

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение
высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»
Кафедра кадастра недвижимости, землеустройства и геодезии

ЦИФРОВЫЕ МОДЕЛИ РЕЛЬЕФА И МЕСТНОСТИ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

для проведения практических работ
для студентов, обучающихся по направлению подготовки:
05.04.03 «Картография и геоинформатика»
(программа: Геоинформационное моделирование)
для всех форм обучения

Воронеж 2025

УДК 631.48
ББК 40.3

Составители
доцент Реджепов М.Б.

Цифровые модели рельефа и местности: методические указания для проведения практических работ для студентов, обучающихся по направлению подготовки: 05.04.03 «Картография и геоинформатика» (программа: Геоинформационное моделирование) всех форм обучения/ сост.: М.Б. Реджепов; ВГТУ. – Воронеж, 2025. – 67 с.

Методические указания разработаны для проведения практических работ по дисциплине «Цифровые модели рельефа и местности», обучающие технологиям создания тематических информационных продуктов и оказания услуг на основе использования геопространственных данных с возможностью их использования в создании цифровой модели рельефа и местности.

Предназначены для студентов направления 05.04.03 «Картография и геоинформатика» (программа: Геоинформационное моделирование) всех форм обучения.

Методические указания подготовлены в электронном виде и содержатся в файле МУ_ЦМРиМ_ПР.pdf.

Библиогр.: 14 назв.

УДК 631.48
ББК 40.3

Рецензент – Н.И. Самбулов, канд. геогр. наук, доц. кафедры кадастра недвижимости, землеустройства и геодезии ВГТУ

Издается по решению редакционно-издательского совета
Воронежского государственного технического университета

Содержание

Введение.....	4
1. Краткая характеристика цифровой модели рельефа SRTM.....	5
2. Создание ГИС-проекта.....	8
3. Получение цифровой модели рельефа.....	10
4. Создание карты рельефа на основе SRTM.....	13
5. Ландшафтный анализ цифровой модели рельефа.....	23
6. Применение цифровой модели рельефа в почвенном картографировании.....	36
Контрольные вопросы.....	65
Заключение.....	66
Библиографический список.....	67

ВВЕДЕНИЕ

Содержание данного практикума составляют лабораторные занятия по дисциплине «ГИС-технологии».

Рельеф играет определяющую роль в изучении неоднородности почвенного покрова при проведении почвенного обследования. С целью оценки влияния рельефа на почвообразование необходима оценка условий рельефа как фактора почвообразования. Открытые глобальные цифровые модели рельефа являются основным источником информации о факторах дифференциации почвенного покрова и ландшафта. Существующие в открытом доступе глобальные цифровые модели рельефа имеют цифровой растровый формат представления и поэтому требуют навыков обработки средствами современных геоинформационных программных продуктов.

Практикум предназначен для обучающихся с целью помощи в выполнении лабораторных работ, экономии учебного времени, для самостоятельной подготовки к лабораторным занятиям.

Обучающийся должен уметь на основе открытой цифровой модели рельефа SRTM выполнять карты факторов, определяющих дифференциацию почвенного покрова, а также использовать полученные морфометрические слои данных для крупномасштабного почвенного картографирования.

Практикум состоит из 6 разделов и заключения, содержит перечень литературы. В первом разделе приводится понятие о цифровой модели рельефа и общая характеристика открытой модели SRTM. В разделе 2 описано создание ГИС-проекта, в котором происходит обработка цифровой модели рельефа. В 3 разделе описано получение цифровой модели рельефа с сайта геологической службы США. 4 и 5 разделы содержат типовые задачи, решаемые при обработке цифровой модели рельефа. Раздел 6 посвящен методике применения цифровой модели рельефа в крупномасштабном почвенном картографировании. В качестве примера использована территория проведения учебной практики по получению первичных профессиональных умений и навыков по картографии почв на земельных участках ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ.

1. КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ РЕЛЬЕФА SRTM

Цифровая модель рельефа (ЦМР) – это средство цифрового представления 3-мерных пространственных объектов (поверхностей, рельефов) в виде трехмерных данных как совокупности *высот* или *отметок глубин* и иных значений аппликат (координаты Z) в узлах регулярной сети с образованием *матрицы высот*, нерегулярной треугольной сети (TIN) или как совокупность записей горизонталей (изогипс, изобат) или иных *изолиний* [8].

Различают цифровую модель местности (ЦММ) и цифровую модель рельефа (ЦМР). ЦММ представляют собой точные данные о высоте земной поверхности, включая здания, растительность и другие высотные объекты, а ЦМР содержат информацию о высоте непосредственно поверхности земли [10].

Исходными источниками цифровой модели рельефа являются:

- топографические карты;
- геодезические данные;
- данные дистанционного зондирования Земли.

Первые 2 источника требуют специальной обработки, но при этом в результате они могут иметь высокую степень точности, что не всегда требуют почвенные изыскания в крупном масштабе. Так, например, для создания ЦМР на основе топографической карты, требуется картографическая привязка топографической карты и дальнейшая векторизация изолиний. Затем при помощи специального алгоритма (например «топо в растр», платной программы ArcGIS) векторизованные изолинии трансформируются в растровую ЦМР (рис 1.)

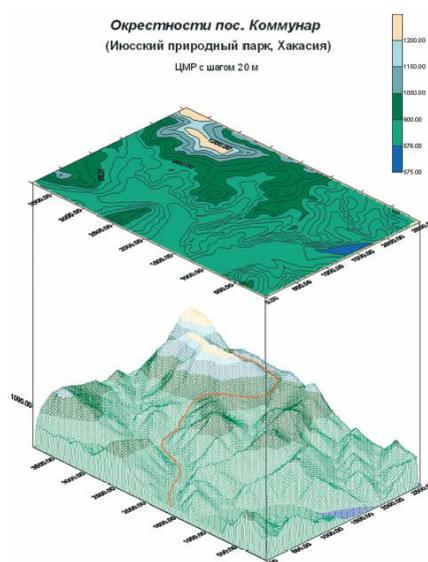


Рис. 1 Создание ЦМР на основе топографической карты [8]

Наиболее оперативно для целей почвенно-ландшафтного картографирования можно самостоятельно получить глобальную цифровую модель рельефа, созданную методом дистанционного зондирования Земли. Среди них самыми востребованными среди большинства исследователей на сегодняшний день являются модели рельефа, полученные в ходе выполнения миссий SRTM и ASTER [14].

Радарная топографическая съемка Shuttle Radar Topographic Mission (далее – SRTM) – глобальная ЦМР с разрешением 1" и 3". ЦМР SRTM покрывает территорию, расположенную между 60 градусами северной и 56 градусами южной широт (рис. 2).

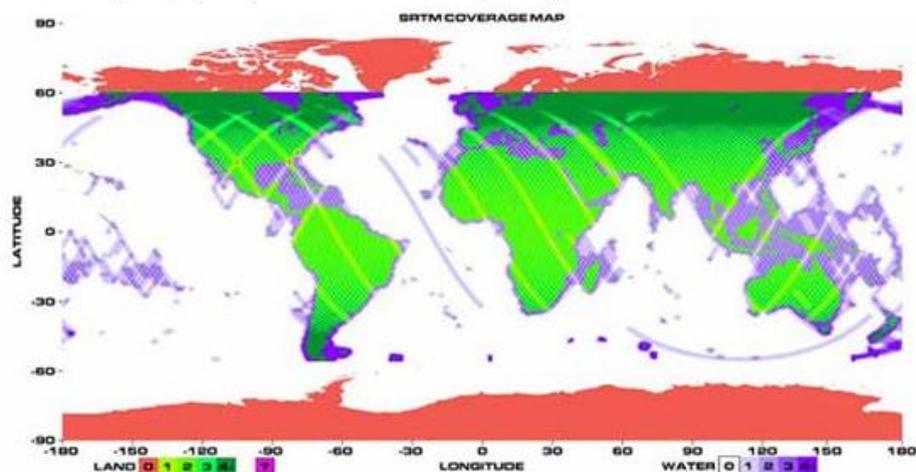


Схема покрытия территории Земли съемкой SRTM
(Land 0-1-2-3-4, Water 0-1-2-3-4 - сколько раз был снят участок земной или водной поверхности)
Рис. 2 Схема покрытия территории Земли съемкой SRTM [4]

Съемка проводилась в период с 11 по 22 февраля 2000 г с помощью SIR-C- и X-SAR-сенсоров, работающих по технологии радиолокационного синтезирования апертуры. Эта технология позволяет получить радиолокационное изображение поверхности изучаемого объекта независимо от метеорологических условий и освещенности местности. В отличие от SIR-C, имеющего длину волны 5.6 см и почти не имеющего разрыва в данных, X-SAR-сенсор с длиной волны 3.1 см имеет существенные пробелы в представлении рельефа территорий. Именно по этой причине глобальная ЦМР, созданная на основе сенсора SIR-C, используется исследователями намного чаще. Для последующего сравнительного анализа рассмотрена глобальная ЦМР SRTM SIR-C. Все версии моделей SRTM и ASTER GDEM распространяются с использованием географических координат на основе референц-эллипсоида WGS84 [13].

Основные характеристики SRTM приведены в таблице 1.

Таблица 1. Характеристики SRTM [13].

Параметр	Значение
Базовые данные	Интерферометрические пары радарных снимков полученные в 2000 г. с борта космического корабля многоразового использования, сенсор SIR-C
Год создания	2003
Разработчик	NASA (США)
Покрытие	60° с.ш. - 56° ю.ш (80% поверхности Земли)
Размер ячейки	90 на 90 м для территории РФ
Абсолютная точность	16 м
Относительная точность	10 м

В результате добавления цифровой модели рельефа SRTM в ГИС проект можно выполнять различные геоморфологические карты (рис. 3).

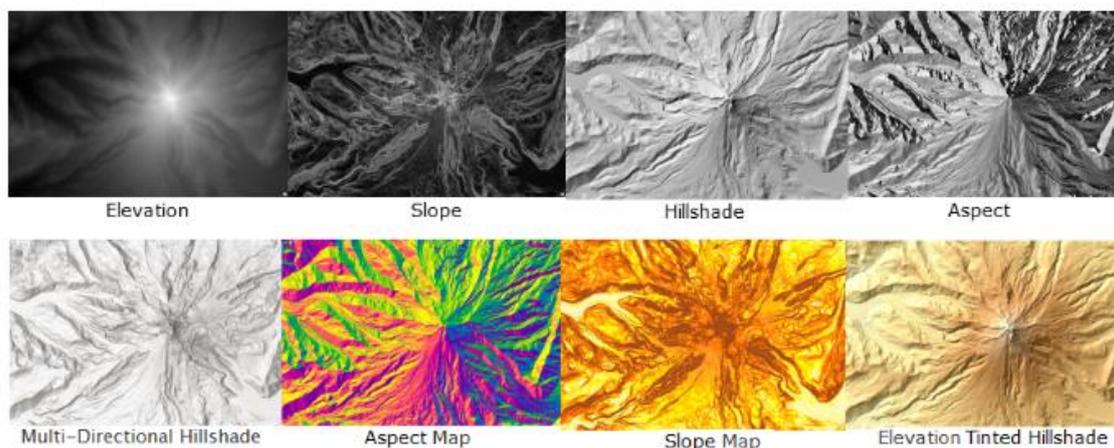


Рис. 3 Результаты обработки цифровой модели рельефа в ГИС [11]

2. СОЗДАНИЕ ГИС-ПРОЕКТА

Источником программы QGIS является официальный сайт разработчика (Международная некоммерческая организация OSGeo), который расположен по адресу qgis.org [2, 5]. После установки программа запускается по ярлыку с именем «QGIS Desktop». Рабочее окно программы с обозначением необходимых для начала работы панелей представлено на рисунке 4.

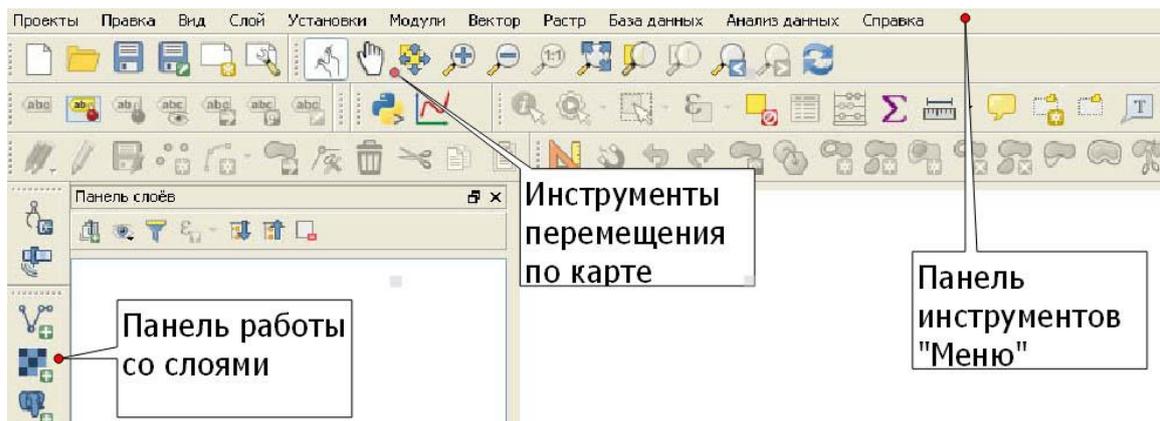


Рис. 4 Фрагмент рабочего окна QGIS

Панель работы со слоями предназначена для добавления в окно карты новых слоев. Инструменты перемещения по карте нужны для изменения масштаба карты и сдвига ее изображения. Панель инструментов «Меню» содержит все команды и функциональные возможности QGIS.

Часто нужно создать карту, которую можно распечатать или опубликовать. QGIS имеет мощный инструмент под названием Print Layout, который позволяет брать ГИС-слои и упаковывать их для создания карт.

Началом работы в QGIS является создание проекта. Для этого на панели инструментов «Меню» необходимо выполнить «Проекты» → «Сохранить как». Тип файла Проекты QGIS (*.qgis*.QGS). Важно сохранить проект в папке, не содержащей в пути кириллицы и пробелов (например, на локальном диске). Имя проекта также должно быть введено латинскими буквами (например, Project). Таким образом, адрес проекта может быть записан: E:\Ivanov\T1\Project1.

Настройка системы координат проекта. Для корректного отображения данных необходимо настроить систему координат проекта: Проекты → Свойства проекта → вкладка «Система координат». Вверху окна отметить «перепроецирование координат». Выбрать спроецированную систему координат для Пермского края [10] WGS 84/ UTM zone 40N EPSG

32640 (или ввести в поиске 32640). После выполненных настроек в нижнем правом углу отобразится актуальная система координат проекта.

Добавление векторных слоев в проект. (Добавление Шейп-файла)
Векторные слои хранятся в папках. Для добавления нового слоя нажмите на

кнопку  «Добавить векторный слой». В появившемся диалоге нажмите

на кнопку  и найдите папку со слоем «area» (границы территории почвенного картографирования на землях ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ).

Архив с данным слоем можно получить по ссылке <https://disk.yandex.ru/d/2UkNbKvRPTornQ>. После скачивания архив необходимо распаковать.

Откройте папку и выберите шейп-файл area.shp. Нажмите «Открыть», затем «Добавить». В окно карты и список слоев добавиться новый слой «area». (рис. 5).

Имя	Дата изменения	Тип	Размер
 area.cpg	21.08.2021 8:58	Файл "CPG"	1 КБ
 area.dbf	21.08.2021 8:58	Файл "DBF"	1 КБ
 area.prj	21.08.2021 8:58	Файл "PRJ"	1 КБ
 area.shp	21.08.2021 8:58	Файл "SHP"	1 КБ
 area.shx	21.08.2021 8:58	Файл "SHX"	1 КБ

Рис. 5 Содержание папки с исходным шейп-файлом

3. ПОЛУЧЕНИЕ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ РЕЛЬЕФА

Исходные данные. В качестве области интереса будет использована территория земельных участков ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ, на которой проходит полевая учебная практика. Это шейп-файл, который должен быть добавлен на начальном этапе работы. Система координат слоя должна быть 32640. Если другая, то пересохраните или перепроецируйте слой в СК 32640. В качестве цифровой модели рельефа будет использована глобальная цифровая модель рельефа SRTM (см. раздел 1).

3.1 Получение цифровой модели рельефа. Существует несколько способов получить SRTM. В данном примере описан способ получения при помощи модуля QGIS «SRTM-Downloader»:

В строке «меню» QGIS выберите Модули → Управление и установка модулей. Во вкладке «Все» введите в окно поиска название модуля SRTM-Downloader и нажмите «Установить». После установки на панель инструментов будет добавлена кнопка SRTM-Downloader, которая имеет

вид . После нажатия на кнопку загрузки SRTM нужно заполнить координаты области исследований. Для этого нажмите Set canvas extent. Затем нажмите Download (рис. 6)

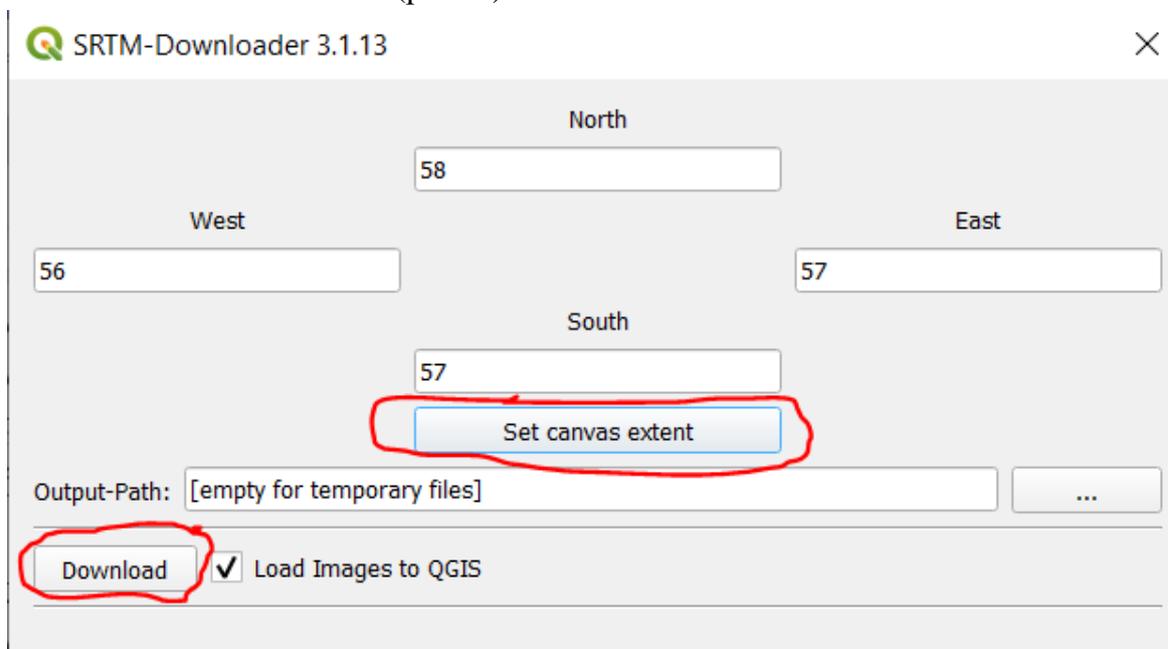


Рис. 6 Заполнение окна SRTM-Downloader на территорию почвенного обследования

После этого требуется пройти регистрацию (при первой загрузке) на сайте NASA, о чем будет сообщаться в следующем диалоговом окне (рис. 7).

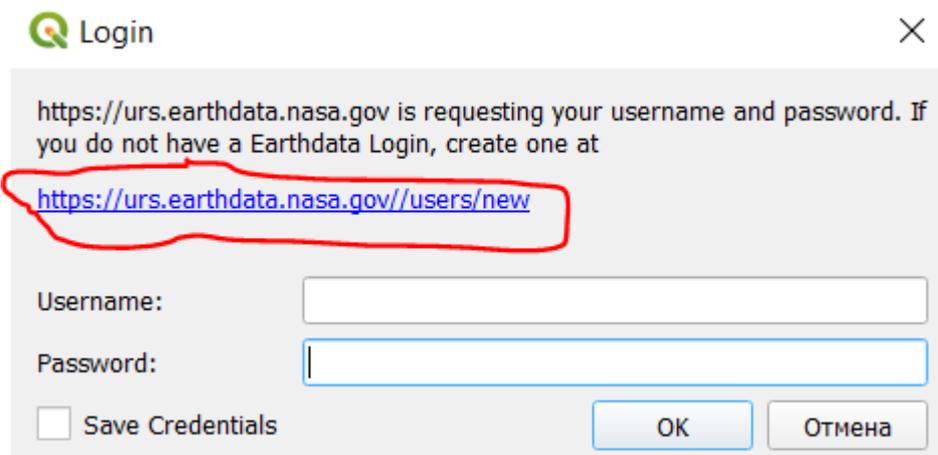


Рис. 7 Окно со ссылкой на регистрацию на earthdata

После регистрации заполните Username и Password, загрузка будет выполнена.

После выполненной загрузки окно проекта будет иметь вид (рис. 8)

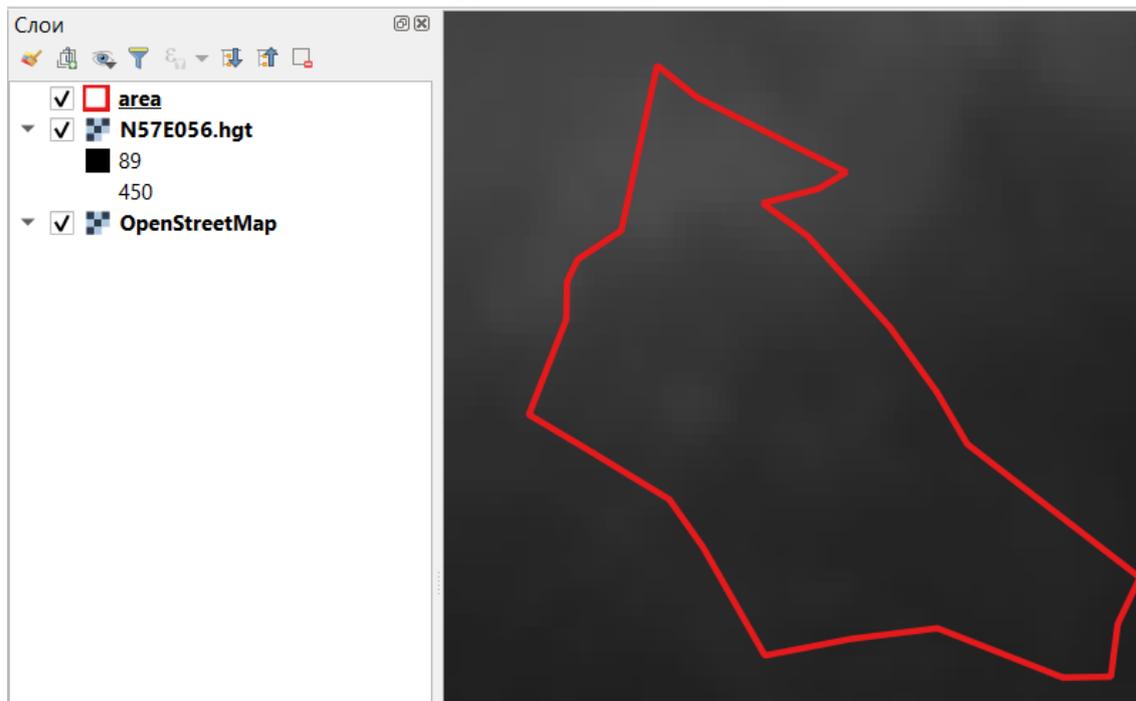


Рис. 8 Результат загрузки ЦМР в QGIS

Внимательно рассмотрите матрицу рельефа. Она представлена в градациях серого – чем светлее пиксель, тем больше абсолютная высота и, наоборот. Чтобы это проверить включите инструмент  «Определить объекты». На панели слоев выберите слой SRTM (N57E056) и нажмите по какой-нибудь точке на ЦМР. Например, северная часть участка будет иметь вид, показанный на рисунке 9.

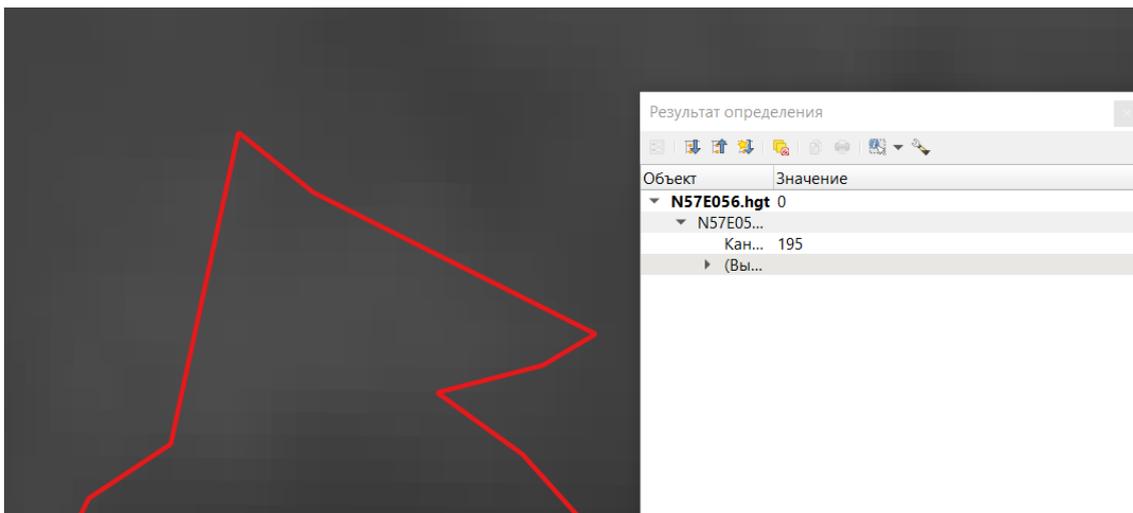


Рисунок 9 Определение значения высоты по ЦМР

Попробуйте узнать значение высоты разных точек.

3.2 Подготовка ЦМР для морфометрического анализа. Прежде чем модель рельефа использовать для расчета различных морфометрических показателей, ее нужно преобразовать из географической системы координат в прямоугольную. Для этого используется функция Перепроецирование растровых данных. В строке меню выберите растр → проекции → перепроецирование. Заполните параметры перепроецирования, как показано на рисунке 10.

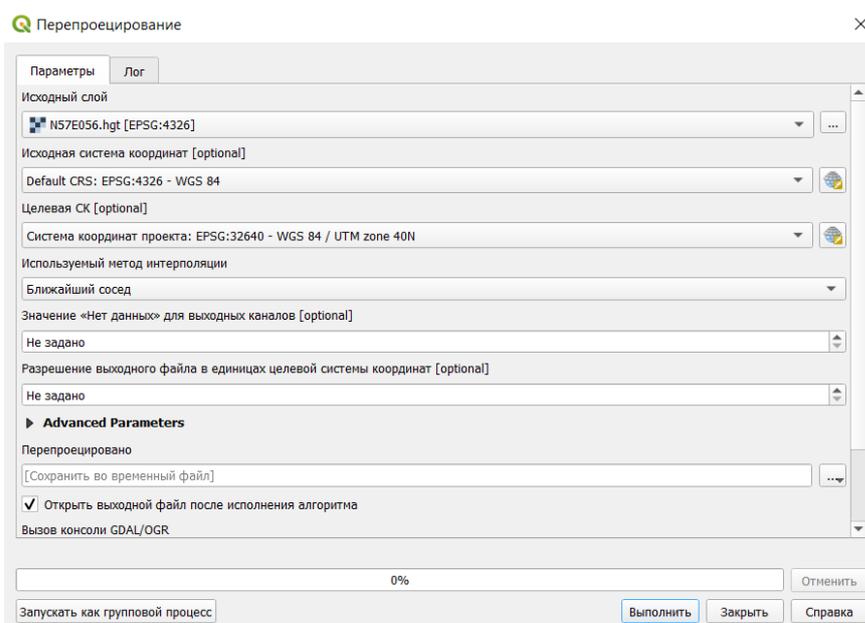


Рис. 10 Параметры перепроецирования ЦМР

После выполнения операции на панели слоев появится новый слой «Перепроецировано». Сохраните данный слой, нажав по нему правую клавишу мыши → экспорт → сохранить как. Для выбора папки хранения напротив поля «Имя файла» нажмите . Сохраните слой под именем relief. После сохранения слой relief будет добавлен в проект, а слой «Перепроецировано» и N57E056.hgt можно удалить.

4. СОЗДАНИЕ КАРТЫ РЕЛЬЕФА НА ОСНОВЕ SRTM

4.1. Создание маски ЦМР. Для отображения рельефа и морфометрических показателей в границах исследуемого участка можно создать маску раstra цифровой модели рельефа. Маска раstra – это растровое изображение, обрезанное по границам векторного слоя. Выполните Растр → Извлечение → Обрезать растр по маске. Заполните параметры создания маски как показано на рисунке 11.

