cpt-city](#))
  6. В открывшемся каталоге в разделе *Topography* выберите градиент *c3t3* и нажмите **OK**
  7. После нажатия **OK** были закрыты все окна, кроме окна свойств слоя `30n030e_20101117_gmted_me075`. Нажмите **OK**, чтобы применить изменения символики и закрыть окно.
- Вы успешно применили аналитическую отмыкку по высоте к цифровой модели рельефа. Но для красочного, визуально привлекательного изображения этого недостаточно. Помимо аналитической отмыкки по высоте, мы создадим светотеневую отмыкку.
8. Щёлкните правой кнопкой мыши по слою `30n030e_20101117_gmted_me075` в таблице слоёв и в контекстном меню нажмите **Дублировать слой**.

Дубликат слоя будет помещён в таблице слоёв ниже исходного слоя, выключен, а к его имени будет приписано “копия”.

**Обратите внимание, что оба слоя используют один и тот же источник данных.** Вы можете сделать сколько угодно слоёв с разными настройками визуализации на базе одного и того же набора пространственных данных. Но если вы измените используемый набор пространственных данных, это повлечёт за собой автоматическое изменение вида слоёв (но не настроек их визуализации).

9. Используя контекстное меню или окно свойств слоя, переименуйте оба слоя. Нижний слой назовите *Аналитическая отмычка по высоте*, верхний — *Светотеневая отмычка*.

*Названия слоёв никак не затрагивают источник пространственных данных. До тех пор, пока вам не приходится работать со слоями с помощью скриптов на языке Python, вы можете никак не ограничивать себя в названиях.*

10. Включите отображение нижнего слоя.
11. Откройте свойства слоя «Светотеневая отмычка», перейдите на вкладку «Стиль».
12. Измените способ визуализации на *Теневой рельеф* и нажмите **Применить**. При этом изменения будут применены, но окно свойств не закроется.

На заднем плане вы видите изменения, произошедшие с вашим слоем. Во-первых, изображение светотеневой отмычки полностью закрыло изображение аналитической отмычки по высоте. Эту проблему можно решить, включив настройки прозрачности для слоя. Во-вторых, сама светотеневая отмычка выглядит очень тёмной. Это связано с несовпадением единиц измерения «по горизонтали» и «по вертикали» в исходном наборе данных. В нашем случае эту проблему можно решить двумя путями: трансформировать слой в проецированную систему координат или применить коэффициент масштабирования по вертикали (*Z-factor*). Мы пойдём вторым путём и будем изменять значение

коэффициента масштабирования.

Коэффициент масштабирования представляет собой переводной коэффициент из «вертикальных» единиц измерения в «горизонтальные». Поскольку «горизонтальные» единицы в нашем случае — градусы, и поскольку протяжённость одного градуса по долготе и по широте не совпадает, с его вычислением могут возникнуть сложности.

**Вопрос\*:** Рассчитайте коэффициент масштабирования по отношению к  $1^\circ$  долготы и  $1^\circ$  широты (на широте параллели касания проекции), ответ запишите в виде обыкновенной дроби.

Чтобы не тратить время на точные расчёты, мы воспользуемся значением 0,000012

13. Помимо переводного коэффициента между единицами измерения, нам нужно дополнительно масштабировать высоты по вертикали, чтобы отмывка выглядела более «рельефно». В разных случаях применяется дополнительный множитель в диапазоне от 1,5 до 10, мы воспользуемся коэффициентом 5.
14. Перемножьте оба коэффициента и введите полученное значение в качестве Z-фактора слоя.
15. Перейдите на вкладку **Прозрачность** и установите коэффициент непрозрачности для слоя равным 50 %. Примените изменения, закройте окно свойств слоя и сохраните проект.

### Скриншот 3: полученное изображение рельефа

*Примечание для картографов: настройки визуализации рельефа, которые вы применили в этом упражнении, подобраны «на скорую руку», без предварительного анализа распределения высот картографируемой территории и выбора оптимальной шкалы. Эти вопросы подробно освещаются в курсах «Оформление карт» и «Общегеографическое картографирование».*

## 1.6 Добавление векторных наборов данных

### В начало упражнения

Вновь откройте менеджер источников данных в виде браузера и перейдите в директорию «Размещение по умолчанию для проекта». Раскройте папку *vector\_data*.

Размещение по умолчанию для проекта — это директория, в которую был сохранён проект QGIS (\*.qgz).

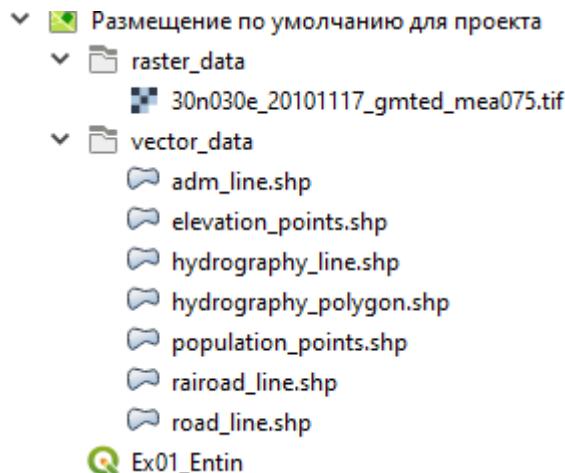


Figure 1.1: Default location

Вы видите несколько источников данных, обозначенных символом  . Это векторные наборы данных, представленные в формате шейп-файлов.

Теперь откройте эту же директорию через Проводник Windows (или любой другой файловый менеджер). Сравните количество файлов в Проводнике с количеством доступных источников данных в браузере QGIS

Шейп-файлы были базовым форматом ГИС-пакета ArcView и за счёт этого получили очень широкое распространение. Шейп-файлы не такие функциональные, как базы геоданных ESRI (современный базовый формат

для продуктов линейки ArcGIS) или GeoPackage, но тем не менее их продолжают активно использовать.

Многие особенности шейп-файлов обусловлены спецификой и возможностями компьютеров начала 90-х гг. В частности, геометрия набора данных хранится отдельно (в файле .shp), семантика — отдельно (в формате dBASE, .dbf), а для связи между ними используется индекс-файл (.shx). Эти три файла — обязательные компоненты шейп-файла. Помимо них, отдельно могут быть записаны сведения о проекции (.prj), кодировке (.cpg) и многое другое.

При копировании шейп-файла через Проводник необходимо копировать все файлы с одинаковым именем целиком.

1. Добавьте на карту наборы данных об объектах гидрографии (hydrography-polyline.shp, hydrography-polygon.shp). В таблице слоёв разместите линии над полигонами. Переименуйте слои в «Водотоки» и «Водоёмы» соответственно.

Все векторные наборы данных для этого упражнения созданы на основе [цифровых географических основ ВСЕГЕИ](#). Это один из немногих общедоступных источников пространственных данных общегеографического содержания на территорию нашей страны и ближнего зарубежья.

2. Настройте символику для добавленных векторных наборов данных. Также, как и для растров, настройки символики векторных данных помещаются в свойствах слоя, на вкладке «Стиль».

Для полигонов гидрографии установите стандартный стиль *topo water* из библиотеки QGIS.

Для линейных объектов используйте стандартный стиль *simple blue line*, но уменьшите толщину линии до 0,26 мм

Если приглядеться, то можно увидеть, что знак контура береговой линии и знаки линейных объектов гидрографии на суще не совпадают. Можно изменить цвет и толщину обводки для полигонов объектов

гидрографии, сделав их такими же, как у рек и каналов.

3. Добавьте к карте железные дороги и автодороги. Переименуйте слои и изобразите их линиями толщиной 0,26 мм. Для автодорог используйте красный цвет, для железных дорог — тёмно-серый (20 % светлоты).

## 1.7 Использование атрибутов объектов при визуализации

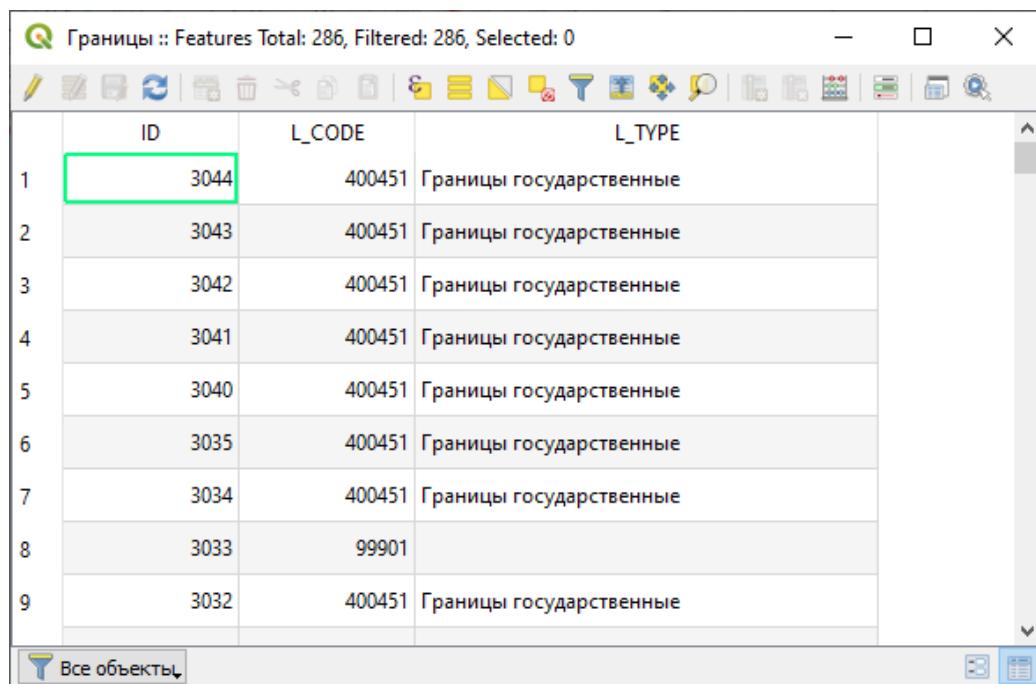
### В начало упражнения

До этого момента мы работали только визуальным представлением слоя и никак не касались семантической составляющей. На следующем шаге вы будете использовать разные значки для различных типов объектов в одном слое.

1. Добавьте к карте набор данных `adm_line`, переместите добавленный слой ниже всех линейных объектов и переименуйте его в «Границы».
2. Вызовите контекстное меню слоя «Границы» и выберите опцию «Открыть таблицу атрибутов». Откроется таблица атрибутов источника данных.

Таблица атрибутов — это представление базы данных, связанной с набором пространственных объектов. База функционирует по общим правилам реляционной базы данных: каждый объект представляется одной «строкой», в каждом столбце (поле) одному объекту соответствует одно значение. Атрибуты играют важную роль в геоинформационных системах. На их основе происходит визуализация данных, также они участвуют в большинстве операций пространственного анализа. В этом упражнении вы используете атрибуты, чтобы присвоить различные стили объектам в одном слое.

## 1.7. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АТРИБУТОВ ОБЪЕКТОВ ПРИ ВИЗУАЛИЗАЦИИ 33



|   | ID   | L_CODE | L_TYPE                  |
|---|------|--------|-------------------------|
| 1 | 3044 | 400451 | Границы государственные |
| 2 | 3043 | 400451 | Границы государственные |
| 3 | 3042 | 400451 | Границы государственные |
| 4 | 3041 | 400451 | Границы государственные |
| 5 | 3040 | 400451 | Границы государственные |
| 6 | 3035 | 400451 | Границы государственные |
| 7 | 3034 | 400451 | Границы государственные |
| 8 | 3033 | 99901  |                         |
| 9 | 3032 | 400451 | Границы государственные |

Figure 1.2: Attribute Table

3. Закройте таблицу атрибутов, откройте свойства слоя на вкладке «Стиль»
4. Измените тип визуализации с *Обычный знак* на *Уникальные значения*. Эта настройка позволяет присваивать объектам различные стили в соответствии со значениями определённого атрибута.
5. В выпадающем списке **Поле** выберите столбец, по которому будет происходить классификация, и нажмите кнопку **Классифицировать** внизу формы.

В форму добавились три записи. Две из них представляют фактически имеющиеся значения атрибутов, третья — «пустая» — предназначена для визуализации всех остальных значений (которых фактически нет в таблице на настоящий момент, но которые могут появиться позже в результате редактирования)

| Значок                              | Значение                | Легенда                 |
|-------------------------------------|-------------------------|-------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> | Границы государственные | Границы государственные |
| <input checked="" type="checkbox"/> | Границы субъектов РФ    | Границы субъектов РФ    |
| <input checked="" type="checkbox"/> | —                       |                         |

Figure 1.3: Classes

Возможности автоматической настройки визуализации у QGIS пока невелики по сравнению с ArcGIS или MapInfo. Например, сейчас нашим классам присвоены стили в виде линий, у которых совпадают все параметры, кроме цвета. По-другому QGIS (пока) не умеет .

Наша задача — создать разные условные знаки для разных типов границ

6. Дважды щёлкните на значке, соответствующем классу *Границы государственные*. Откроется уже знакомый вам интерфейс настройки условных знаков. Обратите внимание на форму в левом верхнем углу: вы можете задать несколько слоёв для одного условного знака.

Разумеется, слои в таблице слоёв и слои условного знака — это две не связанные между собой сущности

7. Создайте для государственных границ двухслойный знак. Нижний слой: линия серого цвета (75 % светлоты) шириной 1 мм, с плоскими концами (чтобы концы линии не «свешивались» в воду). Верхний слой: линия тёмно-серого цвета (светлота 20 %) толщиной 0,26 мм, штрихпунктирная, с плоскими концами.
8. Создайте аналогичный знак для границ субъектов РФ. Нижний слой: линия серого цвета (75 % светлоты) шириной 0,8 мм, с плоскими концами. Верхний слой: линия тёмно-серого цвета (светлота 20 %) толщиной 0,26 мм, штриховая, с плоскими концами.
9. Для прочих границ используйте однослойный условный знак: пунктирная линия тёмно-серого цвета

Вы успешно настроили разные условные знаки для различных типов объектов в слое. Сохраните проект.

**Далее мы не будем напоминать вам о необходимости сохранять проект карты. Делайте это самостоятельно.**

## 1.8 Подписи

**В начало упражнения** 

1. Добавьте на карту набор данных `elevation_points.shp`, расположите слой на самом верху списка и переименуйте его в «Вершины». Настройте отображение единым знаком в виде чёрного треугольника, аналогично тому, как высочайшие отметки показываются в школьных атласах.
2. Откройте таблицу атрибутов слоя. Какие поля можно использовать для подписей?

На общегеографических картах обычно приводятся высоты и названия горных вершин. В этом упражнении мы ограничимся названиями.

3. Закройте таблицу атрибутов и откройте свойства слоя. Перейдите на вкладку «Подписи». Переключите режим подписей на *Single labels* («Подписывать объекты значением атрибута»). В открывшемся меню в выпадающем списке «Подписывать значениями» выберите поле *Name* — тексты подписей будут «считываться» из него.
4. В поле **Text sample** отображается пример подписи с теми настройками, которые заданы по умолчанию. Если вы будете менять настройки подписей (шрифт, форматирование, «гало» и др.), этот приме будет меняться. Сейчас мы последовательно пройдём по вкладкам настройки подписей, исправив необходимые параметры.

На вкладке *Текст* установите гарнитуру («шрифт») Times New Roman, начертание («стиль») полужирный курсив, кегль («размер») 8.

На вкладке *Тень* включите опцию «Рисовать падающую тень». Это повысит читаемость подписей на карте.

Также с целью повышения читаемости подписей можно использовать обводку («Буфер») и фон (англ. *Background*, неправильно переведён как «История»).

На вкладке *Размещение* выберите опцию «Картографическое», расстояние 0,1 мм от границ символа (*from symbol bounds*)

Примените настройки подписей и закройте свойства слоя

5. В каталоге *vector\_data* остался незадействованный слой — *population\_points*. Добавьте его в проект? переименуйте и самостоятельно настройте условные знаки и подписи. Используйте параметр *уникальные значения* для того, чтобы отобразить города с разной численностью населения разными условными знаками.

**Скриншот 4: окно QGIS после завершения настройки символов**

## 1.9 Настройка компоновки карты

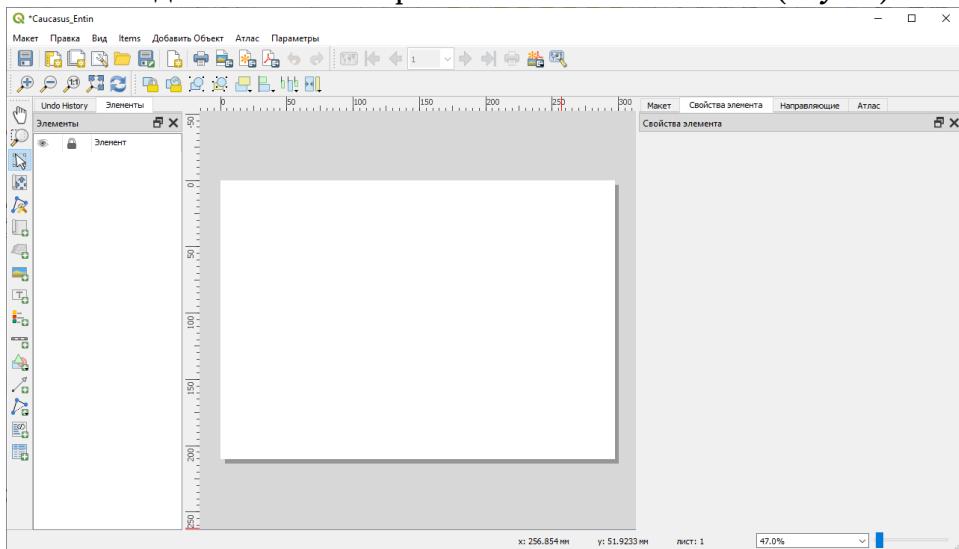
### В начало упражнения

Изображение, которое вы видите во фрейме данных, можно экспортовать «как есть» (с помощью опции «Проекты» — «Импорт/экспорт» — «Экспортировать карту как изображение...»). Однако для картографических целей мы, как правило, формируем **компоновку карты** — размещаем картографическое изображение на листе, добавляем название, легенду, масштабную линейку и элементы зарамочного оформления.

Сейчас мы создадим макет компоновки с расчётом на то, что итоговая карта будет вставлена в отчёт.

1. Создайте новый макет компоновки («Проект» — «Создать Макет...») или Ctrl+P.
2. Введите название макета на своё усмотрение.

После ввода названия откроется окно компоновки (*Layout*)



3. Добавьте на лист картографическое изображение. Для этого используется инструмент «Добавить карту» из панели инструментов. Выберите инструмент и «растяните» прямоугольник карты на листе.

4. После добавления элемента откроется панель его свойств. Изучите настройки, доступные в этой панели, а затем установите для карты знаменатель масштаба 4 000 000 и размеры 237 × 130 мм. В том же разделе, где устанавливаются размеры элемента, задайте для элемента карты положение по X = 30 мм и положение по Y = 30 мм.

Положение элемента на листе отсчитывается от верхнего левого угла листа до точки привязки элемента.

5. Добавьте к карте градусную сетку. Для этого в свойствах элемента найдите раздел «Сетки», нажмите на кнопку *Добавить новую сетку*, а затем *Modify Grid*. Откроется меню настройки сетки. Задайте для сетки проекцию WGS84, интервал по долготе — 4°, интервал по широте — 2°. Также уменьшите толщину линий сетки до 0,1 мм. Для этого щёлкните левой кнопкой мыши по элементу *Стиль линии*, откроется уже привычный вам интерфейс настройки условного знака. Вернуться обратно к настройкам сетки можно, нажав на кнопку «Назад» в левом верхнем углу интерфейса.
6. Добавьте рамку сетки в виде простой линии и включите отображение подписей координатной сетки. Настройте отображение подписей так, чтобы широта подписывалась только вдоль западной и восточной рамки, а долгота — только вдоль северной и южной. Используйте формат координат *Десятичные с окончанием* и нулевое число знаков после запятой (этот параметр в QGIS называется «Точность координат»)
7. Вернитесь к макету и передвиньте картографическое изображение внутри элемента таким образом, чтобы вместилась вся основная часть Главного Кавказского хребта. Можно ориентироваться на города: в северо-западном углу карты должен отображаться Краснодар, в юго-восточном — Баку.  
Для перемещения карты внутри фрейма используется инструмент «Перемещение содержимого элемента»
8. Добавьте на лист **название карты**. Для этого **вставьте новую надпись** и разместите её над элементом карты. Введите

название карты «Кавказские горы», используйте выключку по середине, настройте параметры шрифта на своё усмотрение.

9. Добавьте на лист **масштабную линейку**. Переместите линейку в юго-западный угол карты, установите для неё отображение фона и границы, исправьте обозначение единиц измерения. Уменьшите высоту линейки, кегль шрифта и отступы подписей, чтобы линейка смотрелась более компактно.
10. Добавьте на лист **легенду**. Легенда будет собрана автоматически на основе тех настроек визуализации, которые применены для слоёв карты.
11. Отредактируйте легенду. Для этого сначала выключите автообновление (*Auto update*) элементов легенды, чтобы сделать список элементов доступным для редактирования. Удалите из легенды те условные знаки, которые не встречаются на карте, и переименуйте неинформативные или пустые подписи.
12. Добавьте обводку для элемента легенды и разместите элемент в северо-восточном углу карты.
13. Добавьте ещё один текстовый элемент и впишите в него сведения об авторстве.
14. Экспортируйте получившуюся карту в изображение формата PNG («Макет» — «Экспорт в изображение...» или специальная кнопка на главной панели инструментов макета).



# Chapter 2

## Создание карты четвертичных отложений

Архив с данными и файлом отчёта

### 2.1 Введение

**Цель задания** — закрепление навыков загрузки и визуализации данных в QGIS.

**Необходимая теоретическая подготовка:** модели пространственных данных, модели пространственных объектов, базы пространственных объектов, картографические проекции.

**Необходимая практическая подготовка:** в объёме упражнения 1.

**Исходные данные:** база геоданных ESRI на территорию Сатинского учебного полигона, Калужская область.

**Ожидаемый результат:** карта четвертичных отложений Сатинского полигона М 1:30 000

### 2.1.1 Контольный лист

- Добавить на карту источники пространственных данных
- Импортировать символику
- Настроить подписи объектов
- Создать набор пространственных данных из текстового файла
- Создать компоновку карты и легенду
- Экспортировать результат в графический файл

## 2.2 Начало работы

В начало упражнения

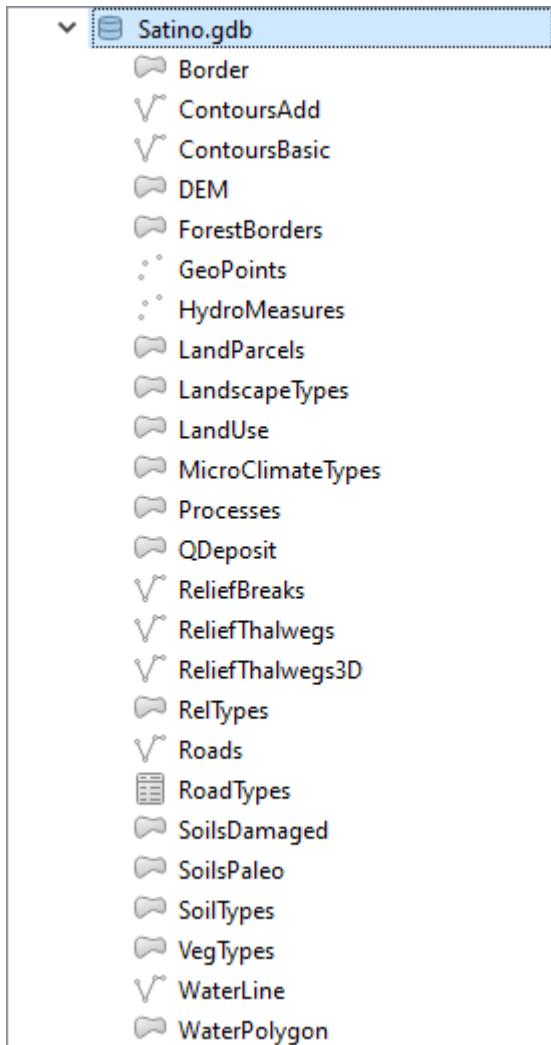
1. Скачайте архив с исходными данными для упражнения и распакуйте его в свою рабочую директорию.

В вашей рабочей директории появилась «папка» Satino.gdb. Зайдя в неё с помощью проводника или Finder'a, вы увидите множество файлов с различными расширениями (.spx, .gdbtable, \*.gdbtablex и др.). Ничего не редактируйте в этой «папке».

2. Запустите **QGIS** и сразу сохраните проект в своей рабочей директории, на одном иерархическом уровне с Satino.gdb. Назовите его по шаблону Ex02\_% .qgz%.

Примечание: не забывайте периодически сохранять проект QGIS!

3. Откройте Менеджер источников данных и разверните содержимое базы Satino.gdb



Вы видите список наборов пространственных данных, хранящихся в базе Satino.gdb. Это векторные наборы различной геометрии (точечной, линейной и полигональной).

База геоданных ESRI (\*.gdb) — основной формат, используемый линейкой программных продуктов ArcGIS. В базах геоданных могут храниться как векторные, так и растровые данные. Кроме того, базы геоданных поддерживают специальные возможности (подтипы, доменты) и структуры данных (топологические

и сетевые наборы).

QGIS способен получать доступ к базам геоданных ESRI в режиме чтения, но не в режиме редактирования. И даже эти возможности ограничены: QGIS «видит» векторные наборы пространственных данных, но «не считывает» структуру базы (классы и наборы пространственных объектов), растровые наборы, топологию и другие элементы, специфические для ArcGIS. В частности, набор DEM, который отображается в браузере как векторный полигональный набор данных, на самом деле является растровым набором.

## 2.3 Добавление данных в проект

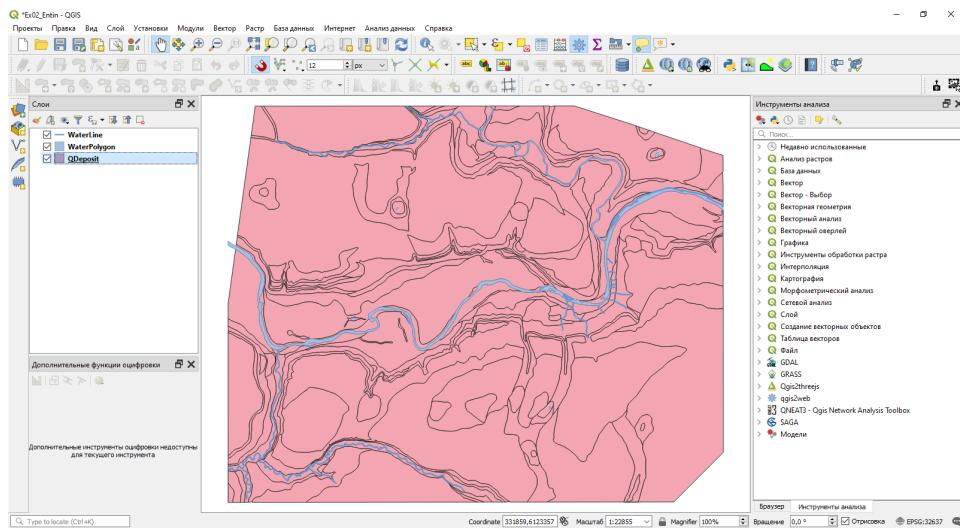
В начало упражнения

1. Добавьте на карту наборы WaterLine, WaterPolygon и QDeposit.