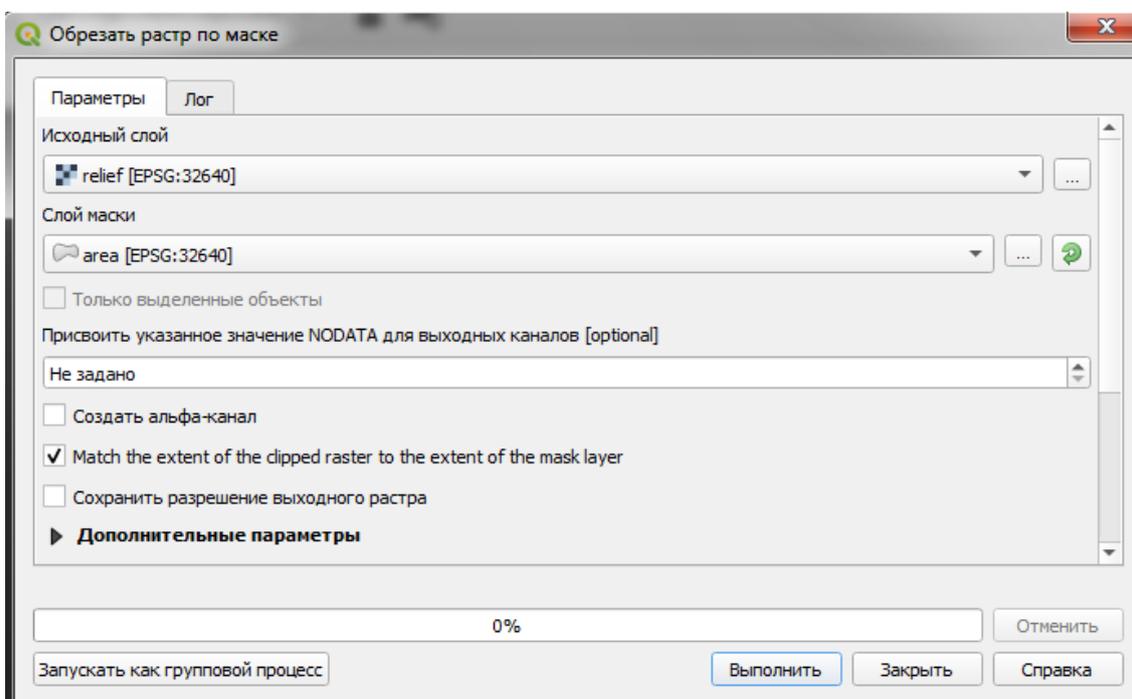


Рис. 11 Параметры создания маски рельефа SRTM

В результате операции будет создан новый временный слой «Результат обрезки (по маске)». Сохраните слой под именем relief_mask в папку, где сохранен слой relief. Слой «Результат обрезки (по маске)» можно удалить. Если отключить слой, то результат вид окна карта и панели «слои» будет как на рисунке 12.

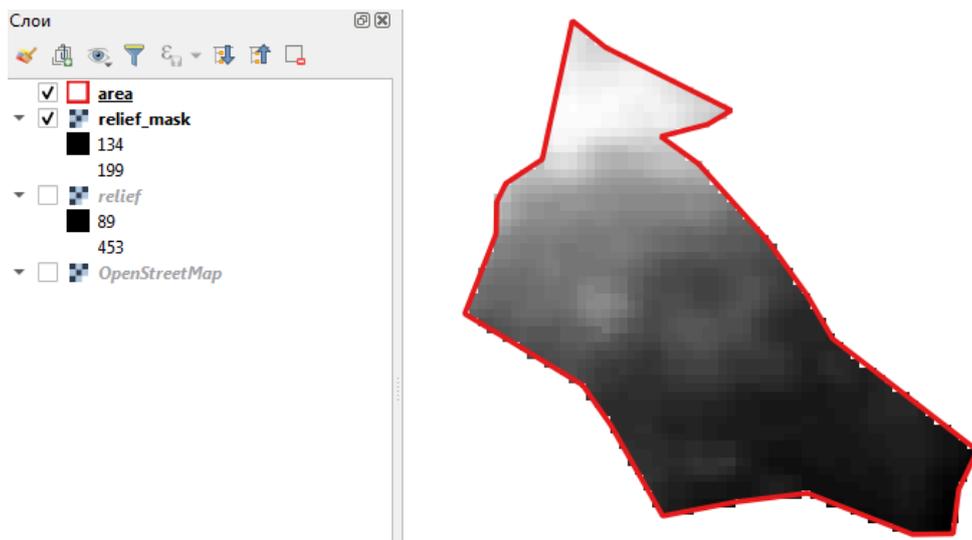


Рис. 12 Результат создания маски ЦМР

4.2. Извлечение горизонталей. Горизонтали – это линии, соединяющие точки с одинаковой высотой. На основе ЦМР их можно создать в виде отдельного векторного слоя. Для этого выполните Растр → Извлечение → Создать изолинии. Создайте изолинии с шагом 2,5 м., как показано на рисунке 13.

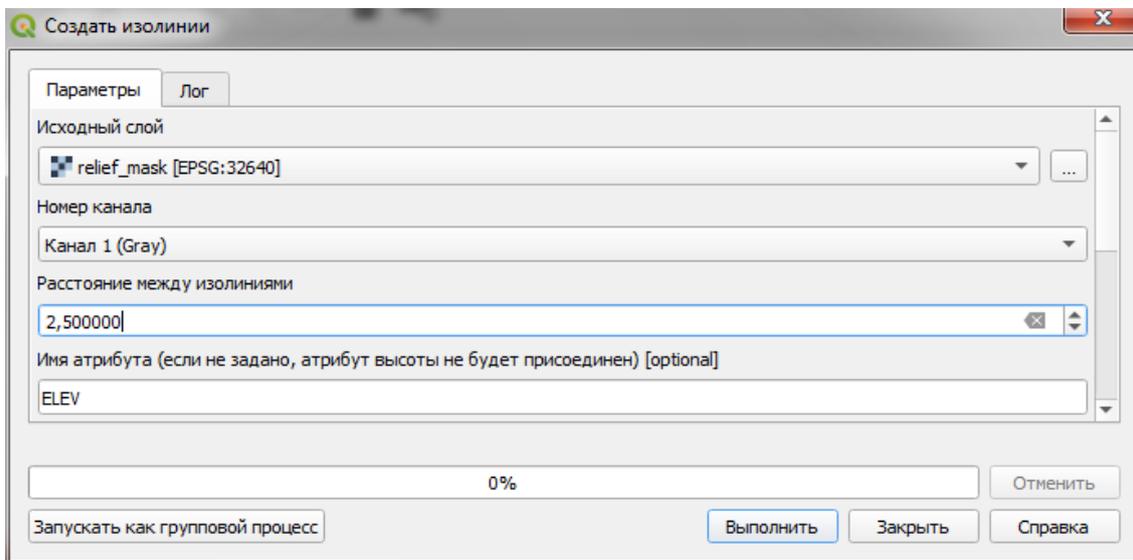


Рис. 13 Параметры создания изолиний по SRTM

Нажмите «Выполнить». В результате рабочее окно будет иметь вид (цвет изолиний может отличаться), представленный на рисунке 14.

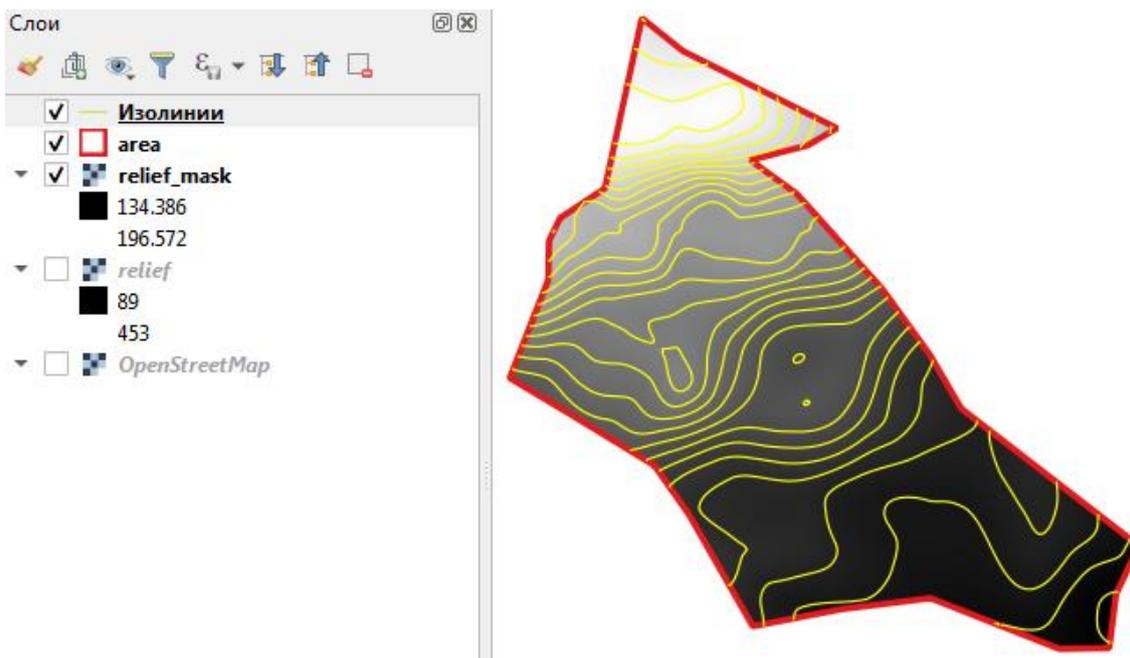


Рис. 14. Результат извлечения изолиний

Для улучшения отображения изолиний (при желании) их можно сгладить инструментом «сглаживание» (Инструменты анализа – векторная геометрия). Изолинии сохраните как отдельный векторный слой под именем `izo_2_5m`. Для этого через правую клавишу мыши выберите «экспорт/сохранить как», в параметрах укажите формат Shape-файл, система координат 32640. Выбор папки сохранения осуществляется через кнопку .

4.3. Настройка отображения рельефа. Зайдите в свойства слоя «relief_mask» (двойным нажатием мыши по слою). Выберите вкладку стиль. Выберите способ отображения «Одноканальное псевдоцветное». Оформите слой, как показано на рисунке 15.

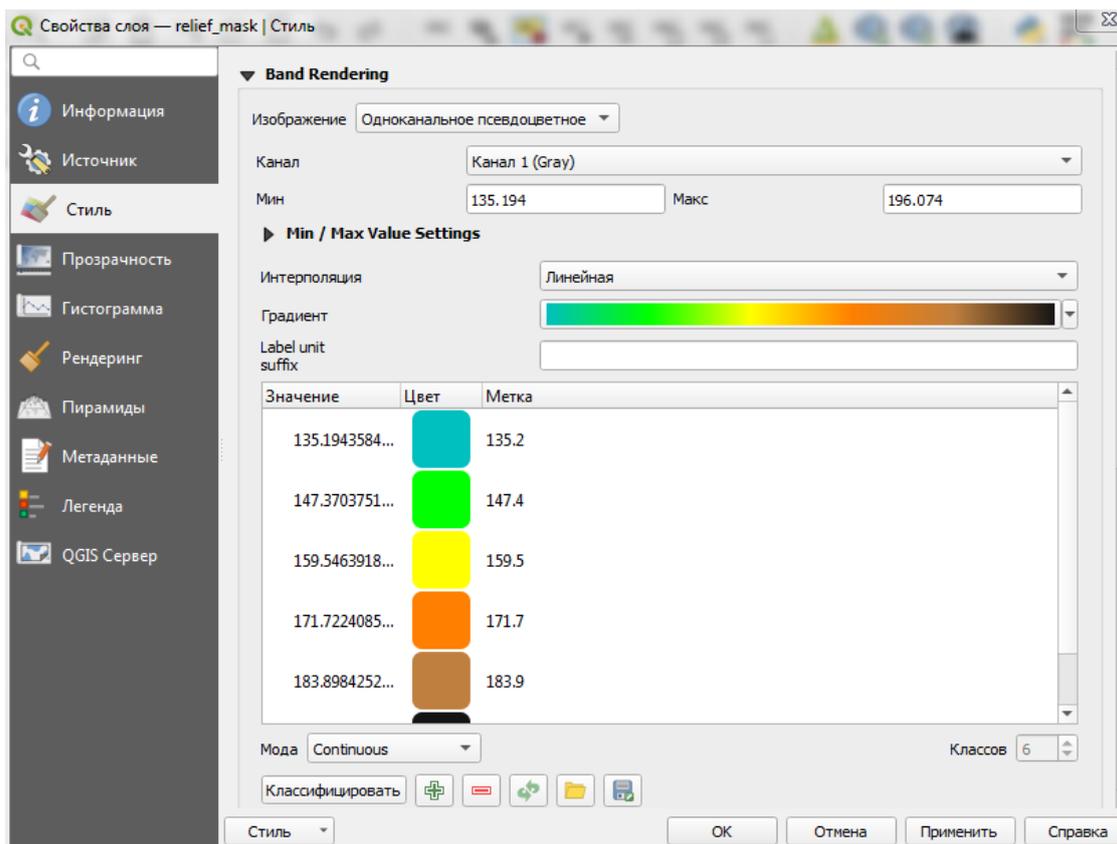


Рис. 15 Параметры стиля слоя рельеф

4.4. Компоновка карты. Для компоновки карты в QGIS служит макет. Пример компоновки карты показан на рисунке 23. Для получения данного результата нужно выполнить следующие действия.

1). Создание макета. В строке меню выбрать Проекты → New Print layout (Создать макет). Окно «Название макета» можно заполнить или оставить пустым для автоматической генерации имени → ОК.

2). Настройка ориентации листа. Перед настройкой самой рамки, во вкладке «Макет» следует задать ориентацию страницы. В данном примере оптимальной будет портретная. Чтобы изменить ориентацию листа нужно нажать правой клавишей мыши по листу и выбрать «Параметры листа». Задать размер А4, ориентация «Портрет».

3). Добавление карты в макет. Команда добавления карты расположена в меню «Добавить объект». «Добавить карту», затем на белом листе, удерживая левую кнопку мыши, растянуть произвольный прямоугольник (рис. 16).

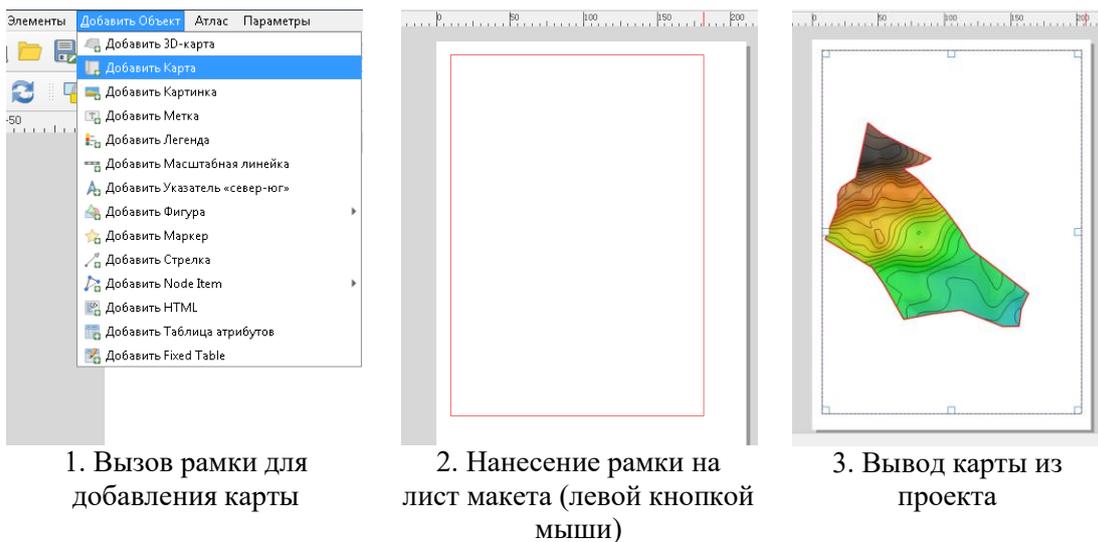


Рис. 16 Этапы добавления карты в макет

4). Настройка рамки карты. Панель настройки элементов карты расположена справа от листа макета. Если она отсутствует, нажмите правой клавишей мыши по панели инструментов и выберите «Свойства элемента» (рис. 17).

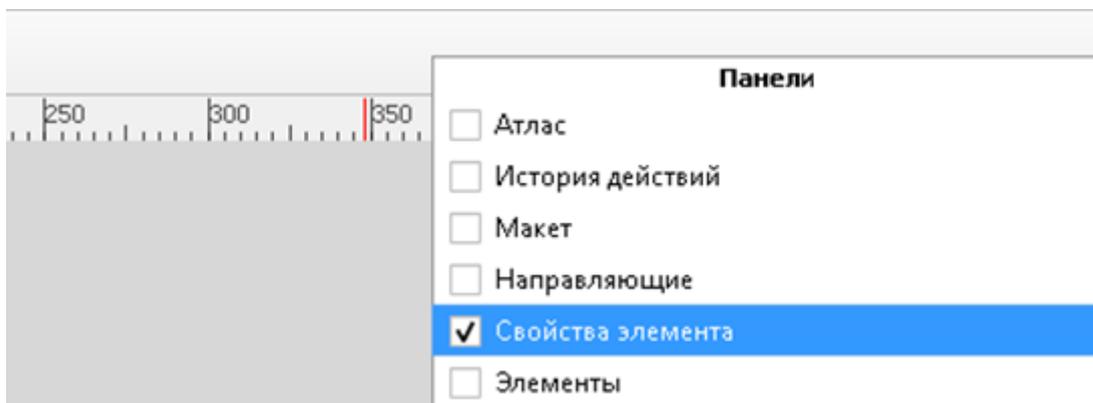


Рис. 17 Включение панели «Свойства элемента» в режиме «Макет»

Верхняя часть панели содержит список элементов, добавленных в макет (например, существует 1 элемент – «Карта 0»). По мере компоновки число элементов возрастет. Вторая часть панели (нижняя) содержит общие настройки макета во вкладке «Макет» и параметры отдельных элементов макета во вкладке «Свойства элемента».

Вкладка «Свойства элемента» содержит несколько разделов (Свойства элемента, Границы, Сетки и т.д.). Для настройки определенного свойства нужно нажать на соответствующую кнопку. Настройка «Свойства элемента» (Main Properties) (рис. 18). В данном разделе необходимо

установить масштаб карты, который обозначается в числовом формате. Масштаб будет равен 1:10000. Таким образом, в поле «Масштаб» ввести 10000 (означает в 1 см 100 м).

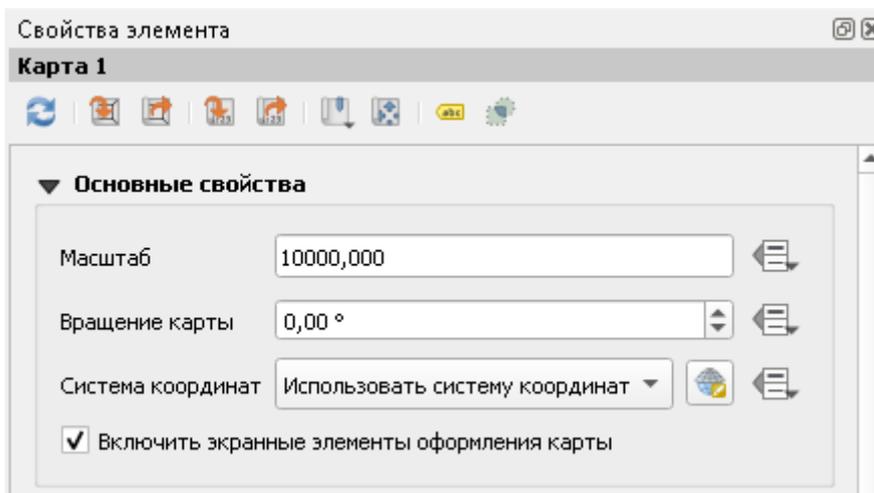
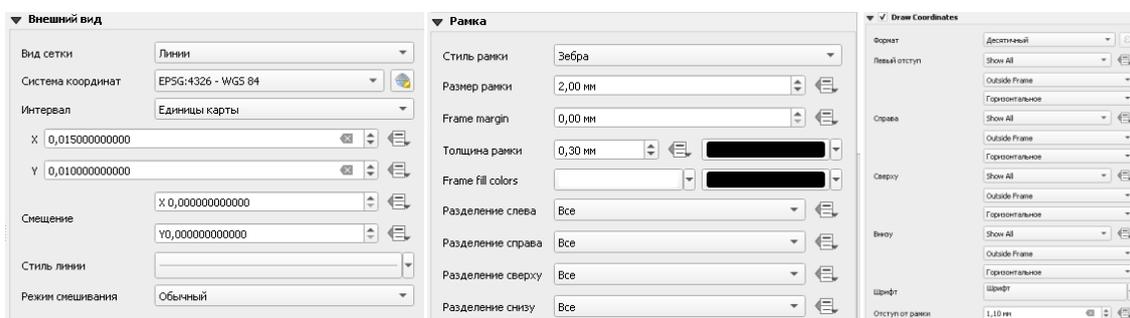


Рис. 18 Настройка масштаба карты макета компоновки

Далее следует создать и настроить сетку. Для этого раскройте раздел «Сетки», который расположен ниже основных свойств и нажмите  «Добавить новую сетку». В перечне сеток появится «Сетка 1». Для настройки нажмите «Modify Grid». Раздел настроек сетки содержит 3 основных подраздела: «Внешний вид»; «Рамка»; «Координаты». Данные подразделы последовательно раскрываются друг за другом сверху вниз по мере заполнения. Примеры заполнения подразделов показаны на рисунке 19.



Настройка внешнего вида

Настройка рамки

Настройка координат

Рис. 19 Настройка раздела «Сетки»

Таким образом, в результате выполнения настроек рамки, карта должна иметь вид, как показано на рисунке 20.

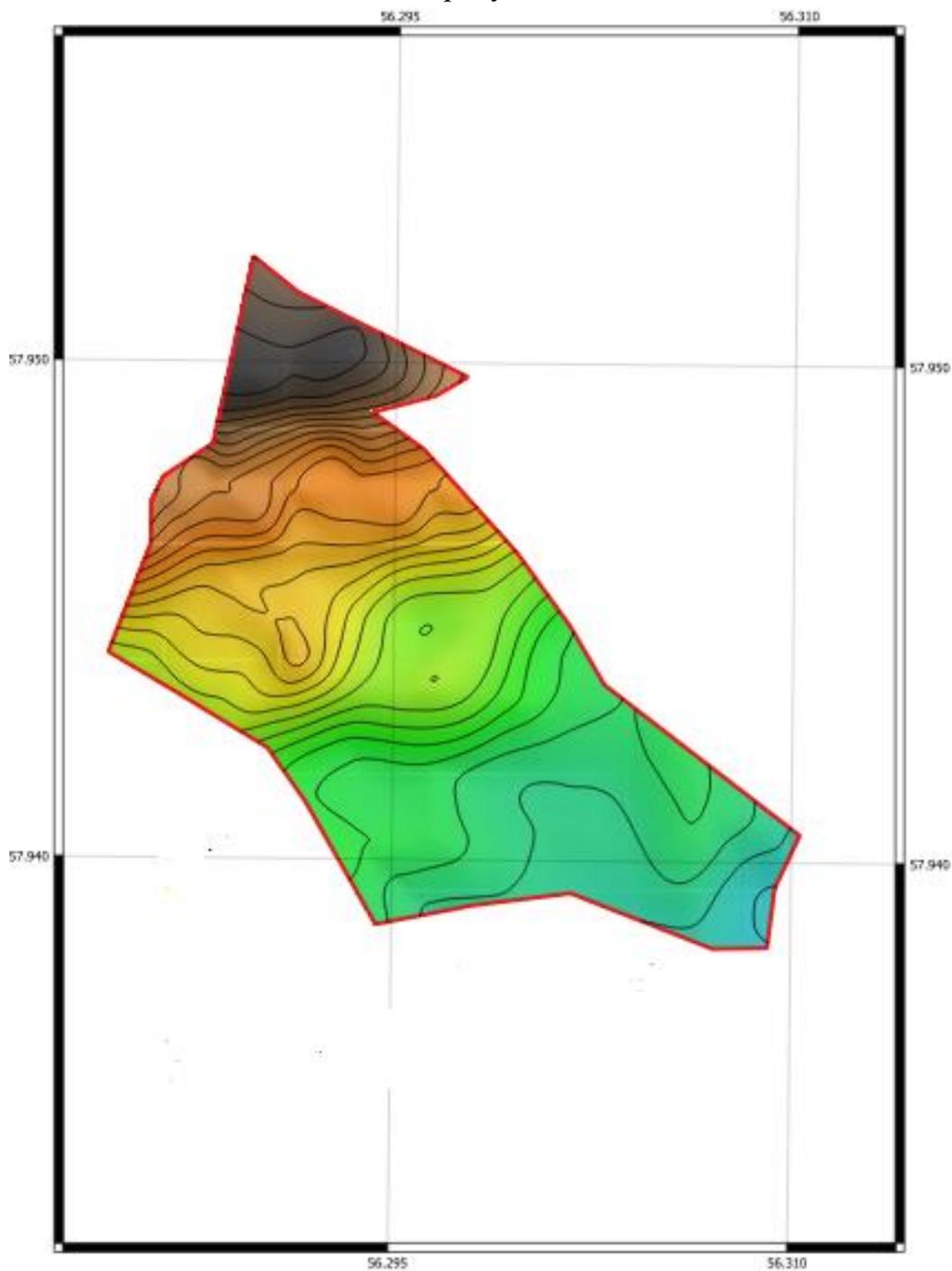


Рис. 20 Пример настроенной рамки карты

Остальные элементы карты (легенда, масштабная линейка и др.) добавляются кнопками панели расположенной вертикально слева. В горизонтальном положении панель имеет вид, представленный на рисунке 21.



Рис. 21 Панель инструментов макета (вертикальный вид)

Кроме этого остальные элементы можно добавить через пункт меню макета «Добавить объект».

5). Легенда карты. Легенда добавляется кнопкой  «Добавить легенду», аналогично выводу рамки карты (в любой части макета нужно нарисовать прямоугольник с помощью левой кнопки мыши). После вывода в макет легенда содержит информацию о всех слоях карты. Для изменения нагрузки легенды в «Элементы легенды» нужно убрать флажок «Автообновление» и затем кнопкой  «убрать лишнее» исключить ненужные элементы. Следующее свойство легенды «Шрифты» позволяет настроить шрифт заголовка и отдельных элементов легенды. Ниже расположена настройка «Колонки». При необходимости ее можно разбить на колонки: задать число колонок, ниже поставить галочку «Разбивать слои» (в данном примере разбивка легенды на колонки не выполняется).

Расположение легенды внизу выполняется с помощью кнопки панели  «Выделить. Переместить элемент». При этом легенда может закрыть часть карты. Для настройки положения карты используется инструмент  «Переместить содержимое элемента». При необходимости в макет можно добавить несколько легенд, как в данном примере: легенда растрового слоя рельеф с цветовым изображением высот и легенда векторных слоев – границы, изолинии (рис. 22).

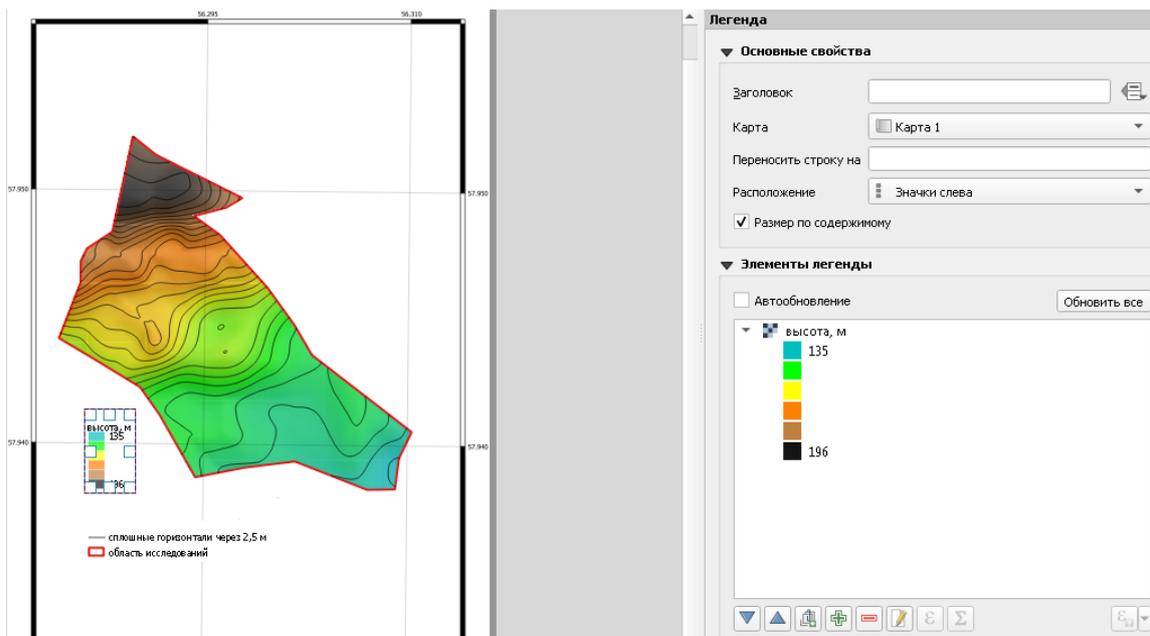


Рис 22 Настройка и размещение легенды карты

б). Масштабная линейка. Вывод масштабной линейки выполняется

кнопкой «Добавить масштабную линейку»  . Расположить масштабную линейку нужно на свободном месте рамки карты (например, под картой). Настройка линейки. Высота линейки настраивается вручную

инструментом  «Выделить. Переместить элемент». Подобрать ширину линейки под размер легенды можно в разделе «Сегменты» свойств элемента «Масштабная линейка»: уменьшить число сегментов справа. Добавить фон линейки в нижней части свойств масштабной линейки. Таким образом, в результате добавления объектов макета, карта рельефа будет иметь вид, представленный на рисунке 23.

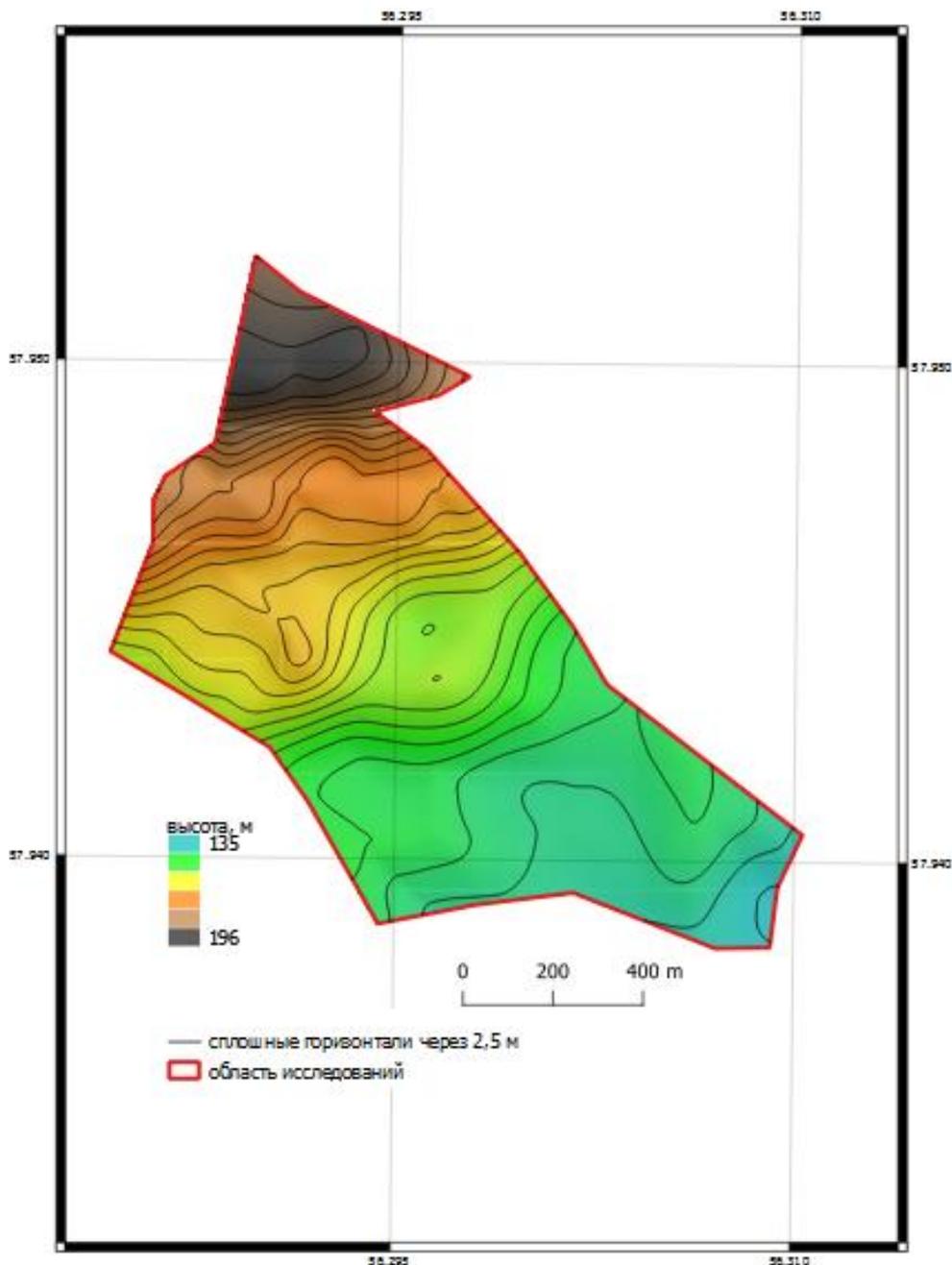


Рис. 23 Пример карты рельефа

7). Экспорт карты. Экспорт карты – это сохранение результатов компоновки в графическом формате для дальнейшего включения в отчеты или для печати. Для экспорта карты можно использовать кнопки верхней



панели макета : Экспорт в изображение; экспорт в SVG; экспорт в PDF. Эти же элементы содержатся в строке меню Макет. При сохранении в изображение выбрать место расположения файла. Затем в окне «Настройки экспорта изображения» нажать «Сохранить»

5. ЛАНДШАФТНЫЙ АНАЛИЗ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ РЕЛЬЕФА

Инструменты анализа ЦМР расположены в наборе инструментов анализа (модуль Processing , если его нет на панели инструментов, то зайдите в меню → модули → управление модулями → вкладка установленные, включите Processing). Исходными данными будет маска рельефа, полученная в предыдущем задании.

5.1 Крутизна склона. В строке поиска инструментов анализа наберите «Крутизна» и выберите инструмент «Крутизна» из набора «Морфометрический анализ» (рис. 24)

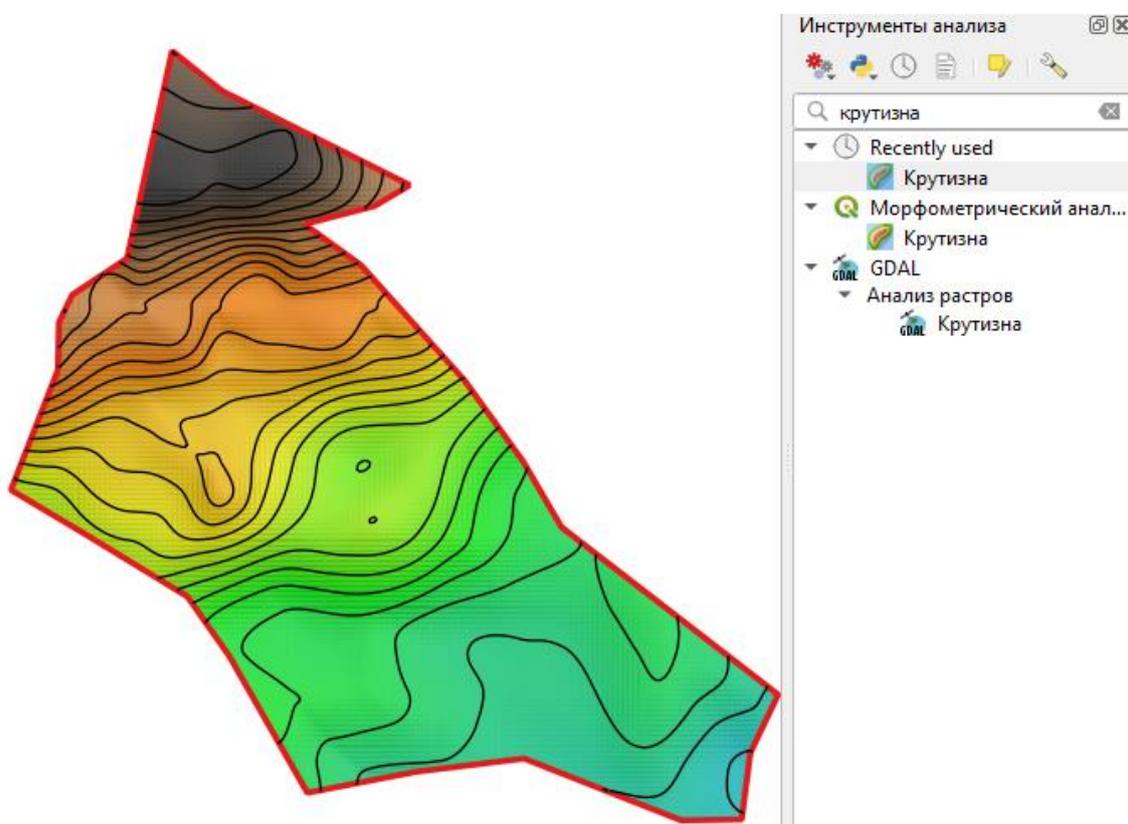


Рис. 24. Выбор инструмента анализа «Крутизна»

Заполните диалог вычисления крутизны, как показано на рисунке 25. В качестве основы будет слой рельефа, созданный Вами в предыдущем задании.

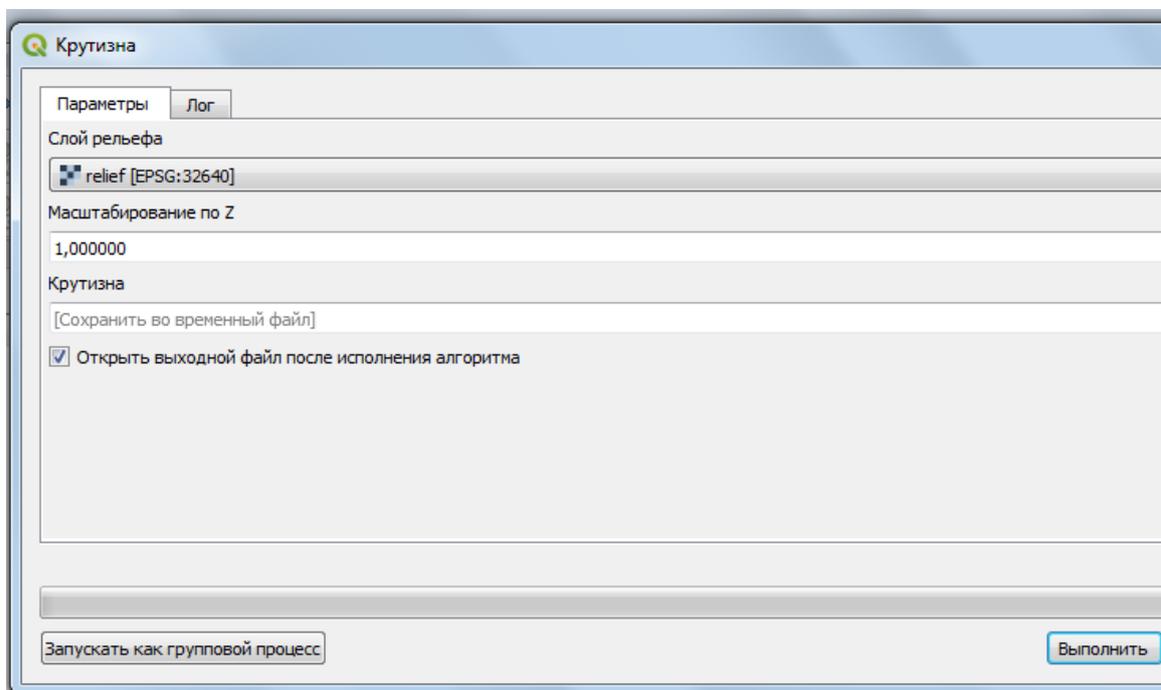


Рис. 25 Параметры расчета крутизны склона

В результате выполнения операции будет создан новый слой «Крутизна». Он является временным. Поэтому при следующем открытии проекта он будет утерян. Его желательно сохранить. Данный слой показывает уклон поверхности в градусах.

Оформление карты крутизны склонов основано на использовании следующих диапазонов, в градусах: 0-1; 1-3; 3-5; 5-8; 8-10; > 10. Диапазоны выделяются разными цветами.

Настройте стиль слоя «Крутизна», как показано на рисунке 26.

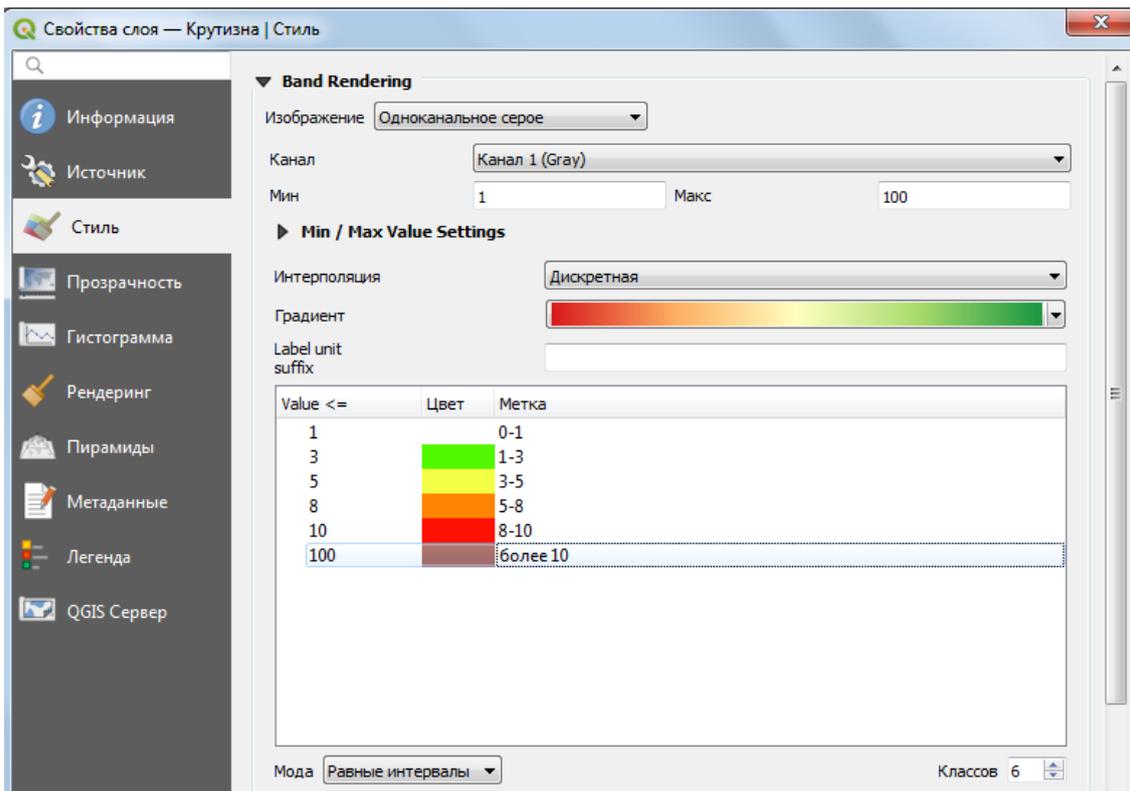


Рис. 26 Параметры настройки стиля крутизны склонов

В результате слой будет иметь вид, показанный на рисунке 27.

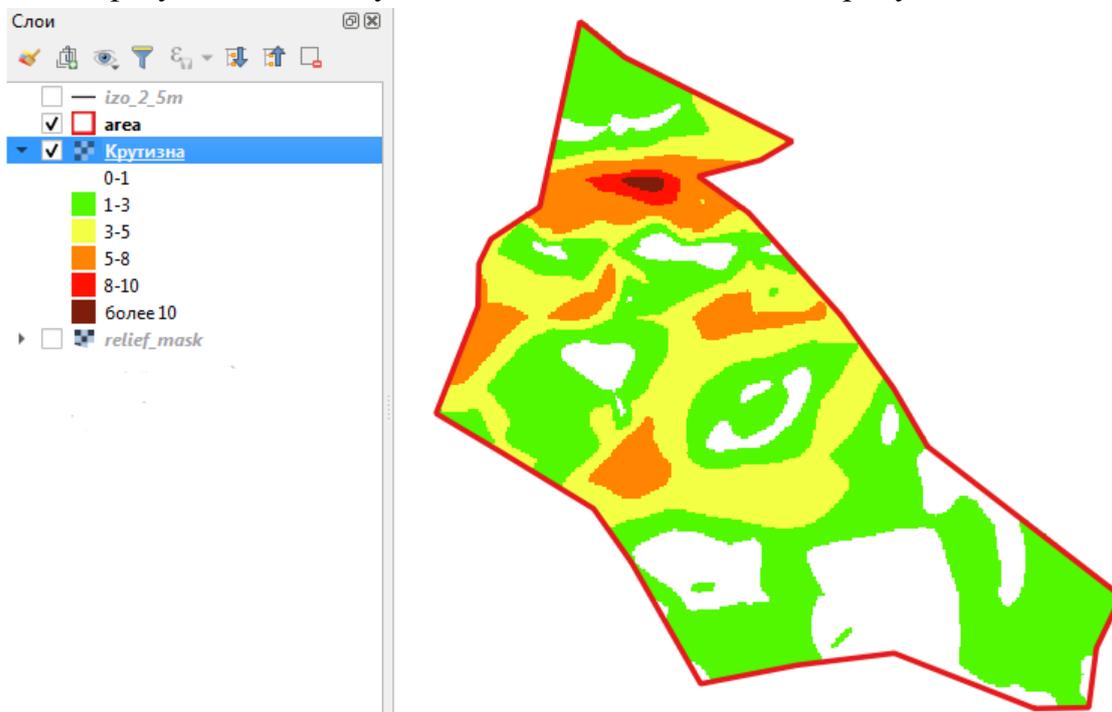


Рис. 27. Результат настройки отображения крутизны склонов

Выполните компоновку карты и сохраните ее. Пример карты крутизны склонов на рисунке 28 (масштаб 1:10 000).

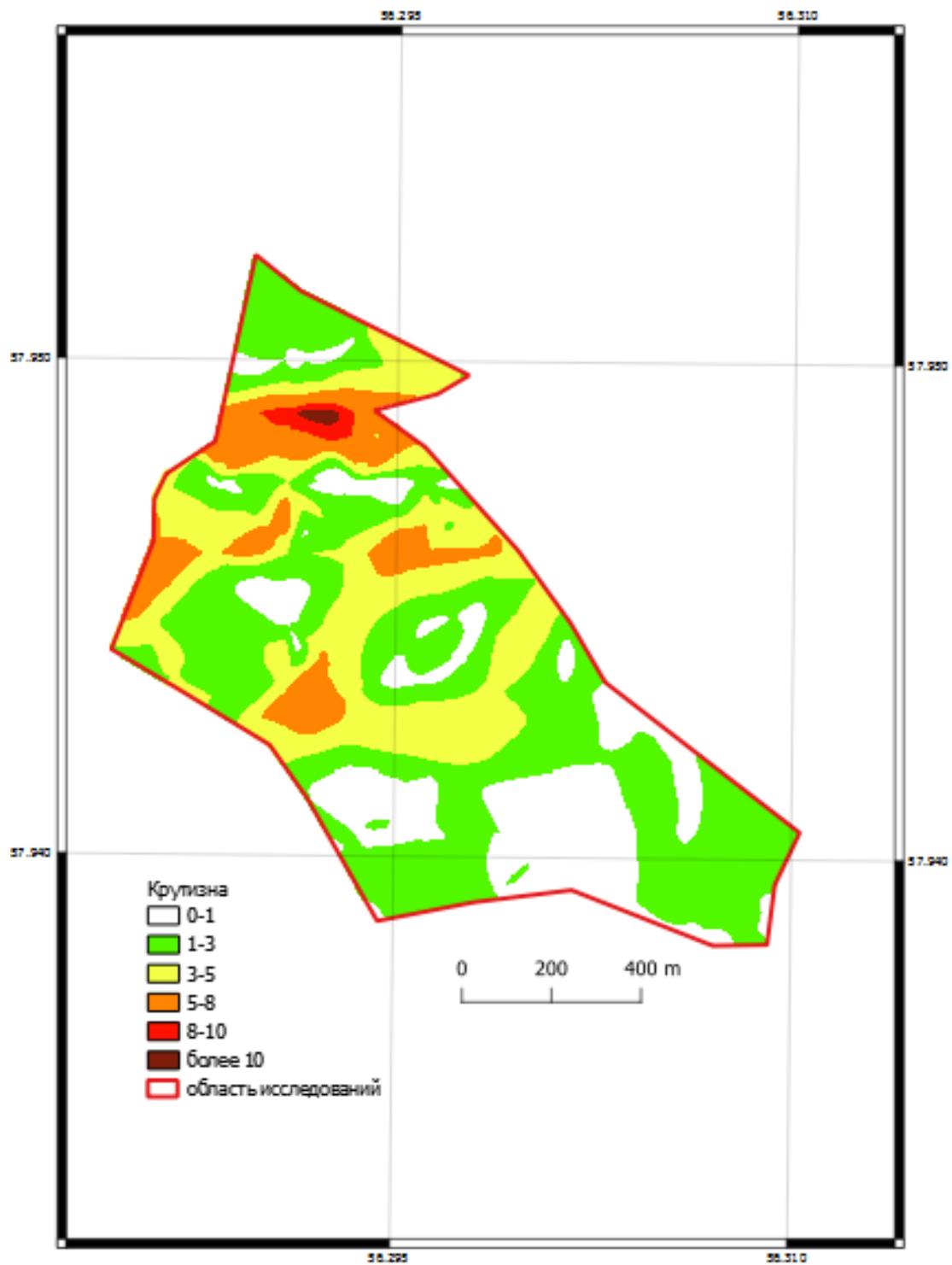


Рис. 28 Карта крутизны склонов

5.2. Экспозиция склона. В строке поиска инструментов анализа наберите «Экспозиция» и выберите инструмент «Экспозиция» из набора «Морфометрический анализ». В качестве исходного слоя используется relief. Выполните вычисление экспозиции аналогично крутизне. Настройте стиль слоя «Экспозиция», как показано на рисунке 29.

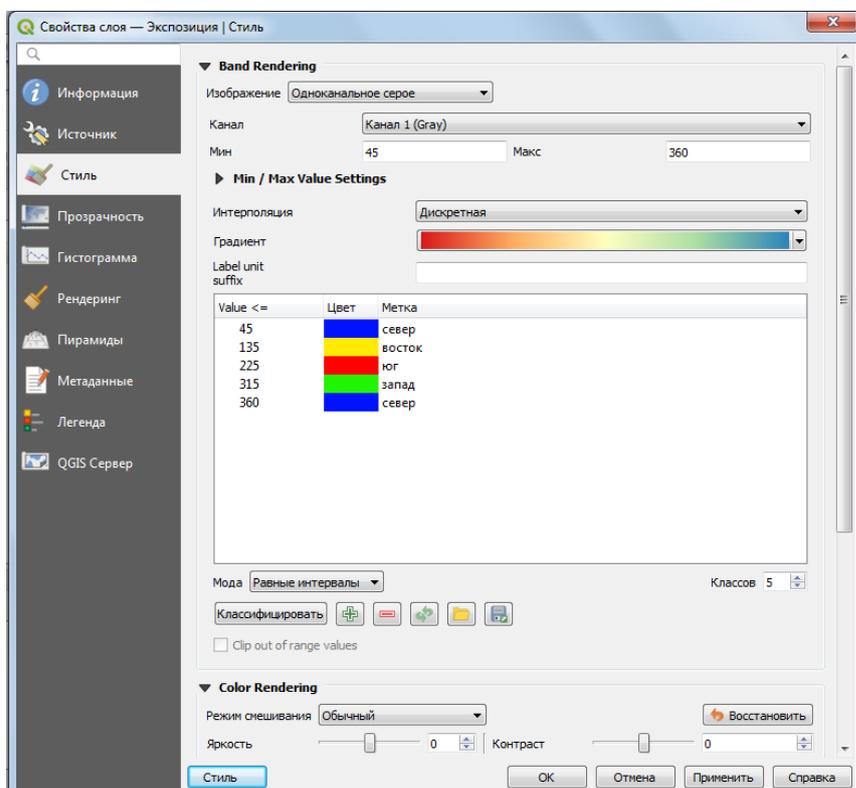


Рис. 29 Параметры настройки стиля экспозиции склонов

В результате слой «Экспозиция» окрасится в заданные цвета. Вид оформленного слоя показан на рисунке 30.

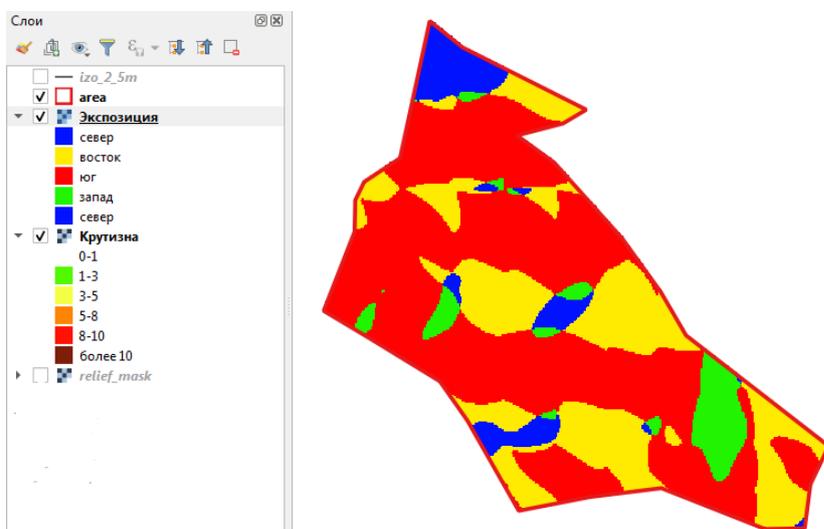


Рис. 30. Результат настройки отображения экспозиции склонов

Выполните компоновку карты и сохраните ее. Пример карты экспозиции склонов на рисунке 31 (масштаб 1:10 000).

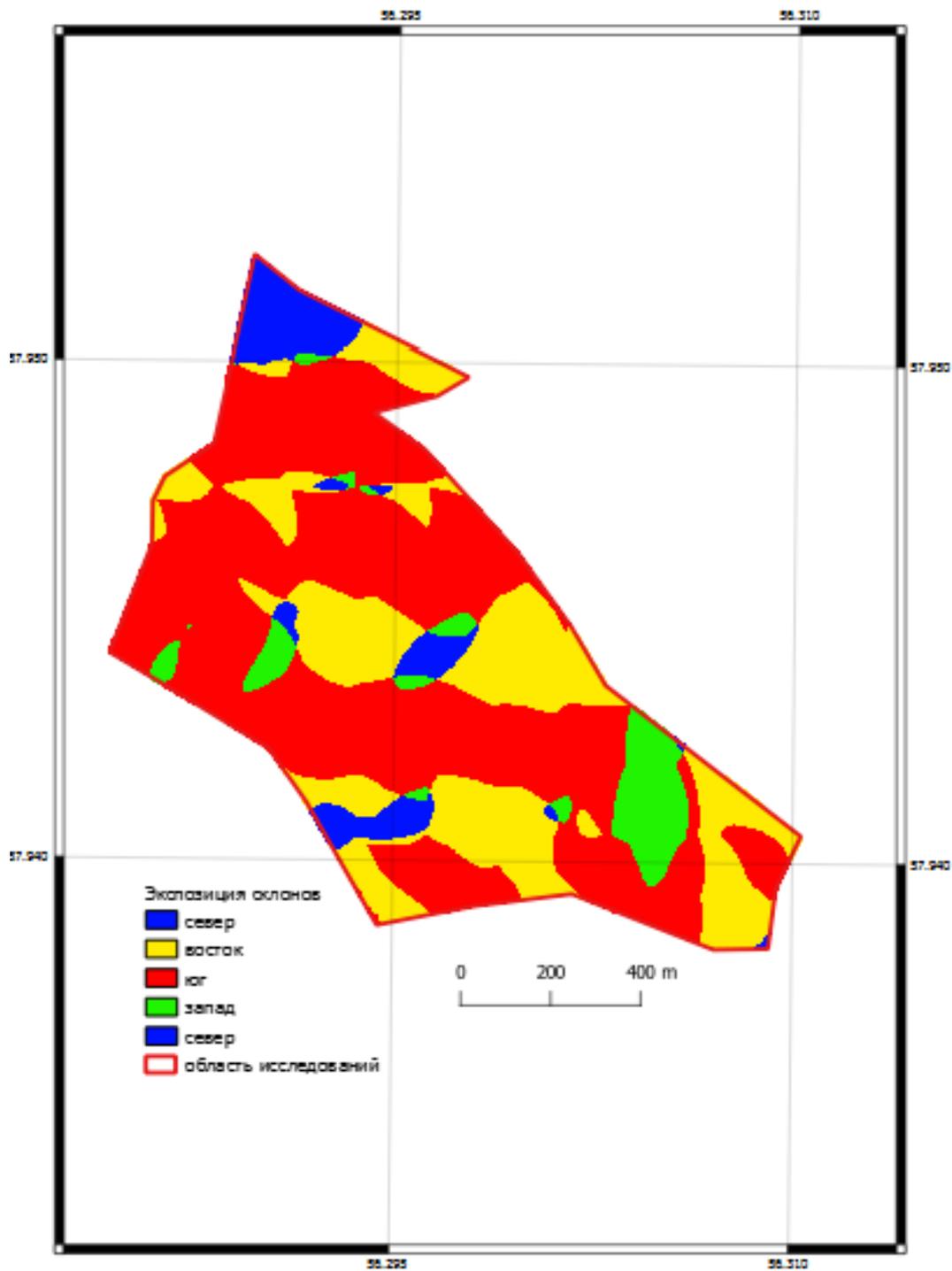


Рис. 31 Карта экспозиции склонов

5.3. Базовый ландшафтный анализ. Инструменты базового ландшафтного анализа позволяют получить расширенные характеристики рельефа территории. Полученные параметры рельефа используются в моделях прогнозирования эрозии почвы, выявлении участков переувлажнения и т.д.