**Вопрос 1:** какая система координат присвоена для каждого набора данных? Какая проекция используется для этой системы координат? К какому виду относится эта проекция по характеру искажений? Для чего она применяется?

**Вопрос 2:** какая система координат присвоена проекту QGIS после добавления набора данных?

2. Настройте визуализацию слоёв WaterLine и WaterPolygon, используя условные знаки из библиотеки QGIS. Okno QGIS должно принять вид, аналогичный рисунку ниже:



3. Откройте таблицу атрибутов слоя QDeposit и изучите её.

| QDeposit :: Features Total: 172, Filtered: 172, Selected: 0 |          |            |   |                   |                   |
|---|----------|------------|---|-------------------|-------------------|
|   | OBJECTID | Index      | Deposit   | SHAPE_Length      | SHAPE_Area        |
| 164   | 1        | b IV       | Биогенные отложения. Торф.                      | 199,1978528672... | 2994,598835829... |
| 165   | 14       | g II dn    | Ледниковые отложения (морена). Валунные сугл... | 2223,883486694... | 26193,96751684... |
| 166   | 15       | f II ms    | Флювиогляциальные отложения. Пески разнозер...  | 2516,775259486... | 110029,6573345... |
| 167   | 12       | a III os   | Аллювиальные отложения I надпойменной тер...    | 732,7666892024... | 11304,70670706... |
| 168   | 13       | f II dn-ms | Флювиогляциальные отложения. Пески разнозер...  | 1663,201586861... | 11624,83692285... |
| 169   | 10       | b IV       | Биогенные отложения. Торф.                      | 375,9124845242... | 9086,268729970... |
| 170   | 11       | f II ms    | Флювиогляциальные отложения. Пески разнозер...  | 299,102355828181  | 3660,498858434... |
| 171   | 8        | a III kl   | Аллювиальные отложения III надпойменной тер...  | 1344,344869029... | 84453,90194288... |
| 172   | 9        | a IV2      | Аллювиальные отложения средней поймы и дни...   | 265,2109050553... | 1177,980672177... |

Вы видите индексы и текстовые описания четвертичных отложений. Далее вы визуализируете слой QDeposit таким образом, что каждому типу отложений (Deposit) будет сопоставлен уникальный условный знак.

## 2.4 Применение готового стиля к слою

В начало упражнения

1. Откройте свойства слоя QDeposit.
2. На вкладке «Стиль» измените тип отображения на *Уникальные значения* и настройте классификацию по полю Index с использованием случайных цветов (*Random colors*). Закройте свойства слоя и оцените результат.

**Скриншот 1:** результат классификации — отображение каждого типа отложений уникальным цветом.

3. Изображение стало более «пёстрым», но не стало более читаемым. Человеческому глазу трудно распознать два десятка уникальных оттенков цвета. Кроме того, исходя из географической логики, родственным категориям должны быть присвоены схожие цвета.

Разработка цветовых решений для сложных, комплексных карт является отдельной научной задачей. В этом упражнении вы будете использовать готовые наборы стилей.

4. В левом нижнем углу вкладки «Стиль» найдите кнопку «Стиль». Нажмите на неё и выберите опцию «Загрузить стиль». В открывшемся окне в строчке «Файл» найдите стилевой файл QDeposit.qml. Загрузите из этого файла всю доступную символику.

QGIS, как и другое геоинформационное ПО, позволяет сохранять настройки отображения слоя в отдельный стилевой файл. Поддерживаются два формата: QGIS Layer Style File (.qml) и Styled Layer Descriptor (.sld). В проприетарном ПО (ArcGIS, MapInfo) используются другие форматы описания стилей. Как правило, они несовместимы друг с другом.

**Скриншот 2:** изображение готового слоя после импорта символики

5. Изучите условные знаки, применённые для слоя, и ответьте на вопросы:

**Вопрос 3:** чем отличается условный знак, применённый для биогенных отложений, от всех прочих условных знаков? Каким образом это осуществлено?

**Вопрос 4:** как соотносятся записи в таблице атрибутов (поле Deposit) и записи в поле «Легенда» в настройках стиля условных знаков?

6. Настройте подписи для слоя. Для подписывания используйте поле Index. Настройки подписей определите самостоятельно.

## 2.5 Создание набора пространственных данных из таблицы с координатами

[В начало упражнения](#)

1. Найдите в проводнике файл geol\_points.csv и откройте его с помощью простого текстового редактора (Блокнот или аналогичный). Изучите содержимое файла.

```

D:\GIS\Ex02_QuaternaryMap\geol_points.csv - Notepad++
Файл Правка Поиск Вид Кодировки Синтаксисы Опции Инструменты Макросы Запуск Плагины Вкладки ?
ABC
geol_points.csv
1 X;Y
2 330420.689656167;6122356.16668807
3 330876.481498121;6122298.72028676
4 330927.880909817;6122262.4383491
5 330498.544647413;6121240.49710478
6 330276.20814302;6121142.87045804
7 330533.472334199;6120538.20067976
8 330615.783109375;6120535.42116173
9 330720.804984874;6120514.49994466
10 330790.311896159;6120522.41708844
11 330864.387518898;6120507.29961441
12 330557.502796123;6120820.23132679
13 330778.217916937;6120929.07713979
14 331902.957984643;6121340.27243336
15 331902.957984643;6121303.9904957
16 331942.263417117;6121225.37963075
17 331945.286911923;6121143.745271
18 331954.35739634;6121019.78198396
19 331999.709818425;6120956.28859304
20 331945.286911923;6121080.25188008
21 332020.874282064;6122186.85097895
22 332035.991756093;6122138.47506206
23 331724.571791189;6122232.20340103
24 332525.79791461;6122915.51322711
25 331400.44540255;6122657.17721022

```

Normal text file length : 2 574 lines : 76 Ln:1 Col:1 Sel:0|0 Windows (CR LF) UTF-8 INS .

Comma-Separated Values (CSV) — простой текстовый формат, предназначенный для хранения табличных данных. Каждая строка представляет строку таблицы, а ячейки, соответствующие столбцам, разделяются специальными символами. В качестве такого символа может быть использована запятая, точка с запятой, знак табуляции или сочетание из нескольких символов.

В представленном файле вы видите два столбца — X и Y. Это представление координат точек. Система координат, которая использовалась при создании файла, совпадает с системой координат вашего проекта. На следующих шагах вы загрузите эту таблицу в QGIS как набор пространственных данных.

2. Откройте панель менеджера источников данных и перейдите на вкладку *Delimited Text*. Поскольку текстовый файл не содержит сведений, необходимых для корректного импорта и визуализации, мы будем настраивать параметры импорта вручную.

3. Нажмите значок с символом ... справа от первого поля и в окне Проводника откройте файл geol\_points.csv. Не меняйте имя слоя и кодировку.

Примечание: в дальнейшем в вашей практике будут встречаться CSV-файлы, созданные в различных кодировках. В таких случаях нужно будет выбрать (или подобрать) правильную кодировку. Проверить себя можно по образцу загружаемой таблицы, который отображается в нижней части интерфейса загрузчика.

4. В первом блоке настроек («Формат файла») установите корректный разделитель столбцов.
5. Во втором блоке настроек («Настройки полей и записей») установите нужные параметры самостоятельно.
6. В третьем блоке настроек («Геометрия») определите, какие поля содержат координаты точек, и установите целевую систему координат — такую же, как система координат проекта.
7. В блоке «Настройки слоя» не меняйте значения, определённые по умолчанию.
8. Проверьте себя, посмотрев блок «Примеры данных». Если настройки заданы правильно, в этом блоке будут корректно отображены первые 20 строк таблицы (не считая заголовков).

**Скриншот 3:** Окно настроек импорта CSV-файла

9. Нажмите кнопку «Добавить», чтобы добавить слой на карту.
10. Настройте условные знаки для добавленного слоя. Отобразите все разрезы чёрными кругами диаметром 1,4 мм без обводки.

## 2.6 Оформление карты

[В начало упражнения](#)

7. Создайте макет карты в портретной ориентировке и добавьте на него картографическое изображение.

8. Установите следующие параметры элемента карты: ширина 170 мм, высота 140 мм, масштаб картографического изображения 1:30 000.
9. Разместите элемент карты в верхней половине листа
10. Настройте сетку **прямоугольных** координат для карты в виде перекрестий.

*Подсказка: используйте для сетки ту же систему координат, которая применена для проекта QGIS в целом*

11. Добавьте зарамочное оформление: название карты, легенду, масштабную линейку.
12. Экспортируйте карту в формат PNG и вставьте её в отчётный документ.

*Подсказка: используйте опцию «Обрезать по содержимому», чтобы сохранить размеры изображения в отчётном документе*

# Chapter 3

## Привязка и цифрование административной карты

Архив с данными и файлом отчёта

### 3.1 Введение

**Цель задания** — знакомство с привязкой, трансформированием и цифрованием геоизображений, элементами базовых технологий ГИС (оверлей, пространственные запросы).

**Необходимая теоретическая подготовка:** Системы координат и проекции карт, привязка геоизображений, трансформирование геоизображений, цифрование геоизображений. Методы трансформации: аффинное, проективное, полиномиальное, метод резинового листа (сплайны). Пространственные запросы, атрибутивные запросы, оверлей.

**Необходимая практическая подготовка:** Знание основных компонент интерфейса QGIS (менеджер источников данных, панель слоёв, фрейм карты, окно настройки компоновки). Добавление источников пространственных данных в проект. Настройка символики и подписей объектов. Создание макета, добавление

карты и зaramочного оформления, экспорт макета.

**Исходные данные:** Слои картографической основы OpenStreetMap, растровая карта избирательных округов г. Белгорода.

**Результат:** Набор пространственных данных с избирательными округами г. Белгорода и статистикой по застройке в пределах округов. Картодиаграммы по количеству домов и степени застроенности. Картографическое изображение.

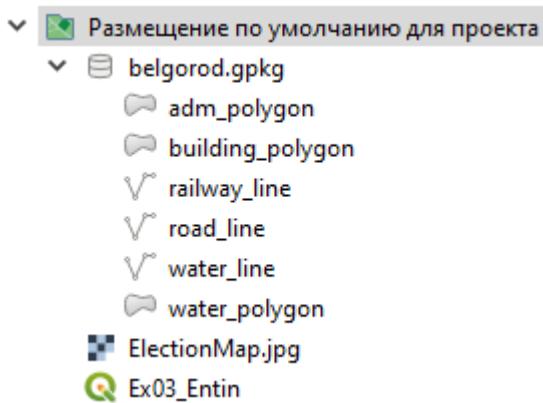
### 3.1.1 Контрольный лист

- Привязать растровую карту к опорным данным
- Создать класс избирательных округов путем цифрования растровой карты
- Добавить номера районов в таблицу атрибутов
- Определить (путем применения серии пространственных запросов) структуру застройки в каждом округе
- Построить картодиаграммы по полученным значениям
- Подготовить проект карты с компоновкой

## 3.2 Добавление базовых данных

В начало упражнения

1. Скачайте архив и распакуйте его в свою рабочую директорию.
2. Создайте проект QGIS и сохраните его в распакованную папку (*Ex05\_RefAdm*) в своей рабочей директории.
3. В менеджере источников данных найдите расположение проекта и разверните содержимое базы *belgorod.gpkg*.



Формат [GeoPackage](#) был предложен в середине 2010-х как открытая альтернатива существующим форматам хранения пространственных данных: шейп-файлу и базам геоданных ESRI. GeoPackage представляет собой базу данных SQLite, внутри которой содержатся таблицы с данными и таблицы с метаданными. Такой подход аналогичен базе геоданных ESRI. Однако, в отличие от базы геоданных и от шейп-файлов, GeoPackage хранит всю необходимую информацию в одном файле (\*.gPKG). Это позиционируется как одно из главных преимуществ формата.

4. Добавьте все наборы из базы `belgorod.gpkg` на карту.

*Примечание: проще всего сделать это через менеджер источников данных. Другой вариант — перетащить файл из окна системного файлового менеджера.*

5. Разместите слои в следующем порядке и настройте их символику:

- **железные дороги:** тёмно-серые линии толщиной 0,4 мм;
- **автодороги:** светло-оранжевые линии толщиной 0,26 мм;
- **здания и сооружения:** заливка светло-серого цвета без обводки;
- **водоёмы:** используйте стиль `topo water`;
- **водотоки:** синие линии толщиной 0,26 мм;
- **административные границы:** используйте стиль `outline`

red.

Задайте слоям русскоязычные названия

6. Отобразите карту в охвате слоя границ.

**Скриншот 1:** окно QGIS после завершения настройки символики

**Вопрос 1:** какая система координат используется в проекте?  
Для чего обычно применяется эта система координат?

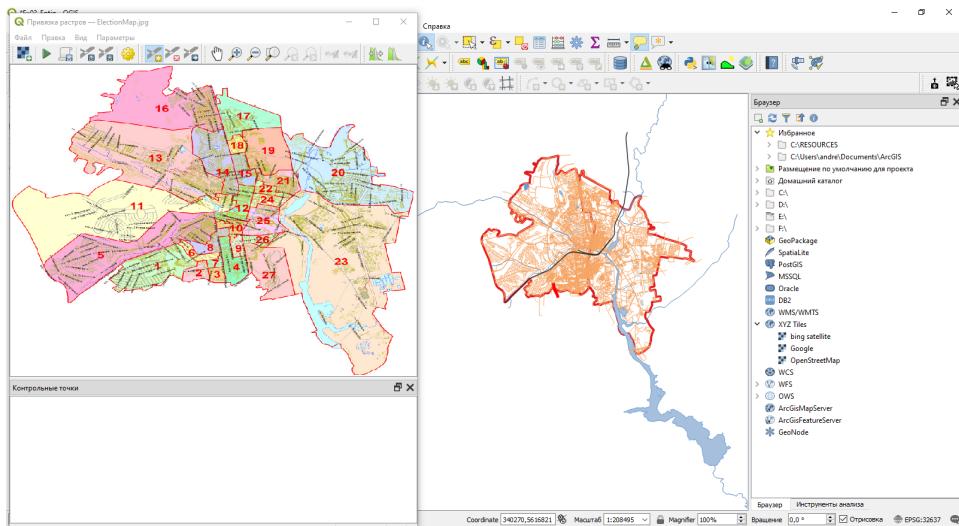
### 3.3 Привязка карты

В начало упражнения

1. Для привязки растров в QGIS имеется модуль «Привязка растров (GDAL)». Чтобы запустить его, выберите «Растр» — «Привязка растров...». Откроется окно модуля привязки.

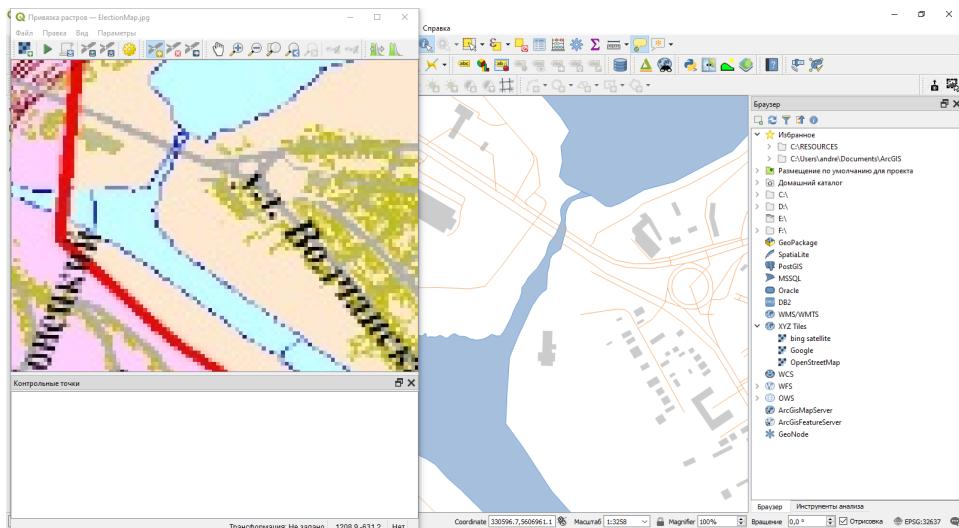
Примечание: Если в меню «Растр» нет нужного пункта, следует зайти в меню «Модули» — «Управление модулями...» и в разделе «Установленные» включить модуль «Привязка растров (GDAL)». «Привязка растров» — модуль, который входит в ядро QGIS, он обязательно устанавливается вместе с основной программой.

2. В окне привязки нажмите кнопку «Открыть растр» и откройте файл ElectionMap.jpg, который находится в вашей рабочей директории. При загрузке QGIS попросит вас указать систему координат для добавляемого растра. Выбирайте ту же систему координат, которая используется в проекте.
3. Расположите окно модуля привязки таким образом, чтобы оно не закрывало основной фрейм карты. Выключите панели инструментов QGIS, если они вам мешают.



Обратите внимание, что растровое изображение выглядит искажённым («сплюснутым») по сравнению с изображением в основном окне QGIS. Если вы откроете растр в какой-либо программе просмотра изображений, вы убедитесь, что растр действительно будто бы «сжат» по вертикали.

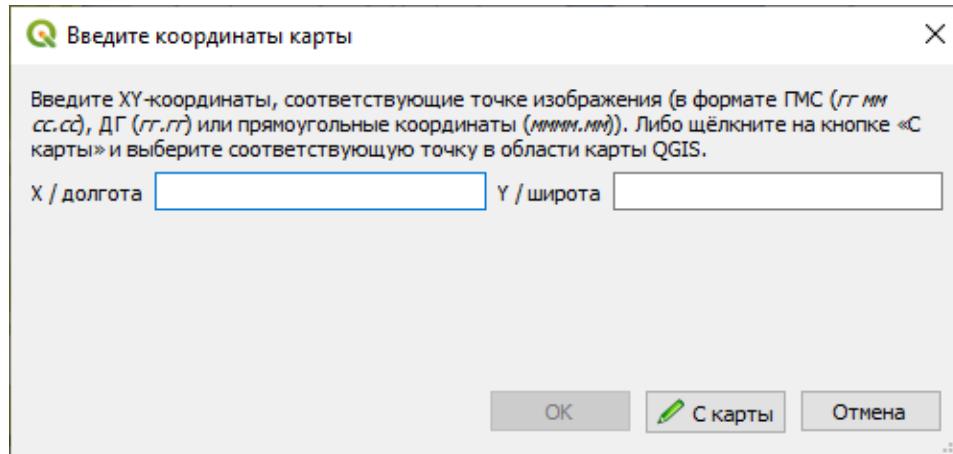
4. Перемещаясь по карте, найдите соответствующие точки на изображении и в основном окне QGIS



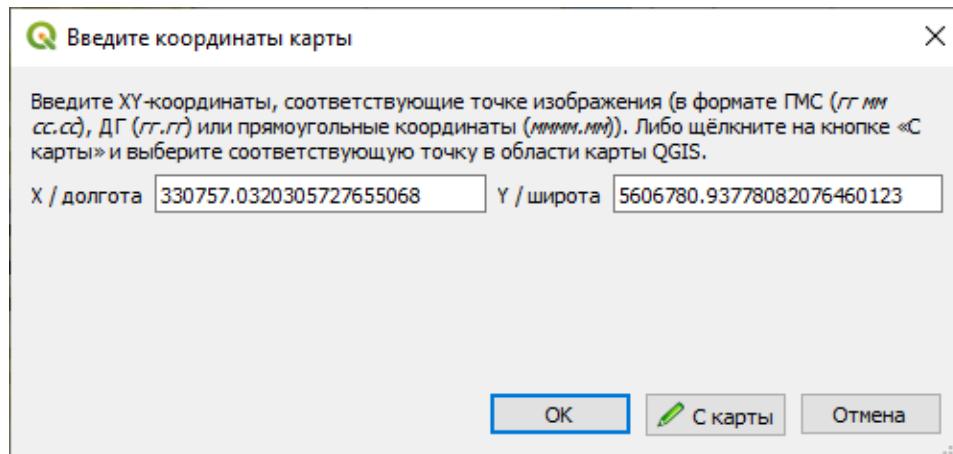
5. Используя инструмент «Добавить точку» в окне модуля

## 56 CHAPTER 3. ПРИВЯЗКА И ЦИФРОВАНИЕ АДМИНИСТРАТИВНОЙ КАРТЫ

привязки, установите первую точку на растровом изображении (щелчком левой кнопки мыши). QGIS выдаст запрос на ввод координат:



6. В некоторых случаях можно ввести координаты вручную, но нам будет проще «снять их с карты», то есть указать соответственную точку в основном окне QGIS. Нажмите кнопку «С карты». Окна модуля привязки при этом свернутся.
7. Щёлкните левой кнопкой мыши в соответствующей точке основного окна QGIS. Программа автоматически считает координаты точки и подставит их в форму:



8. Нажмите OK, чтобы добавить первую опорную точку.

Примечание: счёт опорных точек в QGIS начинается с нуля, поэтому первая точка получит индекс «0», вторая — «1» и так далее.

**9. Найдите и расставьте ещё 7-8 опорных точек..** Точки должны быть равномерно распределены по полю карты и не находиться на одной линии. В качестве опорных точек лучше всего использовать пересечения автодорог и/или железных дорог. Кроме того, не следует использовать контура границ для расстановки опорных точек — в представленных материалах они не совпадают!



**10.** Откройте окно параметров трансформации и ознакомьтесь с доступными параметрами трансформации.

**Вопрос 2:** какие типы трансформации раstra доступны в QGIS? В каких случаях они применяются? Сколько точек необходимо для осуществления каждого типа трансформации?

**11.** Настройте параметры трансформации следующим образом:

- **Тип трансформации:** Проективная;
- **Метод интерполяции:** Ближайший сосед;
- **Целевая система координат:** такая же, как СК проекта;
- Остальные параметры оставьте по умолчанию
- Обязательно включите опцию «Открыть результат в QGIS»

**12.** Нажмите OK, чтобы закрыть окно параметров трансформации и сохранить изменения настроек.

**13.** Изучите таблицу опорных точек, которая отображается внизу окна модуля привязки. Если суммарная невязка для какой-либо точки превышает 0,5 пикселя, отключите её и добавьте новую точку. Не удаляйте отключённые точки!

Подсказка: чтобы легче было ориентироваться в опорных точках, можно включить отображение идентификаторов точек в настройках модуля привязки.

**Вопрос 3:** Можно ли загружать и сохранять опорные точки

привязки в QGIS? Если да, как это сделать?

14. Когда точность всех активных опорных точек составит меньше 1 пикселя, нажмите кнопку  , чтобы запустить процесс привязки. В результате будет создан новый файл, который автоматически добавится в основное окно QGIS.
15. Изучите результат привязки. Если он устраивает вас, окно привязки можно закрывать. Если нет, удалите добавленный слой, вернитесь в окно привязки, внесите необходимые изменения и запустите привязку ещё раз.

**Скриншот 2:** окно QGIS после завершения привязки.

## 3.4 Создание слоя избирательных округов

**В начало упражнения **

1. Отключите все слои, кроме административных границ. Измените стиль слоя границ на `outline black`. Разместите привязанный растр в таблице слоёв под слоем административных границ.

Мы готовы к тому, чтобы начать векторизовать («цифровать») контура избирательных округов. Но для этого нам нужен набор данных, в который мы будем сохранять создаваемые объекты. На следующем шаге мы создадим такой набор данных.

2. **Создайте новый набор данных GeoPackage.** Это можно сделать из панели источников данных, из меню «слой» или нажав комбинацию клавиш `Ctrl+Shift+N`. Откроется окно настройки нового слоя.
3. Заполните поля в открывшемся окне следующим образом:
  - **База данных:** сохраните файл `*.gpkg` в папку `Ex05_RefAdm`. Назовите его по шаблону `Belgorod_% %.gpkg`;
  - **Имя таблицы:** примите значение, предлагаемое по умолчанию после указания пути к базе;

- **Тип геометрии:** (*определите самостоятельно*)
- Чекбоксы «Include Z dimension» и «Include M values» оставьте выключенными;
- **Система координат:** такая же, как система координат проекта.

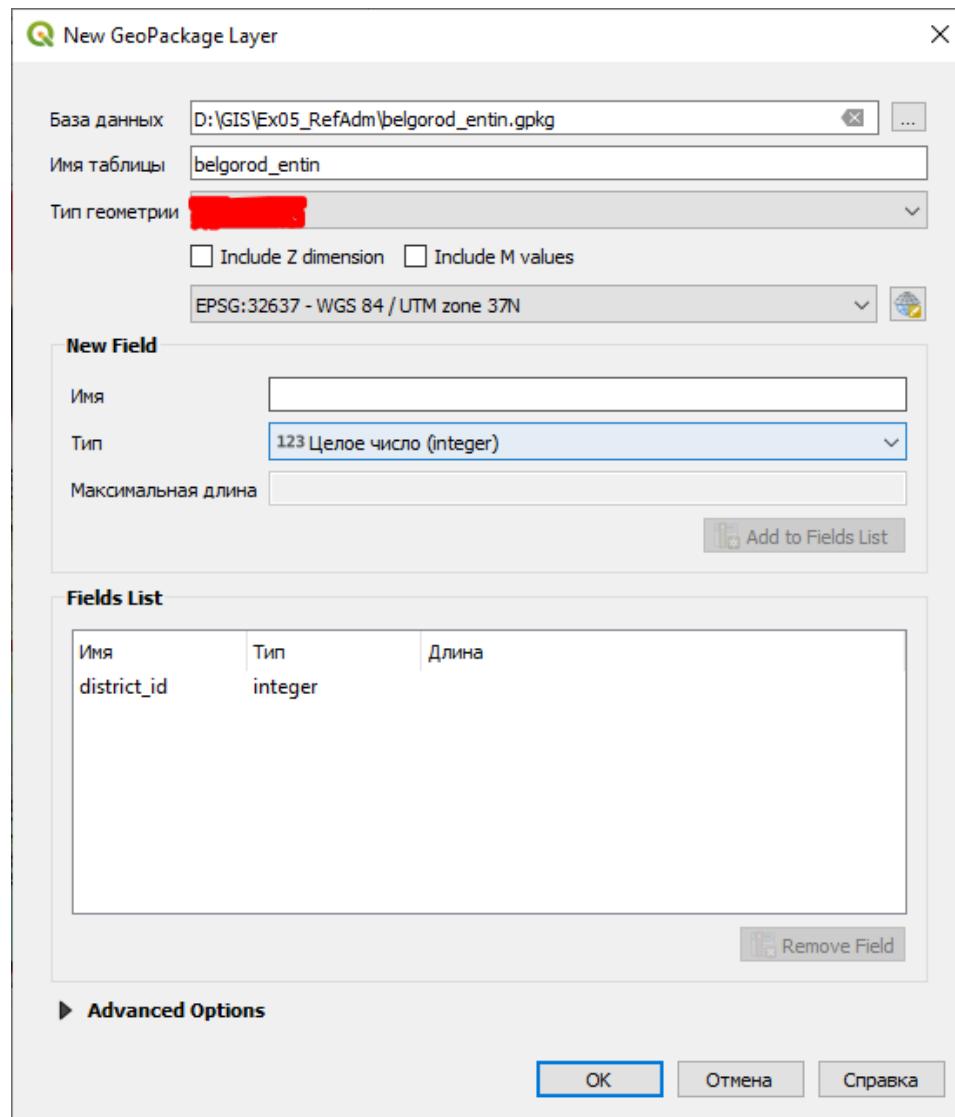
4. Блоки *New Field* и *Fields List* предназначены для настройки таблицы атрибутов создаваемого набора данных. В блоке *New Field* вводится имя, тип и длина поля, по нажатию кнопки *Add to Fields list* создаваемое поле добавляется в список.