В строке поиска инструментов анализа наберите «Basic terrain analysis» и выберите инструмент «Basic terrain analysis» из набора SAGA «Terrain Analysis - Morphometry». В качестве исходного слоя используется relief (рис. 32).

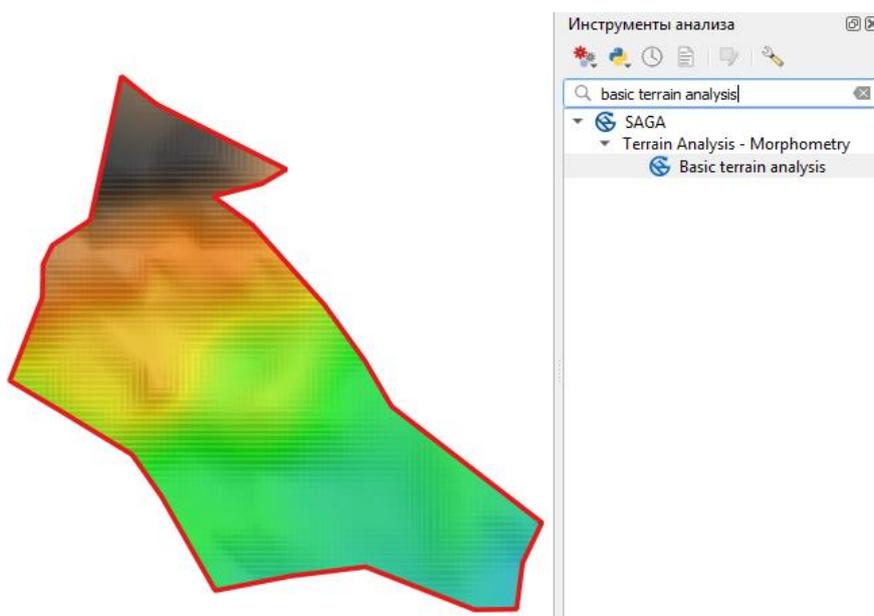


Рис. 32 Выбор инструментов базового ландшафтного анализа

Заполните слой Elevation – Relief и нажмите выполнить. В результате будет создан набор слоев. Изучите слои, которые были получены, приведите их описание на основе литературных данных. Результаты изучения слоев базового ландшафтного анализа оформите в виде таблицы (пример заполнения в таблице 2). Укажите, какие из полученных характеристик используются для моделирования эрозионных потерь почвы и оценки почвенно-гидрологических условий.

Таблица 2. Описание слоев базового ландшафтного анализа

Имя слоя	Перевод на русский	Описание слоя
Пример: Plan Curvature	Кривизна горизонтали	Кр – кривизна линий горизонтали в данной точке топографической поверхности. Может иметь положительные, отрицательные и нулевые значения. Единица измерения – м ⁻¹ . Линии тока конвергируют при Кр меньше 0, дивергируют при Кр больше 0. При Кр = 0 соответствует тока параллельным линиям тока.
.....		

5.4. Вычисление площадей категорий крутизны склонов. Для количественной характеристики территории с целью оценки потенциальной эрозии почвы рассчитывают площади территории различной крутизны. Для этого используется один из методов ГИС-анализа «Переклассификация растров». В QGIS данная операция реализуется в инструменте «Калькулятор растров». Исходный слой для расчетов - Крутизна.

Войдите в меню «Растр» → «Калькулятор растров». Заполните слой результатов – путь сохранения результирующего слоя «slope_category» (категории крутизны склона – в папку Rastr).

Введите формулу в калькулятор:

$$("Крутизна@1" \leq 1) * 1 + ("Крутизна@1" \geq 1 \text{ AND } "Крутизна@1" \leq 3) * 2 + ("Крутизна@1" \geq 3 \text{ AND } "Крутизна@1" \leq 5) * 3 + ("Крутизна@1" \geq 5 \text{ AND } "Крутизна@1" \leq 8) * 4 + ("Крутизна@1" \geq 8 \text{ AND } "Крутизна@1" \leq 10) * 5 + ("Крутизна@1" \geq 10) * 6$$

Числовые значения вводятся с клавиатуры, а остальное – кнопками калькулятора растров. "Крутизна@1" выбирается из списка слоев калькулятора. Коэффициенты, на которые умножаются выражения в скобках, означают категории улов наклона. Например, 1 – уклон до 1 градуса, 2 – от 1 до 3 и т.д. Нажмите ОК. Пример ввода данных в растровый калькулятор показан на рисунке 33.

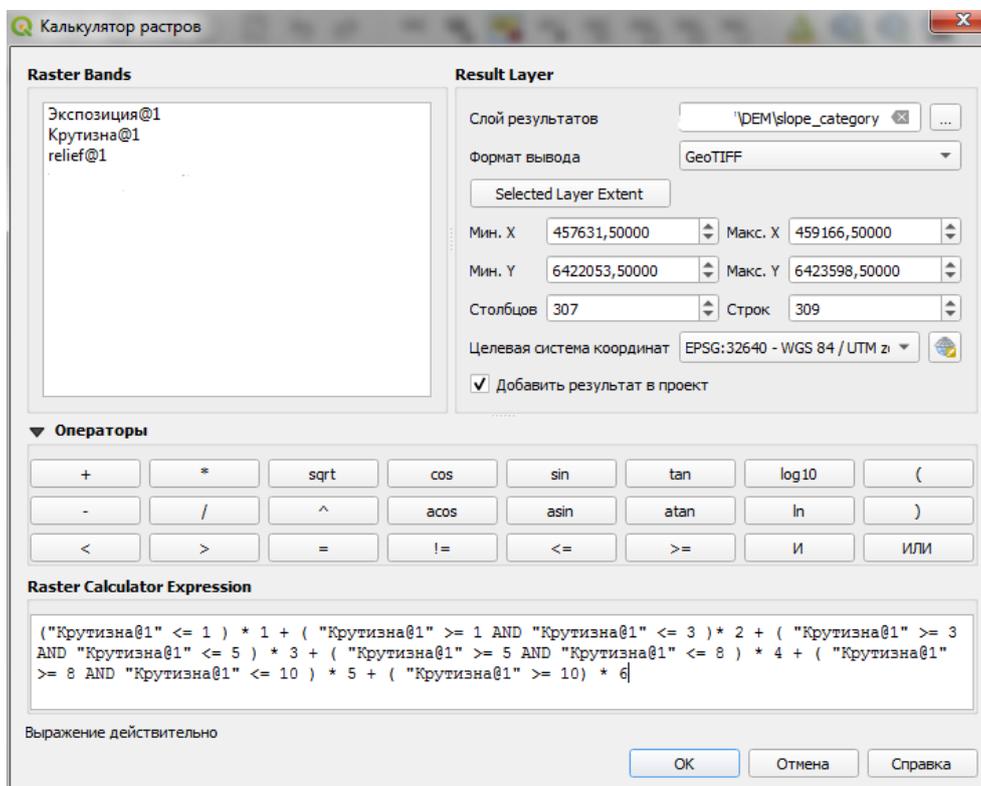


Рисунок 33. Ввод данных в калькулятор растров

В результате будет создан растр со значениями «Уровня серого» от 1 до 6. Для вычисления площадей каждой из категорий данный растр нужно преобразовать в векторный слой: команда Растр → Преобразование → Создание полигонов. Заполните диалог «Создание полигонов», как показано на рисунке 34.

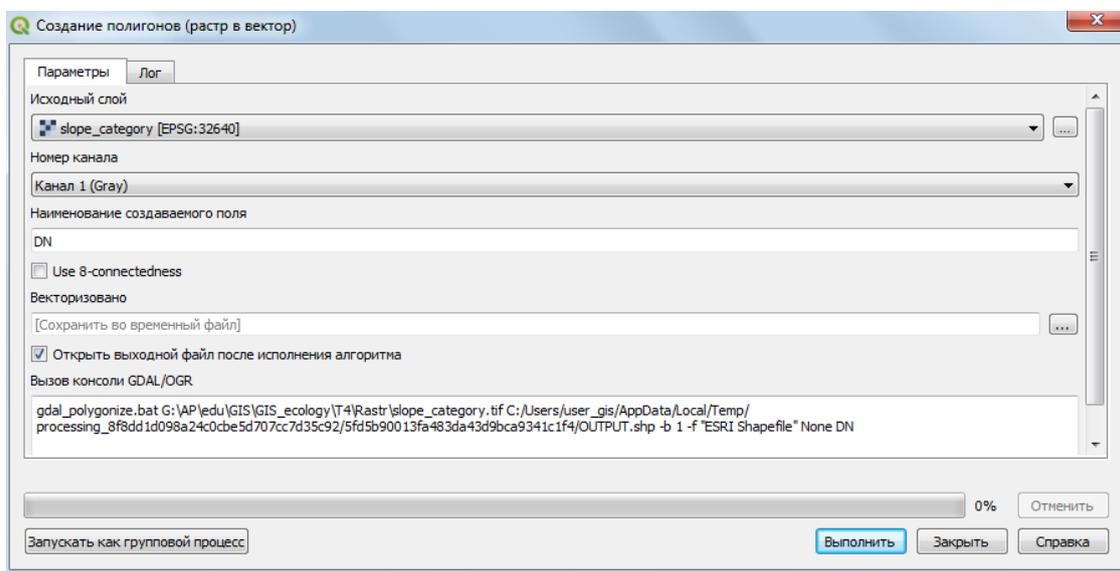


Рис. 34 Параметры создания полигонов

Нажмите «Выполнить». Будет создан векторный слой «Векторизовано». Откройте таблицу атрибутов этого слоя (на панели слоев выбрать слой «Векторизовано» и нажать по нему правой клавишей мыши → открыть таблицу атрибутов). Для каждого из выделенных контуров существует определенное уникальное значение цветового изображения. Оно указано в таблице атрибутов, колонка DN (означает digital number – уровень серого). Группировка и объединение контуров выполняется в таблице атрибутов слоя «Векторизовано». Для территории почвенного обследования всего получено 42 контура. Это строки в таблице. Колонка DN означает категория контура.

Чтобы объединить контуры по категориям крутизны склонов, нужно применить функцию ГИС-анализа «Агрегирование», которая выполняет объединение векторных объектов по значению поля (DN). Для этого в программе QGIS существуют инструменты пространственного анализа,

которые расположены в наборе инструментов анализа QGIS  (модуль Processing ). Перед выполнением сделайте следующие настройки.

Войдите в параметры как показано на рисунке 35.

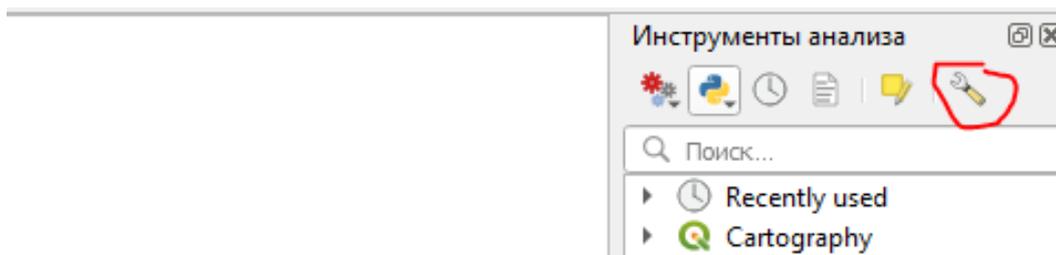


Рис 35. Вход в параметры модуля Processing

Затем выберите общие улучшения и настройте как показано на рисунке 36.

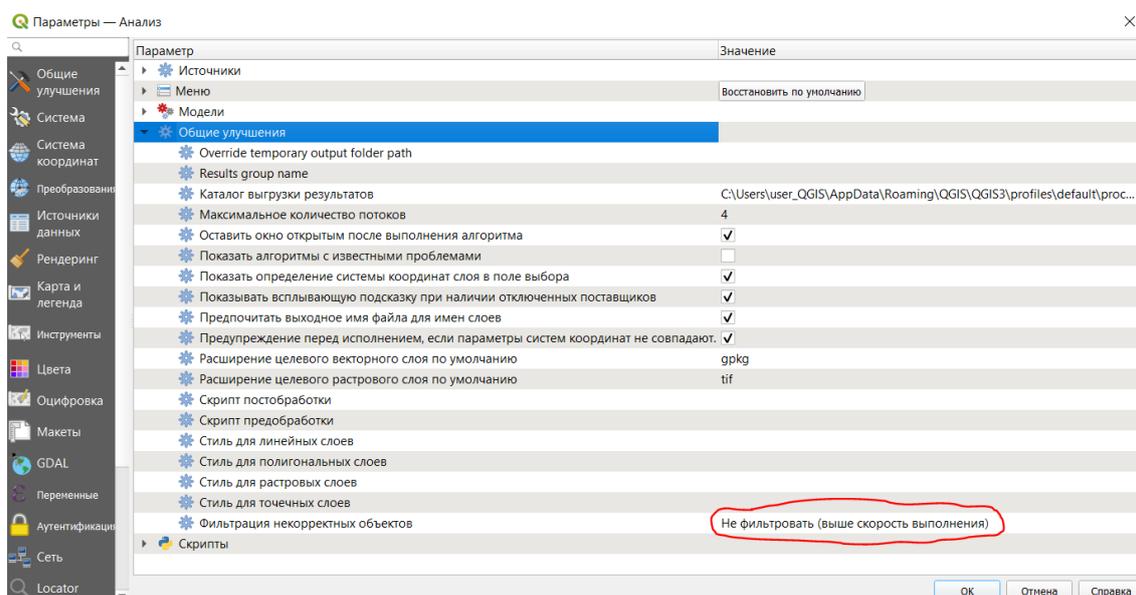


Рис 36. Настройка фильтрации некорректных объектов модуля Processing

Нажмите ОК.

После выполненных настроек запустите инструмент «Агрегировать». Для этого в строке поиска инструментов наберите агрегировать.

Заполните параметры, как показано на рисунке 37. При заполнении удаление лишних строк выполняется при нажатии на кнопку .

Сохранение файла . Затем нажмите «Выполнить».

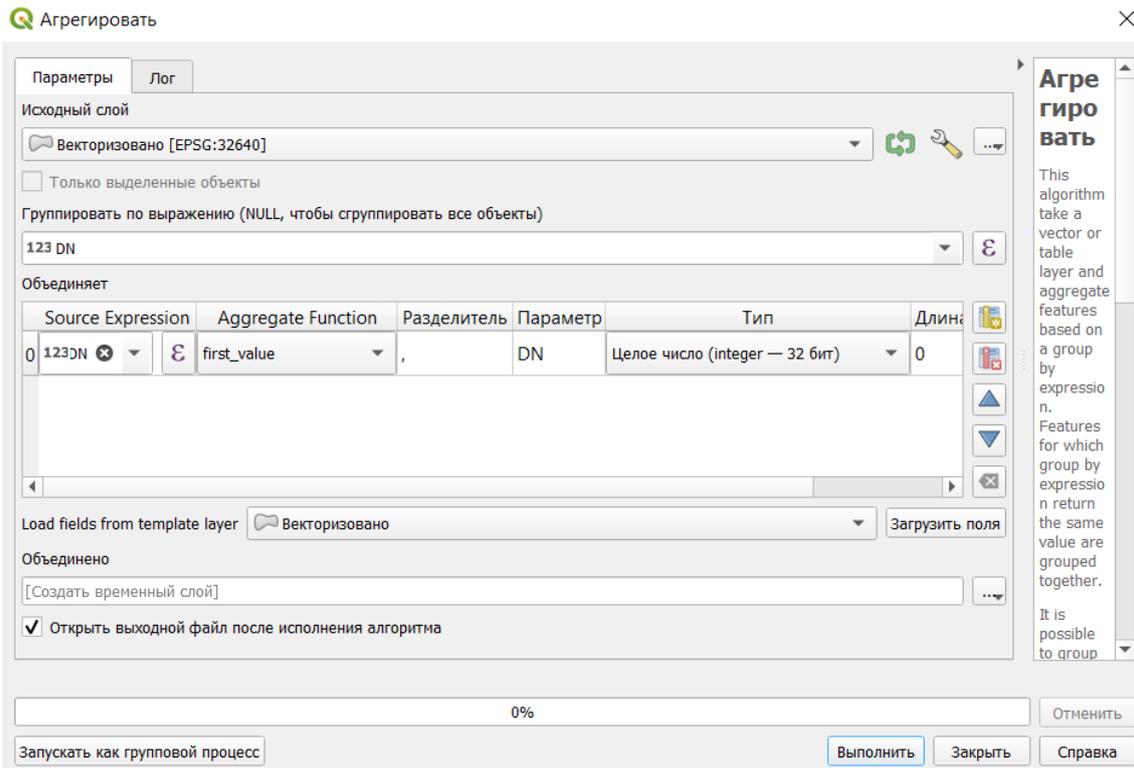


Рис. 37 Параметры агрегирования

В результате будет создан новый слой «Объединено» или Aggregated (в более ранних версиях QGIS).

Перед вычислением площадей объединенных контуров нужно настроить единицы их измерения в свойствах Проекта. Выбрать «Проекты → Свойства проекта (Properties) → Общие → единицы измерения площадей – гектары».

Для записи рассчитанной площади зайдите в таблицу атрибутов слоя «Объединено» и создайте там новую колонку площадь (в таблице атрибутов включите редактор слоя  и нажмите на кнопку «Новое поле» ). Параметры создания приведены на рисунке 38.

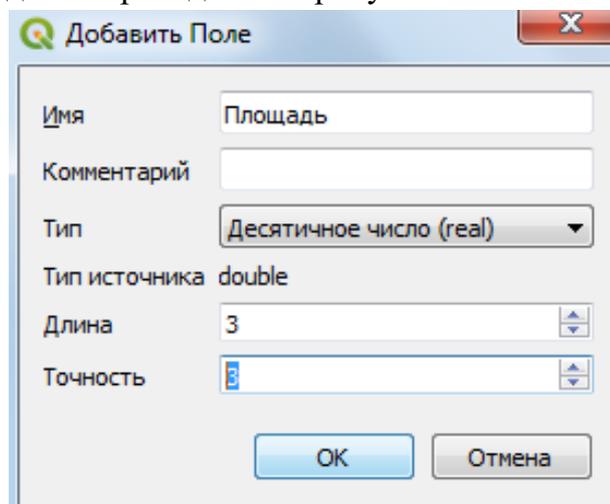


Рис. 38 Параметры создания поля «Площадь»

Затем для вычисления площади нужно нажать на кнопку панели инструментов атрибутивной формы  «Открыть калькулятор полей». В калькуляторе полей отметить «Обновить существующее поле», выбрать поле «Площадь». В списке функций выбрать «Геометрия» → \$area (выбирается двойным нажатием). Нажать ОК. Параметры заполнения калькулятора полей представлены на рисунке 39.

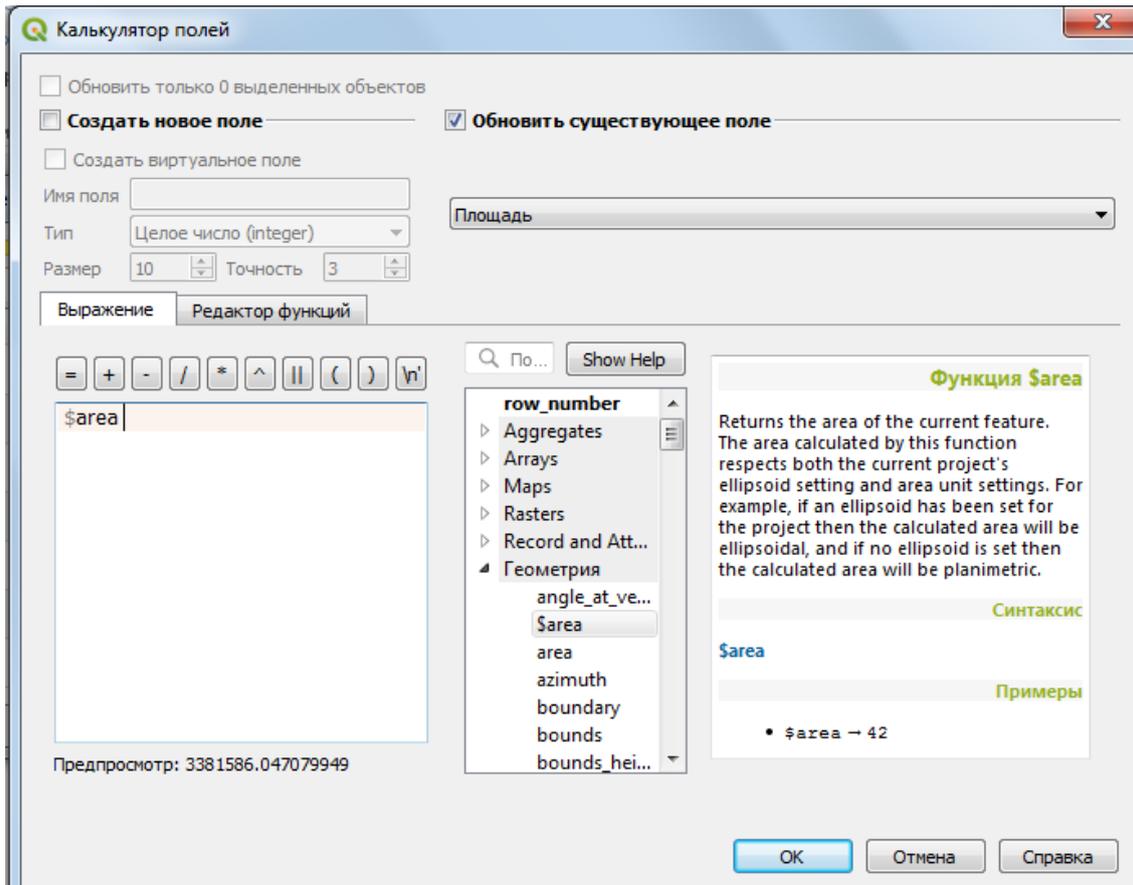


Рис. 39 Параметры калькулятора полей для расчета площади

Таким образом, площадь контуров различной крутизны будет вычислена в колонке атрибутивной таблицы. По полученным результатам заполните 2 последние колонки в таблице, характеризующие площади (таблица 3). 0-1; 1-3; 3-5; 5-8; 8-10; > 10.

Таблица 3. Подсчет площадей потенциальной эродированности почв [9] изучаемой территории

DN (Код слоя slope category)	Уклон, градусы	Рельеф	Потенциальная эродированность почв	Площадь	
				га	%
1	0-1	Ровные участки	неэродированные		
2	1-3	Пологие и покатые склоны	слабо- и среднесмытые		
3	3-5	Покатые и крутые склоны	среднесмытые		
4	5-8	Крутые склоны	сильносмытые		
5	8-10				
6	> 10				

После заполненной таблицы сделайте вывод о потенциальной эродированности почв изучаемой территории.

5.5. Трехмерная визуализация рельефа. Для наглядного отображения рельефа можно использовать его трехмерный вид. В QGIS инструментом трехмерного изображения поверхностей является QGIS2 threejs. Установите данный модуль: Модули → Управление модулями.

Выберите слой relief и нажмите на кнопку модуля . В новом окне QGIS2 threejs выберите слой DEMrelief. Попробуйте вращать и менять угол обзора. Отображение рельефа настраивается в меню Scene → SceneSettings. Используя данные настройки, выполните визуализацию рельефа, как показано на рисунке 40.

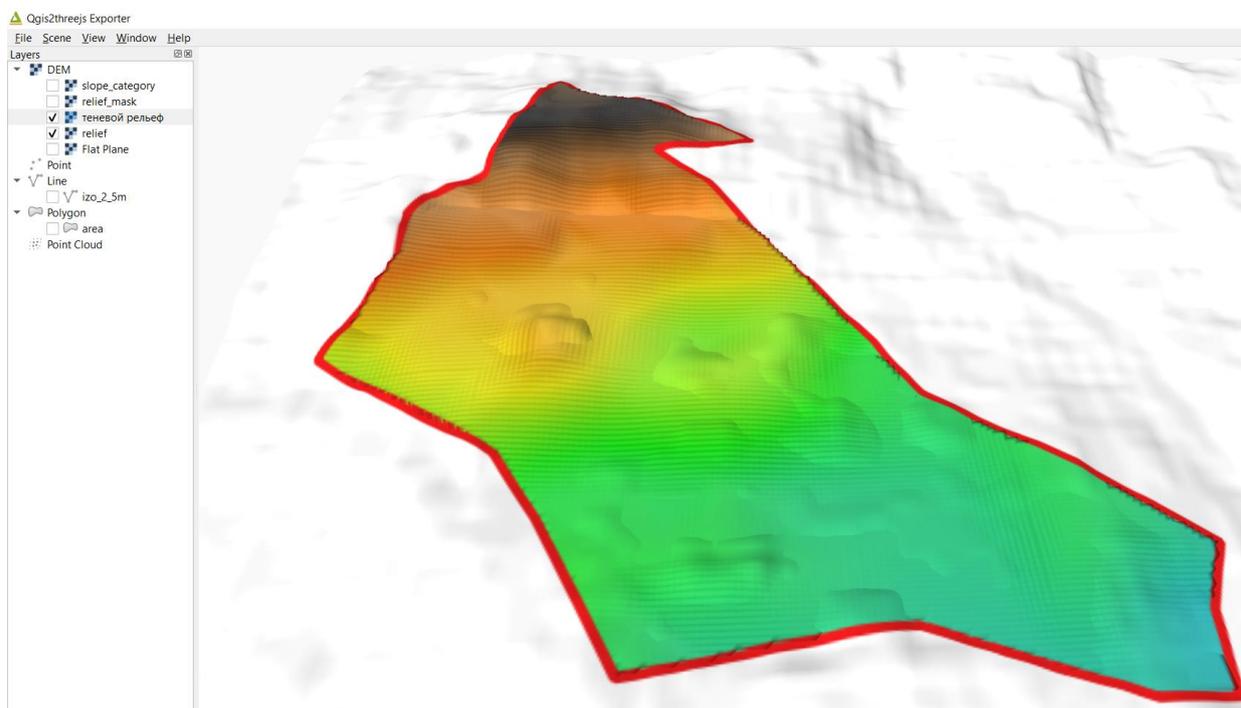


Рис. 40 Трехмерное представление рельефа изучаемой территории

6. ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ РЕЛЬЕФА В ПОЧВЕННОМ КАРТОГРАФИРОВАНИИ

6.1. Контурная основа почвенной карты по данным ЦМР. Топографическая карта используется для получения дополнительных данных о рельефе, а при отсутствии аэрофотоматериалов служит основой для проведения почвенной съемки. Выявленные при этом границы характерных элементов рельефа представляют ЭПА предварительной почвенной карты [3].

В основе анализа используется матрица рельефа, получение и обработка которой описана в предыдущих заданиях. Если данные работы не были выполнены, то исходный материал (маска рельефа – файл relief_mask_32640 в формате tif) можно получить по ссылке: <https://disk.yandex.ru/i/V-udGi1lyqn5hw>.

Инструментом автоматизированной классификации элементов рельефа является плагин QGIS: **SAGA TPI Based Landform Classification**.

Рассмотрим классификацию элементов рельефа на примере изучаемой территории «Соболевский склон», расположенный в Свердловском районе г. Перми (рис. 41).

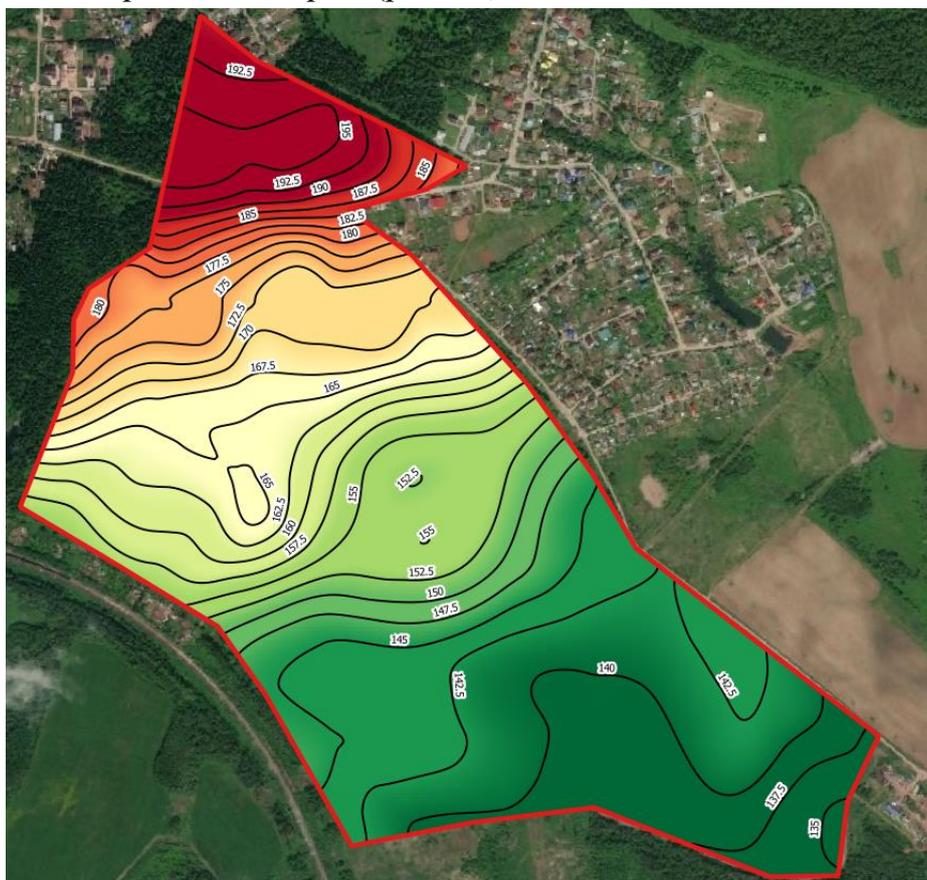


Рис. 41 Рельеф «Соболевского склона»

Запустите инструмент классификации (выделения) форм рельефа SAGA TPI Based Landform Classification, как показано на рисунке 42.

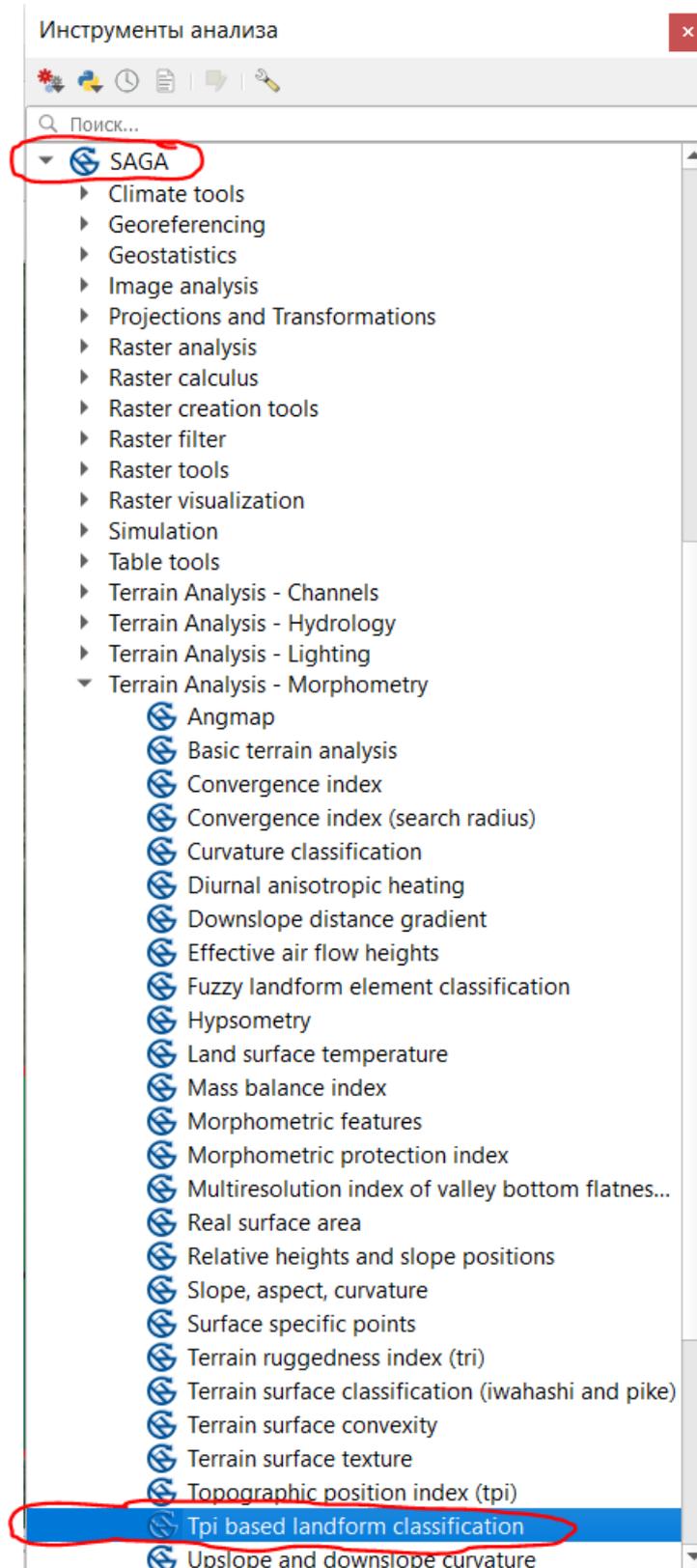


Рис. 42 Выбор инструмента классификации форм рельефа

Далее необходимо заполнить параметры классификации рельефа, как показано на рисунке 43, и нажать «Выполнить».

Параметры Лог

Elevation
Рельеф участка [EPSG:32640]

Min Radius A
0

Max Radius A
100

Min Radius B
0

Max Radius B
1000

Distance Weighting
[0] no distance weighting

Inverse Distance Weighting Power
1

Inverse Distance Offset

Gaussian and Exponential Weighting Bandwidth
75,000000

Landforms
[Сохранить во временный файл]

Открыть выходной файл после исполнения алгоритма

0%

Отменить

Запускать как групповой процесс

Выполнить

Закреть

Рис. 43 Параметры классификации форм рельефа

В зависимости от размера матрицы рельефа и пространственного разрешения операция может занять время до 15-30 минут. В результате операции будет получен дискретный растр «LANDFORMS», содержащий значения от 0 до 9 (рис. 44). Сохраните слой LandFORMS при помощи экспорта (через правую клавишу мыши Экспорт → сохранить как).

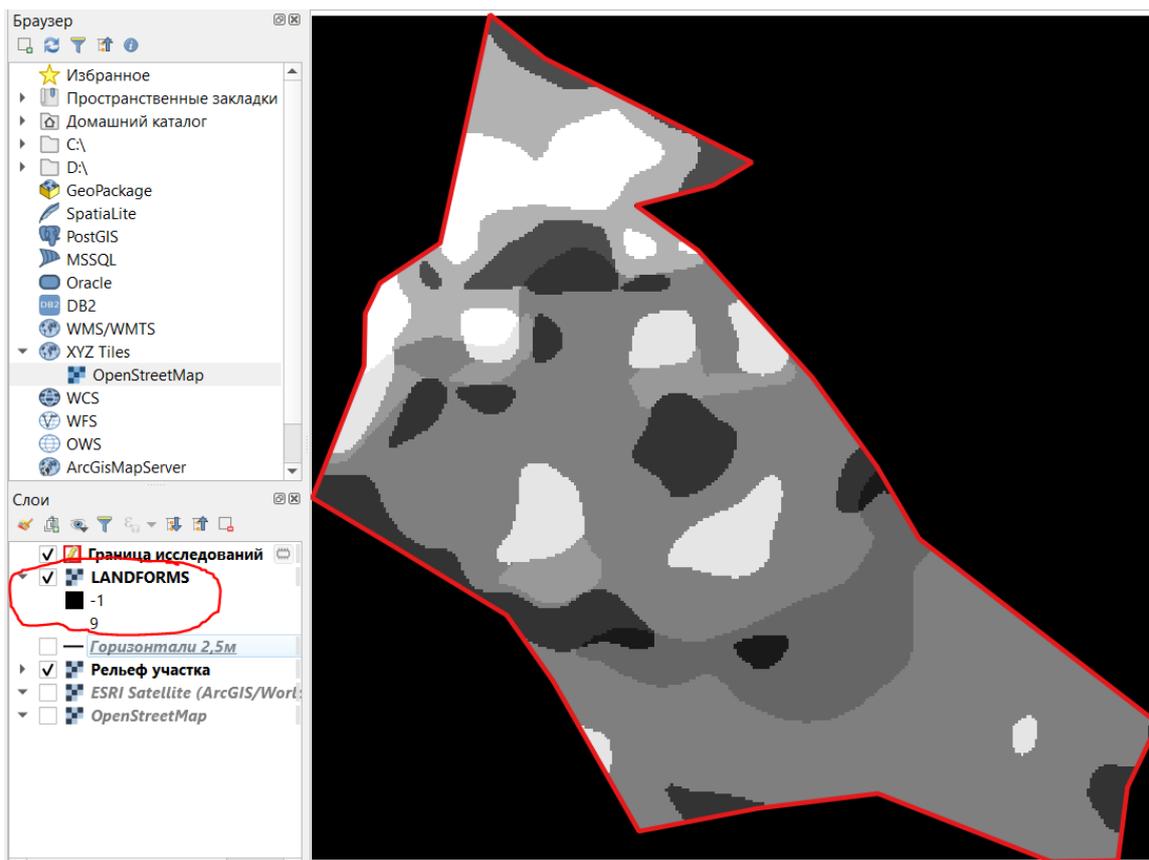


Рис. 44 Результат классификации растра рельефа по TPI Based Landform Classification.

Значение «-1» – это граница вокруг маски растра, означает отсутствие данных. При дальнейшей обработке его следует устранить. При классификации растра «-1» сделать прозрачным.

Классифицировать данный растр нужно в соответствии со шкалой документации SAGA [12], представленной на рисунке 45.

	COLOR	NAME	DESCRIPTION	MINIMUM	MAXIMUM
1	Dark Blue	Streams	Canyons, Deep	0.000000	0.000000
2	Light Blue	Midslope Drain	Midslope Drain	1.000000	1.000000
3	Blue	Upland Draina	Upland Draina	2.000000	2.000000
4	Light Purple	Valleys	U-shaped Valle	3.000000	3.000000
5	Yellow	Plains	Plains	4.000000	4.000000
6	Light Green	Open Slopes	Open Slopes	5.000000	5.000000
7	Green	Upper Slopes	Upper Slopes,	6.000000	6.000000
8	Light Orange	Local Ridges	Local Ridges, f	7.000000	7.000000
9	Orange	Midslope Ridg	Midslope Ridg	8.000000	8.000000
10	Red	High Ridges	Mountain Top	9.000000	9.000000

Рис. 45 Шкала TPI Based Landform Classification

Расшифровка значений приведена в таблице 4.

Таблица 4. Расшифровка значений растра Land Forms

Код (Значение пикселя)	Элемент рельефа
0	Бессточные понижения
1	Ложбинообразные понижения
2	Приводораздельные ложбинообразные понижения
3	Ложбины стока
4	Ровный участок
5	Крутые участки склонов
6	Верхняя часть склона
7	Перегибы склонов
8	Склоновые гребни
9	Водораздельная равнина

В соответствии с приведенной расшифровкой оформите стиль слоя LANDFORMS. В результате окно карты и панель слоев будут иметь вид, показанный на рисунке 46.

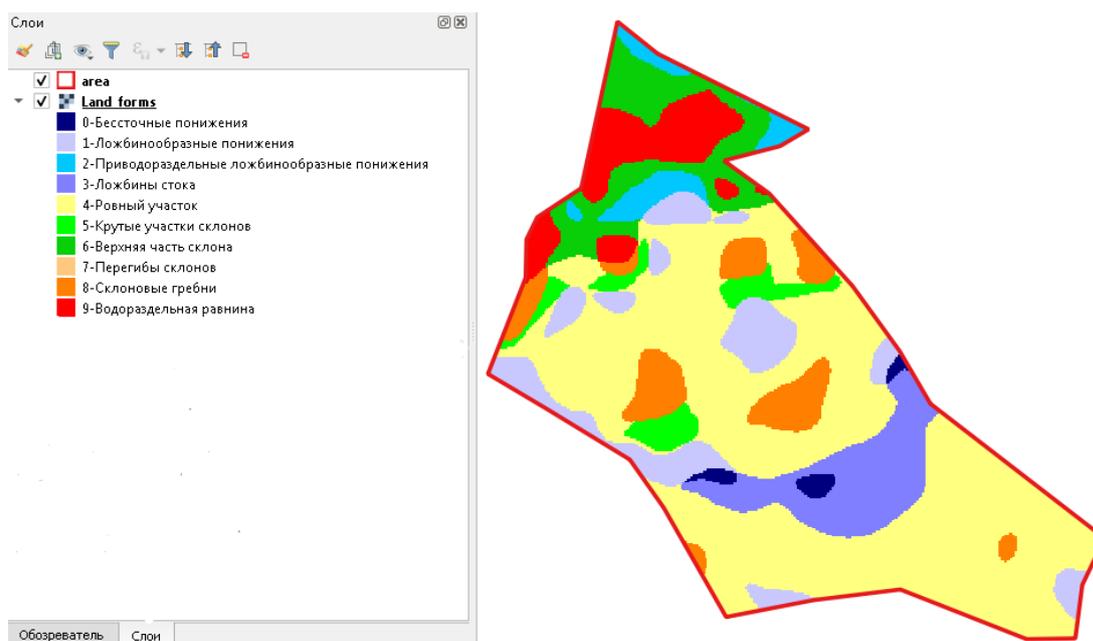
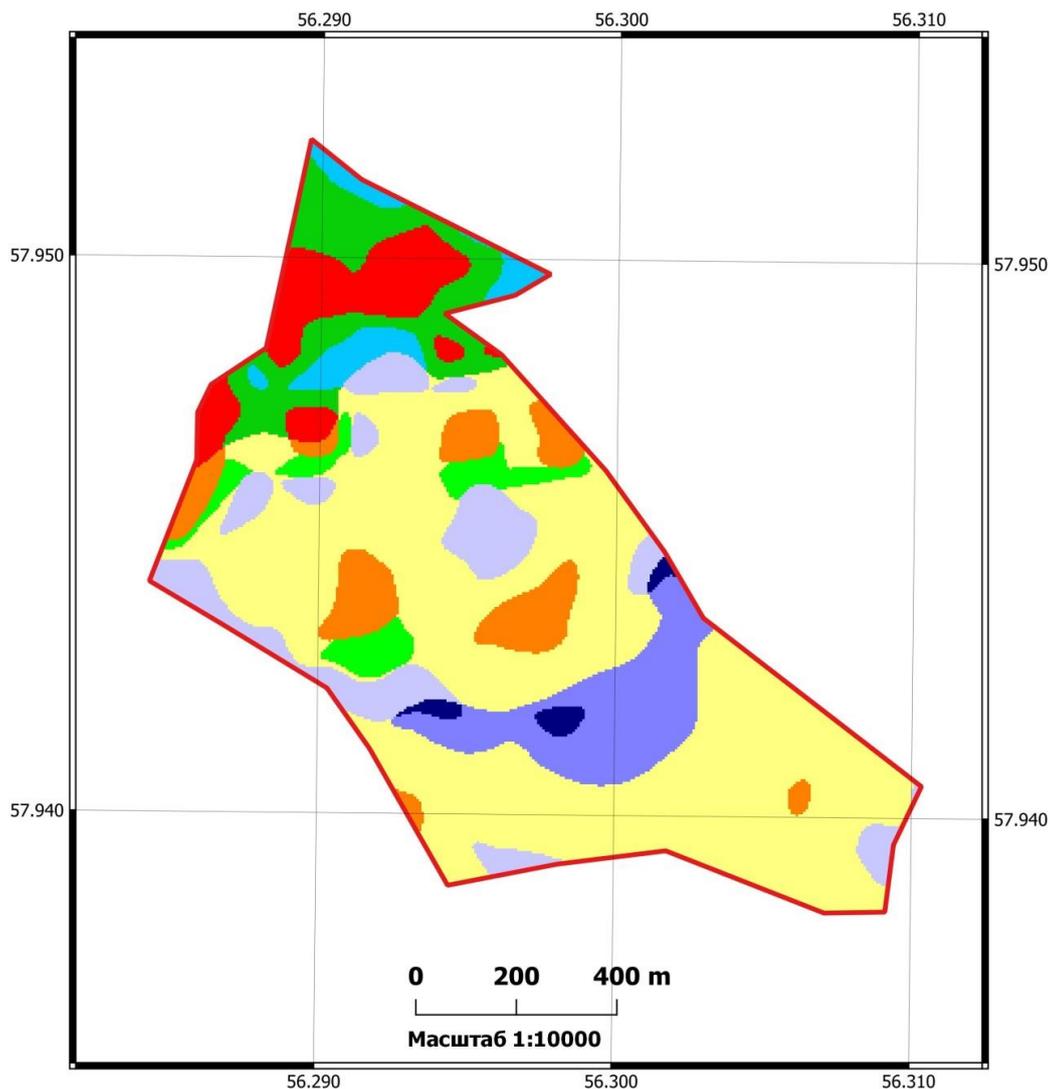


Рис. 46 Пример настройки стиля слоя LANDFORMS

Выполните компоновку карты форм рельефа, как показано на рисунке 47.



Условные обозначения:

- | | |
|--|--|
| 0-Бессточные понижения | 5-Крутые участки склонов |
| 1-Ложбинообразные понижения | 6-Верхняя часть склона |
| 2-Приводораздельные ложбинообразные понижения | 7-Перегибы склонов |
| 3-Ложбины стока | 8-Склоновые гребни |
| 4-Ровный участок | 9-Водораздельная равнина |
| | Область исследований |

Рис. 47 Пример компоновки карты LANDFORMS

6.2. Анализ взаимосвязи почвенного покрова с формами рельефа.

Используя систематический список почв территории учебной практики по картографии почв из учебного издания О.А. Скрыбина «Полевая учебная практика по картографии почв [6] который можно получить по ссылке: https://pgsha.ru/export/sites/default/faculties/agrohim/cathedras/soil/soil_files/kar

tografiya_pochv_o.a._skryabina.pdf и знания географии почв заполните таблицу (таблица 5).

Таблица 5. Анализ взаимосвязи форм рельефа и почв

Элемент рельефа	Почвенный покров
Бессточные понижения	
Ложбинообразные понижения	
Приводораздельные ложбинообразные понижения	
Ложбины стока	
Ровный участок	
Крутые участки склонов	
Верхняя часть склона	
Перегибы склонов	
Склоновые гребни	
Водораздельная равнина	

Сделайте вывод о взаимосвязи почв и элементов рельефа.

6.3. Нанесение мест заложения почвенных разрезов. Определение количества почвенных разрезов. Согласно официальным нормативным материалам, существуют нормы заложения разрезов, которые представлены в таблице [6].

Таблица 6. Площадь, характеризуемая одним почвенным разрезом [6]

Масштаб съемки	Гектары на местности			Квадратные сантиметры на карте		
	Категории сложности					
	III	IV	V	III	IV	V
1:2000	1,5	1,0	0,5	37	25	12
1:5000	4,0	3,0	2,0	16	12	18
1:10000	18,0	15,0	10,0	18	15	10

Примечание: территория Пермского края относится к регионам, в которых почвенное картографирование проводится по III – V категориям сложности.

Для исследуемой территории используется масштаб 1:10000 и IV категория сложности. Определите площадь исследований и вычислите количество необходимых разрезов. Площадь можно определить стандартным инструментом измерений, расположенным на панели инструментов QGIS ()или рассчитайте площадь как описано в п. 5.4.

инструментов QGIS ()или рассчитайте площадь как описано в п. 5.4.

Так, например, на площадь 150 га, число почвенных разрезов равно 10. После вычисления необходимого на площадь числа разрезов, выполните следующие действия:

1). Создание слоя разрезы. Для нанесения разрезов создайте новый слой точек как показано на рисунке 48.

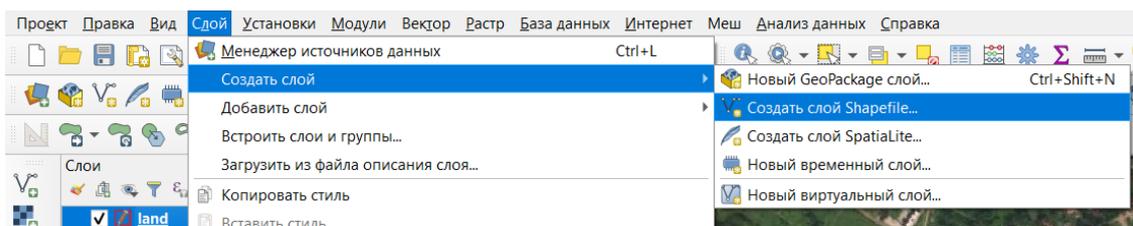


Рис. 48 Создание нового шейп-файла

Параметры создания слоя показаны на рисунке. Сохраните слой в свою папку. Кнопка выбора папки для сохранения обведена на рисунке 49.

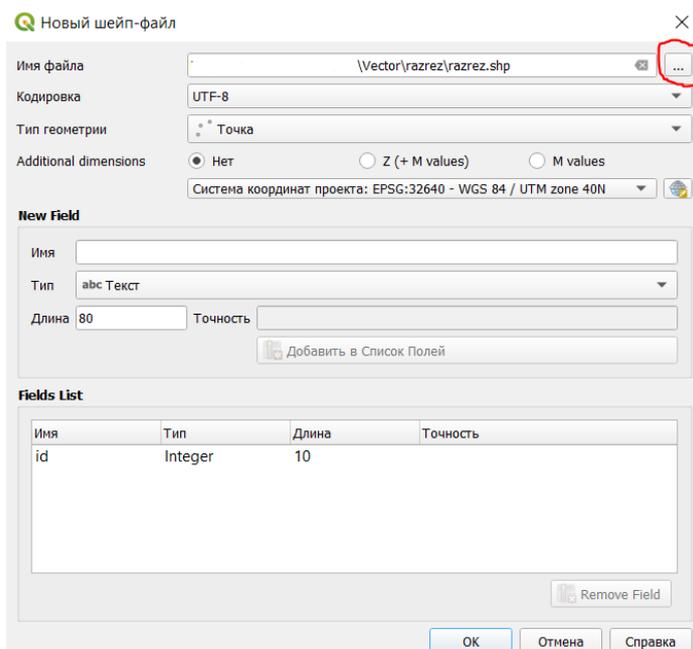


Рис. 49 Сохранение слоя «Почвенные разрезы»

В результате в легенде слоев отобразится еще один слой.

Согласно существующим нормативам, соотношения между основными разрезами, полуями и прикопками равно 1:4:5 [6]. Рассчитайте число необходимых полуям и прикопок. Основные разрезы обозначают знаком +, полуями – кружком диаметром 3мм, прикопки – точкой. Поэтому в таблицу атрибутов слоя добавьте поле type. Для этого откройте таблицу атрибутов слоя (через правую кнопку мыши), как показано на рисунке 50.

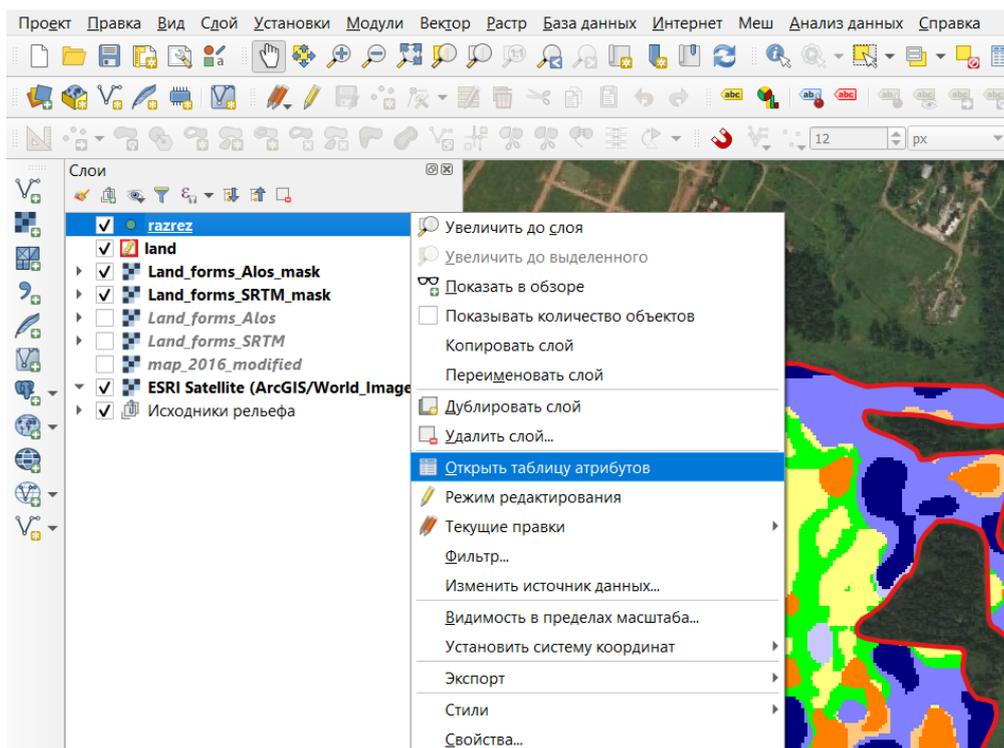


Рис. 50 Открытие таблицы атрибутов слоя razrez

В таблице атрибутов включите редактор слоя  и нажмите на  «добавить новое поле». Заполните параметры создания поля как показано на рисунке 51.

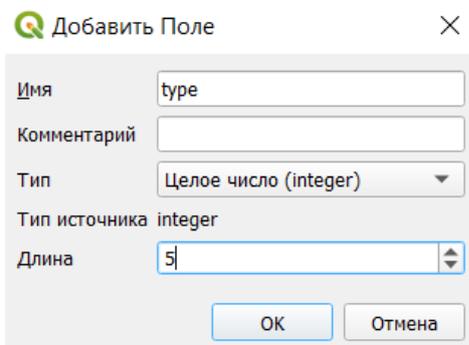


Рис. 51 Параметры создания поля «Тип почвенного разреза»

Затем нажмите ОК и закройте таблицу атрибутов.

2). Нанесение почвенных разрезов на карту. Картографической основой, на которой будет создаваться почвенная карта, является слой LandForms. На изображенных контурах этого слоя необходимо тщательно выбирать место для разрезов, особенно полных. Выбирается наиболее характерное место, типичное для более или менее крупного участка, на который предполагается экстраполировать генетическое название почвы, установленное в разрезе.

Почвенные разрезы нельзя располагать вблизи дорог (ближе 10 м от проселочной и 50 м от шоссе), опушек леса, на обочинах канав, на

участках, где проводились строительные работы, хранились минеральные и органические удобрения, располагались копны соломы [6]. Нумерация у всех типов разрезов сквозная. Это означает, что после нанесения 10 основных разрезов, которые пронумерованы по порядку, номер у первой полуямы будет 11 и т.д.

Для нанесения разрезов на карту должен быть включен режим редактирования слоя gazrez (✎). Инструмент нанесения разреза называется – добавить точку (⊕). Выбрать данный инструмент и нанести на карту точку, где планируется заложить разрез. В результате откроется окно добавления атрибутов, в котором нужно указать порядковый номер разреза и его тип (1- основной; 2 – полуяма; 3 – прикопка). Нажмите ОК. На рисунке 52 приведен пример заполнения атрибутов первого разреза (основной разрез).

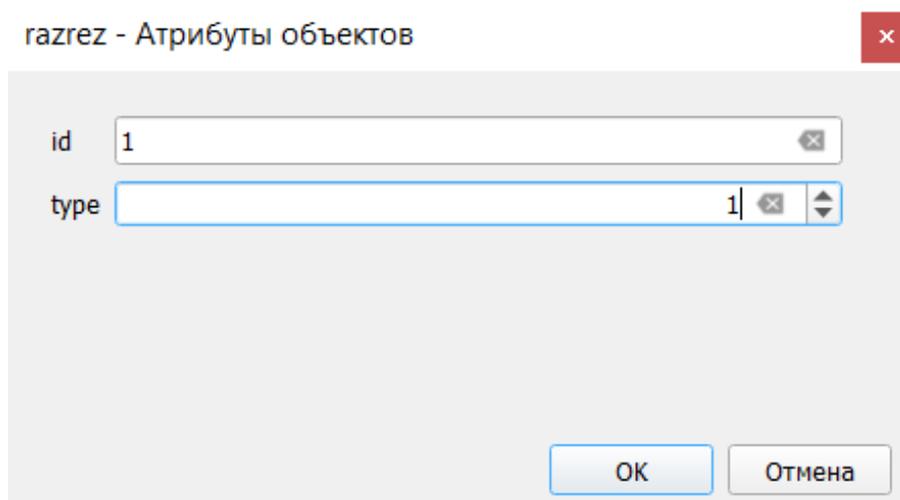


Рис. 52 Заполнение атрибутов почвенных разрезов в режиме «Карта»

Нанесите сначала основные разрезы, затем полуямы, а в конце прикопки. Местоположения прикопок желательно расположить по границам предварительных контуров.

3). **Настройка отображения точек на карте.** Основные разрезы обозначают знаком +, полуямы – кружком диаметром 3мм, прикопки – точкой. Для отображения разрезов в соответствии с этим зайдите в свойства векторного слоя gazrez → вкладка стиль. Настройте способ отображения, как показано на рисунке. Для того, чтобы типы разрезов отобразились разными знаками, нажмите «Классифицировать» (рис. 53).