Добавьте поле **district\_id** целочисленного типа в список полей.

не раскрывайте блок *Advanced Options*, они не интересуют нас в рамках этого упражнения.

После применения всех настроек окно создания нового набора будет выглядеть аналогично представленному на экране:

## 60 CHAPTER 3. ПРИВЯЗКА И ЦИФРОВАНИЕ АДМИНИСТРАТИВНОЙ КАРТЫ

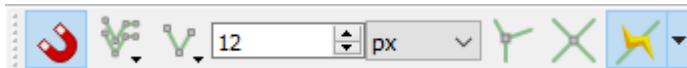


5. Нажмите OK, чтобы создать источник данных. Новый слой автоматически добавится в проект.

На следующих шагах вы будете создавать новые пространственные объекты в этом слое.

6. Измените стиль слоя на pattern dot red. Такая символика удобна для цифрования, поскольку позволит не «скрывать» растровый слой под созданными объектами.

7. Редактирование данных в ГИС по умолчанию «выключено». Чтобы получить возможность редактировать наборы данных, нужно включать специальный режим редактирования. В QGIS этот режим включается отдельно для каждого слоя. Чтобы включить режим редактирования, выберите слой, который вы собираетесь редактировать, в таблице слоёв и нажмите кнопку  на панели инструментов оцифровки.
8. Включив режим редактирования, нажмите кнопку «Добавить объект»  в панели инструментов оцифровки, чтобы добавить новый объект. Внешний вид и название этой кнопки будут отличаться в зависимости от типа геометрии слоя.
9. Включите панель инструментов прилипания, если она ещё не включена.



Примечание: прилипание (*snapping*, снеппинг) и его частный случай — трассировка (*tracing*) — исключительно важные функции программных средств ГИС. Они позволяют повторять контура уже существующих объектов при редактировании. Это не только ускоряет процесс, но и позволяет соблюдать специфические геоинформационные требования к топологии пространственных данных.

10. В панели инструментов прилипания:
  - Включите прилипание;
  - Установите режим прилипания «к вершинам и сегментам»
  - Порог прилипания — не меньше 10 пикселей
  - Включите трассировку (*Tracing*)

Эти настройки нужны, чтобы контура создаваемых вами объектов повторяли контура слоя административных границ, где это необходимо.

Теперь вы готовы к тому, чтобы оцифровать свой первый

## 62 CHAPTER 3. ПРИВЯЗКА И ЦИФРОВАНИЕ АДМИНИСТРАТИВНОЙ КАРТЫ

контура. Ваша задача будет состоять в том, чтобы оцифровать границы избирательных округов в пределах одного из административных округов Белгорода (Западного или Восточного).

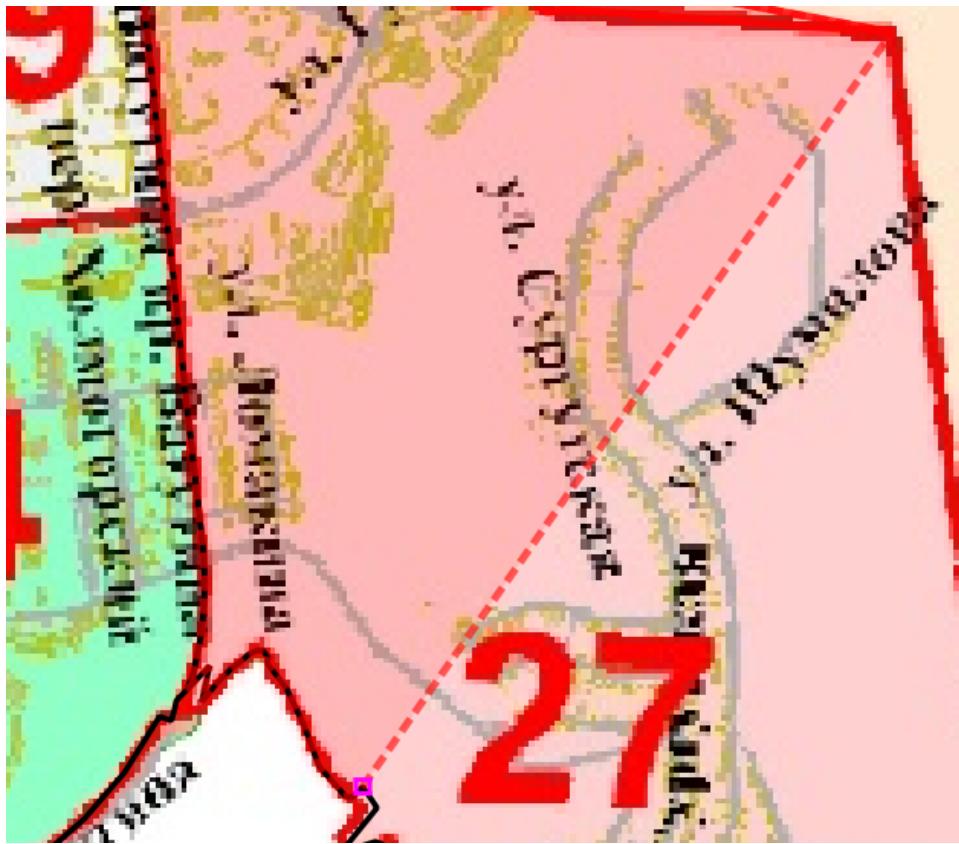
11. Увеличьте изображение таким образом, чтобы видеть избирательные округа возле южного сегмента границы двух административных округов. Нажмите левой кнопкой мыши на карте в месте, где проходит граница избирательного округа и не проходит граница административного округа. По нажатию левой кнопки мыши устанавливается положение первого узла создаваемого контура.
12. «Обходите» контур по часовой стрелке или против часовой стрелки, устанавливая новые узлы.



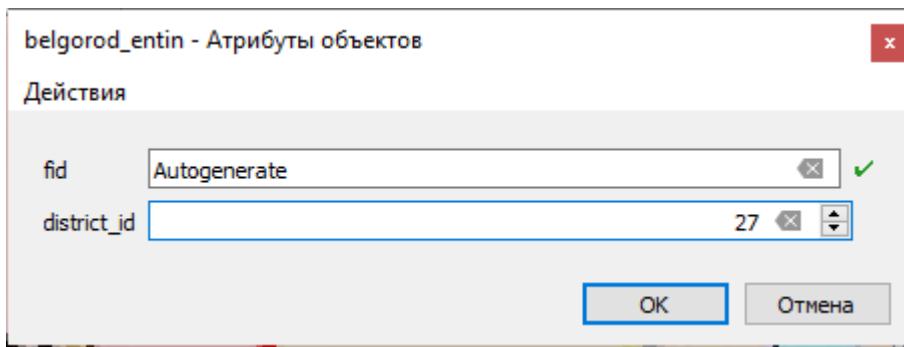
Не пугайтесь, если QGIS отобразит зелёный крестик поверх вашего контура — таким образом маркируются самопересечения.

Чтобы удалить последний введённый узел, нажмите Backspace. Чтобы сбросить контур целиком, нажмите Esc.

13. Дойдя до границы административных округов, установите новый узел на ней. Место установки узла автоматически притягнется к границе.



14. Теперь переместите курсор вдоль границы. Наблюдайте за тем, как ориентируется контур создаваемого объекта. Установите следующий узел на границе подальше от точки касания.



15. Когда границы округов «разойдутся», снова нажмите левую кнопку мыши, чтобы установить новый узел в желаемой точке.

## 64 CHAPTER 3. ПРИВЯЗКА И ЦИФРОВАНИЕ АДМИНИСТРАТИВНОЙ КАРТЫ

16. Чтобы завершить редактирование, нажмите правую кнопку мыши. Откроется окно ввода атрибутов. Введите номер избирательного округа и нажмите OK или Enter, чтобы применить изменения и закрыть окно ввода атрибутов.

Новый объект добавлен в слой и отображается на карте.

Примечание: неправильно введённый номер можно исправить в таблице атрибутов

17. Векторизуйте остальные объекты в пределах выделенной вам половины г. Белгорода. Следуйте границам административных округов и ранее оцифрованных объектах. При незначительных различиях в границах цифруйте по границам административных округов, если расхождения большие — цифруйте по границам избирательных округов.
  18. Сохраните изменения в слое. Для этого нажмите кнопку «Сохранить правки»  на панели инструментов оцифровки. Не выключайте режим редактирования.
- Примечание: сохранение правок в слое никак не сказывается на сохранении проекта и независимо от него. Вы можете сохранить проект, затем в другом проекте изменить один из наборов пространственных данных, затем вернуться в изначальный проект — и все изменения набора отобразятся в нём. На символику слоя это не повлияет.
19. Отключите растровый слой. Включите для набора данных об избирательных округах подписи по полю `district_id`. Настройки подписей задайте самостоятельно.

**Скриншот 3:** оцифрованные контура избирательных округов.

## 3.5 Расчет статистики по округам

В начало упражнения 

В данной части работы предлагается определить количество зданий разных типов (жилые многоэтажки и частная застройка), которые попадают в пределы каждого округа, затем построить картодиаграммы по полученным значениям. Для этого будет использован следующий алгоритм:

- Выбрать округ на карте
- Выбрать здания, попадающие в его пределы (*пространственный запрос*).
- Из полученной выборки оставить только здания, принадлежащие к определённому типу (*атрибутивный запрос*).
- Записать число отобранных зданий в соответствующий атрибут текущего района.

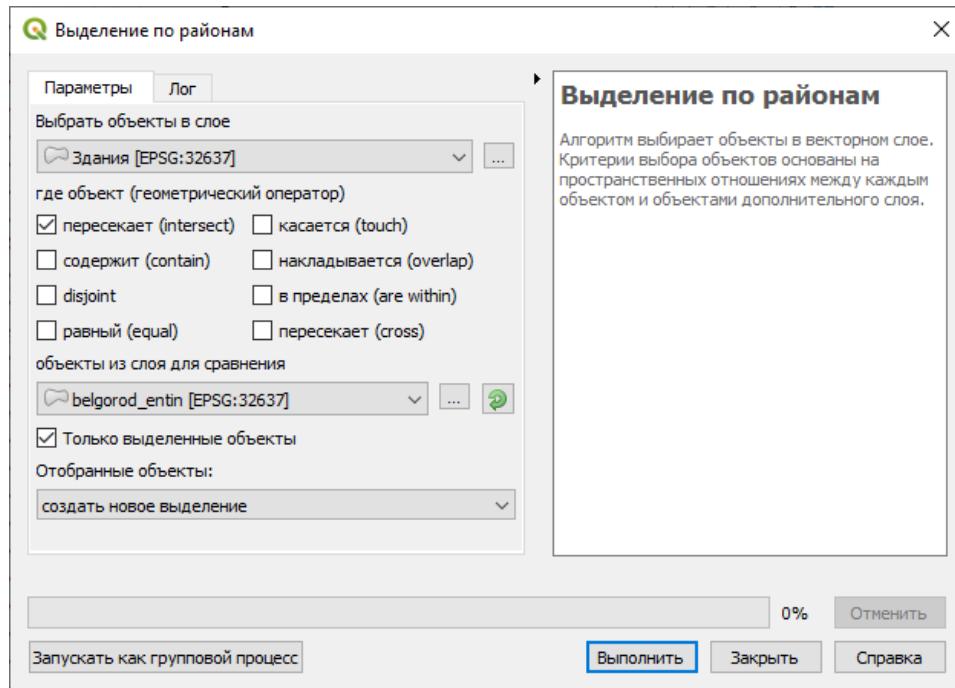
Эти операции необходимо повторить для каждого округа.

1. Не выключая режим редактирования, откройте таблицу атрибутов слоя.
2. Нажмите кнопку «Добавить новое поле» или **Ctrl+W** на клавиатуре, чтобы добавить новый столбец в таблицу.
3. Добавьте два целочисленных поля: `count_apartments` и `count_house`. Эти поля будут служить для подсчёта (*count*) многоквартирных жилых домов (*apartments*) и частной застройки (*house*) соответственно.
4. Включите слой зданий.
5. **Выберите** первый созданный вами контур округа: выделите строку в таблице атрибутов или воспользуйтесь инструментом



выборки в окне карты. Выделенный объект будет подсвечен жёлтым цветом на карте и синим — в таблице атрибутов.

6. Теперь выберите те объекты из слоя зданий, которые находятся внутри выбранного округа. Для этого запустите инструмент «Вектор» — «Выборка» — «Выделение по районам...». Используйте условие «находятся внутри» (*are within*).



Нажмите «Выполнить», чтобы выбрать объекты в слое зданий.

7. Имея выборку в слое зданий и не закрывая окно пространственного запроса («Выделение по районам...»), осуществите выборку по атрибутам. Для этого выберите в таблице слоёв слой зданий и нажмите кнопку «Выделить объекты, удовлетворяющие условию» . Откроется форма ввода атрибутивного запроса.

Атрибутивные запросы в ГИС, как правило, создаются с использованием диалектов языка [SQL](#). Само выражение представляет собой только условие (*where clause*) и часто использует значения атрибутов.

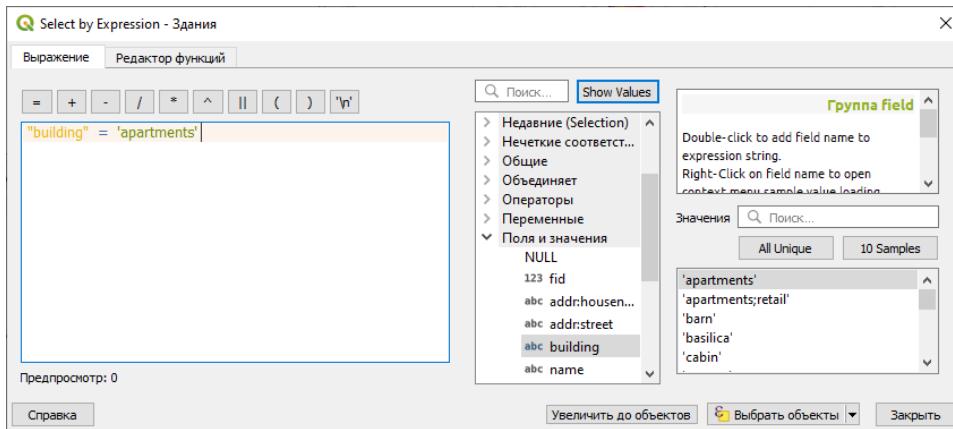
8. Форма ввода атрибутивного запроса состоит из трёх частей. В левой части конструируется собственно запрос, средняя содержит список доступных переменных и функций, в правой отображается справочная и служебная информация.
9. В структуре тегов OpenStreetMap многоэтажные жилые дома

обозначаются тегом `apartments`. После конвертации данных OpenStreetMap в реляционную базу данных соответствующий тег содержится в поле `buildings`.

Мы должны **выбрать** в слое зданий те объекты, значение атрибута `buildings` которых задано как `apartments`.

10. Найдите в среднем поле группу «Поля и значения» и разверните её. Найдите поле «Building» и дважды щёлкните по нему левой кнопкой мыши. Поле будет добавлено в запрос, в нижней части окна появится пример результата запроса, а в правой части отобразится вспомогательная форма извлечения уникальных значений.
11. Введите знак = в поле конструирования запроса.
12. Нажмите кнопку *All Unique*, чтобы получить список уникальных значений, записанных в поле `building`.
13. Дважды щёлкните по записи `apartments` в списке уникальных значений. Она будет добавлена в конструктор запроса.

После применения всех действий окно конструктора запроса будет выглядеть, как на рисунке ниже:

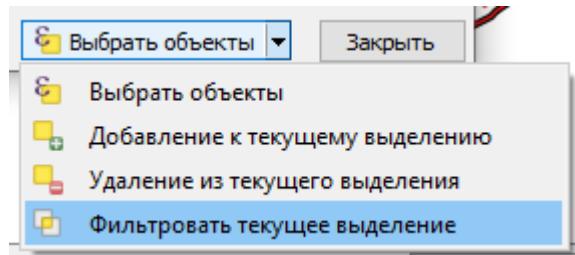


**Вопрос 4:** Почему в нижней части окна отображается запись «Предпросмотр: 0»?

14. Мы сформулировали условие для выборки, однако нам нужно выбрать объекты не просто из слоя, а из уже существующей

## 68 CHAPTER 3. ПРИВЯЗКА И ЦИФРОВАНИЕ АДМИНИСТРАТИВНОЙ КАРТЫ

выборки. Для этого откройте выпадающий список кнопки «Выбрать объекты» и выберите функцию «Фильтровать текущее выделение»:



15. После применения фильтра появится всплывающее сообщение с числом выбранных объектов. Эта информация будет продублирована внизу окна QGIS:  
A screenshot of the QGIS status bar at the bottom of the application window. It displays the text '49 feature(s) selected on layer Здания.'
16. Введите полученную цифру в таблицу атрибутов слоя избирательных округов.
17. Повторите выборку поочерёдно для каждого округа. Вводите получаемые значения в таблицу атрибутов. Не забывайте периодически сохранять изменения!
18. Теперь повторите выборку ещё раз, но уже не для многоквартирных домов, а для частных владений. Им соответствует запись `house` в поле `building`.

**Вопрос 5:** вставьте в отчёт SQL-выражение для выбора частных владений.

**Вопрос 6:** можно ли было делать выборку в другом порядке (т.е. сначала выборку по атрибутам, а затем — по пространственному положению)? Если да, то каковы были бы отличия процедуры?

19. Скопируйте таблицу атрибутов в любой табличный процессор (Microsoft Excel, Google Sheets, LibreOffice Calc). Для этого при помощи сочетания клавиш `Ctrl+A` выделите все записи в таблице, скопируйте при помощи `Ctrl+C` и вставьте записи без форматирования в табличный процессор при помощи `Ctrl+Shift+V`.

20. Удалите первый столбец (`wkt_geometry`).
21. **Скопируйте остальные столбцы и вставьте их в отчётный файл.**

## 3.6 Построение картодиаграмм

**В начало упражнения** 

Диаграммы в QGIS создаются как настройка отображения слоя. Однако соответствующий блок располагается не на вкладке «Стиль», как «обычные» условные знаки, а на отдельной вкладке «Диаграммы».

Инструменты создания диаграмм в QGIS пока ещё несовершенны и находятся в стадии активной разработки, поэтому, во-первых, некоторые настройки могут работать некорректно, во-вторых, в скором будущем возможно кардинальное изменение интерфейса настройки.

1. Откройте свойства слоя избирательных округов и перейдите на вкладку «Диаграммы». В верхнем левом углу включите отображение круговых диаграмм.
2. На вкладке «Атрибуты» добавьте атрибуты `count_apartments` и `count_house` в список включённых в диаграмму. Настройте мягкие, пастельные цвета для их отображения.
3. Вкладку «Рендеринг» установите для диаграмм настройку прозрачности (70 %)
4. На вкладке «Размер» измените способ задания размера с фиксированного на переменный («масштабируемый»).

Изменение размера диаграмм в QGIS работает следующим образом. Пользователь задаёт максимальное значение показателя, который будет управлять размером диаграммы, и соответствующий ему максимальный диаметр диаграммы. Размер круга масштабируется пропорционально величине показателя. Из картографических соображений следует всегда

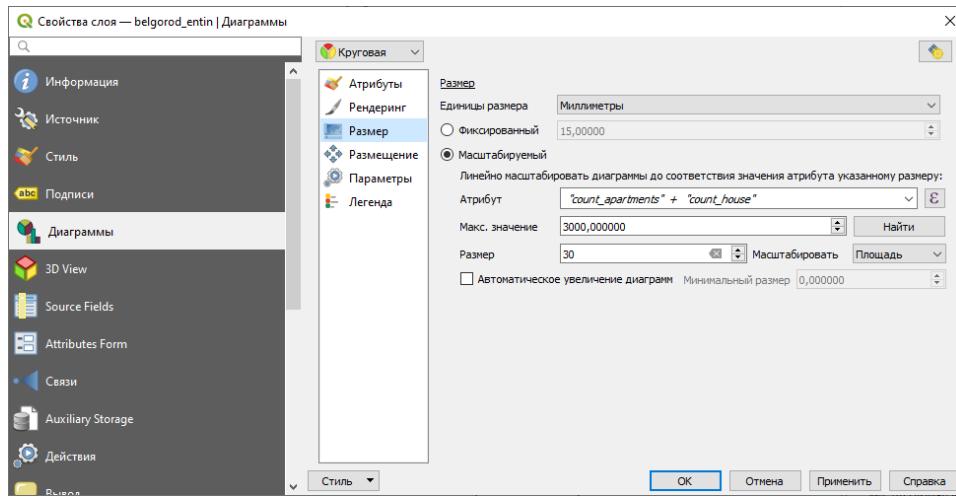
выбирать масштабирование площади, а не линейного размера (диаметра).

В качестве показателя можно использовать значение из какого-либо столбца таблицы атрибутов. Но можно и рассчитывать это значение непосредственно при визуализации. Мы воспользуемся вторым вариантом.

5. Нажмите кнопку со значком в виде буквы **X** справа от поля «Атрибут». Откроется уже знакомое вам окно конструирования выражений.
6. Задайте выражение для суммирования значений полей `count_apartments` и `count_house`. Убедитесь, что расчёт выполняется корректно (см. строку «Предпросмотр») и, если это так, нажмите ОК.
7. Вернувшись в окно настройки диаграмм, нажмите кнопку «Найти» в строке «Максимальное значение», чтобы автоматически рассчитать максимальный результат выражения.
8. Округлите полученное значение в большую сторону до тысяч.
9. Установите максимальный размер диаграмм равным 30 (мм).

В QGIS есть ещё одна полезная опция — увеличение размера диаграмм. Она применяется, если при масштабировании некоторые диаграммы становятся слишком малы. В таком случае их размер увеличивается до минимального (задаваемого пользователем) порогового значения.

После установки всех параметров окно должно принять следующий вид:



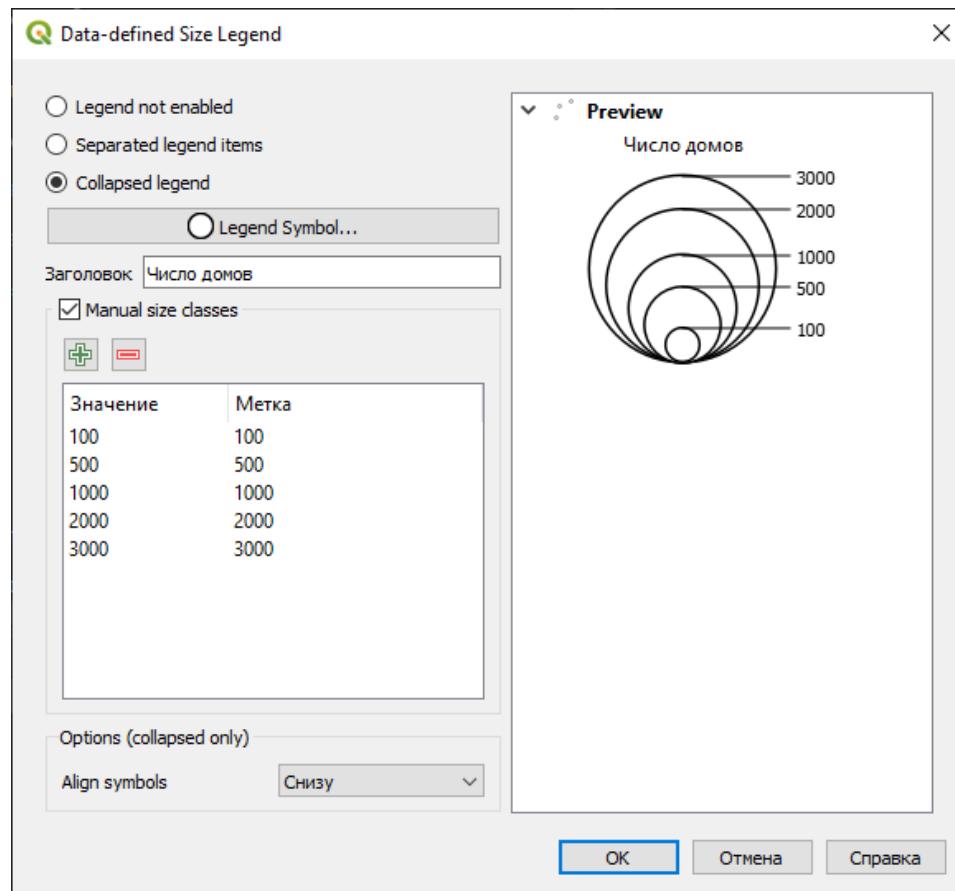
10. Перейдите на вкладку «Легенда». Здесь вы настроите комбинацию условных знаков для отображения в легенде. Нажмите кнопку «Показать значки для размера диаграмм в легенде» (*Show Legend Entries for Diagram Size*).

11. Настройте отображение значков следующим образом:

- «Коллапсируйте» значки легенды;
- В качестве символа используйте белый маркер круглой формы с тёмно-серой обводкой;
- Задайте заголовок («Число домов»);
- Задайте классы значков вручную: 100, 500, 1000, далее через 1000 до максимальной величины.

Интерфейс настройки диаграммы должен принять приблизительно следующий вид:

## 72 CHAPTER 3. ПРИВЯЗКА И ЦИФРОВАНИЕ АДМИНИСТРАТИВНОЙ КАРТЫ



**Важное замечание:** конечно, такой набор значков не является картографически корректным для создания легенды к абсолютной непрерывной шкале значков. По состоянию на 2020-07-14 ни один широко используемый ГИС-пакет не может сделать легенду к размерам кругов картодиаграммы согласно принятым картографическим правилам. Легенды к таким картам следует составлять или исправлять вручную.

## 3.7 Использование базовых слоёв из сети Интернет

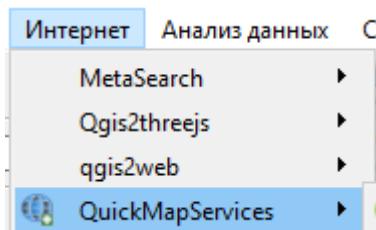
**В начало упражнения**

Большинство современных программных средств ГИС даёт возможность использовать не только локальные данные, но и наборы, распространяемые через Интернет с использованием специальных протоколов (WMS, WFS, WCS и др.). В частности, таким способом можно добавлять в ваш проект базовые карты Google Maps, Яндекс.Карт и некоторых других сервисов.

Разработан удобный плагин, позволяющий вам получить доступ к этим источникам «в один клик». Он называется **QuickMapServices**.