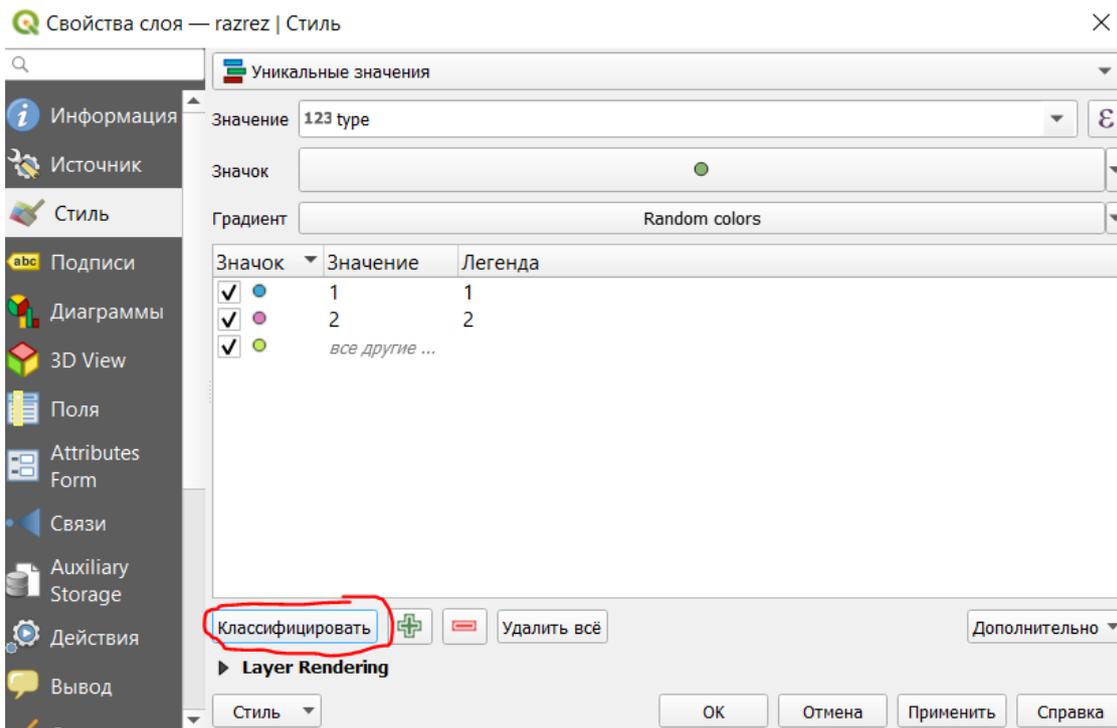


Рис. 53 Выбор способа классификации слоя gazrez

Для настройки значков отображения разных типов разрезов, дважды щелкните по изображению значка из перечня «Все знаки» выберите нужный. Настройте его цвет и размер, как показано на рисунке 54.

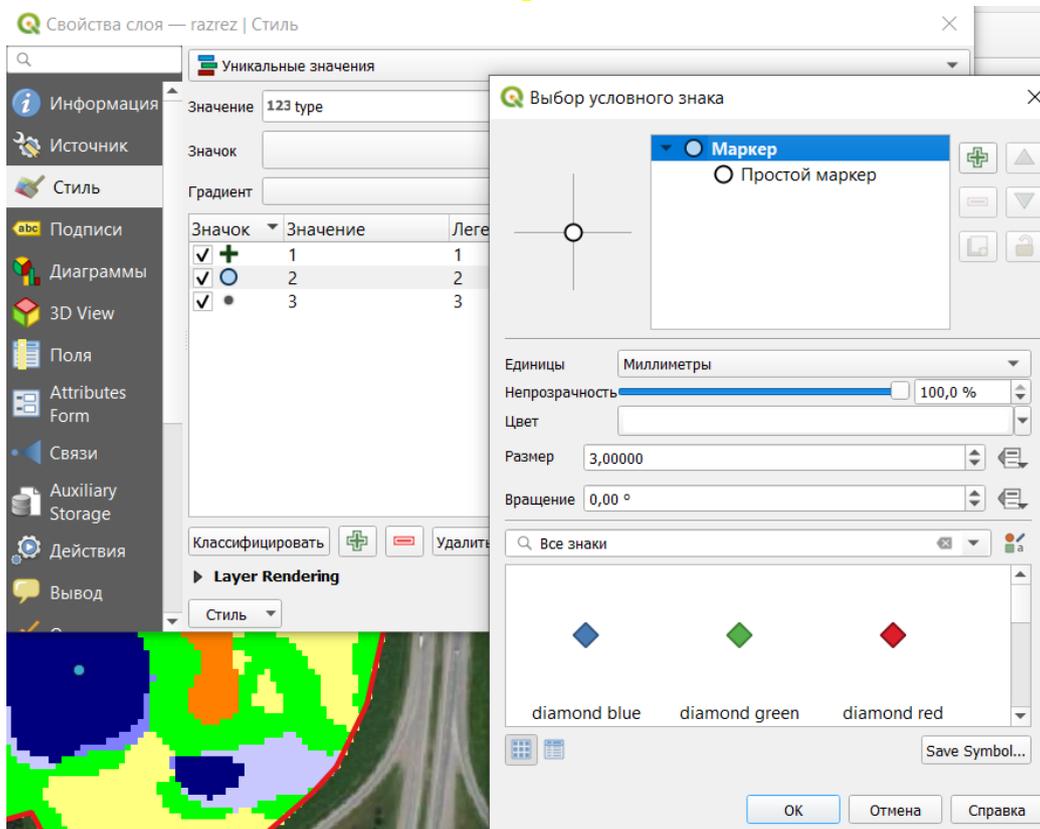


Рис. 54 Настройка значков отображения типов почвенных разрезов

Затем во вкладке «Подписи» настройте вывод подписей с номерами разрезов. Пример настроек подписей показан на рисунке 55.

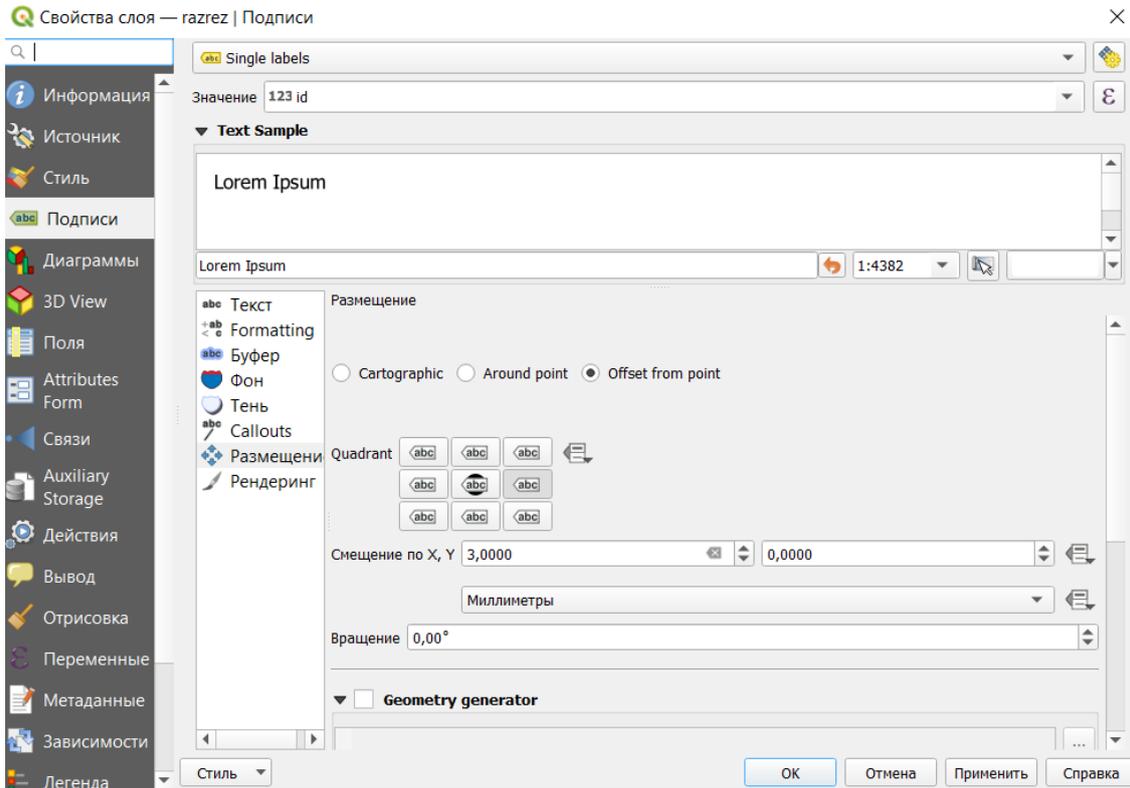


Рис. 55 Настройка подписей почвенных разрезов

Нажмите ОК. В результате работы подписи на карте могут иметь вид как на рисунке 56.

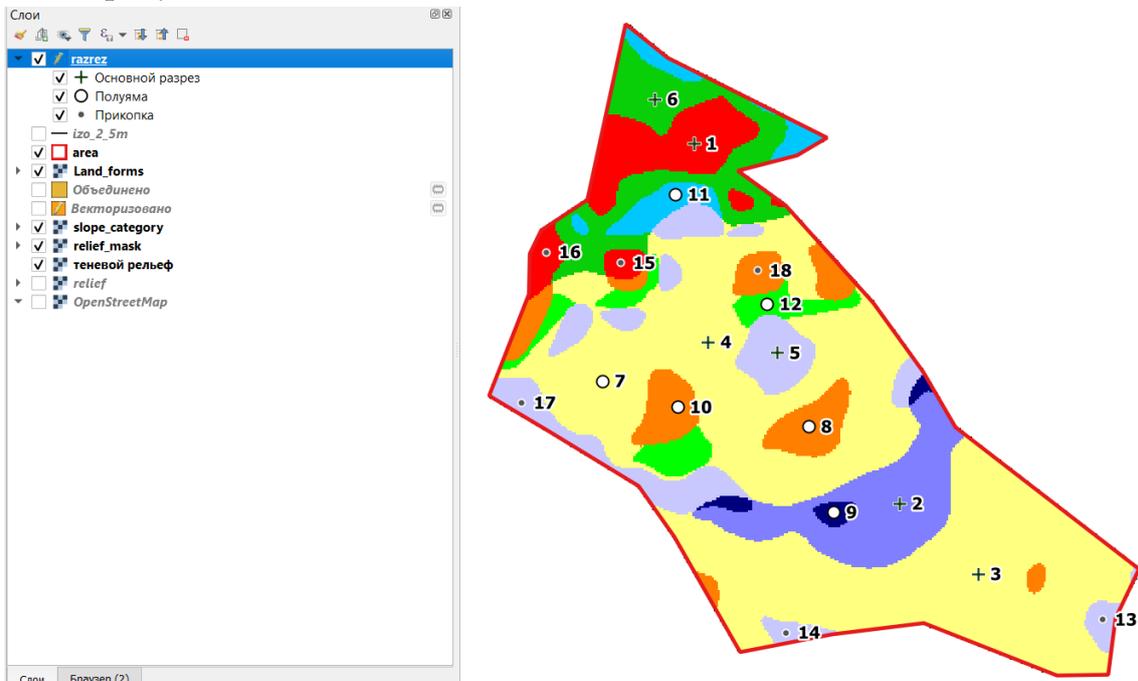


Рис. 56 Вид карты с почвенными разрезами

Таким образом, для проведения крупномасштабного почвенного обследования с целью создания почвенной карты используется картографическая основа, представленная в ГИС-проекте двумя слоями – формы рельефа и точки заложения разрезов.

6.4. Подготовка цифровой контурной основы для полевого этапа крупномасштабного почвенного картографирования. Во время учебной практики по получению первичных профессиональных умений и навыков по картографии почв на каждой из поставленных точек должно быть определено классификационное положение почвы. Для использования выполненной основы на местности и удобства выхода на точки применяются мобильные ГИС-приложения. Одним из приложений, совместимым с данными QGIS, является **Next GIS mobile**, работающее под управлением операционной системы Android [1]. Для загрузки данных контурной основы (формы рельефа) и точек почвенных разрезов необходимо выполнить следующие действия:

1). Создание тайлового кэша. Тайловый кэш – это результат нарезки растров на каждом масштабном уровне на тайлы (квадратные изображения, упорядоченные по сетке, изображающие карту) заданного размера [1].

Создайте макет компоновки и добавьте в него карту Land forms с нанесенными почвенными разрезами. Установите масштаб 1:10000. Пример окна макета компоновки показан на рисунке 57.

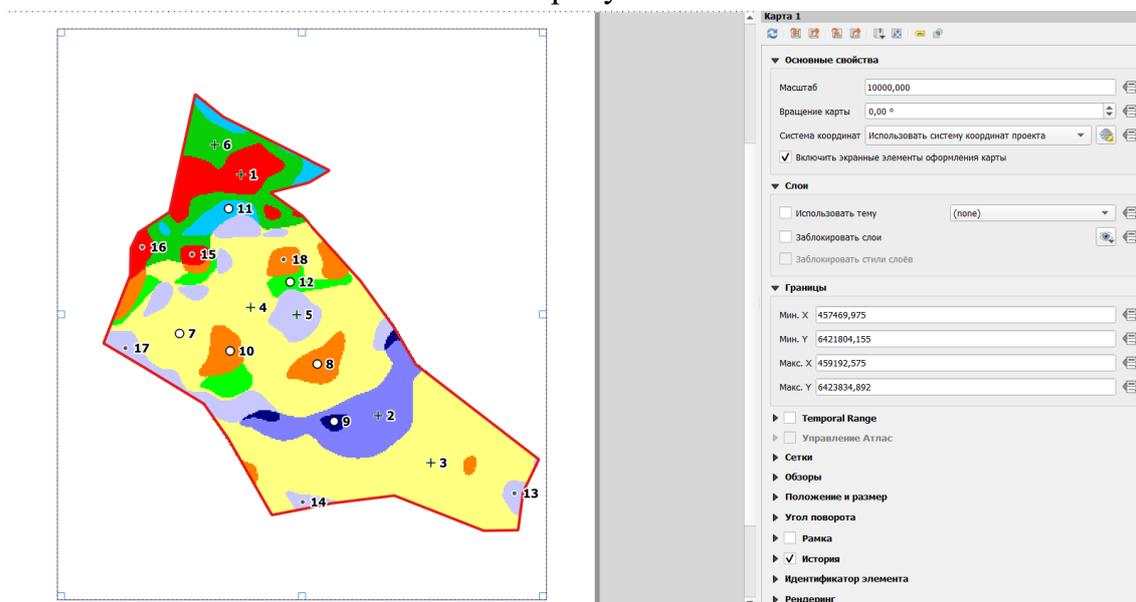


Рис. 57 Макет компоновки контурной основы почвенного картографирования

Затем выполните Макет → Экспорт в изображение и укажите результирующий формат файла tiff. Затем в настройках экспорта

изображения отметьте «Создать world-файл (для геопривязки). Нажмите сохранить. Закройте окно макета компоновки, а в проекте при помощи

кнопки  «добавить растровый слой» загрузите экспортированный в изображение растр «Контурная основа». После добавления растра на панель слоев справа от него будет значок , который указывает на необходимость определения системы координат слоя. Нажмите на него и укажите систему координат проекции WGS 84 /UTM zone 40N (EPSG 32640). Таким образом, будет задана система координат, в которой была создана данная карта.

Перепроецируйте растр в географическую систему координат (4326) (рис. 58).

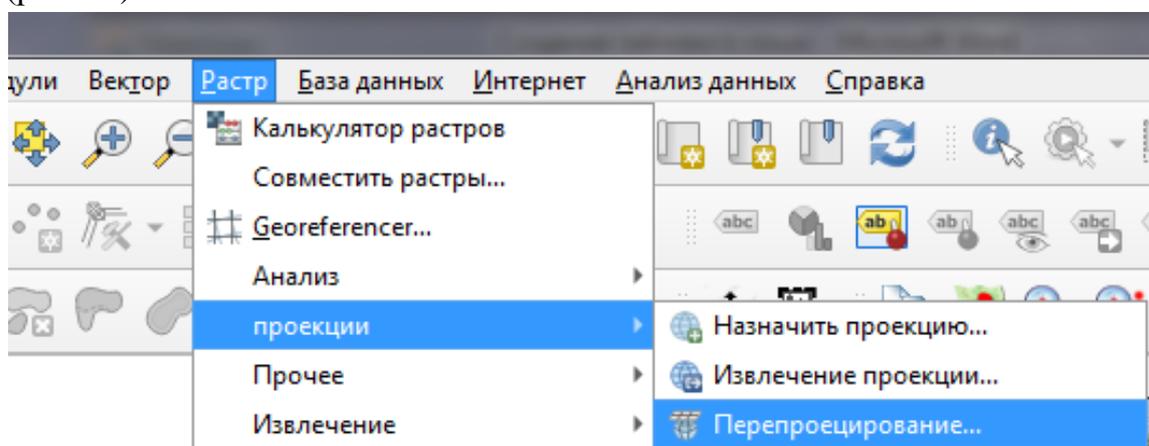


Рис. 58 Выбор инструмента «Перепроецирование»

Заполните диалог перепроецирования как показано на рисунке 59.

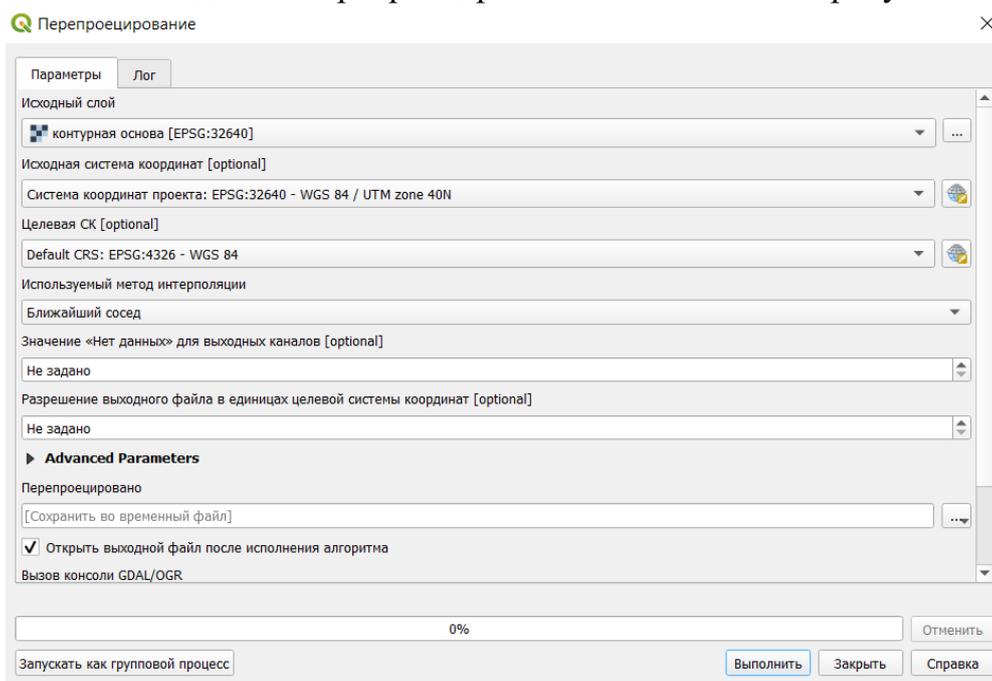


Рис. 59 Параметры перепроецирования контурной основы

Нажмите «Выполнить». Сохраните перепроецированный слой: нажать по слою «Перепроецировано» правую клавишу мыши и выберете экспорт (сохранит как) и т.д. Сохраните под именем «Soil_contour_4326».

Для создания тайловго кэша используется модуль QTiles. Установите модуль: в строке «меню» Модули → Управление модулями. Во вкладке «Все» наберите название модуля Qtiles (рис. 60).

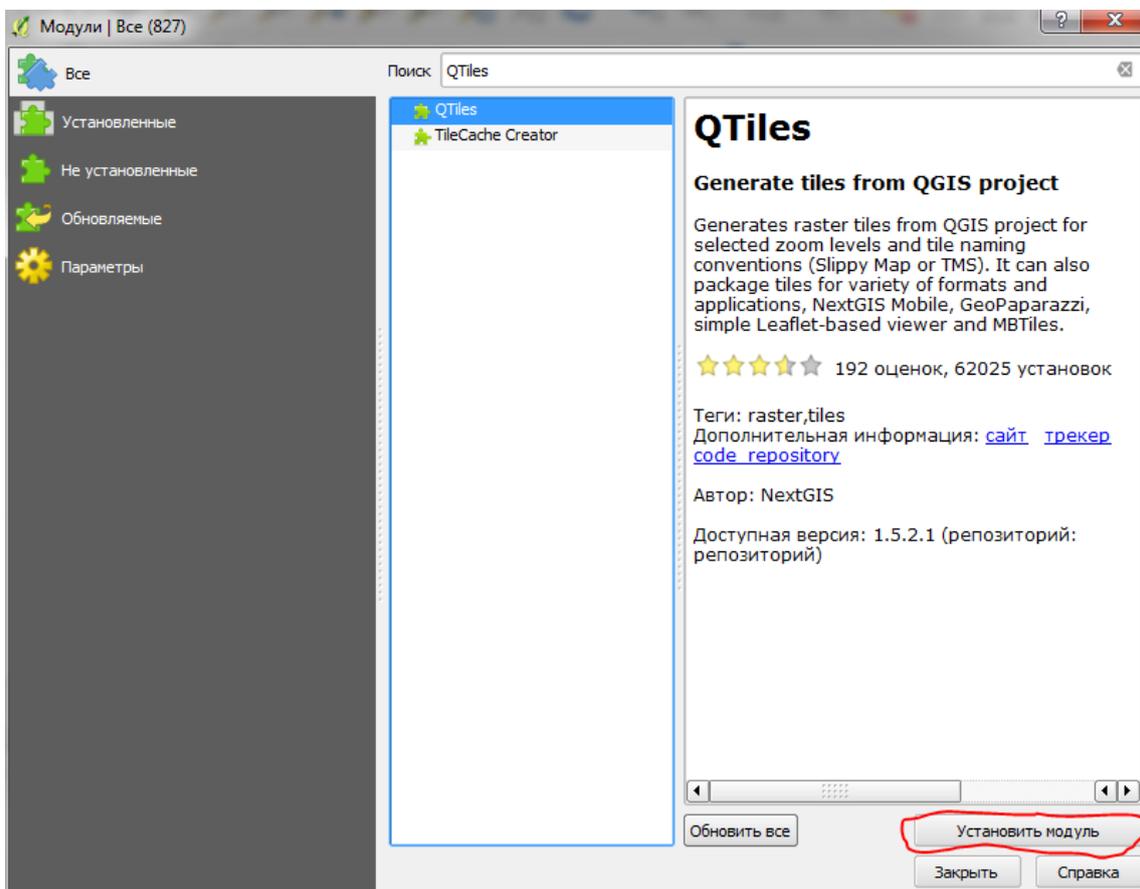


Рис. 60 Установка модуля Qtiles

Установите модуль. Должна появиться Кнопка запуска модуля

которая имеет вид  .

Далее, на панели слоев выберите растровый слой. Нажмите на кнопку модуля Qtiles. Отметьте результат в NGM (рис. 61).

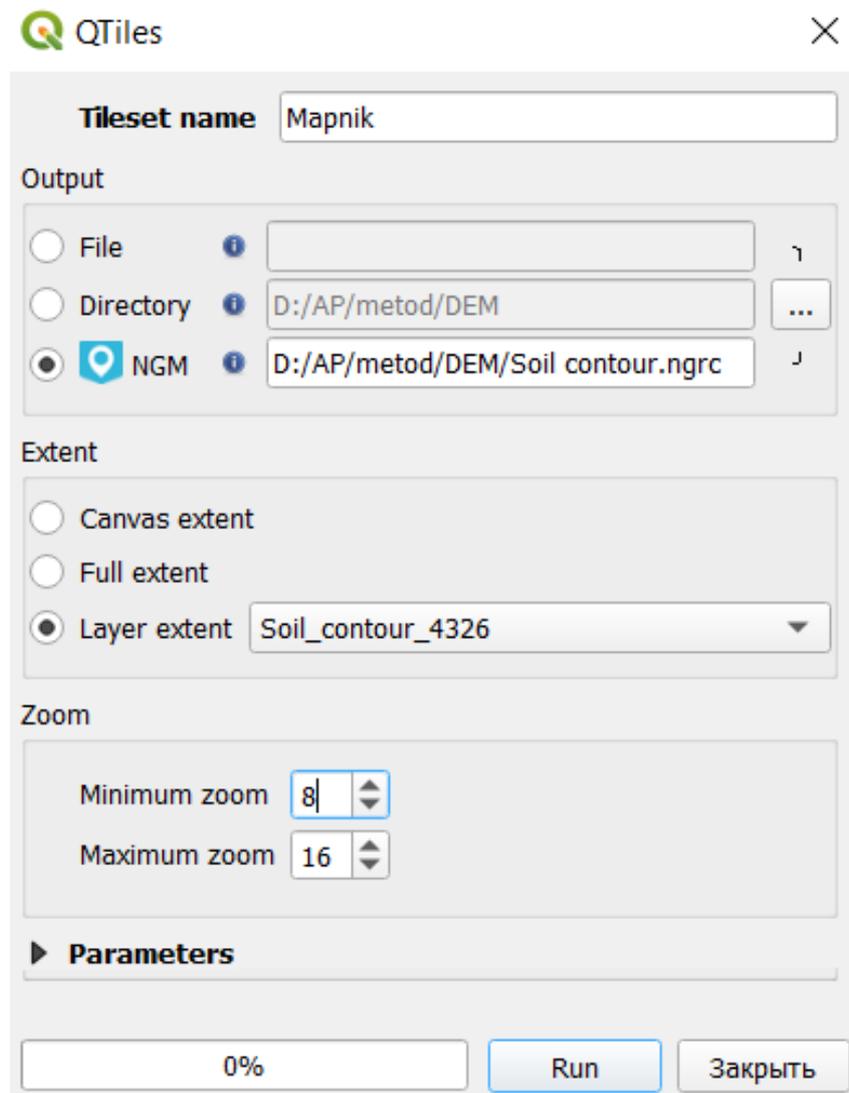


Рис. 61 Параметры создания тайлового кэша

Нажмите кнопку «Обзор» или  Выберите путь сохранения в формате *.ngrc. Нажмите сохранить.

В диалоге Qtiles можно задать масштаб. Чем он шире, тем больше будет размер тайлового кэша. Чтобы не занимать много памяти на Android-устройстве задайте от 8 до 18. Нажмите «Запустить» (RUN). После этого в Вашей рабочей папке появится файл «тайловый кэш».

2). Загрузка данных в Next GIS mobile. Отправьте созданный файл на устройство. Добавьте его в приложение через «Открыть локальный» (нажать на  → + . → «Открыть локальный»). Загруженный слой «Контурная основа» в Next GIS mobile представлен на рисунке 62.

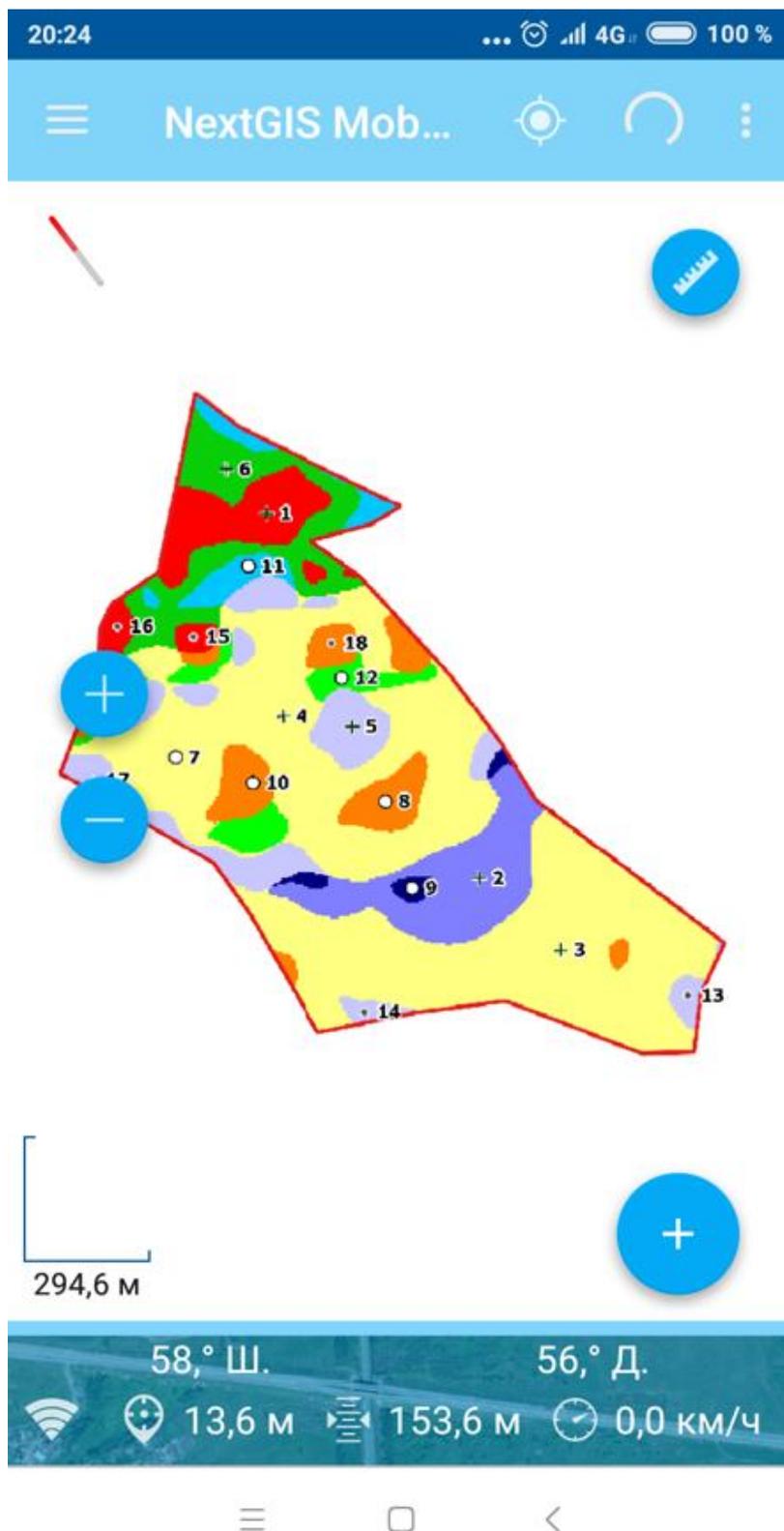


Рис. 62 Пример отображения контурной основы в Next GIS mobile

Аналогично создайте тайловый кэш остальных растровых слоев, характеризующих рельеф территории, и добавьте их в Next GIS mobile.