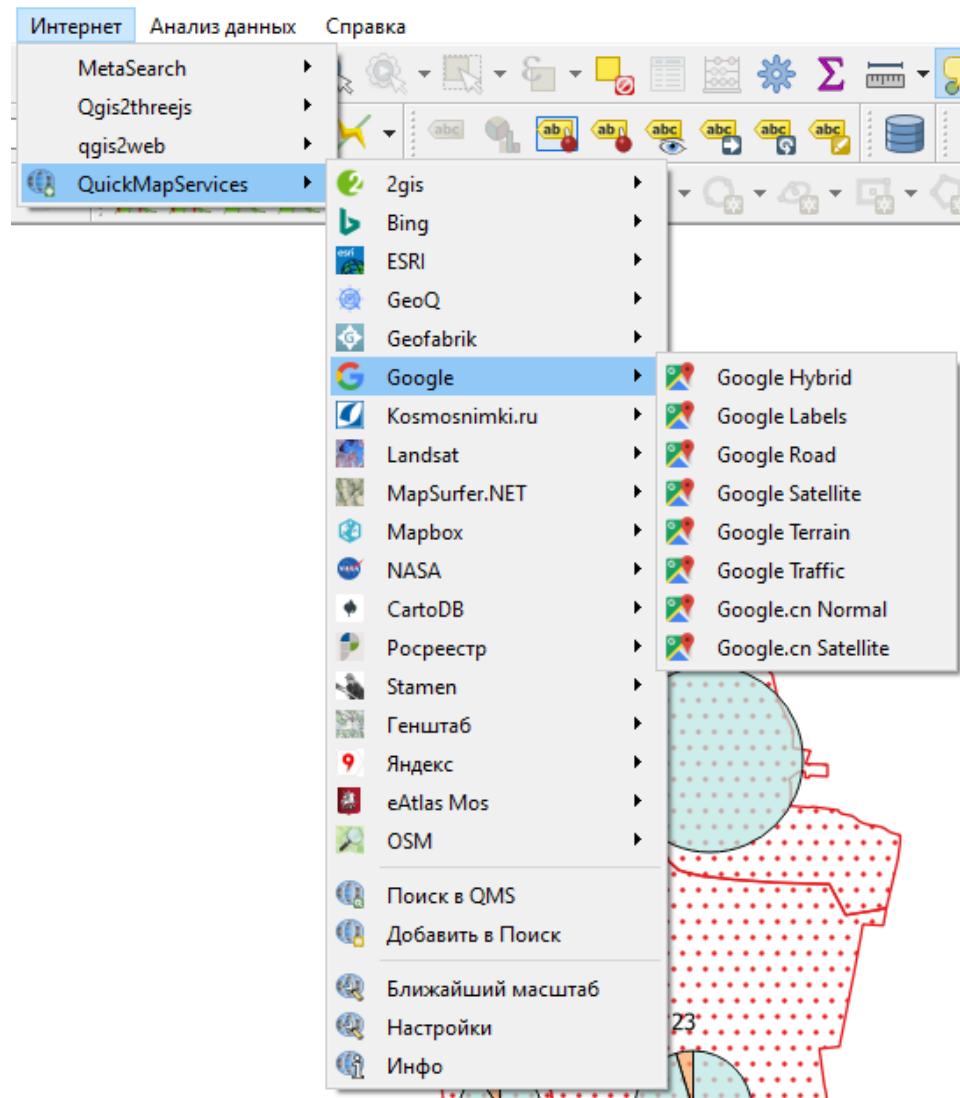
1. Откройте меню управления подключаемыми модулями («Модули» — «Управление модулями...»), наберите в строке поиска QuickMapServices и установите найденный модуль.

Установленный модуль будет доступен из выпадающего меню «Интернет»:



2. Откройте настройки модуля QuickMapServices, перейдите на вкладку «Загрузить сервисы» и нажмите «Получить дополнительные источники данных». В список доступных сервисов добавится ряд дополнительных источников.

## 74 CHAPTER 3. ПРИВЯЗКА И ЦИФРОВАНИЕ АДМИНИСТРАТИВНОЙ КАРТЫ



3. Добавьте к проекту базовую карту OpenStreetMap Monochrome.
4. Расположите слой с избирательными округами поверх базовой карты. Все остальные слои отключите.

## 3.8 Оформление итоговой схемы

В начало упражнения 

1. Создайте макет компоновки для оформления итоговой схемы.
2. Добавьте карту к макету. Настройте оформление карты. Исходите из того, что ваша схема предназначена для вставки в отчёт: учтите ориентировку страницы, необходимость зарезервировать место под поля и др.  
В рамках этого упражнения не создавайте сетку координат, но добавьте рамку карты и отключите фон.
3. Добавьте легенду и настройте её.
4. Добавьте остальные необходимые элементы зарамочного оформления.
5. Оцените получившееся изображение. При необходимости вернитесь в основное окно QGIS и измените настройки оформления слоёв.
6. Экспортируйте схему с разрешением 96 точек на дюйм. Используйте опцию «Обрезать по содержимому».

Примечание: разрешение 96 точек на дюйм считается довольно низким для картографических целей. Изображения с таким разрешением не годятся для печати, но иногда могут быть пригодны для размещения в Интернете. Вы снижаете разрешение для того, чтобы сохранить читаемость базовой карты.

7. Вставьте итоговую схему в отчётный файл.



## **Part II**

### **Векторный анализ**



# Chapter 4

## Анализ пространственных взаимосвязей

Архив с данными и файлом отчёта

### 4.1 Введение

**Цель задания** — научиться определять пространственную приуроченность двух явлений на основе процента взаимного покрытия их площадей (методом оверлея).

**Необходимая теоретическая подготовка:** Оверлей пространственных объектов, геометрическое определение вероятности как отношения мер (площадей), соединение таблиц в реляционных базах данных, внешний и внутренний ключ соединения.

**Необходимая практическая подготовка:** Знание основных компонент интерфейса QGIS (менеджер источников данных, таблица слоёв, фрейм карты, менеджер компоновок). Работа с различными форматами источников пространственных данных . Настройка символики и подписей объектов. Владение базовыми ГИС-технологиями.

**Исходные данные:** База данных ГИС «Сатино».

**Результат:** Таблица взаимного покрытия площадей типов рельефа и подтипов почв.

### 4.1.1 Контрольный лист

- Добавить на карту слои типов почв и рельефа, оформить их
- Произвести оверлей слоев
- Произвести слияние данных и соединение таблиц
- Подсчитать процент покрытия площадей

### 4.1.2 Аннотация

Задание посвящено знакомству с пространственным анализом на основе векторных данных. Векторная модель представляет объекты в виде отдельных геометрических фигур с набором атрибутов. Она является объектно-ориентированной и удобна для анализа формы, размеров объектов, их взаимной конфигурации в пространстве. Одним из широко используемых методов анализа на основе векторных данных является оверлей.

При *оверлее* происходит наложение двух или более слоев, в результате чего образуется их графическая композиция. Полученные участки наследуют атрибуты от каждого слоя. Эта операция базируется на стандартных отношениях множеств, таких как пересечение, объединение и симметрическая разность.

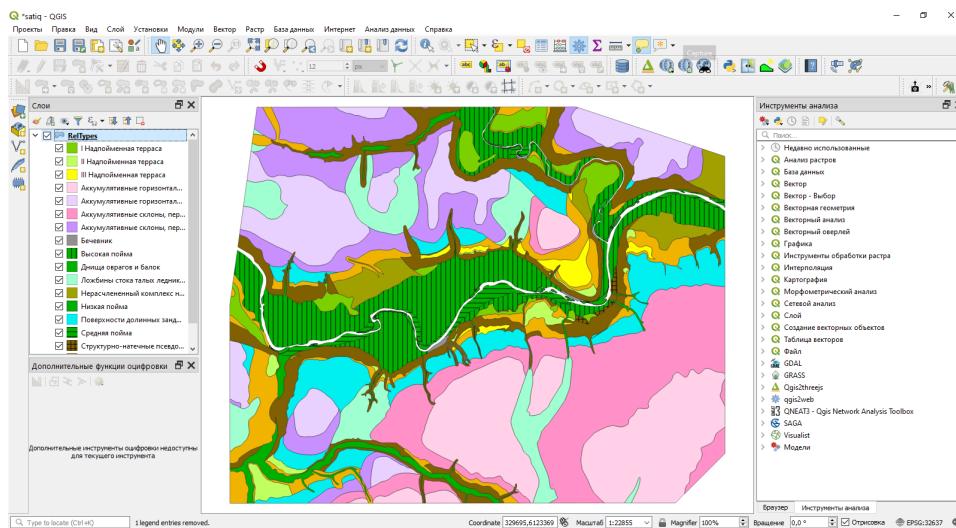
С помощью оверлея можно, например, установить, к каким генетическим типам рельефа приурочены различные типы и подтипы почв. В общем случае оверлей позволяет установить, какие комбинации объектов встречаются в пространстве. В задании предлагается исследовать методом оверлея взаимосвязь типов рельефа и типов и подтипов почв.

## 4.2 Визуальный анализ векторных слоев

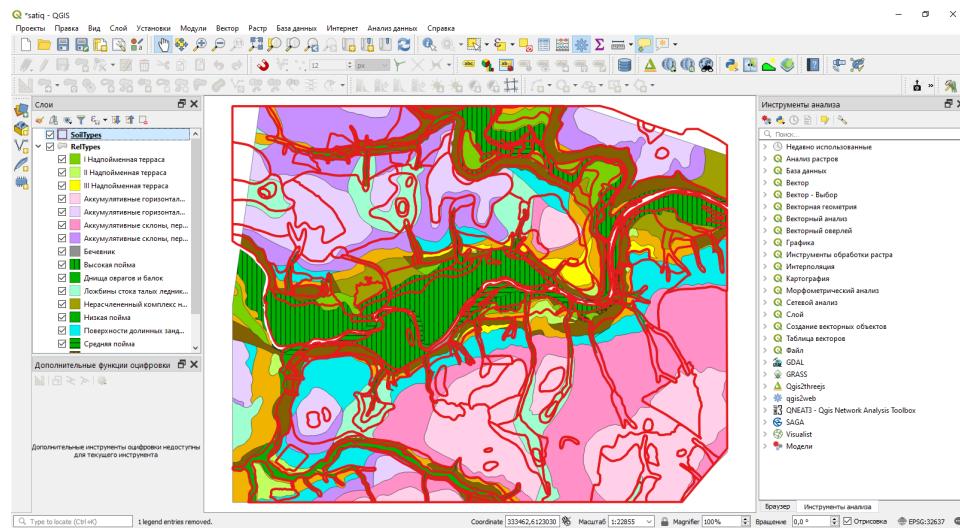
**В начало упражнения **

В первую очередь при анализе данных следует провести их визуальную оценку, которая может натолкнуть на отыскание закономерностей во взаимном расположении объектов.

1. Распакуйте архив с материалами упражнения в свою рабочую директорию. Создайте проект QGIS в папке с распакованными материалами.
2. Добавьте на карту слой *RelTypes* из базы геоданных *Satino.gdb*. Примените к нему стиль из файла *RelTypes.qml*.



3. Добавьте на карту слой *SoilTypes* из той же базы. Изобразите его в виде полигонов без заливки с обводкой красного цвета.



4. Выберите инструмент идентификации
- и щелкните в пределах карты на любом полигоне. Откроется форма идентификации (отображения) атрибутов объекта

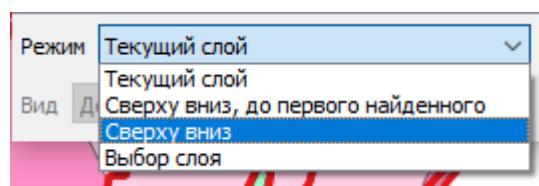
Результат определения

| Объект       | Значение                  |
|--------------|---------------------------|
| SoilTypes    |                           |
| OBJECTID     | 282                       |
| (Выведенные) |                           |
| (Действия)   |                           |
| OBJECTID     | 282                       |
| Id           | 284                       |
| Area         | 181331,84                 |
| Perimeter    | 2118,91                   |
| Soilld       | 7                         |
| SoillIndex   | П-д-2                     |
| SoilType     | Подзолистые               |
| SoilSubtype  | Дерново-среднеподзолистые |
| SHAPE_Length | 2118,9778643187337        |
| SHAPE_Area   | 181343,82776416186        |

Режим

Вид

По умолчанию QGIS идентифицирует объекты либо из самого верхнего слоя (*Сверху вниз, до первого найденного*, в порядке перечисления в панели слоёв), либо из того слоя, который выбран в панели слоёв (*Текущий слой*). Можно настроить инструмент идентификации таким образом, чтобы отображать атрибуты объектов из всех доступных слоёв. Для этого в нижней части панели идентификации нужно установить режим *Сверху вниз*.



| Результат определения |   |
|-----------------------|---|
| Объект                | Значение                                    |
| SoilTypes             |   |
| OBJECTID              | 281   |
| (Выведенные)          |   |
| (Действия)            |   |
| OBJECTID              | 281   |
| Id                    | 283   |
| Area                  | 166788,25                                   |
| Perimeter             | 1933,21                                     |
| Soilld                | 5   |
| SoillIndex            | П-д   |
| SoilType              | Подзолистые                                 |
| SoilSubtype           | Дерново-подзолистые (без разделения)        |
| SHAPE_Length          | 1933,2909535135984                          |
| SHAPE_Area            | 166799,2738091772                           |
| RelTypes              |   |
| OBJECTID              | 126   |
| (Выведенные)          |   |
| (Действия)            |   |
| OBJECTID              | 126   |
| RelType               | Нерасчлененный комплекс надпойменных террас |
| ID                    | 12  |
| SHAPE_Length          | 3349,0280041883098                          |
| SHAPE_Area            | 200294,60113213924                          |
| Режим                 | Сверху вниз                                 |
| Вид                   | Дерево                                      |
|                       | <input type="checkbox"/> Открывать форму    |
|                       | <input type="button" value="Справка"/>      |

Пользуясь инструментом идентификации, проанализируйте совмещенное изображение границ типов почв и рельефа.

**Вопрос 1:** Есть ли какие-то совпадения или подобия рисунков контуров типов рельефа и подтипов почв в пределах речных долин, междуречий, малых эрозионных форм?

Когда данные исследованы визуально и путем идентификации, можно перейти к их анализу с помощью оверлея.

## 4.3 Оверлей слоев методом пересечения

### В начало упражнения

Инструменты векторного оверлея, а также некоторые родственные им инструменты в QGIS размещаются в меню «Вектор — Геообработка». Также эти инструменты доступны из панели инструментов анализа.

*Изучите, как работают инструменты геообработки.* Для этого сохраните и закройте свой проект QGIS, затем создайте новый проект, а в нём — два временных полигональных слоя.

Временный слой в QGIS хранится в выделенной директории среди системных файлов. Если не сохранять временные файлы, они будут удалены после закрытия окна QGIS.

Чтобы создать временный слой, нажмите кнопку *Новый временный слой* в панели менеджера источников данных. Используйте для создаваемых слоёв проецированную систему координат!

**поочерёдно примените к вашим слоям следующие инструменты геообработки:** **Обрезать (Clip), Разность (Erase), пересечение (Intersect), Симметрическая разность (Symmetrical Difference), Объединение (Union)** и ответьте на вопросы:

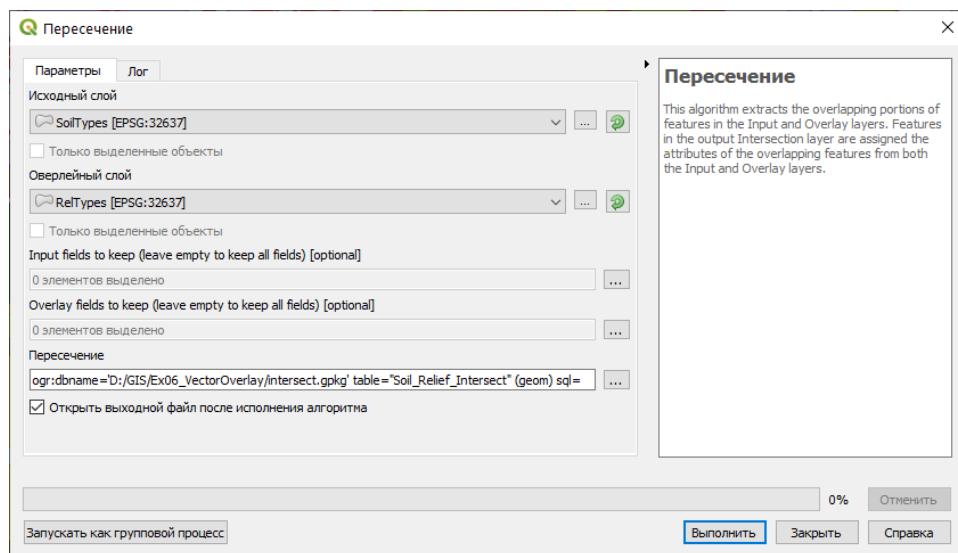
**Вопрос 2:** опишите словесно, как будет выглядеть результат применения каждого из инструментов геообработки к произвольной паре наборов данных?

**Вопрос 3:** какие из изученных инструментов геообработки будут выдавать одинаковый результат независимо от порядка исходных слоёв, а для каких этот результат будет различен? Учитывайте не только геометрические, но и атрибутивные свойства результата.

**Вопрос 4:** чем отличаются результаты обработки с помощью инструментов Обрезать (Clip) и Пересечение (Intersect)?

1. Вернитесь в основной рабочий проект.
2. Запустите инструмент *Пересечение (Intersect)*. Настройте параметры следующим образом:

1. Используйте слой SoilTypes в качестве исходного и слой RelTypes в качестве оверлейного.
2. Сохраните выходной набор данных как GeoPackage в вашу рабочую директорию. Назовите выходной файл %\_geoprocessing.gpkg, а в открывшемся окне задания имени слоя введите Soil\_Relief\_Intersect.

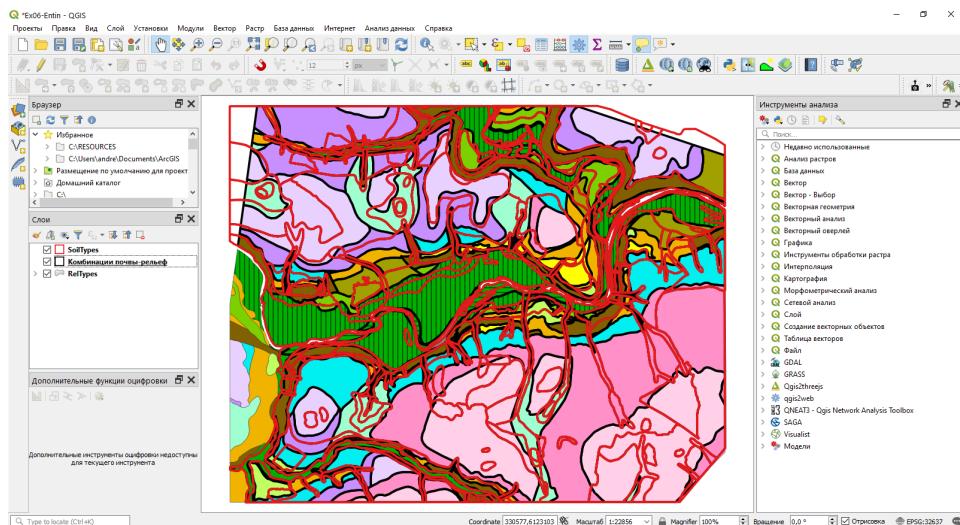


3. Нажмите «Выполнить», чтобы запустить вычисления.

Результат вычислений добавится на карту и в таблицу слоёв под именем .

4. Переименуйте добавленный слой в .
5. Поместите полученный оверлеем слой между слоями типов почв и рельефа, и настройте его отображение в виде полигона без заливки с чёрной обводкой. Там, где границы совпадают с контурами типов рельефа, они будут чёрного цвета, а там где они совпадают с контурами типов почв, будет красная линия с чёрной обводкой.

#### 4.4. СЛИЯНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПЕРЕСЕЧЕНИЯ С ЦЕЛЬЮ ПОЛУЧЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЯ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СВЯЗИ



6. Раскройте атрибутивную таблицу слоя *Комбинации почвы-рельеф*.

**Вопрос 5:** Какие поля содержатся в атрибутивной таблице полученного слоя?

## 4.4 Слияние результатов пересечения с целью получения показателя пространственной связи

**В начало упражнения**

Поскольку каждый полигон в оверлейном слое содержит значение типа/подтипа почвы и типа рельефа, появляется возможность установить приуроченность типов и подтипов почв к определенным типам рельефа.

Чтобы подсчитать долю каждого типа рельефа в площади каждого подтипа почв, необходимо просуммировать площади каждой их уникальной комбинации. Например, дерново-карбонатные выщелоченные почвы (*Д-в-к*) на круtyх эрозионных склонах встречаются в пределах Сатинского полигона в виде 6 разрозненных

участков, имеющих некоторую суммарную площадь. Эта площадь, деленная на суммарную площадь почв подтипа  $\text{Д-в-к}$  даст вероятностный критерий приуроченности почв  $\text{Д-в-к}$  к крутым эрозионным склонам. То же самое касается остальных комбинаций подтипов почв и типов рельефа.

С точки зрения рабочих процессов ГИС, операцию следует разбить на 5 шагов:

- подсчет суммарной площади каждой комбинации подтипа почв и типа рельефа;
- подсчет суммарной площади каждого подтипа почв;
- добавление поля, в которое будет записана процентная доля;
- соединение таблиц комбинаций и подтипов почв по названию подтипа почв;
- деление площади комбинации на площадь подтипа почв и запись результата в соответствующее поле.

Объединение разрозненных объектов, обладающих одинаковым набором атрибутов, осуществляется с помощью операции *объединения по признаку* (*Dissolve*). Причем, если объекты примыкают друг к другу, граница между ними будет стерта, а если объекты разнесены в пространстве, на выходе получится составной объект (*Multipart feature*), состоящий из нескольких полигонов. Объединение по признаку — это один из методов генерализации, он очень часто используется в геоинформационном анализе и картографировании.

1. Откройте инструмент геообработки «Объединение по признаку».
2. Выберите в качестве исходного слоя *Комбинации почвы-рельеф*.
3. Нажмите на кнопку с изображением многоточия в строке *Dissolve fields (optional)*, чтобы задать поля, по которым будет производиться слияние. В открывшемся списке отметьте поля *SoilType*, *SoilSubtype* и *RelType*. Тем самым можно будет найти все уникальные комбинации подтипов почв и типов рельефа.

## 4.5. ОБЪЕДИНЕНИЕ ПОДТИПОВ ПОЧВ ДЛЯ ПОДСЧЁТА СУММАРНОЙ ПЛОЩАДИ 89

Поле *SoilType* необходимо отметить для того, чтобы в таблице результирующего слоя сохранилась информация о типах почв. Это не влияет на сам результат, поскольку количество комбинаций типа и подтипа почв равно количеству самих подтипов.

4. Укажите путь для сохранения результата объединения по признаку. Сохраните результат в тот же GeoPackage, что и результат пересечения, а слой назовите *Soil\_Relief\_Intersect\_Dissolve*.
5. Запустите выполнение инструмента.
6. После того, как результат появится в таблице содержания, закройте окно инструмента. Переименуйте полученный слой в *Слияние комбинаций почвы-рельеф*.
7. Отключите этот слой в таблице содержания.

## 4.5 Объединение подтипов почв для подсчёта суммарной площади

[В начало упражнения](#) 

1. Запустите инструмент объединения по признаку еще раз.
2. Выберите в качестве входных данных слой *SoilTypes*.
3. В списке полей для объединения выберите поля *SoilType* и *Soil-Subtype*.
4. Выходной набор данных сохраните в тот же GeoPackage с именем слоя *SoilTypes\_Dissolve*.
5. Остальные параметры оставьте по умолчанию и запустите инструмент.
6. Назовите полученный слой *Слияние подтипов почв*. В данном слое в результате операции слияния каждый подтип почв будет представлен единственным объектом.
7. Отключите этот слой в таблице содержания.

## 4.6 Расчёт площадей объектов

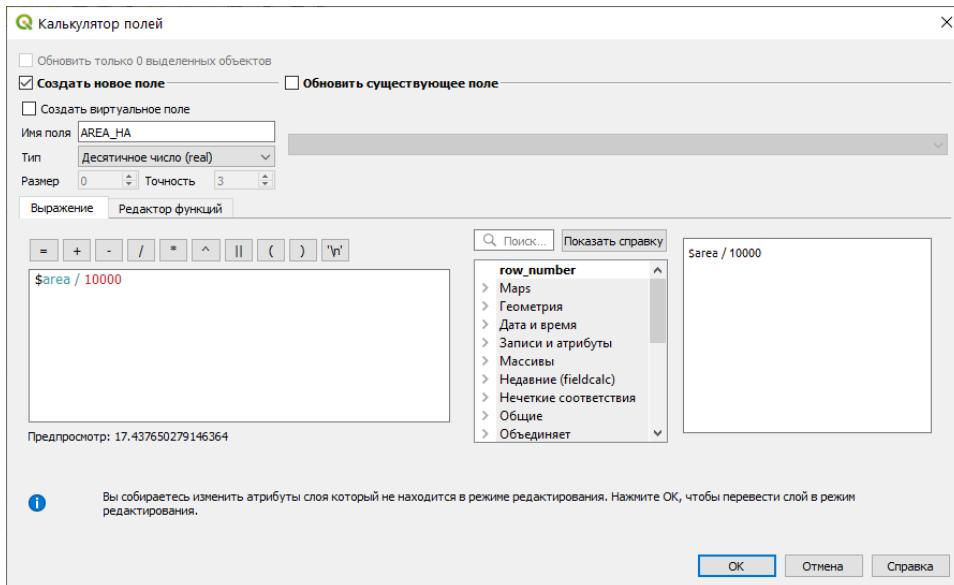
В начало упражнения 

В отличие от ArcGIS, QGIS не умеет автоматически пересчитывать площади объектов при изменении их геометрии. А изменения, которые мы произвели в процессе объединения по признаку, достаточно велики. Далее мы рассчитаем площади каждого объекта в «объединённых» слоях, затем выполним соединение атрибутивных таблиц и рассчитаем показатель связи на основе соотношения площадей.

1. Откройте таблицу атрибутов слоя *Слияние комбинаций почвы-рельеф*.
2. В заголовке таблицы найдите **Открыть калькулятор полей** ( ) или нажмите Ctrl+I.

В QGIS, в отличие от ArcGIS и многих СУБД, не требуется отдельно создавать новое поле перед выполнением расчёта. Мы создадим новое поле, в котором будет записана площадь объекта в гектарах, и одновременно заполним его значениями с помощью калькулятора полей.

3. Введите имя поля AREA\_HA\_INTERSECT и установите тип данных «Десятичное число (real)».
4. Введите выражение \$area / 10000 в поле «Выражение».



Пояснение: `area()` — системная функция QGIS, возвращающая площадь объекта. Знакок `$` означает, что функция будет применена к текущему объекту. Площадь вычисляется в единицах измерения площади, предусмотренных для системы координат источника данных. Для проецированных систем координат это, как правило, метры (реже футы). Назначение выражения `/ 10000` постарайтесь определить самостоятельно.