6.5. Создание крупномасштабной почвенной карты. Исходный слой картографической основы Land_forms должен быть преобразован в векторные полигоны (см). Результат преобразования будет содержать контуры со значением «нет данных» (DN=-1). Выберите данные контура при помощи инструмента «выбор объектов» или в таблице атрибутов, включите режим редактирования слоя  и удалите контуры со значением «- 1». После этого сохраните векторный слой под именем «soils» (через правую кнопку мыши → экспорт → сохранить как). Заполните параметры сохранения, как показано на рисунке 63.

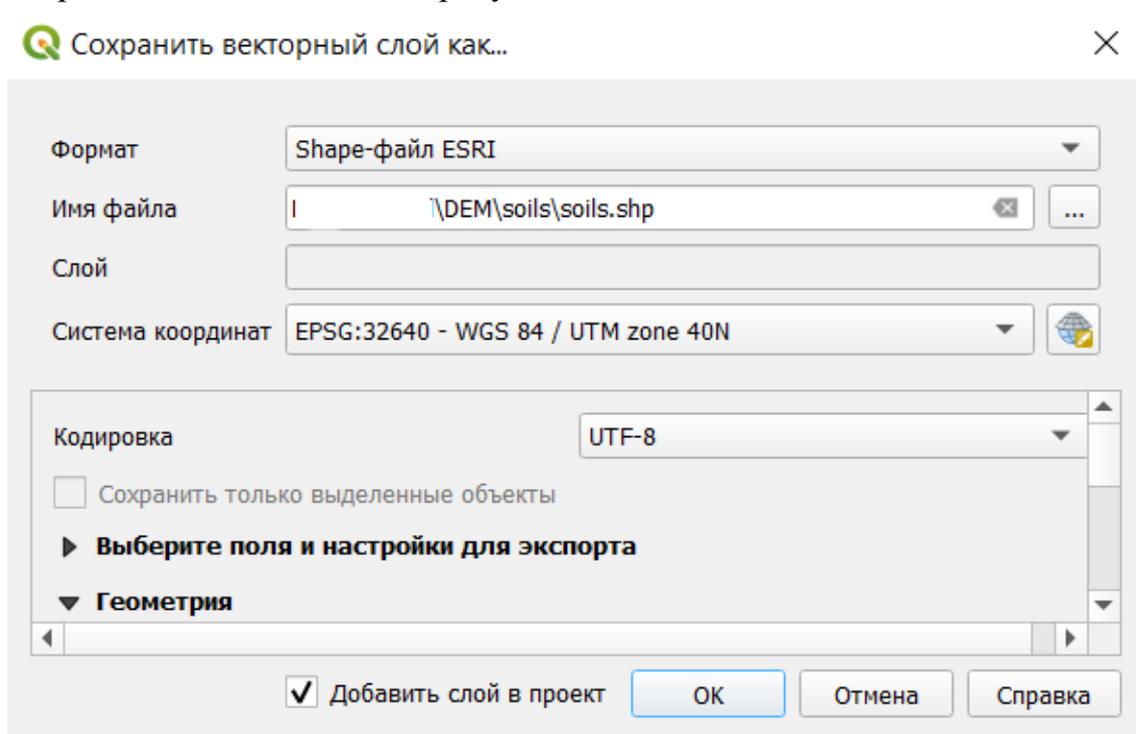


Рис. 63 Параметры сохранения векторного слоя «Почвы»

После сохранения слой «Векторизовано» можно удалить. Включите режим редактирования слоя Soils и откройте его таблицу атрибутов. Добавьте новое поле «soil», как показано на рисунке 64.

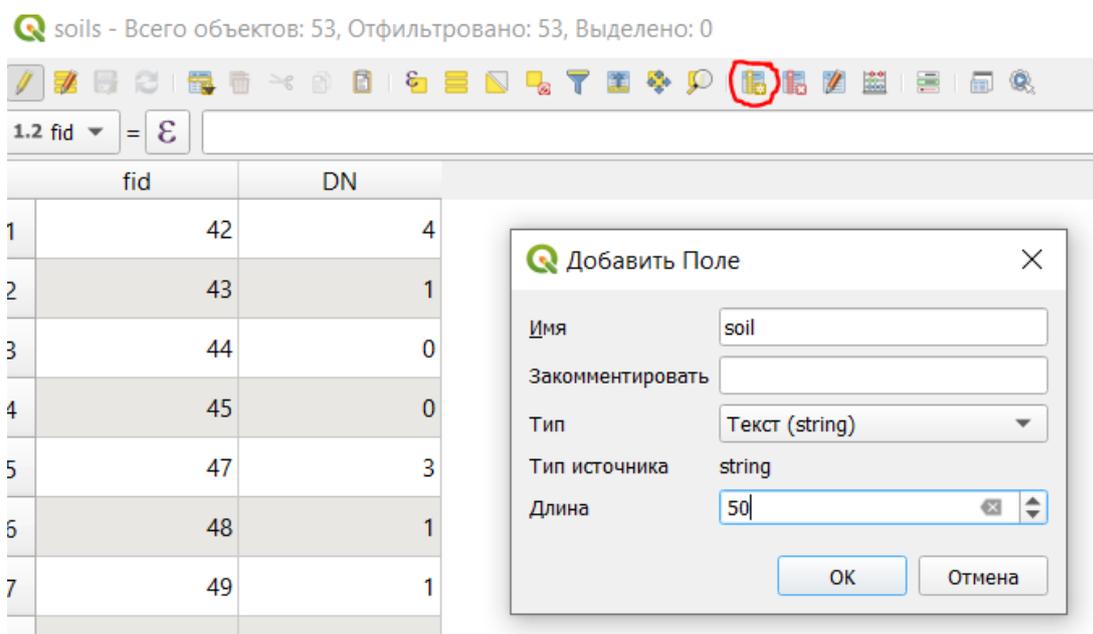


Рис. 64 Добавление нового атрибута типов почв

На основе результатов полевых исследований (бланков описания почвенных разрезов, ведомости регистрации прикопок, результатов лабораторных анализов почвенных образцов) заполните поле soils. Наиболее удобным способом заполнения информации полученной в поле является режим карты.

Чтобы подписанные почвенные контуры отображались в окне карты, необходимо настроить свойства слоя soil. Для этого на панели слоев выберите слой soil и нажмите по нему один раз правой клавишей мыши (рис). Затем выберите из списка «Properties...» (или «Свойства»). Выбор свойств слоя показан на рисунке 65.

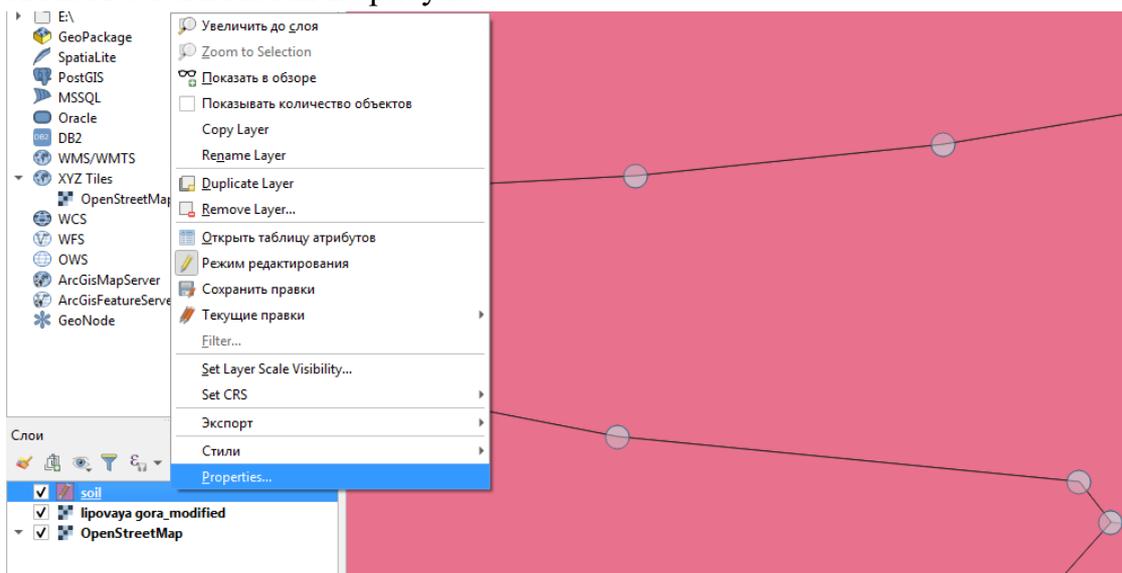


Рис. 65 Выбор свойств слоя Soils

Затем откройте вкладку «Подписи», выберите режим подпоясывания «single label» → подписывать значениями Soil (рис. 66).

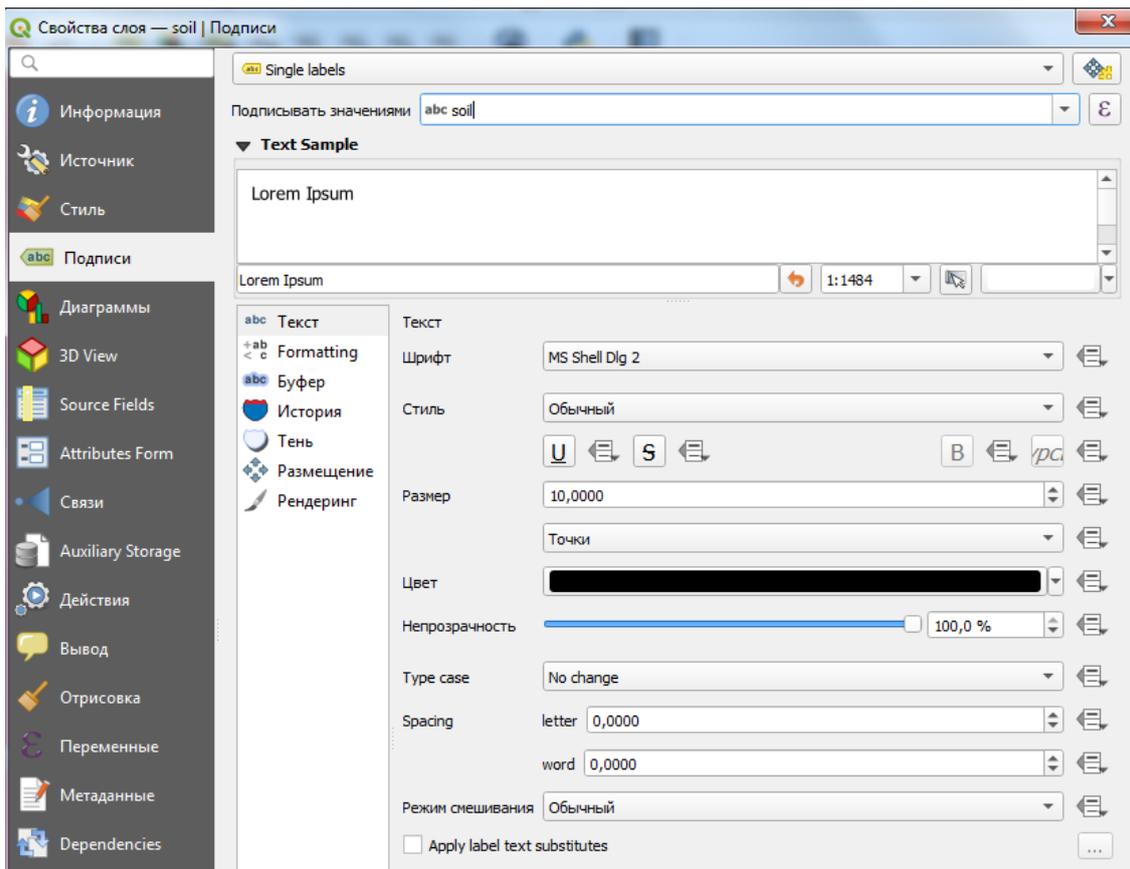


Рис. 66 Настройка подписывания слоя soil

В этой же вкладке можно выполнить остальные настройки текста: стиль, размер и т.д. В правой части вкладки выполняются дополнительные настройки. Например, раздел буфер позволяет буферизовать надписи, для того, чтобы их лучше выделить на фоне контуров (рис. 67).

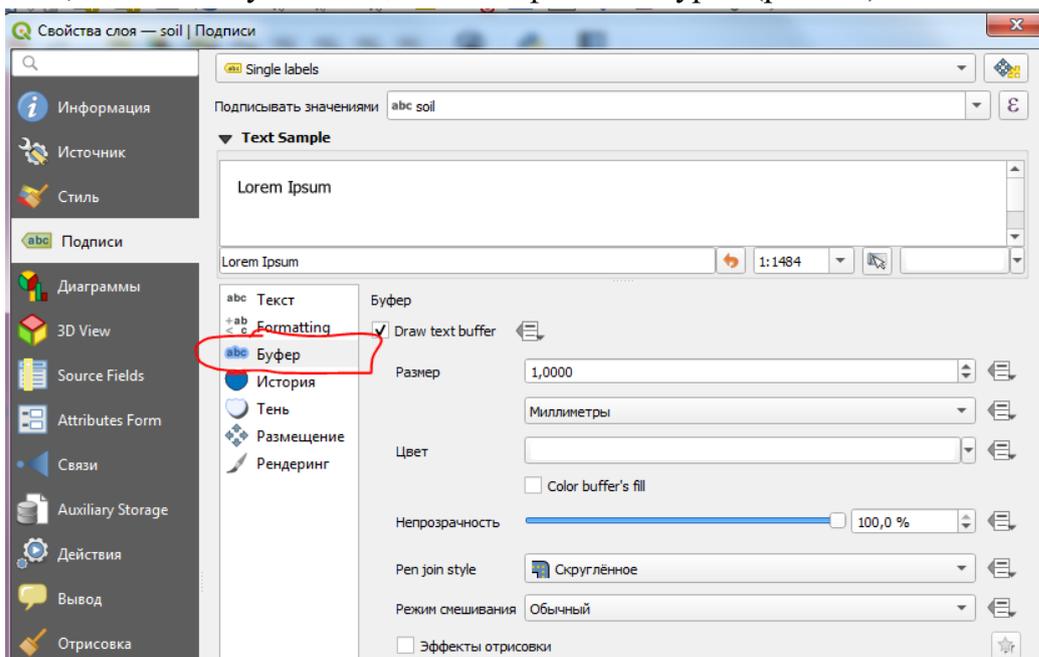


Рис. 67 Настройка буферизования текста подписи слоя soil

Если включить буфер подписи и оставить его белым, то надписи будут обведены. После сделанных настроек в свойствах слоя нажмите «Применить» → «ОК».

Почвенные индексы вводятся с клавиатуры. Для этого на панели инструментов нужно нажать на кнопку  «Определить объекты». Затем наведите курсор мыши на контур и нажмите по нему один раз левой клавишей мыши. Справа от карты появится панель «Результат определения». В нижнем правом углу этого окна отметьте «Открывать форму». Нажмите еще раз по контуру, который нужно подписать. Появится окошко добавления атрибутов. Заполнить поле Soil, как показано на рисунке 68. Нажмите ОК.

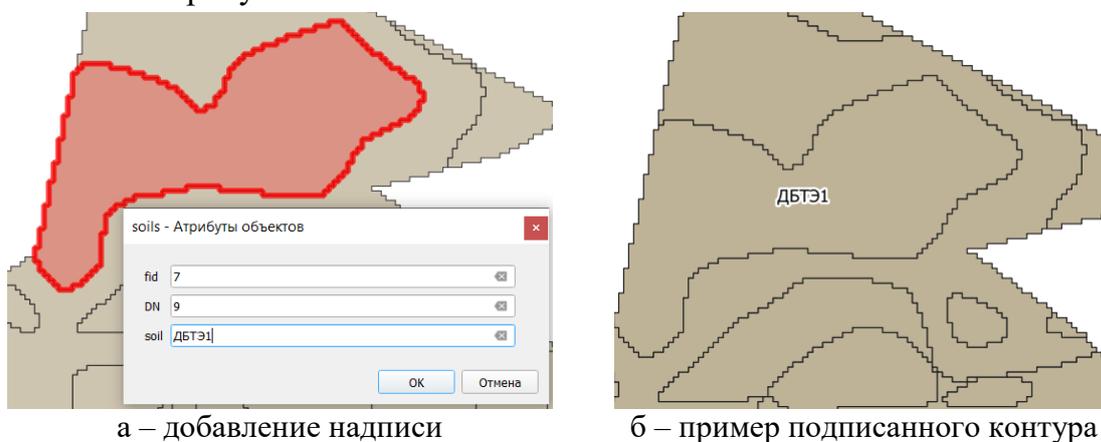


Рис. 68 Ввод почвенного индекса в режиме «Карта»

Если соседствующие контуры имеют одинаковый почвенный покров, то их можно объединить, предварительно выделив оба при помощи инструмента «Объединение»  (Вид → панели инструментов → дополнительные инструменты оцифровки). Подпишите все почвенные контуры. Рассчитайте площади полученных почвенных контуров (см. п. 5.4).

Сохранение результатов. На панели слоев выбрать созданный векторный слой, нажать левую кнопку мыши и выбрать «Сохранить правки» .

Оформление почвенной карты. Крупномасштабная почвенная карта оформляется на основе векторного слоя Soil с заполненными почвенными индексами. Для оформления карты необходимо выполнить следующие действия:

1). Добавление нового атрибута (поля) в слой Soil. На панели слоев выберите слой Soils и нажмите по нему один раз правой клавишей мыши. Затем выберите из списка «Открыть таблицу атрибутов». В таблице

атрибутов слоя нажмите на кнопку «Новое поле» . Заполните диалог создания нового поля как показано на рисунке 69.

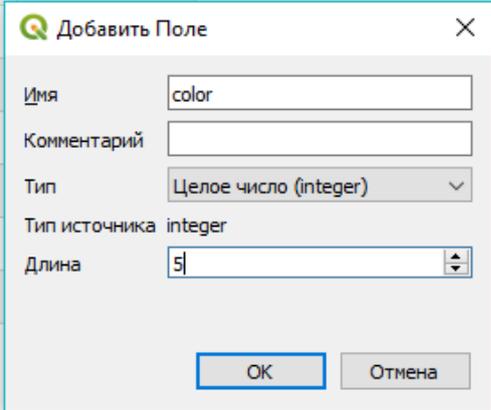


Рис. 69 Параметры создания поля цветовой окраски почв

Нажмите «Сохранить изменения» (Ctrl+S).

2). Выбор цветов окраски почв на карте с использованием каталога «Условные обозначения для крупномасштабных почвенных карт» [7]. Получить данный файл в формате pdf можно по ссылке - <https://disk.yandex.ru/i/yD1Xcyj119xS1g>. Каждый условный знак в каталоге имеет определенный номер. Его нужно ввести в поле color таблицы атрибутов. Например, для индекса Пд2ТП порядковый номер будет 12 (рис. 70).

N-№ п/п	Название условных знаков	Изображение на почвенных картах	
		без окраски	с окраской
	ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫЕ		
10	Дерново-подзолистые слаборазвитые		
11	Дерново-слабоподзолистые		
12	Дерново-среднеподзолистые		

Attributes Total: 16, Filtered: 16, Selected: 0		
	soil	color
NULL	ДБТЭ1	NULL
NULL	Пд2ТП	12
	ДгЗГД	NULL
	Пд2ТП	12

Каталог «Условные обозначения»

Ввод нужного атрибута в поле «color»

Рис. 70 Кодировка цветовых обозначений почв на карте

Нужно ввести данное значение для всех почв, которые будут иметь одинаковую окраску.

Примечание: Поскольку в каталоге названия почв приведены по классификации 1975 года, то возможны небольшие расхождения в названиях. Например, на карте аллювиальные почвы, а в каталоге – пойменные. Дерновые намывные, а также почвы тракторно недоступные (перед индексом - _|_) следует окрашивать как овражно-балочные дерновые намывные (номер 219). Цвет дерново-бурых почв указать, как у дерново-карбонатных (39).

3). Цветовое оформление почвенной карты. Перед началом выполнения разделите экран на 2 части: с лева окно QGIS, справа окно каталога цветов (рис. 71).

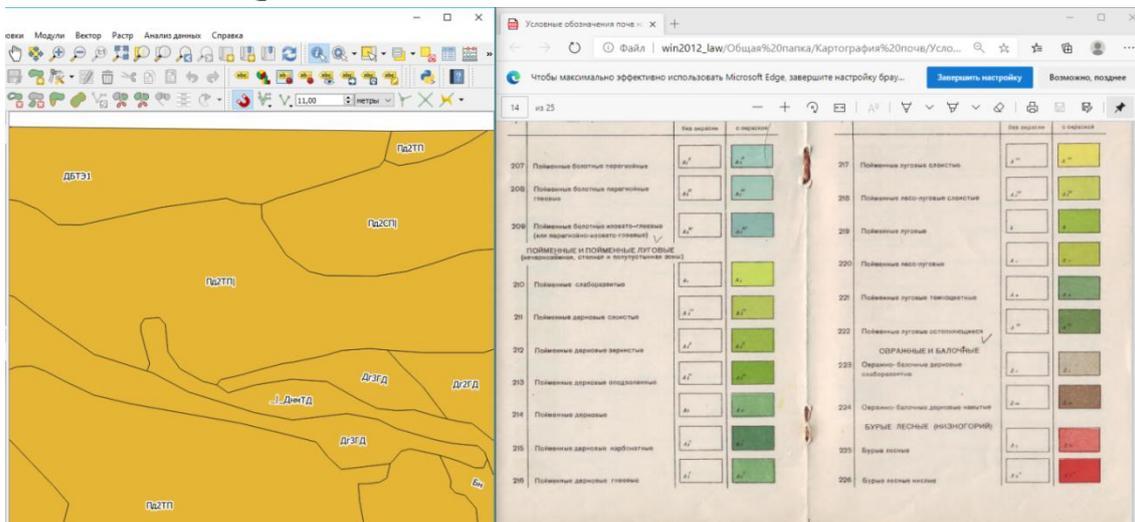


Рис. 71 Пример настройки рабочего окна

Чтобы подписанные почвенные контуры отображались в окне карты, необходимо настроить свойства слоя Soil. Для этого на панели слоев выберите слой soil и нажмите по нему один раз правой клавишей мыши (рис). Затем выберите из списка «Properties...» (или «Свойства»), откройте вкладку «Стиль», выберите режим «Уникальные значения» (рис. 72).

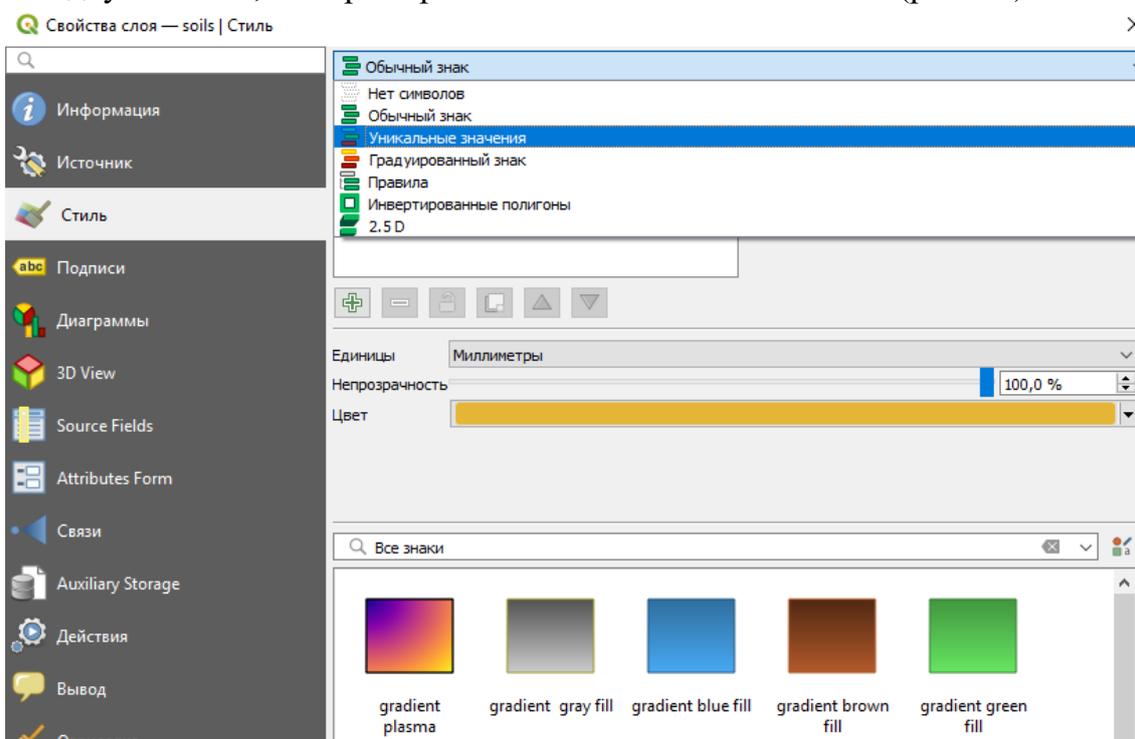


Рис. 72 Настройка режима отображения слоя Soils

Далее заполните поле, по которому буде выполнена окраска контуров – color, затем нажмите на кнопку «Классифицировать» (рис. 73).

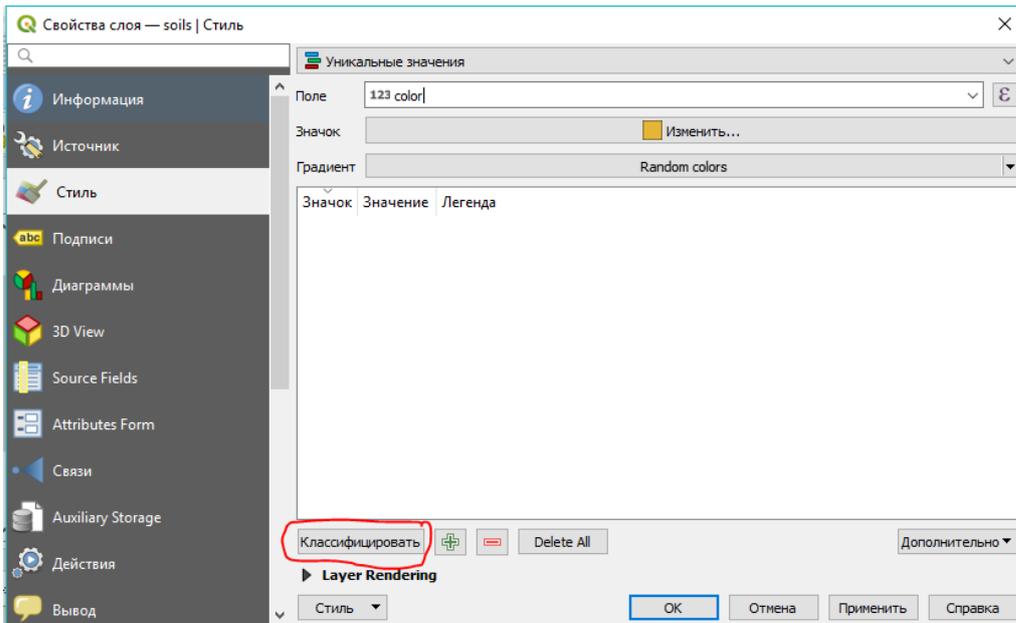


Рис. 73 Классификация слоя Soil по цветовому коду

Для выбора цвета нажмите дважды левой клавишей мыши на цветной значок, как показано на рисунке 74.

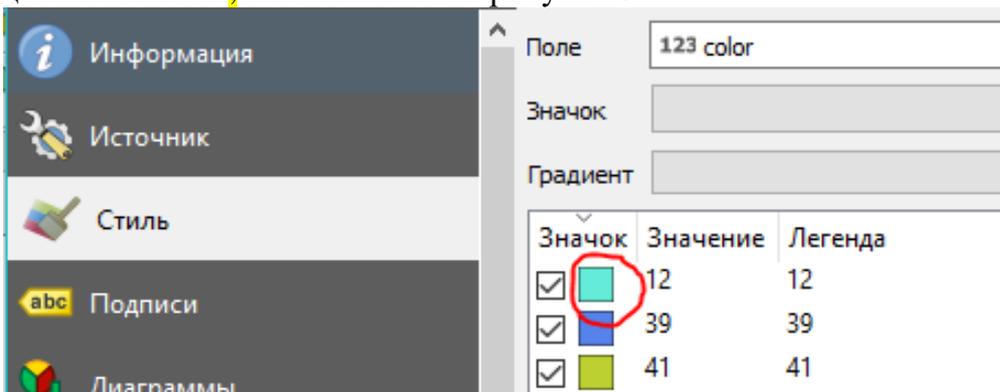


Рис. 74 Выбор цвета во вкладке «Стил»

Затем нажмите на цветовой градиент (рис. 75).