5. Нажмите OK. Слой перейдёт в режим редактирования, а в таблице атрибутов появится новый столбец.
6. Сохраните правки и выключите режим редактирования для слоя *Слияние комбинаций почвы-рельеф*. Кнопка включения/выключения режима редактирования доступна не только в панели редактирования, но и в окне таблицы атрибутов.
7. Проделайте аналогичную операцию для слоя *Слияние подтипов почв*. **Важно:** используйте другое имя для поля площади, например, AREA\_HA\_SOILS, чтобы избежать ошибки на следующем шаге.

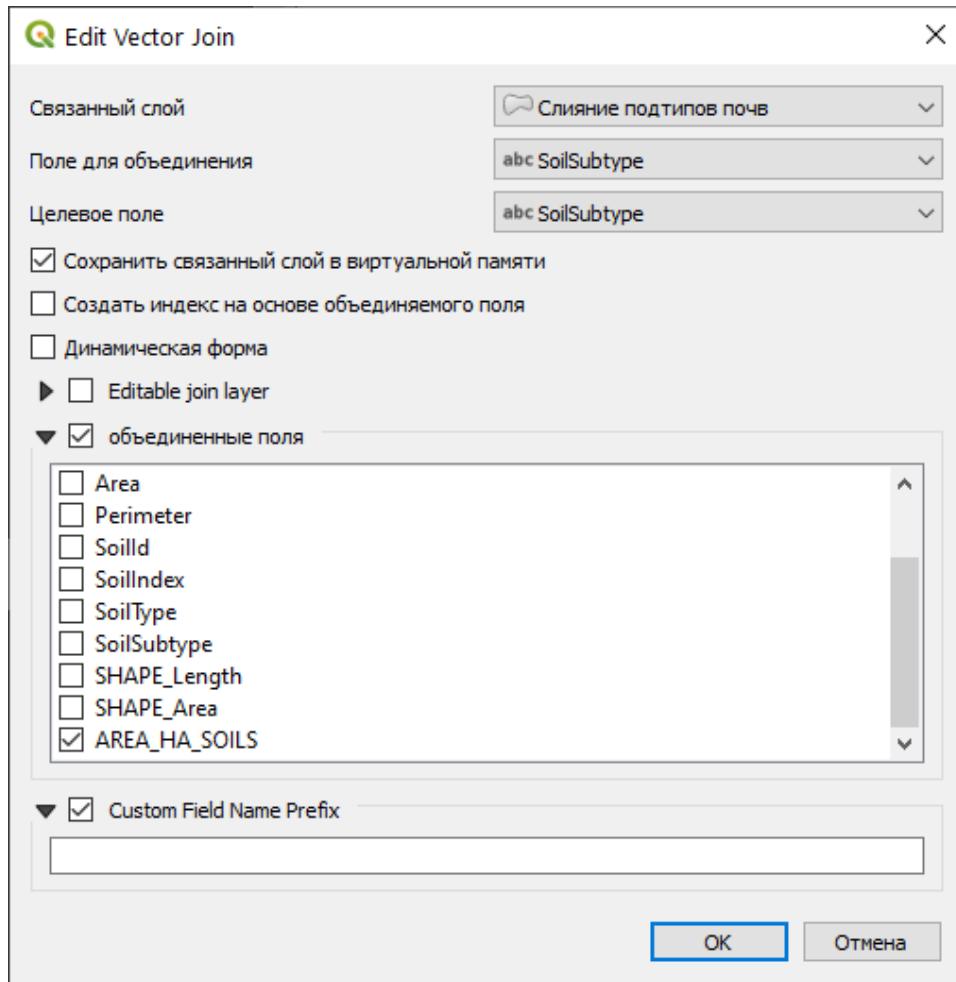
## 4.7 Соединение таблиц по названию подтипа почв

В начало упражнения

Для расчета пространственной взаимосвязи необходимо поделить площадь каждой комбинации на площадь соответствующего подтипа почв. Эти площади находятся сейчас в разных таблицах — *Слияние подтипов почв* и *Слияние комбинаций почвы-рельеф*. Их можно соединить по полю подтипа почв.

*Соединение таблиц* (table join) — операция, в результате которой к одной таблице временно добавляются столбцы из другой таблицы. Чтобы установить соответствие между строками исходной и присоединяемой таблицы, необходимо иметь в каждой таблице поле с общими для них значениями. Например, это может быть числовой код объекта или, как в нашем случае, подтип почв (строковый тип данных).

1. Откройте свойства слоя *Слияние комбинаций почвы-рельеф* и перейдите на вкладку *Связи*.
2. Нажмите на кнопку с изображением знака «+» внизу, чтобы добавить новую связь.
3. Настройте параметры соединения, как показано на рисунке ниже:



**Вопрос 6:** Что такое «поле для объединения» и «целевое поле» в QGIS? К каким слоям относится каждое из них?

4. Примените изменения, закройте свойства слоя и откройте таблицу атрибутов.

**Вопрос 7:** Что изменилось в таблице атрибутов после создания связи?

## 4.8 Вычисление результирующих значений показателя связи

**В начало упражнения**

1. Откройте таблицу атрибутов слоя *Слияние комбинаций почвы-рельеф*, а затем вызовите калькулятор полей.
2. Укажите, что результат вычисления будет сохраняться в новое поле вещественного (real) типа, имя поля — *Percent*
3. В окне ввода выражения составьте следующее выражение:

**Площадь сочетания подтипа почв и типа рельефа / Площадь подтипа почв × 100**

Подсказка: чтобы использовать значения полей в выражении, найдите в средней панели группу «Поля и значения». Добавляйте поля в выражение, кликая по их названиям дважды левой кнопкой мыши.

4. Запустите расчёт. После окончания расчёта посмотрите получившиеся значения в поле *Percent*.
5. Удалите соединение таблиц через свойства слоя *Слияние комбинаций почвы-рельеф* (кладка «Связи», кнопка с изображением знака «минус» внизу).
6. Отсортируйте таблицу атрибутов по значению поля *Percent* по убыванию. Выберите объекты, значение показателя связи для которых превышает 75 %.
7. Скройте все столбцы, кроме типа почв, подтипа почв, типа рельефа и поля *Percent*. Для того, чтобы скрыть столбец в таблице атрибутов, нажмите на его название правой кнопкой мыши и выберите опцию *Hide column*.
8. Скомпонуйте окно приложения так, чтобы было видно целиком карту, а также выделенные в таблице строки, а также столбцы, перечисленные в предыдущем пункте.

**Скриншот 1:** окно карты и результирующая таблица

#### *4.8. ВЫЧИСЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТИРУЮЩИХ ЗНАЧЕНИЙ ПОКАЗАТЕЛЯ СВЯЗИ95*

Примечание: если размер вашего экрана не позволяет скомпоновать окно QGIS в запрошенном виде, сделайте два скриншота: отдельно основное окно QGIS, отдельно таблицу атрибутов.

9. Сохраните документ карты.



## **Part III**

# **Растровый анализ**



# Chapter 5

## Оптимизация местоположения

Архив с данными и файлом отчёта

### 5.1 Введение

**Цель задания** — овладеть основами растрового анализа в ГИС на примере решения задачи поиска оптимального местоположения для размещения объектов.

**Необходимая теоретическая подготовка:** Растровая модель пространственных данных, вычисление евклидова расстояния на плоскости, методы классификации числовых рядов, оверлей с весовыми коэффициентами (взвешенный оверлей).

**Необходимая практическая подготовка:** Знание основных компонент интерфейса QGIS (менеджер источников данных, таблица слоёв, фрейм карты, менеджер компоновок). Работа с различными форматами источников пространственных данных. Настройка символики и подписей объектов. Владение базовыми ГИС-технологиями.

**Исходные данные:** База данных ГИС «Сатино», цифровая модель рельефа Сатинского полигона

**Результат:** Набор пространственных данных, содержащий участок, оптимальный по совокупности критериев для размещения объектов.

### 5.1.1 Контрольный лист

- Конвертировать слой землепользования в растровое представление
- Построить и классифицировать растр углов наклона рельефа
- Построить и классифицировать раstry расстояний до водотоков и домов
- Осуществить взвешенный оверлей полученных растров
- Конвертировать класс с максимальной суммой баллов в векторное представление и выбрать участок, удовлетворяющий критерию минимальной площади.

### 5.1.2 Аннотация

В предыдущих заданиях вы познакомились с редактированием векторных данных. Для ряда практических задач более удобным оказывается растровое представление. Оно хорошо подходит для анализа географического пространства, которое обладает постоянно меняющимися характеристиками среды. Растворная модель топологически неразрывна, что позволяет моделировать различные поля и перенос вещества в пространстве из одной ячейки в другую. В силу своей регулярности растровая модель проста в обработке, поскольку все операции можно унифицировать, ориентируясь на матрицу ячеек. В частности, к растровым слоям удобно применять операции алгебры карт, такие как сложение, вычитание, суммирование — что и используется данном задании.

Вам предстоит решить задачу выбора оптимального местоположения участка для строительства производственного объекта. Критерии выбора следующие:

- предельный угол наклона рельефа —  $12,5^\circ$ ;

- участок должен располагаться вблизи автомобильных дорог;
- участок должен располагаться вблизи крупных водотоков, поскольку требуется водоснабжение;
- оптимальные зоны для размещения — открытые пространства, такие как выгоны, пустыри, луга, вырубки и т.д.;
- необходимая площадь участка — не менее 2,5 га.

### 5.1.3 Прежде чем начать...

Инструкция по выполнению этого упражнения предполагает использование инструментов [GDAL](#), интегрированных в сборку QGIS. GDAL печально известен трудоёмкостью установки и нестабильной работой при малейших отклонений от «правильных» условий. Поэтому, если инструменты GDAL выдают ошибку при попытке запуска, попробуйте следующие решения:

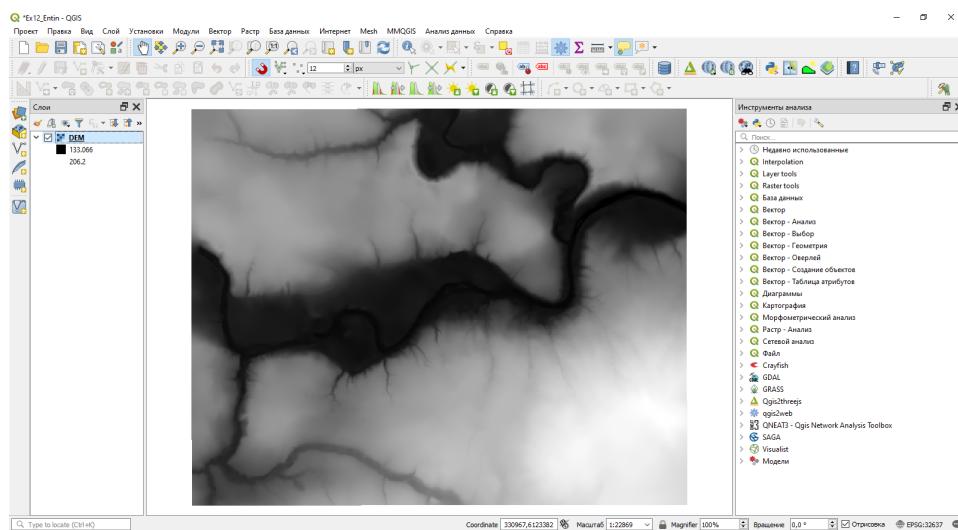
- 1) Обновите QGIS до последней стабильной версии;
- 2) Воспользуйтесь альтернативными инструментами GRASS и SAGA, интегрированными в QGIS. Для каждого инструмента GDAL в инструкции указаны альтернативные инструменты GRASS и SAGA.

## 5.2 Добавление исходных данных

В начало упражнения

1. Скопируйте папку с исходными данными в вашу рабочую директорию и создайте в ней новый проект QGIS.
2. Создайте в этой же папке вложенную папку `processing`. Вы будете использовать её для хранения промежуточных результатов.

3. Добавьте в проект цифровую модель рельефа (ЦМР, файл DEM.tif).



4. Откройте свойства слоя ЦМР и перейдите на вкладку «Информация». Изучите характеристики файла ЦМР.

Для описания геометрии растрового набора данных обязательно задаются следующие характеристики: число строк, число столбцов, шаг сетки (размер ячейки), начальные координаты. Некоторые форматы хранения растровых данных (в том числе GeoTIFF) поддерживают многоканальность; в этом случае указывается также число каналов. В разном программном обеспечении эти параметры могут называться немного по-разному.

**Вопрос 1:** впишите в отчётный файл основные характеристики ЦМР.

### 5.3 Расчет углов наклона

**В начало упражнения**

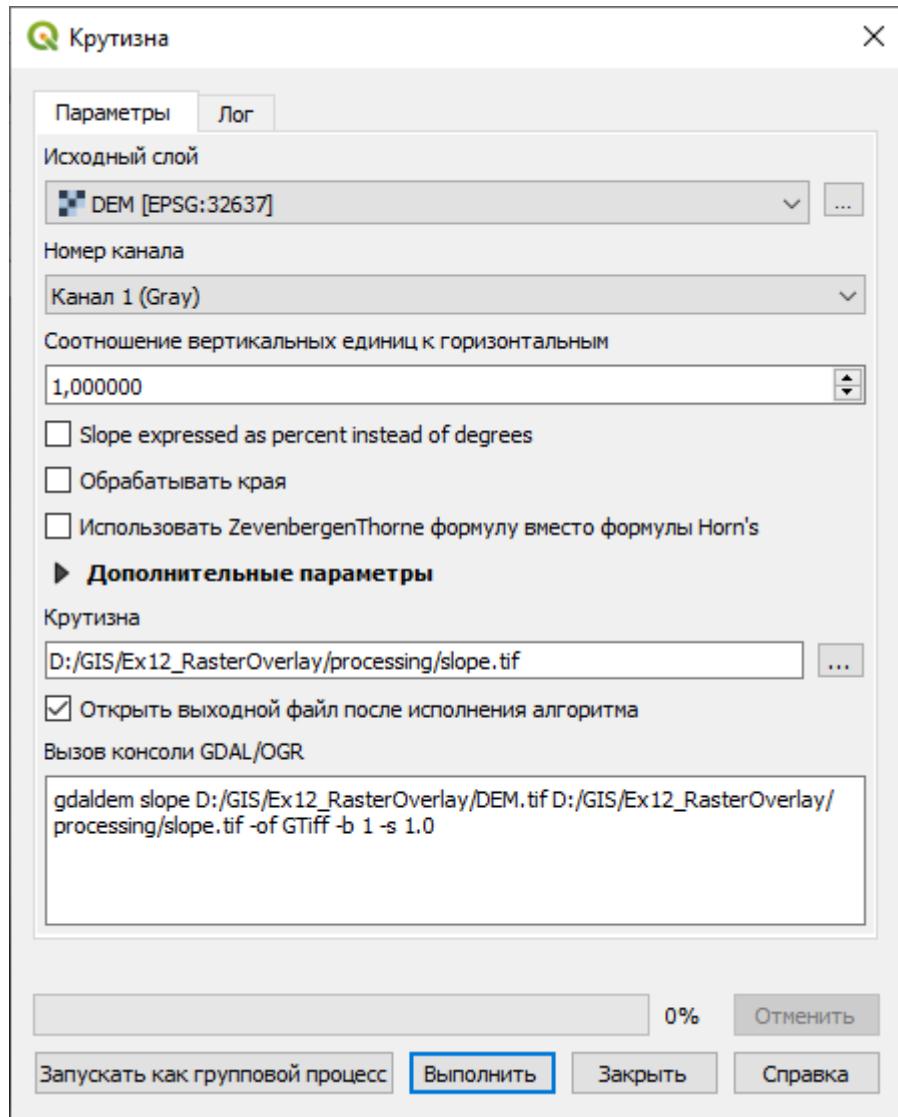
В QGIS имеется ряд инструментов для создания и анализа поверхностей, представленных в растровой форме. Изучите список доступных

инструментов в меню «Растр» — «Анализ».

Создание, анализ и визуализация поверхностей (в том числе поверхности рельефа) — большая область исследований на стыке геоинформатики, физической географии и ряда других наук. В зарубежной традиции её принято называть *геоморфометрией* (англ. *geomorphometry*). Создание и использование алгоритмов расчёта морфометрических характеристик поверхности, таких как крутизна и экспозиция склона — одна из многих задач, решаемых геоморфометрией.

3. Откройте интерфейс инструмента «Крутизна...» из группы «Растр» — «Анализ».
4. Задайте DEM в качестве исходного слоя, все остальные параметры сохраните по умолчанию. Сверните блок «Дополнительные параметры» — в этом упражнении они не требуются.
5. Укажите путь к выходному файлу. По умолчанию QGIS предлагает вам сохранять результат во временный файл, но мы запишем результат явно. Для этого нажмите на многоточие ... справа от поля «Крутизна» в нижней части формы и выберите опцию «Сохранить в файл». Укажите, что файл следует сохранить в папку processing под именем slope.tif.

В итоге интерфейс настройки инструмента «Крутизна...» будет выглядеть, как показано на рисунке ниже:



6. Убедитесь, что опция «Открыть выходной файл после исполнения алгоритма» включена. Запустите инструмент. Дождитесь, пока результат расчёта добавится в проект. Присвойте добавленному слою имя «Крутизна», слой цифровой модели рельефа отключите.

Если инструмент GDAL не сработал, альтернативные инструменты для расчёта углов наклона можно найти

в Панели инструментов: Slope, Aspect, Curvature (SAGA), r.slope.aspect (GRASS). В обоих случаях нужно снять отметки «Открыть выходной файл после исполнения алгоритма» для всех результатов, кроме крутизны склона (Slope). Остальные настройки задаются по аналогии или сохраняются по умолчанию.

**Скриншот 1:** рассчитанный растр крутизны склона

7. Изучите свойства рассчитанного набора данных.

Обратите внимание, что геометрия полученного растра (число строк и столбцов, размер ячейки) полностью совпадает с геометрией исходной ЦМР.

Для любознательных: если вы увеличите изображение до края полученного растра и одновременно включите обратно слой ЦМР, вам может показаться, что растр ЦМР «шире», чем растр крутизны. Это на самом деле не так: просто краевым ячейкам растра крутизны присвоены значения «нет данных». При желании можно этого избежать, включив опцию «Обрабатывать краевые ячейки» в настройках инструмента расчёта крутизны.

Далее мы получим ещё несколько растровых наборов данных, но уже не на основе ЦМР. Однако нам придётся следить, чтобы все растры имели одинаковую геометрию. В некоторых программных продуктах (GRASS, SAGA) это требование соблюдается автоматически, в других (ArcGIS) можно заранее задать необходимые настройки. QGIS в настоящее время не поддерживает такие опции на уровне проекта, поэтому геометрию растра придётся задавать каждый раз заново.

8. Закройте свойства слоя «Крутизна».

## 5.4 Расчет расстояний

[В начало упражнения](#)

Чтобы определить участки, наиболее подходящие с точки зрения транспортной доступности, можно построить растр, в каждой ячейке которого будет содержаться расстояние (евклидово) от центра этой ячейки до ближайшей дороги. Такое представление имитирует непрерывное поле расстояний.

### 5.4.1 Расстояния до дорог

1. Добавьте на карту слой дорог Roads из базы геоданных Satino.
2. Изучите таблицу атрибутов слоя.

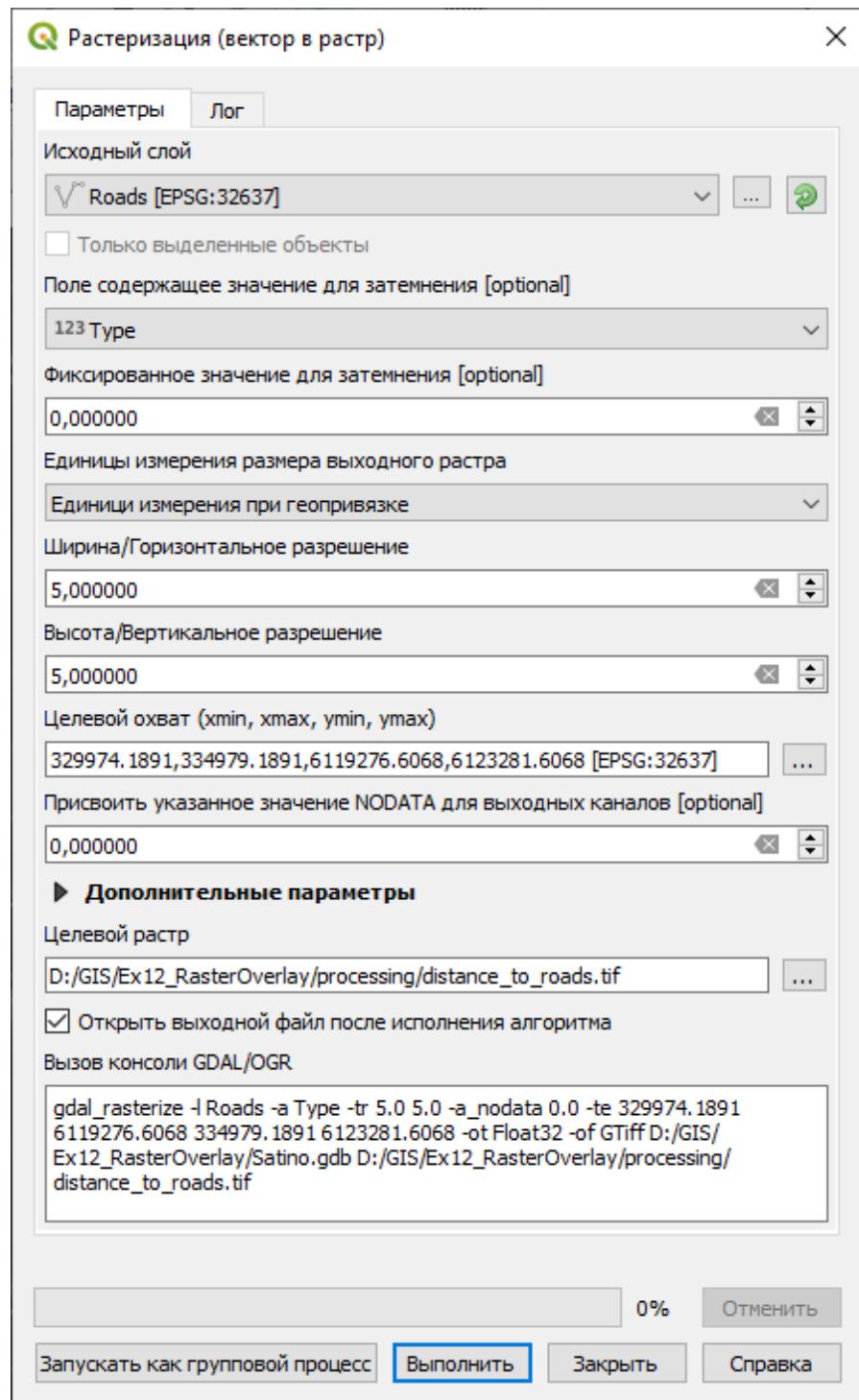
**Вопрос 2:** как соотносятся записи в поле Type и поле Description? Какие значения поля Type имеют асфальтированные и просёлочные дороги?

Для того, чтобы построить растр расстояний, мы сначала конвертируем данные о дорогах в растровое представление

3. Конвертируйте слой дорог в растр. Для этого запустите инструмент «Растр» — «Преобразование» — «Растеризация (вектор в растр)...». Настройте параметры инструмента, как описано ниже:
  - a. Исходный набор данных: Roads;
  - b. Поле, содержащее значение для затемнения: Type. Название опции некорректно переведено на русский язык — на самом деле здесь задаётся столбец таблицы атрибутов, значения из которого будут записаны в результирующий растр. Большинство растровых форматов не поддерживают запись строковых переменных в ячейки раstra, поэтому система позволяет использовать только атрибуты «числовых» типов.
  - c. Единицы измерения выходного растра: единицы, используемые при геопривязке;
  - d. Ширина/горизонтальное разрешение: 5;
  - e. Высота/вертикальное разрешение: 5;

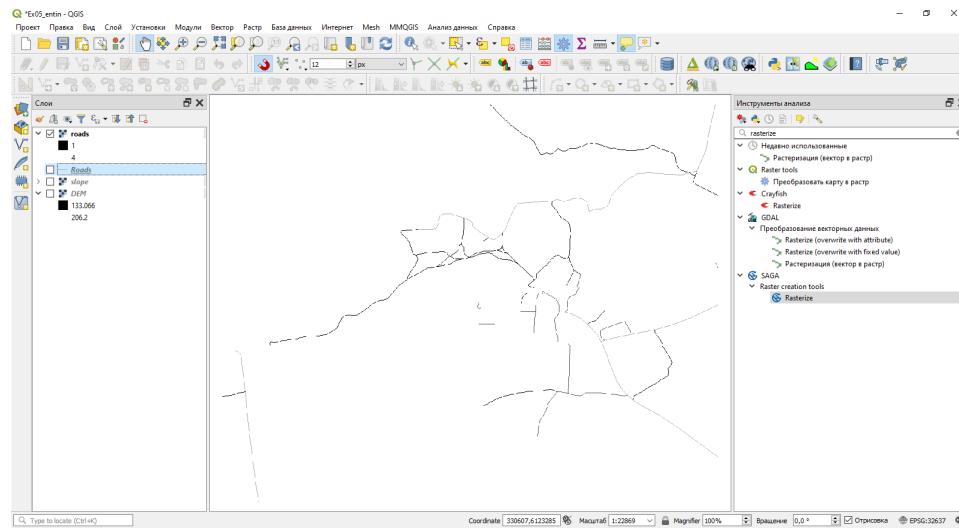
- f. Целевой охват: нажмите на многоточие справа, выберите опцию «Использовать охват слоя...» и используйте охват слоя DEM;
  - g. Целевой растр: сохраните растр под названием roads.tif в папку processing;

Интерфейс настройки инструмента примет вид, как показано на рисунке ниже



**Важное замечание:** настройки с —  $f$  в списке выше отвечают за геометрию растра. Мы задали их таким образом, чтобы конфигурация создаваемого растра соответствовала тем растрам, которые уже есть в проекте.

Результат работы инструмента растеризации:



Альтернативный инструмент: Rasterize (SAGA).  
Нужно установить целочисленный тип выходных данных. Перед запуском инструмента рекомендуется сделать выборку в исходном векторном слое, для этого изучите следующий пункт инструкции.

4. Рассчитайте евклидово расстояние до дорог. Для этого запустите инструмент «Растр» — «Анализ» — «Близость (расстояния в растре)...».
5. Настройте инструмент следующим образом:
  - Исходный слой: растровый слой дорог;
  - Список значений пикселов в исходном изображении...: перечислите через запятую те значения, которые соответствуют асфальтированным и просёлочным дорогам.
  - Единицы расстояния: координаты геопривязки

Остальные параметры оставьте по умолчанию. Сохраните результат в папку `processing` под именем `distance_to_roads.tif`. Убедитесь, что включена настройка добавления результата в проект после окончания расчёта.

Альтернативный инструмент: `Proximity` (SAGA), `r.grow.distance` (GRASS). Эти инструменты не умеют применять условие для выборки значений из исходного раstra, поэтому вернитесь на предыдущий шаг и осуществите выборку в векторном слое перед его растеризацией.

6. Когда слой добавится в проект, переименуйте его в «Расстояние до дорог».

7. Измените символику слоя:

- Стиль: одноканальное псевдоцветное»
- Минимальное значение: 0
- Максимальное значение: 2500
- Тип интерполяции: дискретная
- Градиент: Magma (после установки градиента нажмите на него правой кнопкой мыши и используйте опцию «Инвертировать градиент»)
- Мода: «равные интервалы»
- Число классов: 25

В некоторых версиях QGIS может потребоваться нажать кнопку «Классифицировать», чтобы применить заданные настройки. Итоговый результат должен выглядеть как послойная окраска изолиний. В случае затруднений с настройкой символики обратитесь к преподавателю.

8. Разместите растровый слой дорог над слоем расстояний до дорог. Сделайте скриншот окна QGIS.

**Скриншот 2:** рассчитанный растр расстояний до дорог

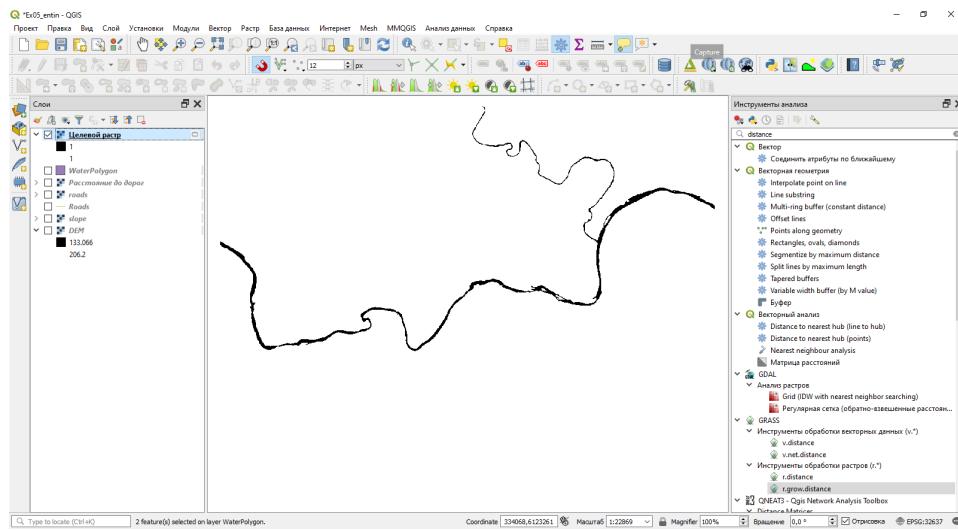
### 5.4.2 Водотоки

1. Отключите все слои.
2. Добавьте на карту слой «площадных» объектов гидрографии WaterPolygon из базы геоданных Satino.
3. Выберите (любым способом) объекты, соответствующие р. Протве и р. Исьме.
4. Растеризуйте выбранные объекты. Самостоятельно установите настройки инструмента растеризации таким образом, чтобы использовать только выделенные объекты. Ячейкам раstra, соответствующим объектам гидрографии, должно быть присвоено фиксированное значение 1 (атрибутивные поля не используются). Кроме того, геометрия получаемого раstra должна быть аналогична всем остальным растрам в проекте. Сохраните растр в папку processing под именем water.tif.

*Примечание: в некоторых версиях QGIS после активации опции «Только выделенные объекты» выдаётся сообщение об ошибке, как на рисунке ниже. Сообщение об ошибке можно игнорировать.*



Результат будет выглядеть, как показано на рисунке:



5. Рассчитайте евклидово расстояние до водотоков аналогично тому, как вы рассчитывали евклидово расстояние до дорог. Назовите выходной файл `distance_to_water.tif`.
6. Когда новый слой добавится в проект, переименуйте его в «Расстояние до водотоков».
7. Скопируйте символику из слоя «Расстояние до дорог» (контекстное меню слоя — «Стили» — «Копировать стиль») в слой «Расстояние до водотоков» (контекстное меню слоя — «Стили» — «Вставить стиль»).

Расположите векторный слой объектов гидрографии над растром расстояния до водотоков и отключите все остальные слои. Сделайте скриншот окна QGIS

**Скриншот 3:** рассчитанный растр расстояний до водотоков

## 5.5 Переклассификация наборов данных

**В начало упражнения**

Мы подготовили три набора данных, характеризующих различные критерии пригодности участков для строительства. Два из них

измеряются в метрах, ещё один — в градусах. Для того, чтобы иметь возможность сопоставлять величины, измеренные в разных единицах, можно использовать нормирование или перейти от точных значений к баллам благоприятности. В последнем случае говорят о **переклассификации** числового ряда. Мы определим балльную оценку на основе имеющихся значений растров.

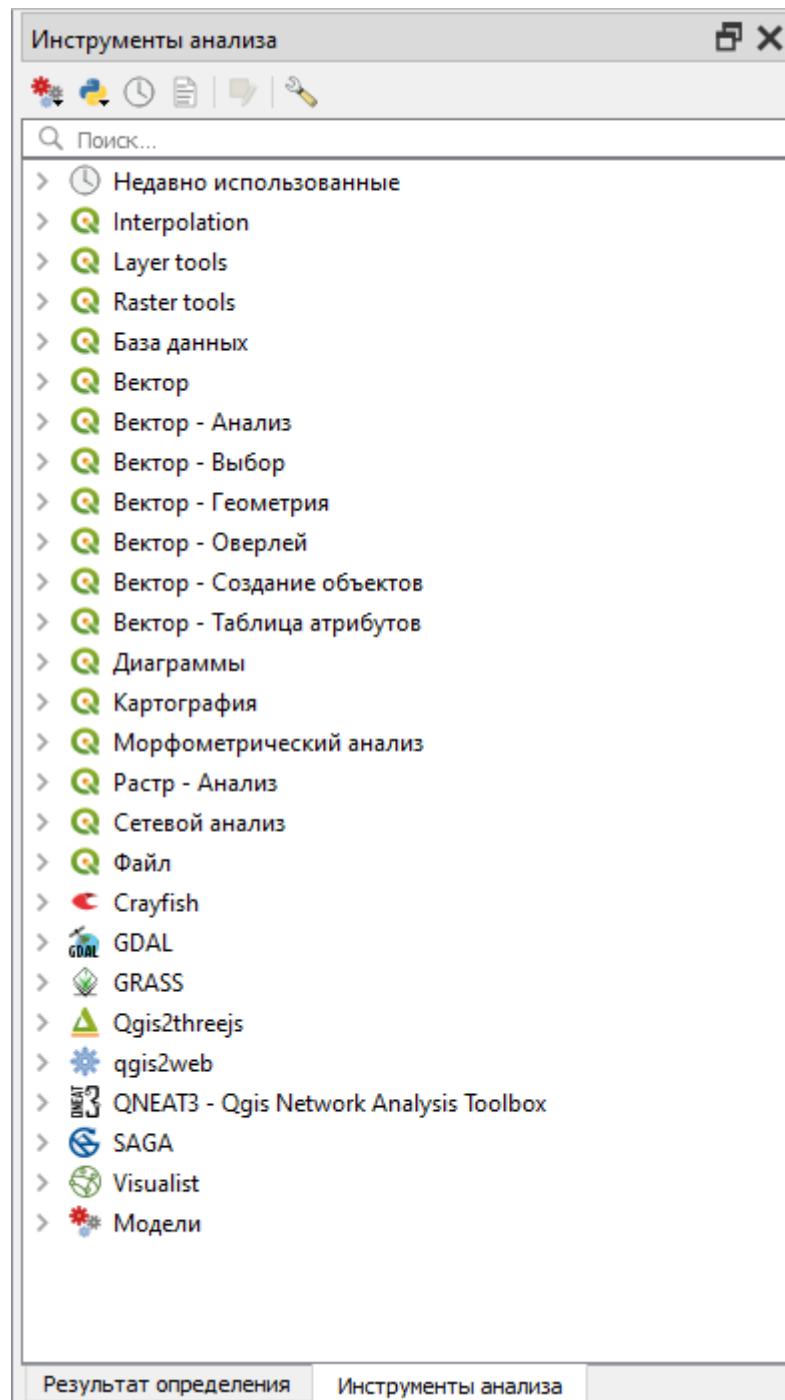
В большинстве программных средств ГИС существуют специальные инструменты для переклассификации значений растров. Они называются Reclass, Reclassify или другим аналогичным образом. Есть такой инструмент и в QGIS, однако сейчас мы воспользуемся не им, а *Калькулятором растров*. Это инструмент, который позволяет применять алгебраические выражения к значениям исходных растров и получать производные растры с рассчитанными значениями.

### 5.5.1 Переклассификация растров расстояний

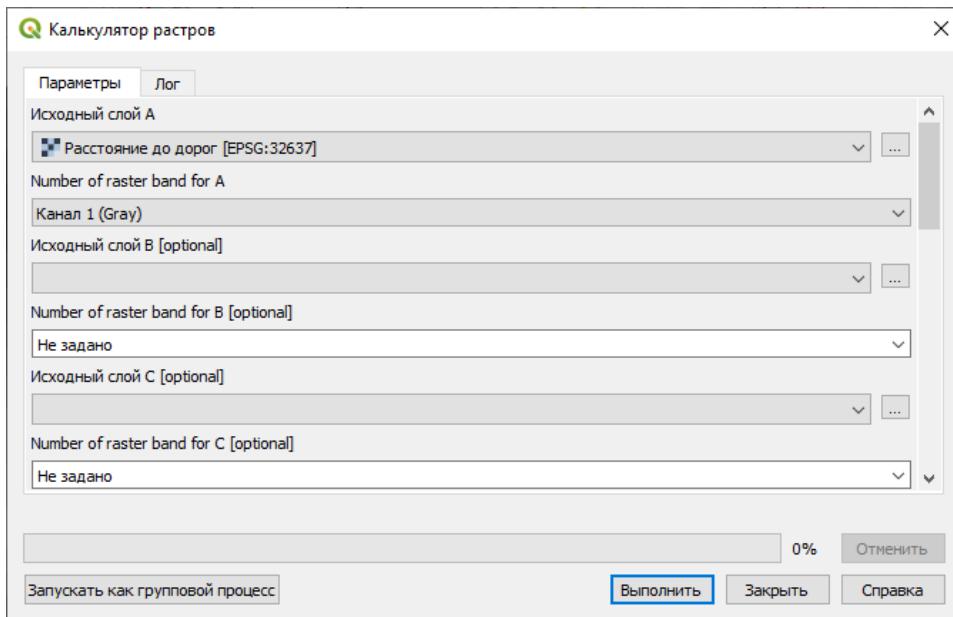
Для переклассификации растров расстояний до дорог и расстояний до водотоков мы воспользуемся функцией **Калькулятора растров**. Калькулятор растров позволяет применять к ячейкам растра алгебраические выражения и простые условные операторы; результат вычислений записывается в новый растр.

В QGIS доступно несколько инструментов, выполняющих функцию калькулятора растров. Один из них разработан непосредственно в рамках QGIS, остальные заимствуются из другого программного обеспечения ([GDAL](#), [GRASS](#), [SAGA](#)). Мы воспользуемся калькулятором растров GDAL.

1. Откройте панель инструментов анализа, если она не открыта. Это можно сделать при помощи комбинации клавиш **Ctrl+Alt+T**, из контекстного меню панелей инструментов или через меню «Анализ данных» — «Панели инструментов»



2. В панели инструментов найдите группу инструментов GDAL, а в ней — подгруппу Raster Miscellaneous. Запустите инструмент «Калькулятор растров» из этой группы.
3. Выберите в качестве исходного слоя A «Расстояние до дорог». Исходные слои B, C, D, E, F не задавайте.



4. В поле «Вычисление...» введите формулу:

$10 - A/100$

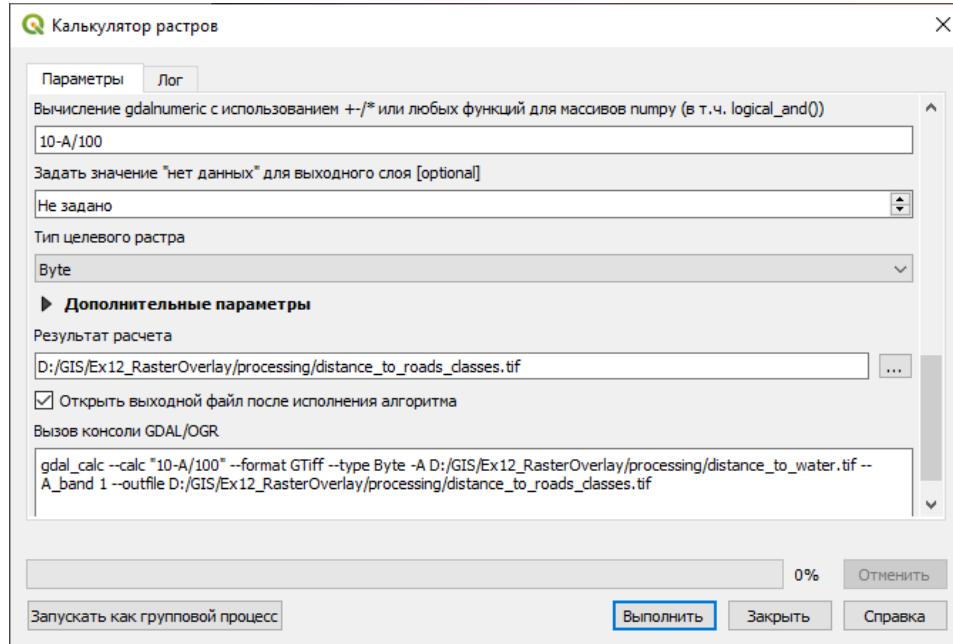
Здесь А — значение в ячейке растра. 10 — максимальное количество баллов, при удалении от дорог на каждые 100 м число баллов будет уменьшаться на 1.

5. В поле «Тип целевого растра» установите значение Byte. Это округлит результат расчёта до целых чисел.

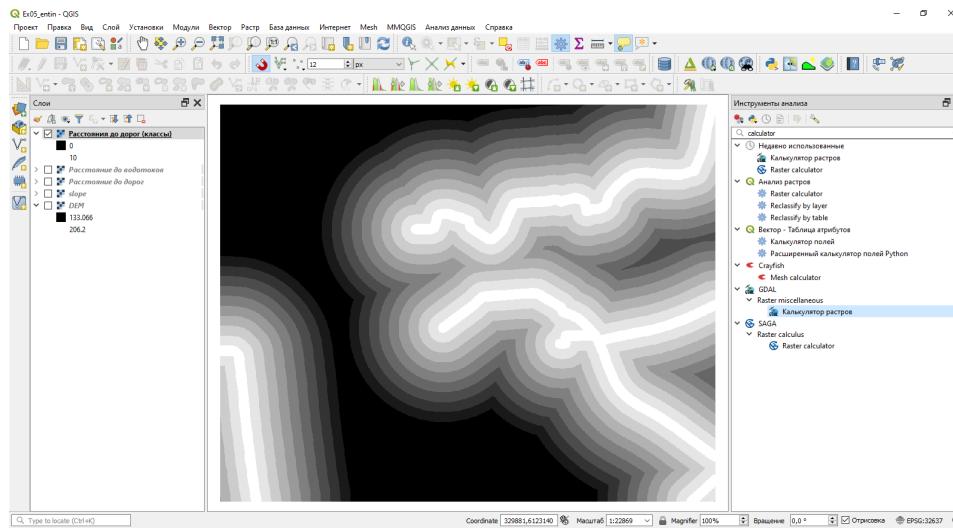
Примечание: «байтовый» тип выходных данных означает, что одно значение ячейки записывается одним байтом. Следовательно, область допустимых значений для такого растра составляет [0, 255].

6. Укажите, что целевой растр должен быть сохранён в папку

processing под именем `distance_to_roads_classes.tif`



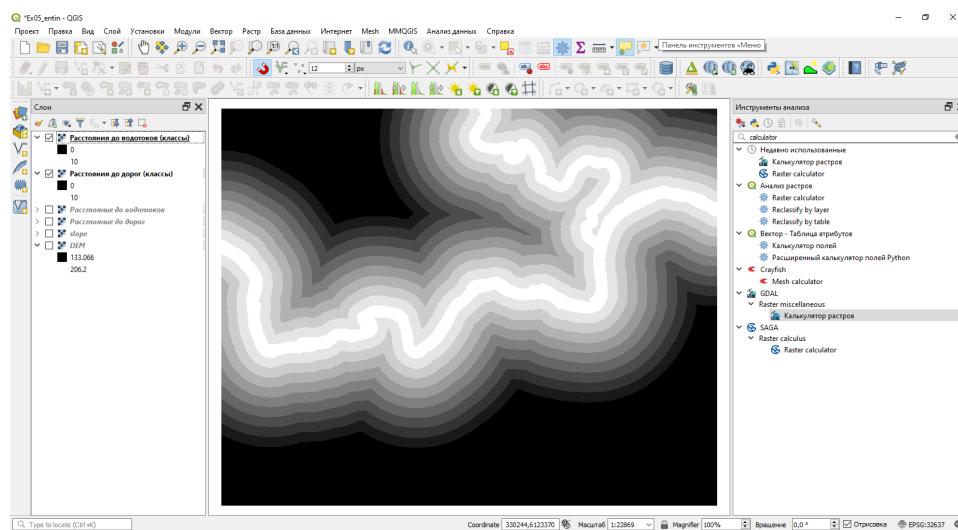
7. Дождитесь, пока созданный файл добавится в проект. Переименуйте его в «Расстояния до дорог (классы)».



В качестве альтернативного инструмента на этом этапе следует воспользоваться Raster Calculator

(SAGA). Введите формулу `ifelse((10 - g1 / 100) > 0, (10 - g1 / 100), 0)` и установите тип данных беззнаковый целочисленный 2-байтовый (Unsigned 2 byte integer).

8. Аналогичным образом переклассифицируйте расстояния до водотоков. Назовите выходной файл `distance_to_water_classes.tif`, а слой в QGIS — «Расстояния до водотоков (классы)».



### 5.5.2 Переклассификация растра крутизны

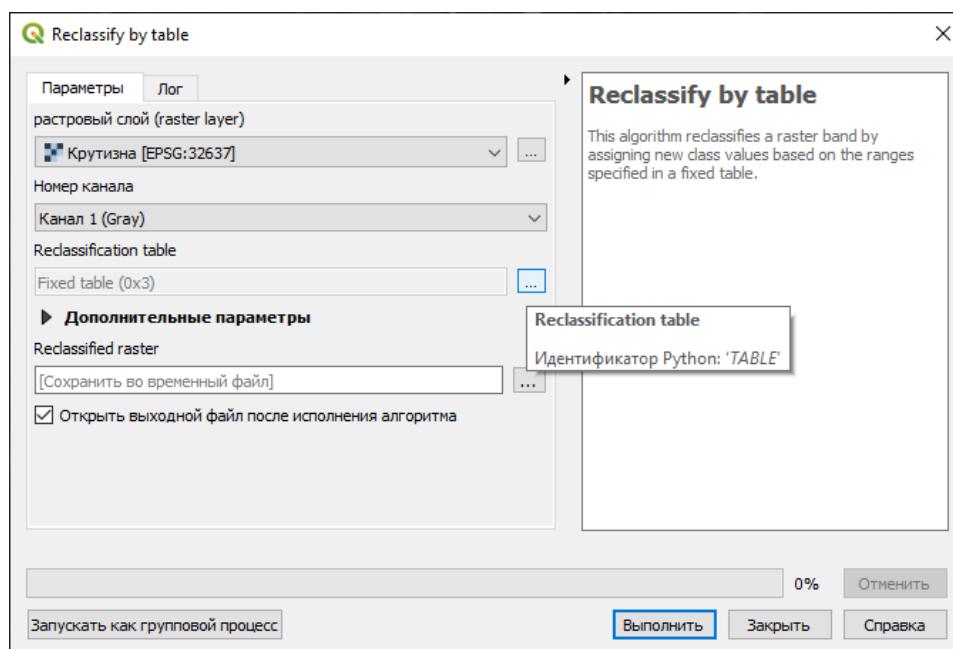
Для оценки пригодности мы заменим точные значения крутизны склона (в градусах) на баллы благоприятности по 10-балльной шкале, где 10 — наивысшая благоприятность, 0 — минимальная благоприятность.

| Старые значения, ° | Новые значения |
|--------------------|----------------|
| 0-3                | 9              |
| 3-6                | 10             |
| 6-9                | 8              |
| 9-18               | 6              |
| >18                | <i>NoData</i>  |

*Примечание: при значениях крутизны больше 18° строительство, как правило, сопряжено с решением нетривиальных инженерных задач. При переклассификации мы не будем определять новых значений для ячеек с крутизной более 18°. Впоследствии, при суммировании балльных оценок, это приведёт к тому, что соответствующие ячейки получат значение NoData независимо от того, какие значения будут записаны в других слагаемых.*

Для переклассификации крутизны склона мы воспользуемся инструментом QGIS, который называется *Reclassify by Table*. Это основной инструмент для переклассификации растров, хотя по функционалу он уступает аналогам из проприетарного ПО. Найдите этот инструмент в панели инструментов через поиск или в группе «Растр» — «Анализ»

1. Запустите инструмент *Reclassify by Table*. Установите растр крутизны в качестве исходного набора данных



2. Нажмите на многоточие в опции *Reclassification table* (таблица переклассификации). В открывшейся таблице нажмите Add Row четыре раза, чтобы добавить четыре строчки. Введите значения из таблицы выше для каждого ранга, кроме NoData. Результат

должен получиться таким же, как на рисунке ниже:

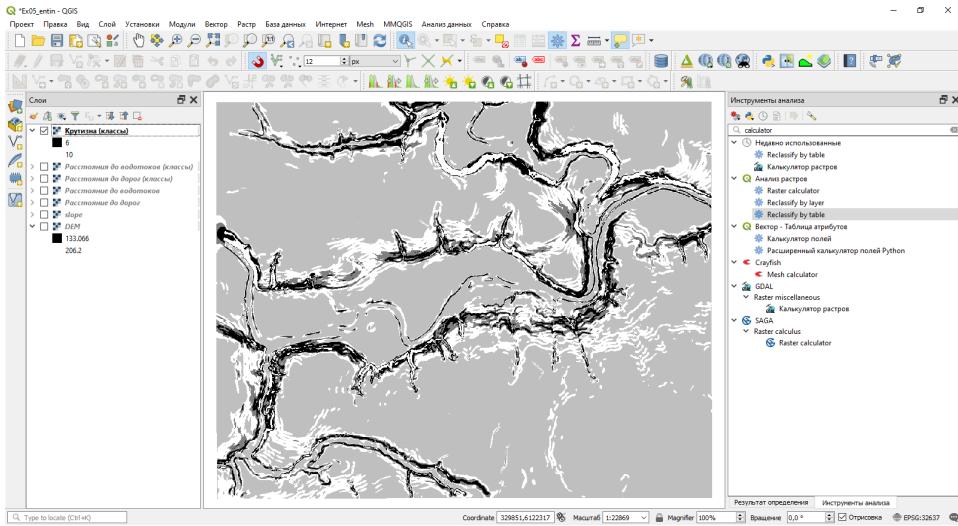
The screenshot shows a 'Фиксированная таблица' (Fixed Table) dialog in QGIS. It contains a table with four columns: 'Минимум' (Minimum), 'Максимум' (Maximum), 'Значение' (Value), and an empty column for 'Результат' (Result). There are five rows in the table:

|   | Минимум | Максимум | Значение |
|---|---------|----------|----------|
| 1 | 0       | 3        | 9        |
| 2 | 3       | 6        | 10       |
| 3 | 6       | 9        | 8        |
| 4 | 9       | 18       | 6        |
| 5 | 18      | 90       | -9999    |

Buttons on the right side of the dialog include 'Add Row', 'Remove Row(s)', 'Удалить все' (Delete all), 'OK', and 'Отмена' (Cancel).

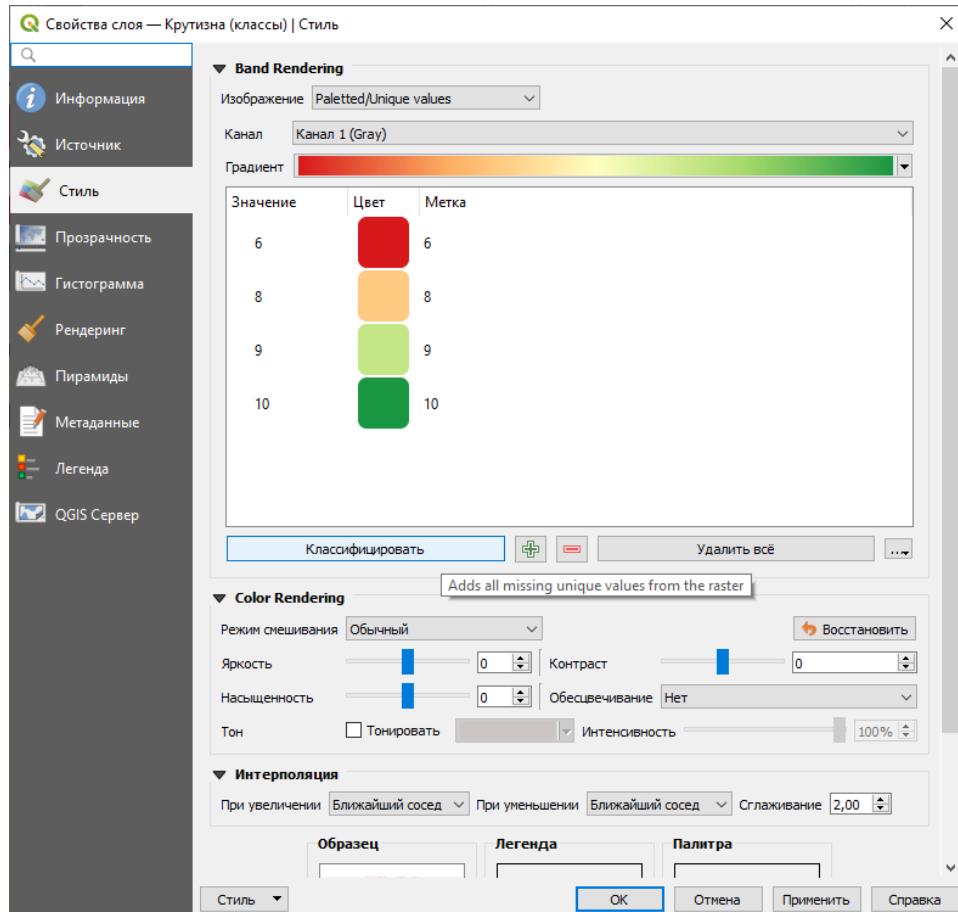
*Примечание 1: значение -9999 в последней строчке — это зарезервированное значение, маркирующее отсутствие данных (NoData) в целочисленных растрах.*

3. Задайте для выходного слоя имя slope\_classes.tif. Когда слой добавится в проект, переименуйте его в «Крутизна (классы)»



4. Измените стиль отображения слоя на *Palettes/Unique values* (отображение по уникальным значениям) и задайте шкалу

RdY1Gr. Нажмите «Классифицировать», чтобы добавить значения раstra в таблицу уникальных значений, и «OK», чтобы закрыть свойства слоя, применив изменения.