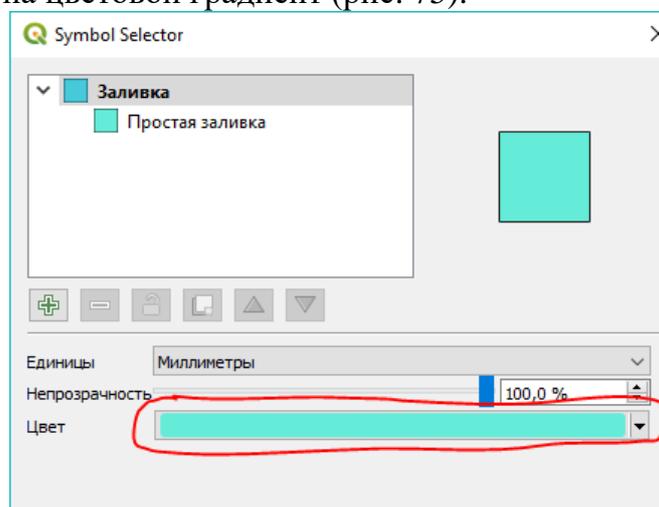


Рис. 75 Выбор цветового градиента

Далее выберите вкладку «Палитра цветов» (рис. 76).

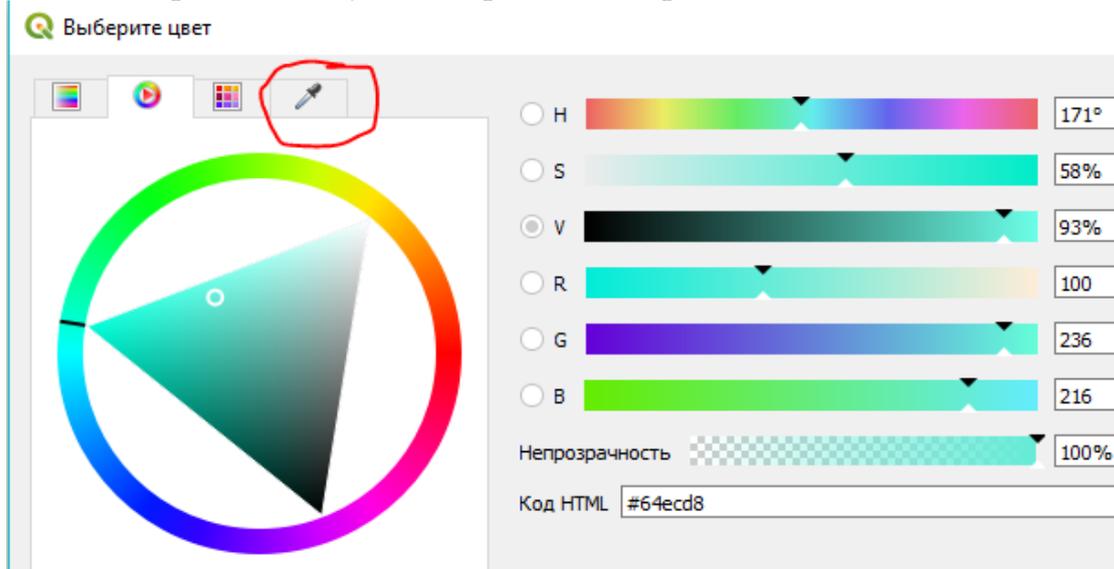


Рис. 76 Выбор палитры цветов

Затем нажмите на кнопку «Образец цвета» (рис. 77).

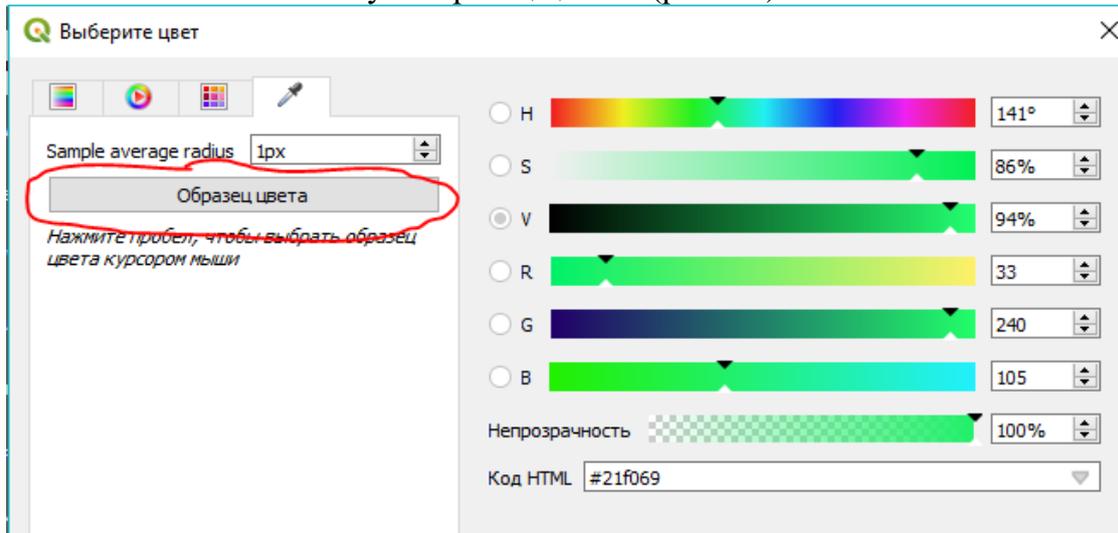


Рис. 77 Выбор образца цвета

Курсор должен приобрести форму пипетки. Наведите курсор на нужный цвет в каталоге и нажмите один раз левую кнопку мыши. Образец цвета будет захвачен и отображен под кнопкой «Образец цвета». Например, color 12 (рис. 78).

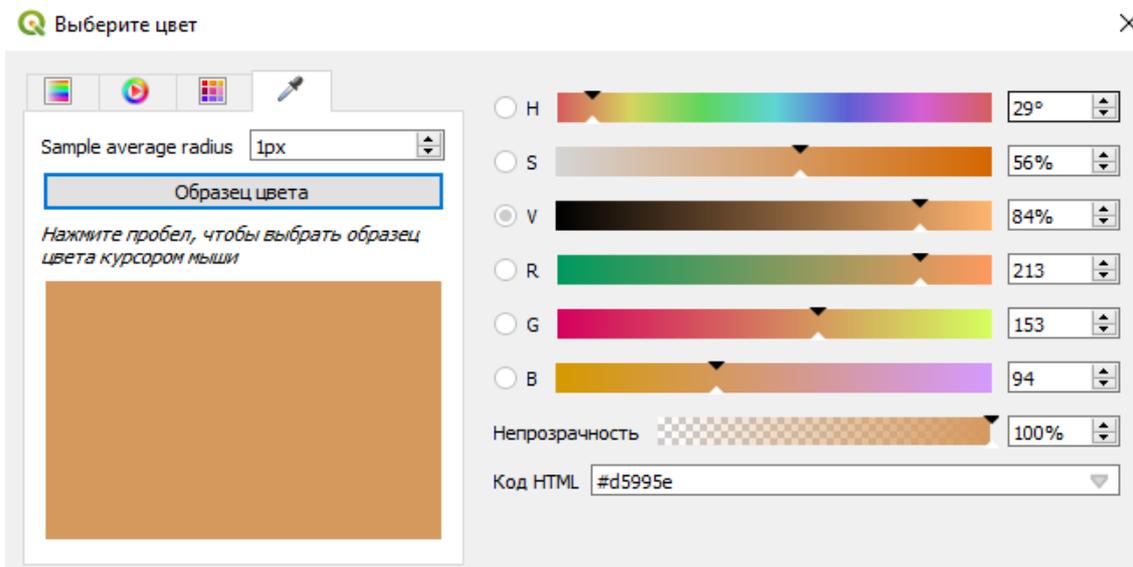


Рис. 78 Результат «захвата» цвета картографического изображения почвы

Нажмите ОК в диалогах «Выберите цвет» и Symbol selector. Аналогично укажите цвета для остальных контуров. Затем нажмите применить. В результате контуры почв окрасятся в цвета в соответствии с каталогом.

В свойствах слоя заполните легенду: пропишите названия почв соответствующих цветов, как показано в примере для карты (рис 79).

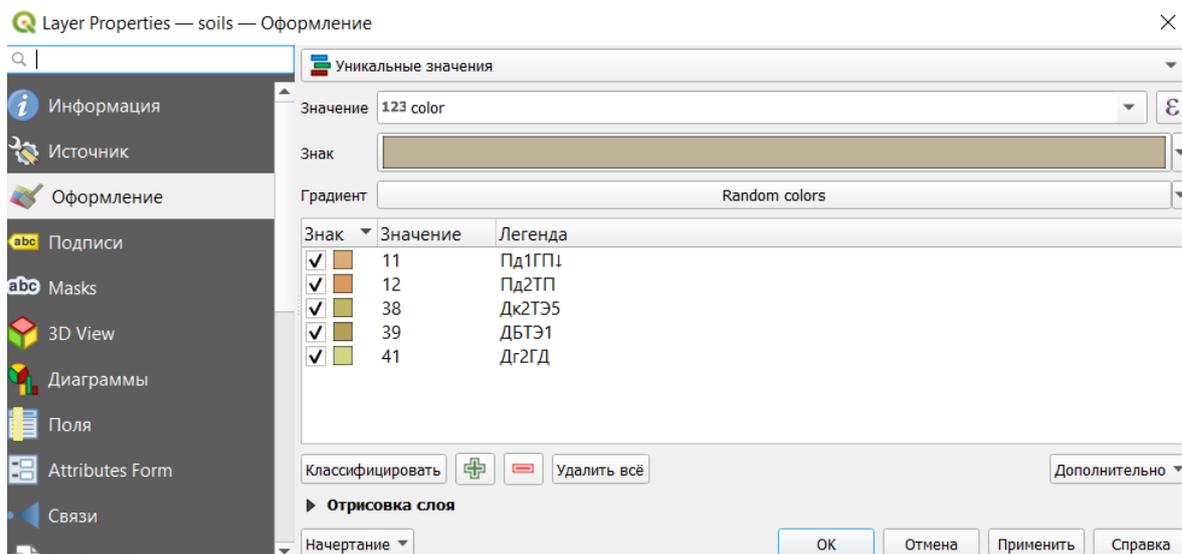


Рис. 79 Пример цветов и почвенных индексов в свойствах слоя Soil

Затем нажмите ОК и «Применить». Окно карты будет иметь вид как на рисунке 80. Значки почв отображены в легенде слоев.

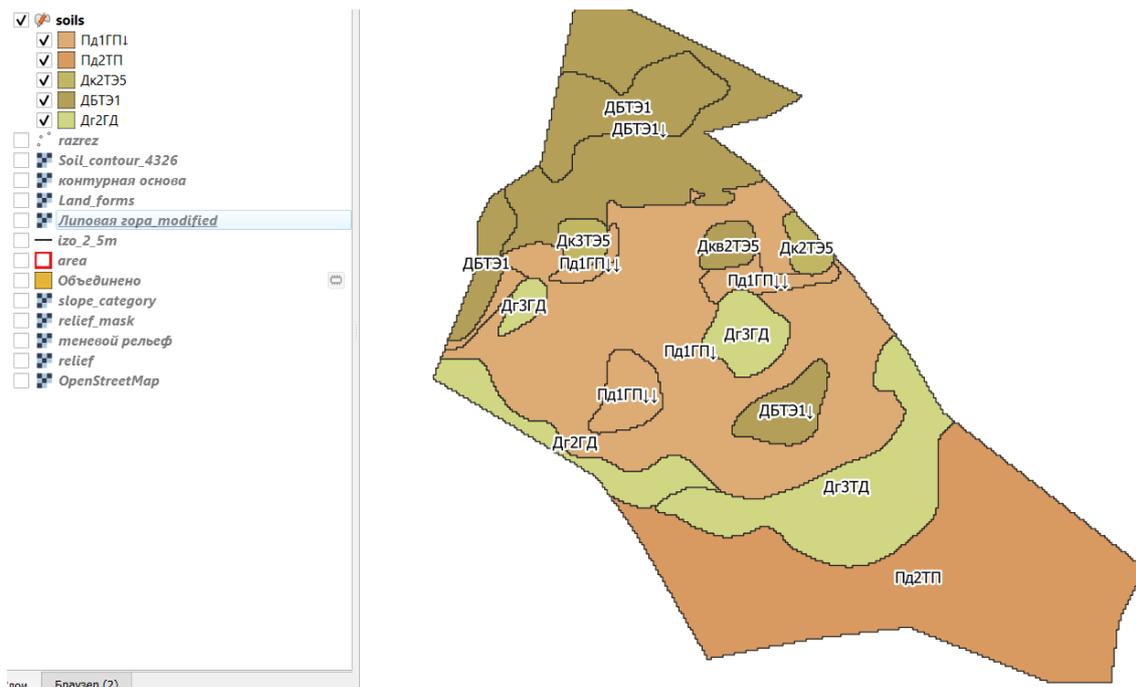


Рис. 80 Пример оформления слоя Soil

4). Особенности оформления легенды почвенной карты. На карте разные почвы могут иметь один цвет: например разновидности почв (тяжелосуглинистые, среднесуглинистые) или виды дерновых почв (среднегумусные, многогумусные) и т.д. Например, на представленном участке Дг2ГД и Дг3ГД имеют одинаковый номер цвета – 41. Для того, чтобы в легенде их разделить значок нужно продублировать (свойства слоя → стиль). Нажмите на кнопку + (рис. 81).

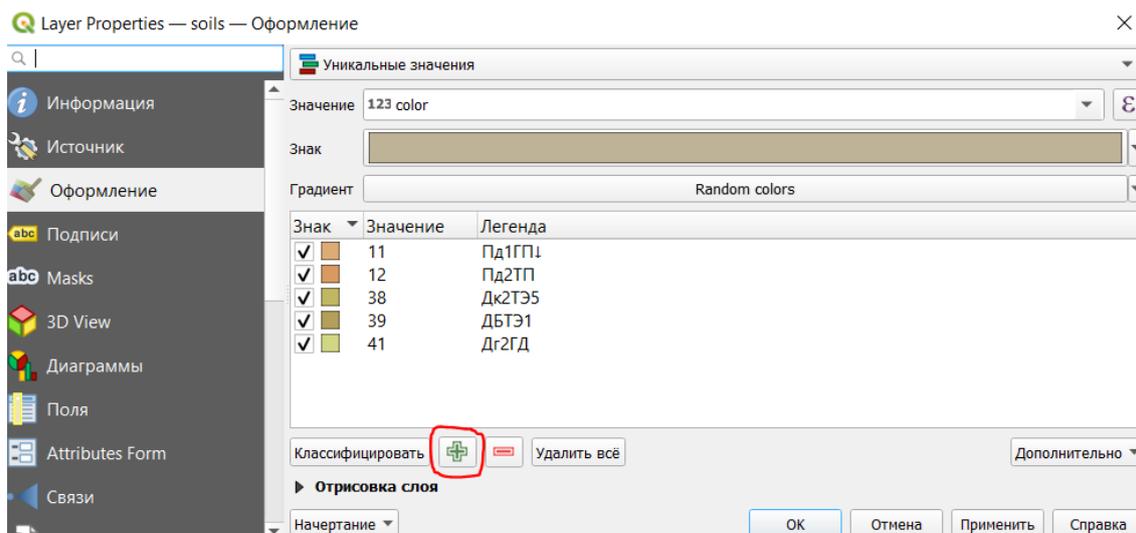


Рис. 81 Дублирование значка почвы в легенде слоя soil

Для появившегося значка пропишите значение и индекс. Затем скопируйте цвет, как показано на рисунке. Щелкните по значку с таким же

номером, войдите в диалог «Выберите цвет» и скопируйте из него код HTML (рис. 82).

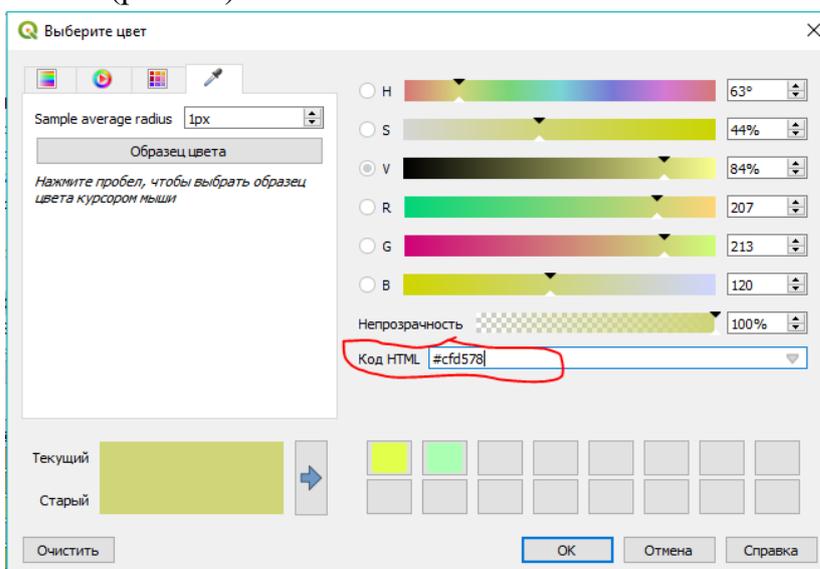


Рис. 82 Выбор и копирование кода HTML

Затем «войдите в цвет» нового значка и вставьте туда код HTML. Нажмите ОК. Аналогично продублируйте остальные индексы почв, которые на карте имеют одинаковую окраску. Пропишите в легенде площади, в скобках, которые были вычислены в предыдущем задании (рис. 83).

Знак	Значение	Легенда
<input checked="" type="checkbox"/>	11	Пд1ГП1 (32,0)
<input checked="" type="checkbox"/>	11	Пд1ГП1↓ (2,4 га)
<input checked="" type="checkbox"/>	12	Пд2ТП (29,5 га)
<input checked="" type="checkbox"/>	38	Дк2ТЭ5 (0,9 га)
<input checked="" type="checkbox"/>	38	Дк3ТЭ5 (0,9 га)
<input checked="" type="checkbox"/>	38	Дкв2ТЭ5 (1,1 га)
<input checked="" type="checkbox"/>	39	ДБТЭ1 (7,2 га)
<input checked="" type="checkbox"/>	39	ДБТЭ1↓ (15,5 га)
<input checked="" type="checkbox"/>	41	Дг2ГД (3,5 га)
<input checked="" type="checkbox"/>	41	Дг3ГД (3,1 га)
<input checked="" type="checkbox"/>	41	Дг3ТД (10,7 га)

Рис. 83 Подписывание площадей почвенных контуров в легенде слоя soil

Обновленные индексы будут отображаться в легенде слоев (рис. 84).

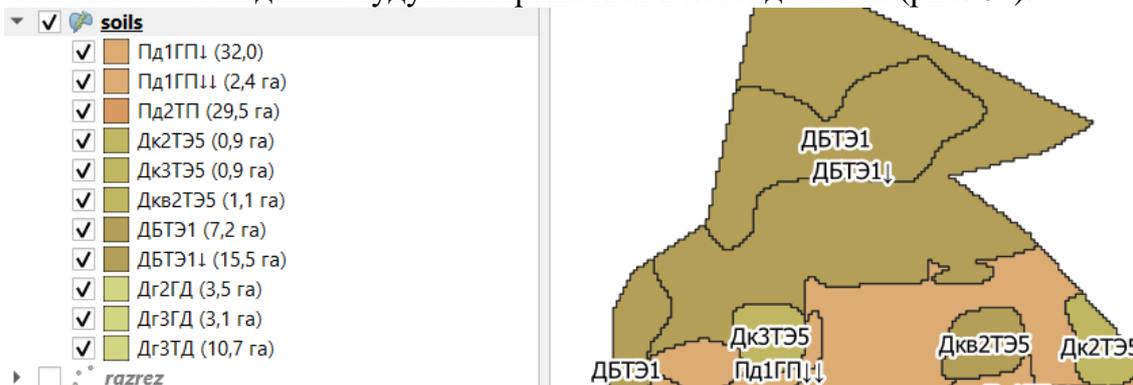
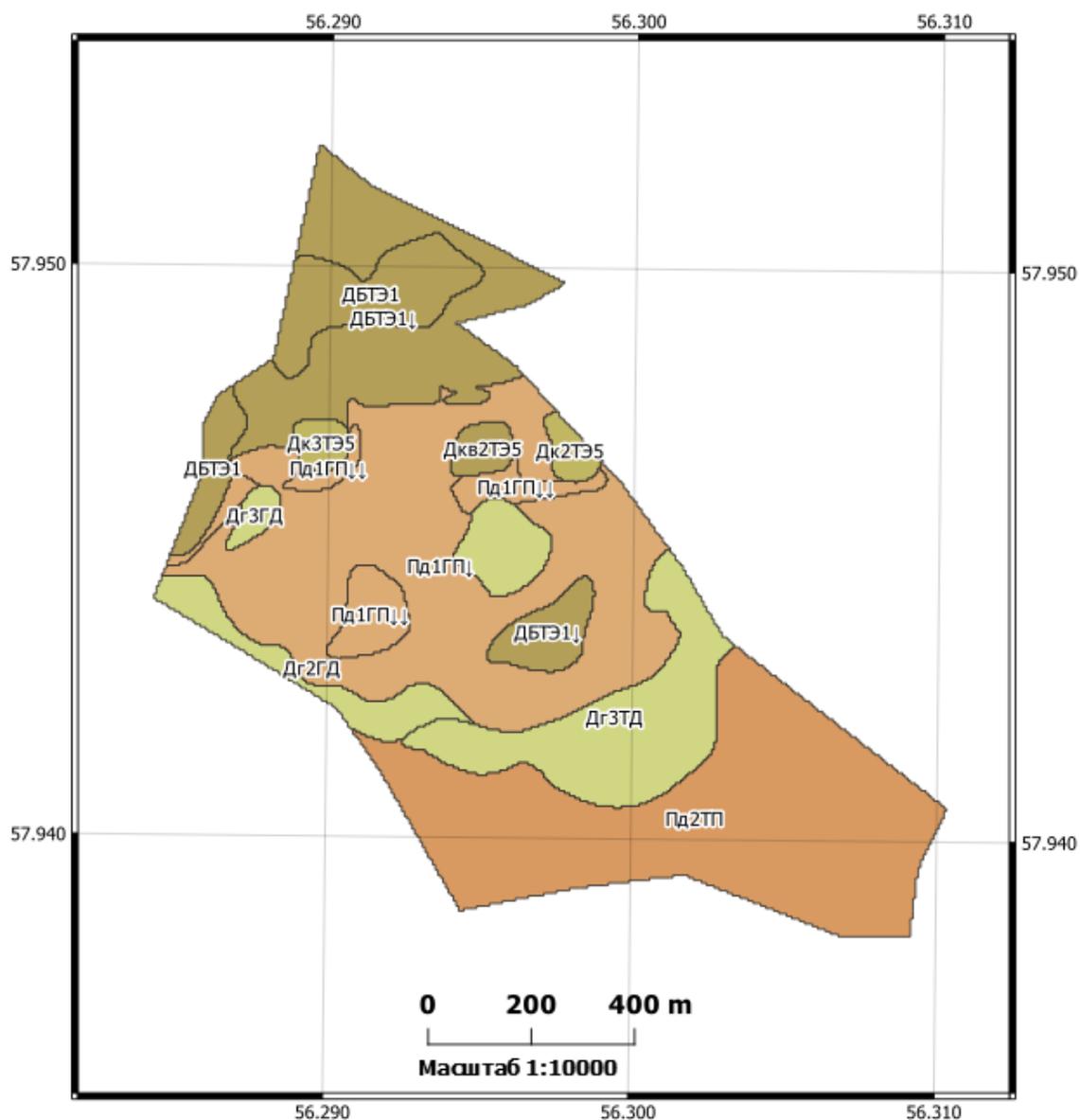


Рис. 84 Вид почвенной карты и легенды с вычисленными площадями

Пример макета компоновки итоговой почвенной карты в масштабе 1:10000 представлен на рисунке 85.



Почва (площадь, га)

 Пд1ГП↓ (32,0)	 Дк3ТЭ5 (0,9 га)	 Дг2ГД (3,5 га)
 Пд1ГП↓↓ (2,4 га)	 Дкв2ТЭ5 (1,1 га)	 Дг3ГД (3,1 га)
 Пд2ТП (29,5 га)	 ДБТЭ1 (7,2 га)	 Дг3ТД (10,7 га)
 Дк2ТЭ5 (0,9 га)	 ДБТЭ1↓ (15,5 га)	

Рис. 85 Пример компоновки крупномасштабной почвенной карты

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое цифровая модель рельефа?
2. Какие глобальные цифровые модели рельефа существуют в открытом доступе?
3. На результатах какой съемки основана SRTM?
4. Что такое экспозиция склона и какая экспозиция является преобладающей на территории почвенного обследования?
5. Что такое крутизна склона?
6. Какова площадь территории почвенного обследования с крутизной склона от 5 до 8 градусов?
7. Начиная с какой крутизны будет проявляться эрозия почвы и какова площадь потенциальной эрозии почв на территории почвенного обследования?
8. Как влияет экспозиция склона на водную эрозию почв?
9. Какой перепад высот на территории по данным ЦМР?
10. Какой алгоритм обработки ЦМР можно использовать для создания контурной основы почвенной карты?
11. К каким элементам рельефа приурочены дерново-глеевые почвы?
12. Какой формат данных используется для работы с цифровой картографической основой в полевых условиях?

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

ГИС-технологии являются эффективным инструментом в оценке ландшафтных условий формирования почвенного покрова, оценке эрозионных потерь обрабатываемых почв. Результаты геоинформационной обработки цифровой модели рельефа ложатся в основу создания адаптивно-ландшафтных систем земледелия, при выделении эрозионных агроэкологических групп.

Выполнение заданий, представленных в разделах лабораторного практикума, будет способствовать формированию у обучающихся знаний, умений, навыков по обработке глобальных открытых моделей рельефа и созданию на их основе ландшафтных, почвенных карт и цифровых контурных основ для крупномасштабного почвенного картографирования в среде мобильных геоинформационных программ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Документация NextGIS Mobile. Выпуск 2.5. [Электронный ресурс] /https://docs.nextgis.ru/_downloads/ea98633b352494b7e7e084b51f03a5b5/NextGISMobile.pdf (14.10.2018)
2. Документация QGIS 2.0 [Электронный ресурс] / <http://docs.qgis.org/2.0/ru/docs/index.html> (14.10.2018)
3. Общесоюзная инструкция по почвенным обследованиям и составлению крупномасштабных почвенных карт землепользования. М.: Колос, 1973. – 95 с.
4. Описание и получение данных SRTM..., 2004 [Электронный ресурс] / GIS-Lab, 2011 <https://gis-lab.info/qa/srtm.html> (14.10.2020)
5. Плавное введение в ГИС (руководство пользователя QGIS). Chief Directorate: Spatial Planning & Information, Department of Land Affairs, Eastern Cape. 2009. 119 с.
6. Скрябина О.А. Полевая учебная практика по картографии почв: учебное пособие. Пермь: ФГБОУ ВПО «Пермская ГСХА», 2012. 112 с.
7. Условные обозначения для крупномасштабных почвенных карт /. «Росгипрозем»; Сост. А.А. Жиров, В.М. Немцов, В.К. Кальван. - М.: Картографический филиал института «Росгипрозем», 1974. – 47 с.
8. Хромых В.В., Хромых О.В.. Цифровые модели рельефа: учеб. пособие. Томск: Изд-во «ТМЛ-Пресс», 2007. 178 с.
9. Цифровая почвенная картография: учебное пособие / отв. ред. И. Ю. Савин, П. А. Докукин. – Москва : РУДН, 2017. – 156 с. : ил
10. Шихов А.Н., Черепанова Е.С., Пьянков С.В. Геоинформационные системы: методы пространственного анализа: учеб. пособие. Пермь: Перм. гос. нац. исслед. ун-т, 2017. 88 с.
11. Dados SRTM com [Электронный ресурс] / GIS-Lab, 2014 <https://mundogeo.com> (14.10.2020)
12. Exploring a subset of SAGA's Terrain Analysis tools. Available online: https://dges.carleton.ca/CUOSGwiki/index.php/Exploring_a_subset_of_SAGA%27s_Terrain_Analysis_tools (accessed on 20.02.2020)
13. Farr T.G., Rosen P.A., Caro E. and etc. The Shuttle Radar Topography Mission // Rev. Geophys. 2007. V. 45. No 2. Art. RG2004. P. 1–33. doi: 10.1029/2005RG000183.
14. Ferranti J. Viewfinder panoramas. 2014: Digital elevations data. [Электронный ресурс]. URL: <http://viewfinderpanoramas.org/dem3.html> (дата обращения 14.10.2020)

ЦИФРОВЫЕ МОДЕЛИ РЕЛЬЕФА И МЕСТНОСТИ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

для проведения практических работ

для студентов, обучающихся по направлению подготовки:

05.04.03 «Картография и геоинформатика»

(программа: Геоинформационное моделирование)

всех форм обучения

Составители:

Реджепов Максат Бекиевич

Издается в авторской редакции

Подписано к изданию 18.04.2025.

Уч.- изд. л. 4,19.

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»
394006 Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84