**Скриншот 4:** классифицированный растр углов наклона

**Вопрос 3:** почему на получившемся растре есть «белые пятна»?  
Какие значения присвоены этим ячейкам?

### 5.5.3 Преобразование слоя типов землепользования в растровое представление

В начало упражнения

Мы успешно создали балльные оценки для следующих факторов: рельефа, транспортной доступности, доступности водных объектов. Ещё один фактор, влияющий на выбор места под строительство — существующий режим землепользования.

Сведения о землепользовании имеются в базе данных ГИС «Сатино» в виде векторного полигонального набора данных, содержащего качественную классификацию типов землепользования. Мы создадим балльную оценку на основе этой классификации, а затем конвертируем вектор в растр.

1. Отключите все слои.
2. Добавьте в проект набор данных о землепользовании (*LandUse*) из базы данных *Satino.gdb*.
3. Изучите таблицу атрибутов добавленного слоя. Информация о землепользовании записана в поле *Land\_Type*.

Информация о типах землепользования представлена в виде качественной характеристики («леса», «пашни», «фермерские хозяйства» и т.п.). Для анализа нам необходимо создать балльную оценку на основе этой характеристики. Небольшая техническая сложность заключается в том, что исходный набор данных записан в базу геоданных ESRI, а QGIS не умеет редактировать такие наборы данных, он способен только читать их. Мы воспользуемся функцией «виртуального поля» в QGIS, чтобы присвоить балльную оценку, а затем конвертировать вектор в растр.

**Виртуально поле** в QGIS — это динамическая структура данных, создаваемая на основе выражения калькулятора полей. Виртуальное поле не помещается в таблицу атрибутов и хранится на уровне проекта QGIS. При удалении проекта виртуальные поля слоя будут потеряны.

4. В таблице атрибутов слоя *LandUse* откройте калькулятор полей. Задайте для нового слоя имя *LT\_rank*, тип — целочисленный (*Integer*).

Нам предстоит переклассифицировать значения из поля *Land\_Type* в баллы. Для этого мы воспользуемся функцией **CASE**,

которая позволяет присваивать новые значения в соответствии с условиями, причём условий может быть множество.

5. Разверните группу функций «Условия» в среднем столбце и дважды щёлкните по названию функции **CASE**. В конструктор формул добавится следующая строка:

```
CASE WHEN condition THEN result END
```

Это образец синтаксиса функции. Вместо `condition` подставляется условие, вместо `result` — результат вычисления. Инструкция `CASE` открывает блок условия, инструкция `END` закрывает его. Можно вынести эти инструкции в отдельные строки, а промежуточную часть скопировать и вставить несколько раз.

```
CASE
WHEN condition THEN result
END
```

Теперь будем заполнять выражение нужными значениями. Самым благоприятным типом участка с точки зрения землепользования являются выгоны. Меняем первую строчку с условием по следующему образцу:

```
WHEN "Land_Type" = ' ' THEN 10
```

Леса и территории населённых пунктов относительно малопригодны для размещения новой строительной площадки, им будет присвоен балл 3.

```
WHEN "Land_Type" = ' ' OR "Land_Type" =
' ' THEN 3
```

По такому же принципу создайте условия для переклассификации остальных значений в соответствии с таблицей ниже:

---

| Тип землепользования | Баллы благоприятности |
|----------------------|-----------------------|
| Вырубки              | 2                     |

---

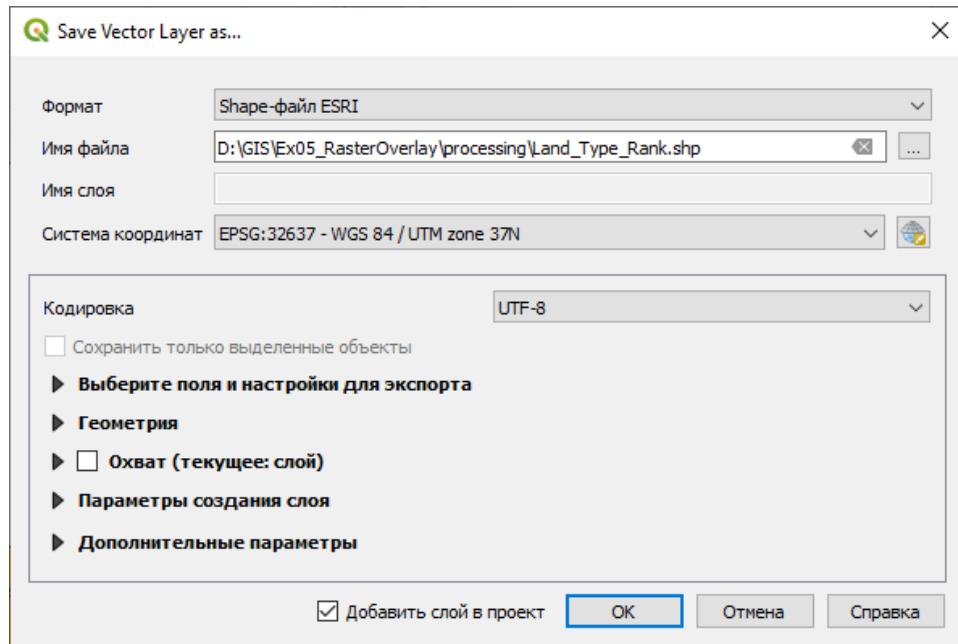
| Тип землепользования    | Баллы благоприятности |
|-------------------------|-----------------------|
| Гидрологические объекты | 0                     |
| Дороги и тропы          | 1                     |
| Заболоченные земли      | 0                     |
| Лесные поляны           | 5                     |
| Луга                    | 8                     |
| Нет данных              | 0                     |
| Пашни                   | 4                     |
| Сады                    | 2                     |
| Фермерские хозяйства    | 2                     |

*Примечание:* для типов с нулевыми баллами можно не делать отдельные условия. Вместо этого в качестве предпоследней инструкции, перед END, можно вписать ELSE 0. Она означает, что во всех остальных случаях, не покрываемых перечисленными ранее условиями, полю будет присвоено значение 0.

6. Запустите расчёт. Изучите таблицу атрибутов после окончания расчёта — в ней должен появиться новый столбец.

К сожалению, инструменты растеризации, доступные в QGIS, не умеют работать с виртуальными полями, поэтому мы сохраним полученный набор данных в более простой формат — шейп-файл

7. Закройте таблицу атрибутов. В панели слоёв щёлкните правой кнопкой мыши на слое *LandUse* и выберите опцию «Экспорт» — «Сохранить объекты как...». Сохраните слой в формате ESRI Shapefile под именем *Land\_Type\_Rank* в папку *processing*.



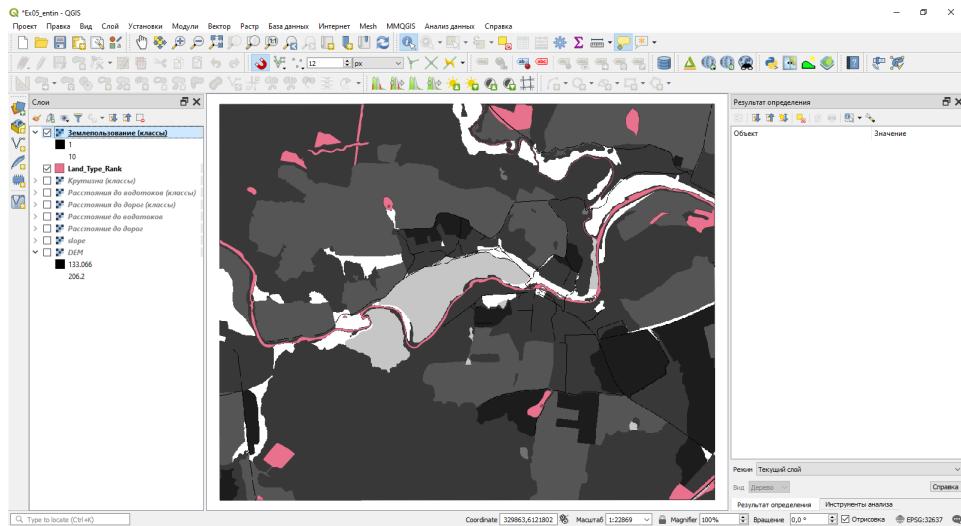
Когда новый набор добавится в проект, старый слой можно будет удалить.

8. Преобразуйте векторный набор данных в растровый так же, как вы делали это ранее в этом упражнении. Укажите, что в результирующий растр должны быть записаны значения поля LT\_Rank. Проследите также, чтобы значение NO-DATA, присвоенное результирующему слою, было равно 0 — это позволит нам исключить из рассмотрения участки, имеющие нулевой балл благоприятности по землепользованию (аналогично тому, как мы поступили с крутыми склонами).

**Вопрос 4:** какие настройки геометрии раstra вы введёте для преобразования векторного представления типов землепользования в растровое? Почему?

Сохраните целевой файл под именем landuse\_classes.tif. Когда он добавится в проект, переименуйте слой в «Землепользование (классы)».

## 5.6. НАХОЖДЕНИЕ МЕСТ С НАИЛУЧШЕЙ КОМБИНАЦИЕЙ ФАКТОРОВ С ПОМОЩЬЮ ВЗВЕШЕННОГО ОВЕРЛЕЯ



Обратите внимание, что из-под полученного растра «просвечивает» исходный векторный набор данных. Те контуры, значение балла благоприятности для которых было равно нулю, на результирующем растре интерпретированы как пустые ячейки («нет данных»).

## 5.6 Нахождение мест с наилучшей комбинацией факторов с помощью взвешенного оверлея

[В начало упражнения](#)

Наилучшие участки соответствуют территориям, где сумма баллов по всем факторам максимальна. Соединение значений (в том числе и сложение) по нескольким слоям, располагающимся друг над другом, осуществляется с помощью растрового оверлея.

Растровый оверлей реализуется с помощью различных инструментов. Мы воспользуемся калькулятором растров GDAL, которым вы уже пользовались ранее в этом упражнении.

1. Запустите Калькулятор растров из наборов инструментов GDAL

2. Задайте исходные раstry:

A: Классы крутизны

B: Классы расстояний до дорог

C: Классы расстояний до водотоков

D: Классы благоприятности по землепользованию

Для каждого раstra укажите канал, из которого будут браться значения для расчёта. Во всех случаях это первый канал (*Gray*).

3. Задайте формулу для выполнения взвешенного оверлея. Формула будет иметь вид

$$\sum_{i=1}^n A_i \cdot w_i,$$

где  $A_i$  — фактор, а  $w_i$  — весовой коэффициент. В качестве факторов используются значения классифицированных растров. Веса задаются таким образом, чтобы их сумма была равна 1. Задайте веса в соответствии с таблицей:

| Фактор                  | Вес  |
|-------------------------|------|
| Крутизна склона         | 0,15 |
| Расстояние до дорог     | 0,35 |
| Расстояние до водотоков | 0,20 |
| Землепользование        | 0,30 |

**Вопрос 5:** скопируйте получившуюся формулу и вставьте её в отчётный файл.

4. Задайте байтовый тип выходного раstra. Это приведёт к округлению результирующих значений до целых чисел.
5. Укажите, что растр следует сохранять в папку `processing` под именем `overlay`, и запустите расчёт.
6. Когда результирующий растр будет добавлен в таблицу слоёв,

назовите его «Комбинация факторов».

7. Изучите полученный растр. Если необходимо, измените настройки его визуализации.

**Вопрос 6:** какие значения могут принимать ячейки полученного растра? Каково происхождение «белых пятен» на этом растре?

## 5.7 Окончательный выбор участка

**В начало упражнения** 

В качестве потенциальных мест на размещение площадки следует выбрать 10-балльные участки. При этом необходимо выбрать участки, площадь которых превышает 1 га. Для применения этого критерия удобнее представить результат взвешенного оверлея в виде векторного полигонального набора данных.

1. Преобразуйте растр комбинации факторов в векторное представление. Для этого используйте инструмент «Растр» — «Преобразование» — «Создание полигонов (растр в вектор)...». Этот инструмент объединит смежные ячейки растра с одинаковыми значениями в единый полигон. Значение растра будет сохранено в поле с названием, которое вы указываете в инструмента. Запишите векторный набор данных в новый GeoPackage, назвав файл по шаблону %Фамилия%\_%№упражнения%.gpkg, а слой в нём — parcels.
2. Рассчитайте площади полученных полигонов.
3. Выберите на карте все участки с благоприятностью 10 баллов и площадью более 2,5 га.  
Поздравляем! Выбранные участки являются результатом вашего анализа.
4. Сохраните выбранные участки в отдельный слой того же GeoPackage.

5. Представьте результат анализа в виде схемы. Для этого воспользуйтесь возможностями подключаемого модуля QuickMapServices (см. [упражнение 3](#)). Используйте любую из карт на основе OpenStreetMap в качестве географической основы. Самостоятельно выберите условные знаки, скомпонуйте и экспортируйте макет карты. Размер итогового изображения должен быть таким, чтобы его можно было вставить в отчётный документ без искажений.
6. Вставьте экспортированное изображение в отчётный файл.

**Дополнительный вопрос для картографов.** Это упражнение основано на [аналогичном упражнении для ArcGIS](#). Сравните обе инструкции и ответьте, какие возможности обработки и анализа растровых данных отсутствуют в QGIS по сравнению с ArcGIS.

# Chapter 6

## Гидрологическое моделирование на основе ЦМР

Файл отчёта

### 6.1 Введение

**Цель задания** — научиться на основе цифровой модели рельефа выделять водотоки и их водосборные бассейны в автоматическом режиме. Осуществлять расчет статистики по высотам в рамках выделенных бассейнов

**Необходимая теоретическая подготовка:** Растворная модель пространственных данных, цифровые модели рельефа (ЦМР) и их типы, построение ЦМР, построение производных поверхностей ([yhttps://1drv.ms/u/s!AmtnZDq3JgxHgZUDoyAAULiTkkgkCg?e=DOzWcjgls](https://1drv.ms/u/s!AmtnZDq3JgxHgZUDoyAAULiTkkgkCg?e=DOzWcjgls) наклона, водосборная площадь), гидрологическое моделирование с использованием ЦМР и его принципы.

**Необходимая практическая подготовка:** Знание основных компонент интерфейса QGIS (менеджер источников данных,

таблица слоёв, фрейм карты, менеджер компоновок). Работа с различными форматами источников пространственных данных. Настройка символики и подписей объектов. Владение базовыми ГИС-технологиями. Создание компоновки карты: название, легенда, масштаб, градусная сетка.

**Исходные данные:** приблизительный контур бассейна Северского Донца, тайлы глобальной ЦММ SRTM

**Результат:** Карта водотоков и их водосборных бассейнов, построенная по ЦМР, с указанием морфометрических параметров бассейнов.

### 6.1.1 Контрольный лист

- Получить тайлы SRTM с ресурса EarthExplorer
- Создать виртуальный растр
- Выполнить перепроектирование ЦМР
- Рассчитать направления стока
- Рассчитать водосборную площадь
- Указать устьевую точку бассейна
- Построить границы бассейна

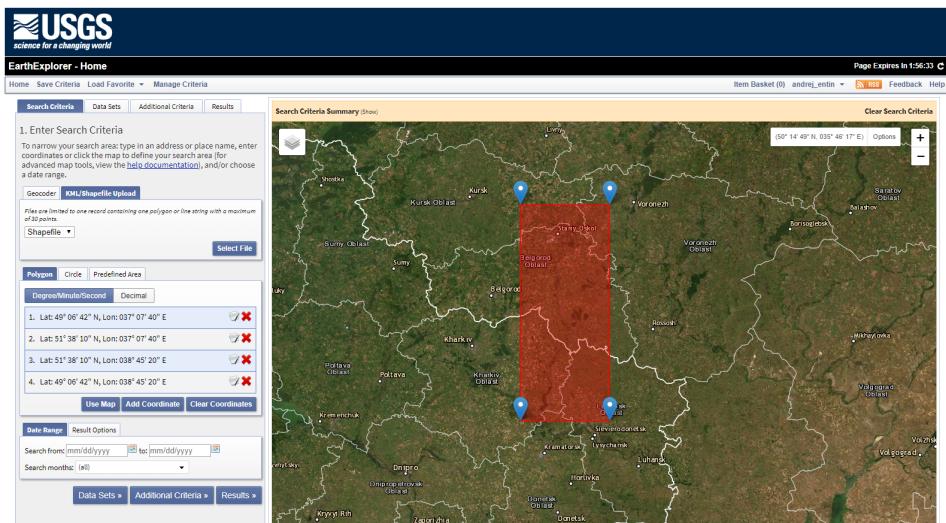
### 6.1.2 Аннотация

Цифровые модели рельефа играют важную роль в гидрологическом и геоморфологическом анализе. Одно из основных приложений ЦМР, позволивших значительно упростить анализ речных систем, — это автоматизированное построение водосборов и расчет их морфометрических характеристик.

В этом упражнении вы

## 6.2 Получение и подготовка исходных данных

1. Зарегистрируйтесь на ресурсе [EarthExplorer](#) Геологической службы США. Этот ресурс предоставляет доступ к массиву данных дистанционного зондирования и наборов данных, созданных на их основе.
2. Используйте [этот архив с шейп-файлом](#), чтобы указать область поиска материалов, или самостоятельно установите рамку поиска аналогично изображению на рисунке



3. На вкладке Data Sets выберите набор **SRTM 1-arc second global**

The screenshot shows a user interface for selecting data sets. At the top, there are four tabs: 'Search Criteria', 'Data Sets' (which is highlighted in blue), 'Additional Criteria', and 'Results'. Below the tabs, a section titled '2. Select Your Data Set(s)' contains instructions: 'Check the boxes for the data set(s) you want to search. When done selecting data set(s), click the *Additional Criteria* or *Results* buttons below. Click the plus sign next to the category name to show a list of data sets.' There is also a link '(What's This?)'.

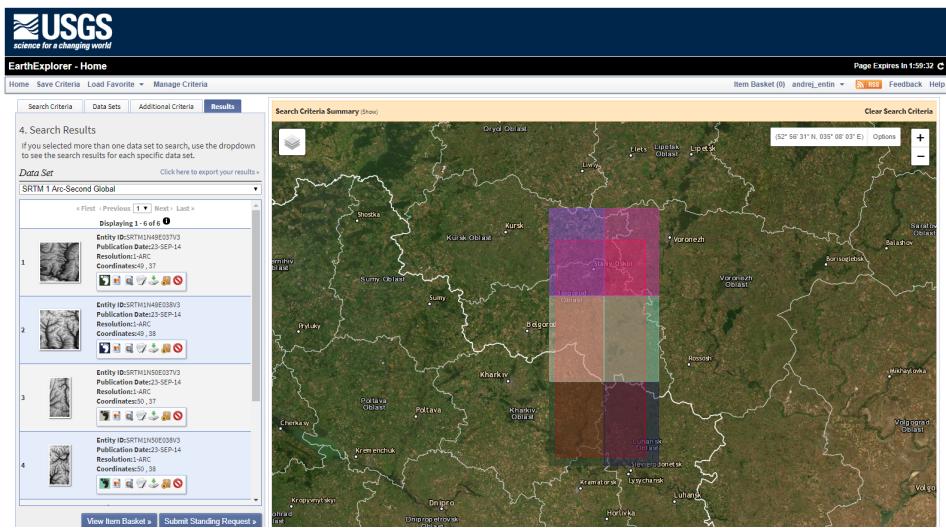
Below these instructions is a checkbox labeled 'Use Data Set Prefilter' followed by a link '(What's This?)'.

A 'Data Set Search:' input field is present, with a placeholder text 'Search'.

The main content area displays a hierarchical list of data categories. The 'Digital Elevation' category is expanded, showing the following items:

- CoNED TBDEM
- EDNA
- GMTED2010
- GTOPO30
- GTOPO30 HYDRO 1K
- IFSAR Alaska
- SRTM
  - SRTM 1 Arc-Second Global
  - SRTM Non-Void Filled
  - SRTM Void Filled
  - SRTM Water Body Data

4. Перейдите на вкладку Results и дождитесь, пока система выполнит запрос по заданным вами условиям. В результате запроса должно быть выдано 6 результатов — тайлов SRTM.

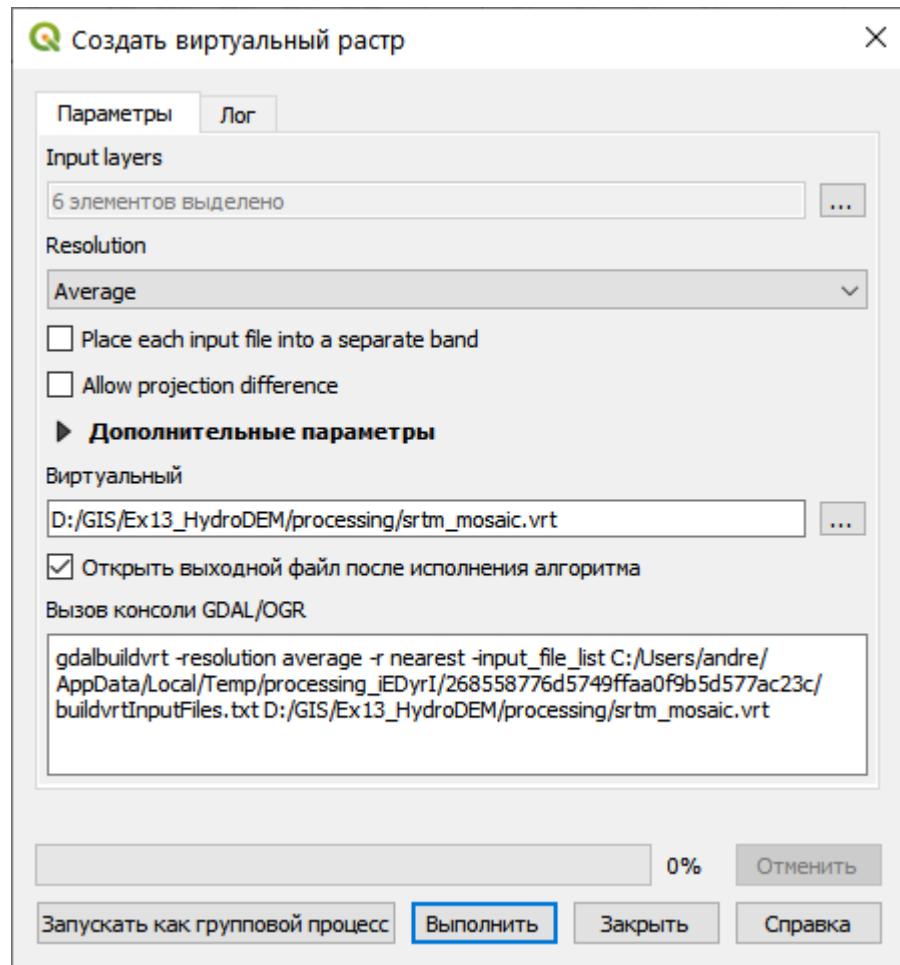


5. Поочерёдно нажимая на кнопку «Скачать»  каждой записи, загрузите все 6 необходимых тайлов и разместите их в отдельной папке в своей рабочей директории.
6. Запустите QGIS и сохраните проект в вашу рабочую директорию.
7. Чтобы работать с цифровой моделью рельефа, необходимо объединить все тайлы в единую мозаику, а затем перепроектировать её из географической системы координат в проецированную.

Создание мозаики, перепроектирование, а также обрезка по маске, которую мы применим чуть позже — типичные процедуры подготовки растровых тайлов к геоинформационному анализу. Хранить каждый промежуточный результат в виде отдельного файла, как правило, нет необходимости, а при больших объёмах данных и малых объёмах свободного места на диске — нет и возможности. На помощь здесь приходит виртуальный растр (**VRT**) — структура, хранящая ссылки на исходные данные и необходимые операции их преобразования.

8. Соберите мозаику растровых тайлов. Для этого воспользуйтесь инструментом «Создать виртуальный растр» («Растр» — «Прочее»).

- Добавьте папку с тайлами SRTM в качестве исходных данных
- Снимите галочку с опции *Place each input file into a separate band*, чтобы создать одноканальный растр.
- Укажите, что виртуальный растр должен быть сохранён в папку processing под именем *srtm\_mosaic*



Результат будет автоматически добавлен в проект

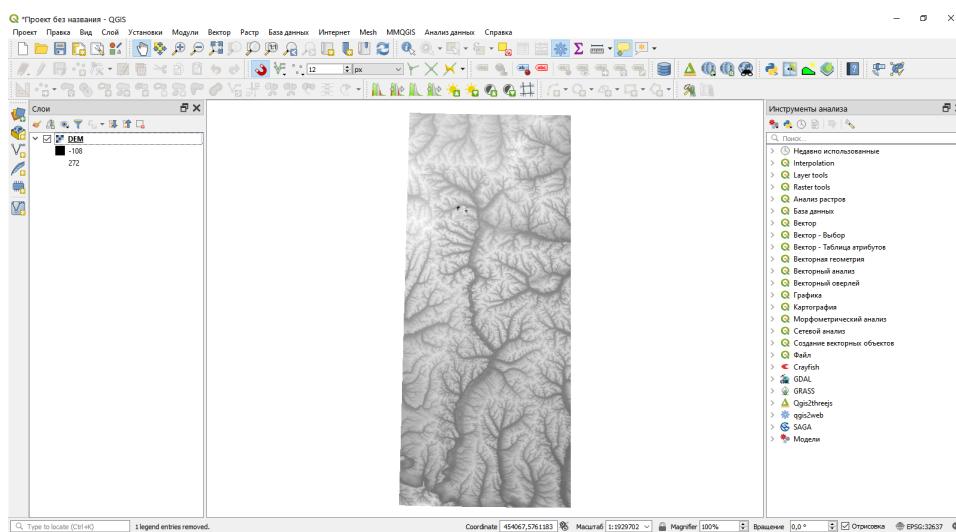
9. Измените систему координат документа карты на UTM (датум WGS-84). Самостоятельно определите номер зоны.

**Вопрос 1:** укажите EPSG-код выбранной системы координат

**Скриншот 1:** окно QGIS после изменения системы координат

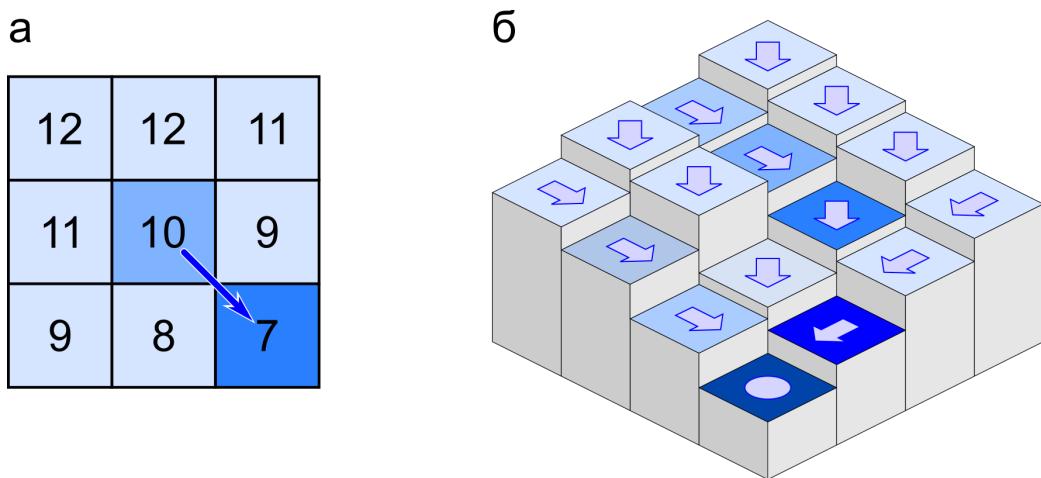
Из упражнения 1 мы помним, что QGIS умеет перепроектировать наборы данных на лету. Однако для целей морфометрического анализа ЦМР нам необходимо, чтобы набор данных был «физическими» сохранён с использованием проецированной системы координат.

10. Используйте инструмент «Перепроектирование...» («Растр» — «Проекции»), чтобы конвертировать вашу мозаику в новый набор данных. Укажите исходную и целевую систему координат (целевая СК должна совпадать с СК проекта), установите «кубический» метод интерполяции и —9999 как значение «нет данных». Сохраните перепроектированный растр под именем DEM (*Digital Elevation Model*) в папку processing, формат файла — GeoTIFF.
11. Когда перепроектированный растр добавится в проект, удалите из него «старую» мозаику.

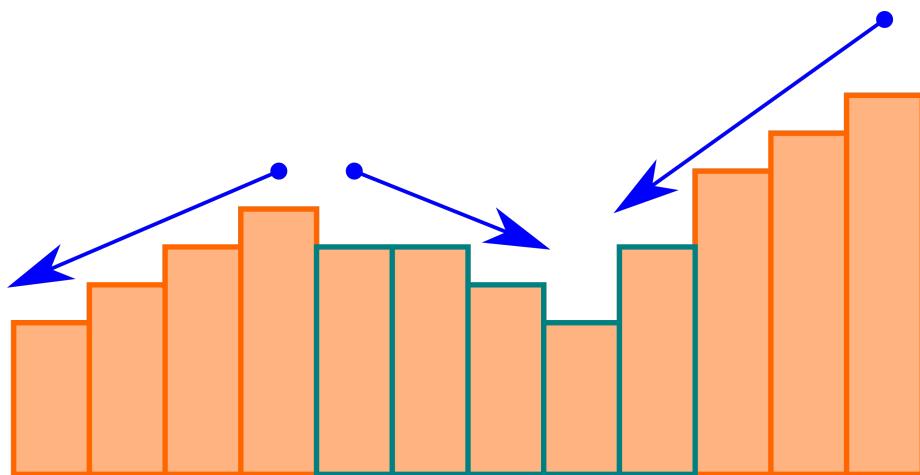


### 6.3 Гидрологическая коррекция ЦМР

Гидрологическое моделирование с использованием ЦМР основывается на следующей идеи: моделируемая вода стекает из ячейки с большей высотой в соседнюю ячейку с меньшей высотой. Трассируя поток вниз по склону, можно связывать ячейки ЦМР в так называемые “сети потока” (drainage networks) и определять водосборные площади и границы бассейнов.



Если на модели есть замкнутые локальные понижения, то они выступают как препятствие для распространения стока.



Распространённая практика — удалять замкнутые локальные понижения с ЦМР перед началом собственно гидрологического моделирования. Удалить повышения можно путём увеличения высот внутри них — таким образом понижение либо исчезает, либо перестаёт быть замкнутым.

Найдите инструмент *Fill Sinks XXL* (*Wang & Liu*) через поиск в панели инструментов. Этот инструмент преобразует ЦМР таким образом, что на месте замкнутых понижений будет сформирована наклонная поверхность. Угол наклона задаётся пользователем. Примените этот инструмент к набору DEM с углом наклона  $0,01^\circ$ . Результат сохраните в рабочую директорию под именем `DEM_filled`, расширение оставьте таким, какое предлагается по умолчанию (`*.sdat`).

SAGA GRID — нативный растровый формат SAGA. Он состоит как минимум из двух файлов: заголовка (`*.sgrd`) и файла с данными (`*.sdat`). Часто к ним добавляется файл с описанием системы координат (`*.prj`). Наконец, если набор был создан непосредственно в SAGA (или, что то же самое, в QGIS), он будет сопровождаться файлом `*.mgrd`, в котором записывается история применения инструментов геообработки.

**Скриншот 2:** окно QGIS после заполнения локальных понижений на ЦМР

Сравните исходную и скорректированную ЦМР.

**Вопрос 2:** Как изменилась амплитуда высот ЦМР после заполнения замкнутых локальных понижений? Какие формы рельефа изменились наиболее сильно?

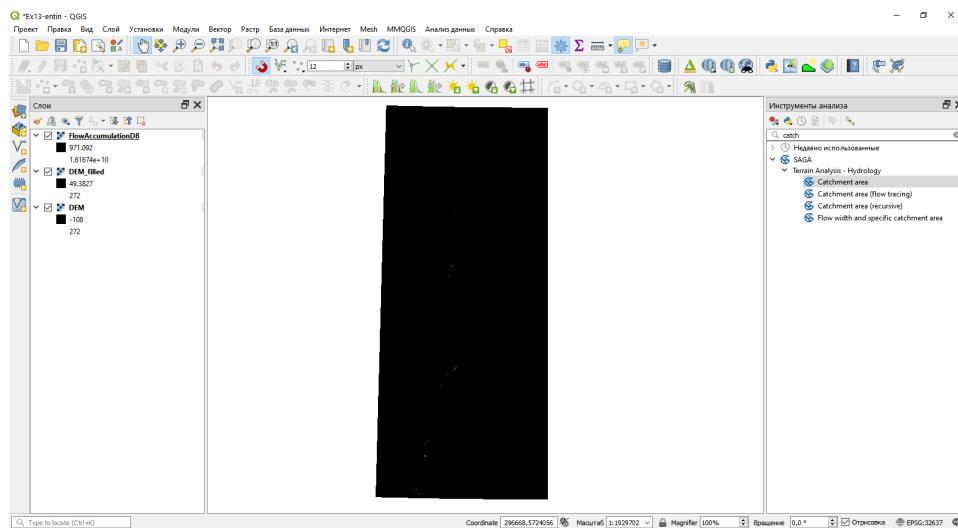
## 6.4 Расчёт водосборной площади

Водосборная площадь (англ. *catchment area*) в геоморфометрии определяется для каждой точки поверхности так, как если бы точка была замыкающим створом. В регулярно-сеточном анализе водосборная площадь определяется для отдельных ячеек ЦМР

и равняется суммарной площади всех ячеек, сток из которых проходит через данную ячейку (по принципу, описанному выше). Вместо площадей ячеек можно использовать какой-нибудь весовой коэффициент. Например, если этот коэффициент представляет слой поверхностного стока, то результирующая величина будет являться объёмом стока для данной ячейки.

Водосборную площадь вместе со всеми другими величинами, которые можно рассчитать по аналогичному принципу, часто называют аккумуляцией потока (англ. *flow accumulation*). Именно так называются инструменты расчёта водосборной площади в большинстве современных ГИС-пакетов (в том числе в SAGA). Однако в QGIS интегрирована старая версия SAGA, и инструмент, который мы будем использовать, называется в ней Catchment Area.

- Найдите инструмент Catchment Area (без дополнительных слов в названии) в панели инструментов. Запустите его, используя заполненную ЦМР в качестве исходных данных. В опции «метод расчёта» выберите D8. Результат сохраните в рабочую директорию под именем FlowAccumulation.



Водосборная площадь при движении вниз по склону увеличивается экспоненциально, поэтому изображение в оттенках серого, которое вы видите, почти чёрное.

2. Измените стиль отображения раstra на «Одноканальное псевдоцветное», максимальное значение —  $1e+07$ , и выберите шкалу Blues. Примените изменения.
3. Перейдите на вкладку «Пирамиды» и постройте пирамидальные слои всех доступных разрешений для вашего набора данных.

Пирамидальные слои, или пирамиды — это производные раstry относительно низкого разрешения, создаваемые на основе исходного раstra для улучшения производительности в процессе визуализации. Если используется мелкий масштаб карты, ГИС-пакет отрисовывает не исходный растр, а один из пирамидальных слоёв.

4. Изучите полученное изображение, увеличивая и уменьшая масштаб визуализации.

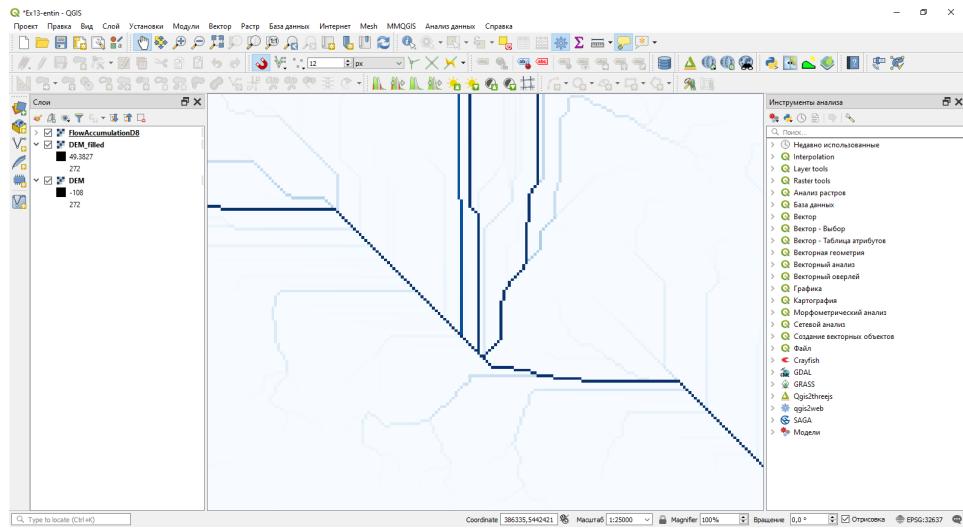
**Скриншот 3:** растр водосборной площади после настройки визуализации

## 6.5 Определение границ бассейна р. Оскол

Для дальнейшего анализа нам будет нужна только территория водосборного бассейна р. Оскол. На этом шаге мы определим границы её бассейна. Но сначала надо определить положение её устья на полученной растровой модели.

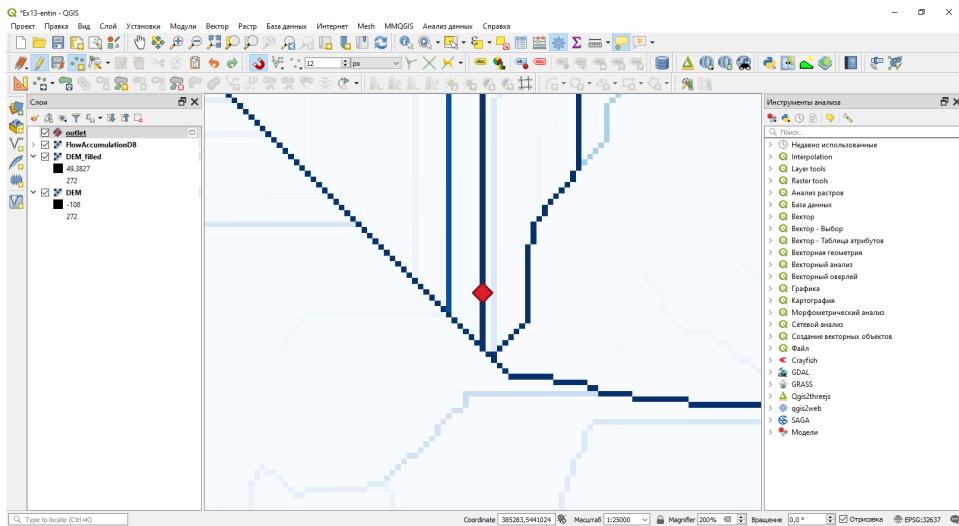
1. Изучите изображение самого крупного водотока. В юго-восточном углу карты найдите место, соответствующее скриншоту ниже:

## 140 CHAPTER 6. ГИДРОЛОГИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НА ОСНОВЕ ЦМР



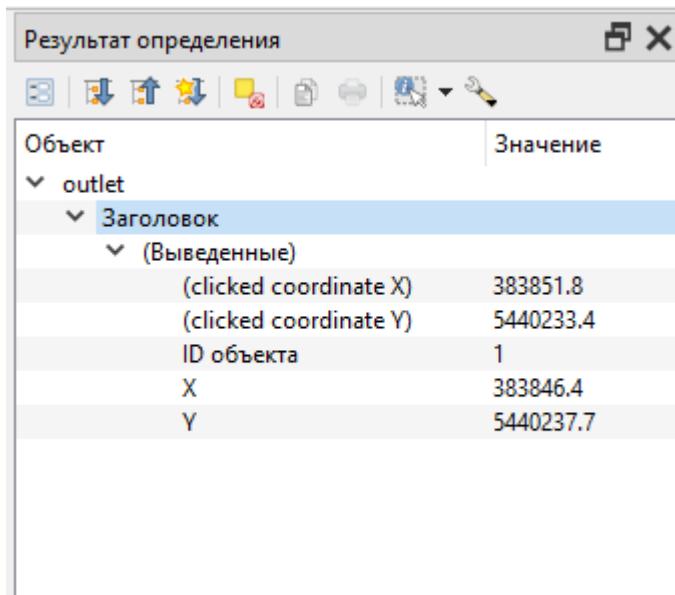
Три линии меридионального простирания (ориентированных с севера на юг) соответствуют р. Оскол. Линия, тянущаяся с северо-запада на юго-восток — фрагмент р. Северский Донец. Нам нужна средняя из трёх линий меридионального простирания.

2. Создайте новый временный слой точечной геометрии. Задайте для него ту же систему координат, которая используется в проекте
  
3. В новом временном слое установите точку на средней из линий, немного к северу от её «слияния», как показано на скриншоте:



4. Сохраните правки и отключите режим редактирования для временного слоя.

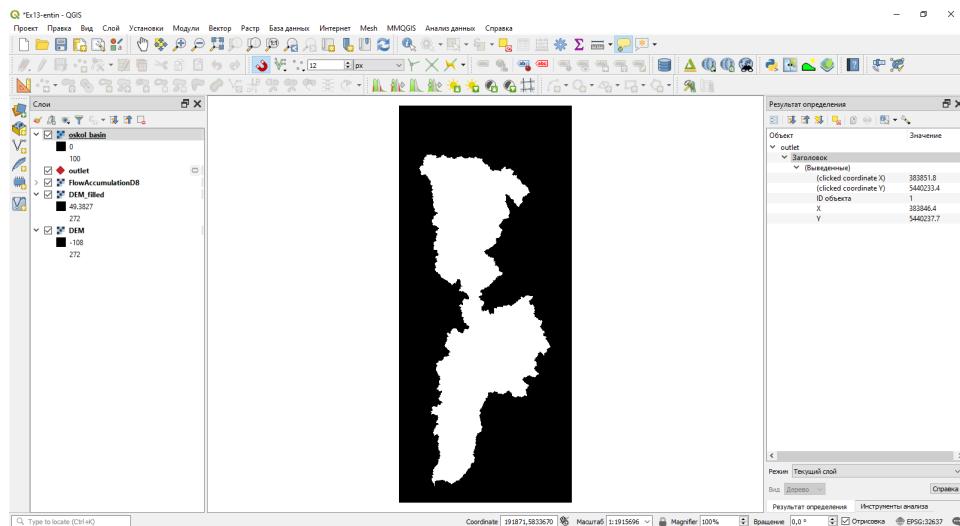
5. Используйте инструмент определения или калькулятор полей, чтобы узнать координаты X и Y установленной точки.



6. Найдите и запустите инструмент Upslope Area из группы

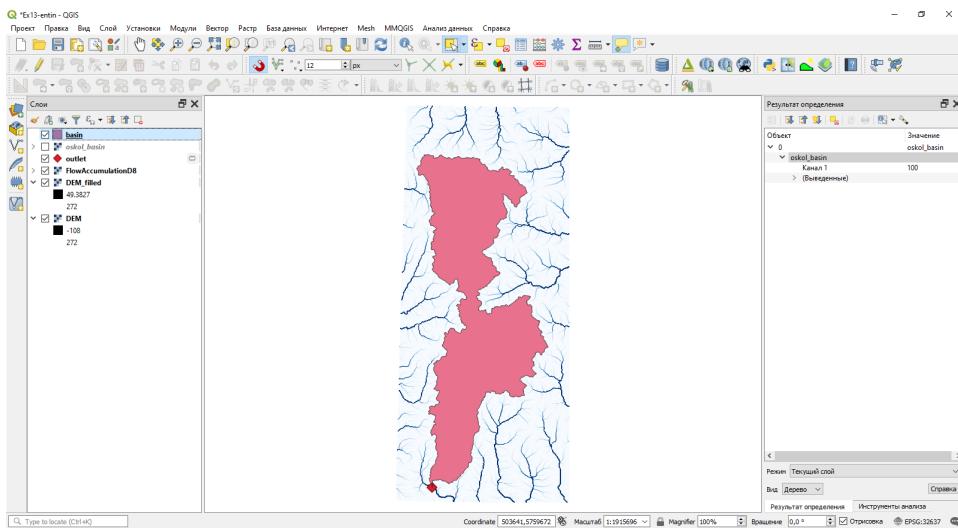
SAGA. Этот инструмент предназначен для идентификации всех ячеек, сток из которых проходит через точку с заданными координатами — фактически, он позволяет определить границы водосборного бассейна.

7. Задайте входные параметры инструмента. Скопируйте координаты X и Y в соответствующие поля. Установите DEM\_filled в качестве исходной ЦМР и выберите метод D8. Остальные опции не задавайте. Результат сохраните в папку processing под именем oskol\_basin.



На полученном растре представлено всего два значения: 100 для ячеек, входящих в границы бассейна, и 0 для всех остальных ячеек.

8. Векторизуйте полученный растр. Результат векторизации сохраните в папку processing под именем basin. Используйте формат шейп-файла ESRI.
9. Если необходимо, удалите из результата векторизации полигон, соответствующий областям за пределами бассейна р. Оскол. Также отключите растр границ бассейна.



**Вопрос 3:** какова площадь бассейна р. Оскол?

10. Используйте границы бассейна в качестве маски для обрезки «заполненной» ЦМР и растра водосборной площади. Инструмент обрезки по маске находится в группе «Растр» — «Извлечение». Установите для нового растра водосборной площади такие же настройки визуализации, как и для исходного растра.
11. Удалите из проекта все слои, кроме ЦМР и растра водосборной площади, обрезанного по маске

**Скриншот 4:** Растр водоосборной площади, обрезанный по маске.



# **Appendix A**

## **Форматы пространственных данных**

**A.1 Шейп-файлы**

**A.2 GeoPackage**

**A.3 Базы геоданных ESRI**



## **Appendix B**

### **Инструкция по регистрации в системе Мастер-тест**

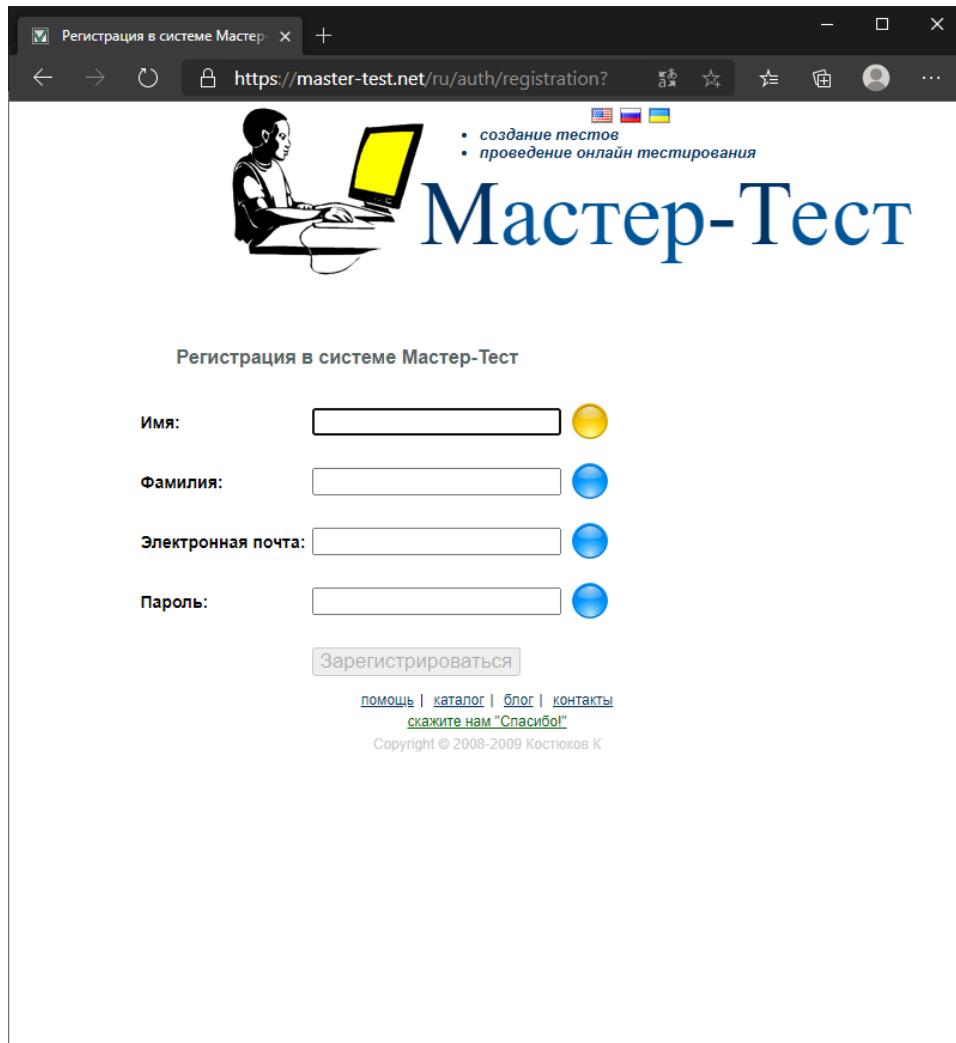
1. Зайдите на сайт Мастер-Тест

## 148 APPENDIX B. ИНСТРУКЦИЯ ПО РЕГИСТРАЦИИ В СИСТЕМЕ МАСТЕР-ТЕСТ



2. Нажмите кнопку «Регистрация»

3. Введите ваше имя и фамилию, а также адрес электронной почты.  
Придумайте пароль.



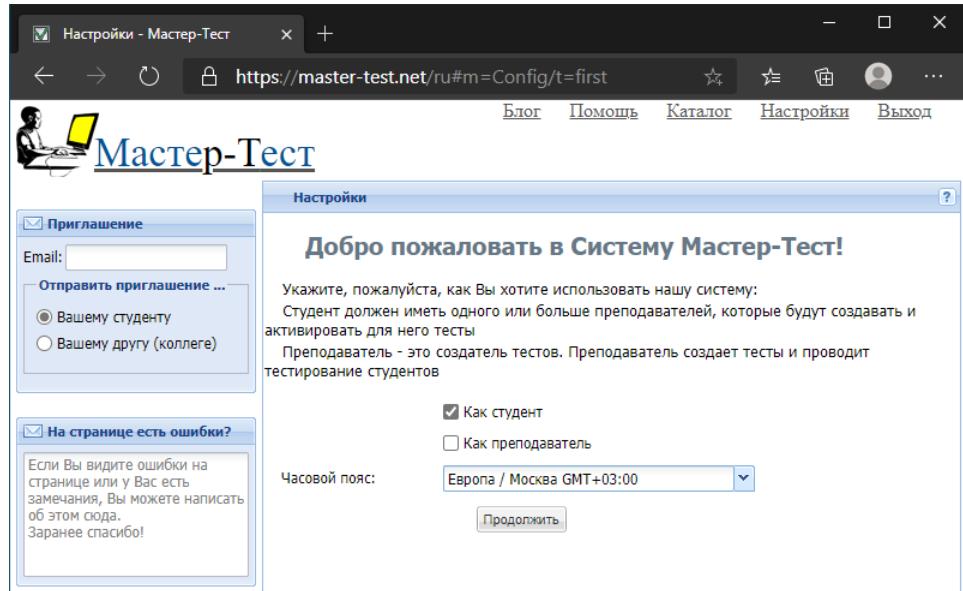
- На указанный e-mail придёт сообщение с кодом. Введите его в поле «Код»:

Для завершения регистрации введите присланный вам на e-mail код:

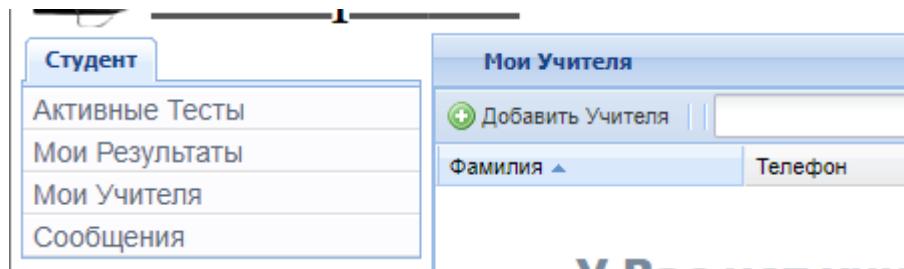
Код:

- После регистрации в системе перейдите на главную страницу
- На главной странице укажите, что вы регистрируетесь как студент, и выберите часовой пояс, соответствующий вашему местоположению. Нажмите «Продолжить»

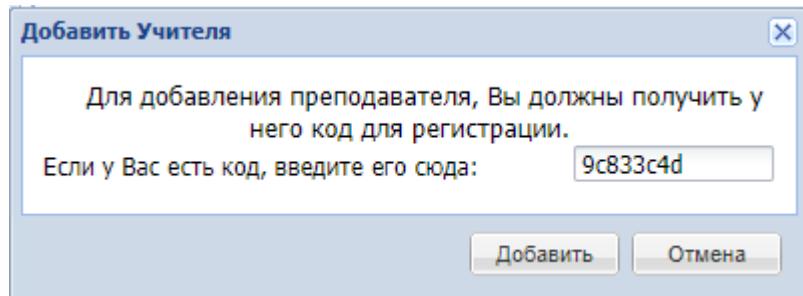
## 150 APPENDIX B. ИНСТРУКЦИЯ ПО РЕГИСТРАЦИИ В СИСТЕМЕ МАСТЕР-ТЕСТ



7. Перейдите на вкладку «Мои учителя» и нажмите кнопку «Добавить учителя» в верхней строке.



8. В появившемся окне введите код 9c833c4d и нажмите «Добавить»



9. Доступные вам тесты будут отображаться на вкладке «Активные

тесты».

The screenshot shows a web browser window for the 'Master-Test' website at the URL [https://master-test.net/ru#m=Student\\_Tests](https://master-test.net/ru#m=Student_Tests). The page is titled 'Активные Тесты - Мастер-Тест'. The left sidebar, labeled 'Студент', contains links for 'Активные Тесты', 'Мои Результаты', 'Мои Учителя', and 'Сообщения'. Below these are two forms: 'Приглашение' (Invitation) and 'На странице есть ошибки?' (There are errors on the page?). The main content area is titled 'Активные Тесты' and displays the message: 'На данный момент для Вас нет активных тестов' (At the moment, there are no active tests for you). At the bottom, there are navigation buttons for 'Страница' (Page), 'Нет данных для отображения' (No data to display), and a dropdown for 'Отображать' (Display) set to 20 records.