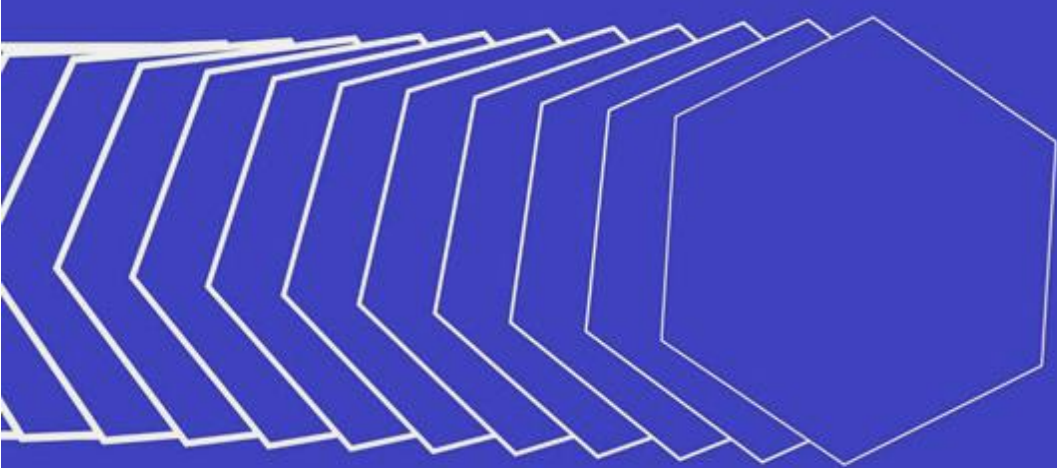


**Методическая разработка
программного модуля**

«КАРТА ТРЕТЬЕЙ ПЛАНЕТЫ»



Направление:
Гео-технологии

Авторы: Иванов Д., Курышев А.,
педагоги дополнительного об-
разования технической направ-
ленности

2023,

СОДЕРЖАНИЕ МОДУЛЯ

Решая задачу, обозначенную в модуле, обучающиеся знакомятся с основами получения, особенностям и возможностям радиолокационной съемки при дистанционном зондировании и историей изучения планеты Венера. Приобретают базовые навыки по работе с векторными и радарными данными в рамках ГИС QGIS, учатся создавать и визуализировать цифровые 3D-модели рельефа.

Описание реальной ситуации:

Вариант 1. Всемирно известная американская космическая организация NASA заявила о серьезных намерениях отправить космонавтов на «злую сестру Земли», что раньше было невозможным, так как планета окружена вредоносными испарениями. В настоящее время организация разрабатывает план-проект летательного аппарата, с помощью которого полеты на Венеру станут возможными в будущем. Для обеспечения работы исследовательской миссии на ее поверхности нам поручено создание 3-мерной модели поверхности планеты.

Вариант 2. В рамках российско-американской миссии "[Венера-Д](#)", запланирован полет к планете Венера. После перелета к Венере спутник проведет на ее орбите три года. С орбиты предполагается запуск посадочных модулей со сроками автономной работы на поверхности планеты до двух месяцев. Установлено, что поверхность Венеры сформирована в основном вулканическими процессами, продукты которых слагают до 80% её площади. По аналогии с проявлениями земного вулканизма, в продуктах извержений на Венере можно ожидать наличие редкоземельных элементов, имеющих стратегическое значение для высокотехнологичных отраслей современного производства. Для обеспечения работы исследовательской миссии необходимо создать актуальную 3-мерную модель поверхности планеты, выбрать для изучения первоочередные объекты (горные системы и отдельные вулканические постройки) и наметить маршруты для их исследования.

Примечание. Вариант 1 - базовый уровень сложности, рекомендован для направлений, связанных с 3-х мерным моделированием. Вариант 2 – углубленный уровень сложности, рекомендован для направлений, связанных с изучением планет Солнечной системы.

Вопросы для обучающихся на этапе погружения в проблемную ситуацию:

1. Почему планету Венера называют «злой сестрой Земли»?
2. Чем изучение Венеры может быть полезно человечеству?
3. Какие полезные ископаемые могут быть на Венере?
4. Какие технологии позволяют нам исследовать планеты Солнечной системы?
5. Как геоинформационные технологии могут нам помочь?

Место модуля в структуре программы:

Данный модуль реализуется в рамках Инженерных каникул для обучающихся различных направлений, а также может быть использован в дополнительных общеобразовательных программах по направлению «Геокивентум». Рекомендуется включение в программу после модулей «Основы работы с

пространственными данными» и до модуля «Аэрофотосъемка и трехмерное моделирование с геопривязкой».

Методы работы с модулем: практическая работа с элементами проектной деятельности

Минимальный необходимый уровень входных компетенций:

Работа с компьютером, навыки работы в среде Интернет, знание типов графических данных.

Предполагаемые образовательные результаты учащихся

Артефакты: электронные 3D-модели основных горных систем и вулканических построек, профили движения, видеотуры по намеченным маршрутным линиям в пределах выбранных объектов планеты Венера.

Формируемые навыки:

1) Hard skills:

- умение работать с космической съемкой,
- умение определять объекты на космическом снимке,
- знание основных характеристик космических снимков,
- навыки 3D-моделирования поверхностей,
- навыки создания видеотуров.

2) Soft skills

- пространственное мышление,
- навыки командной работы,
- структурное, креативное и логическое мышление,
- навыки поиска и анализа информации,
- нацеленность на результат,
- навыки по выработке и принятию решений,
- навыки публичных выступлений.

Количество учебных часов: 10 часов

Целевая аудитория: школьники от 12 до 17 лет, знакомые с основами работы с пространственными данными.

В настоящее время наблюдается значительное увеличение количества информации, получаемой со спутниковых систем. Совершенствуются методы обработки материалов дистанционного зондирования. Данные материалы обладают рядом качеств, которые делают их практически безальтернативным источником информации при ситуационной оценке состояния внеземных территорий.

Отличительными особенностями модуля является использование материалов спутниковой съемки для 3-х мерного моделирования поверхности планет Солнечной системы.

УЧЕБНЫЙ ПЛАН

№ п/п	Тема занятия	Формы работы	Количество акад. часов		
			Всего	Теория	Практика
1.	Основы дистанционного зондирования	интерактивная лекция	2	1	1
2.	Работа с открытыми данными по планетам и спутникам Солнечной системы	практическая работа в малых группах	2	0	2
3.	Основы работы в ГИС	практическая работа в малых группах	1	1	1
4.	Моделирование 3D-поверхностей на основе радарных данных	практическая работа в малых группах	2	0	2
5.	Презентация 3D-модели поверхности и маршрутов по внеземным территориям	практическая работа в малых группах	2	0	2
	Итого		10	2	8

Занятие 1. Основы дистанционного зондирования

Цель: изучить принципы дистанционного зондирования, познакомиться с современными космическими аппаратами ДЗ.

Что делаем:

- знакомимся с основными принципами дистанционного зондирования (ДЗ) и современными космическими аппаратами ДЗ;
- знакомимся с разновидностями космической съемки (КС) и типами данных ДЗ, их характеристиками и областями применения;
- знакомимся с особенностями изучения внеземных территорий.

Компетенции: знание типов, характеристик и возможностей использования материалов КС при ДЗ.

Количество часов: 2 часа

Занятие 2. Работа с открытыми данными по планетам и спутникам Солнечной системы

Цель: овладеть основами работы с репозиторием открытых данных по планетам и спутникам Солнечной системы [Astropedia](#) компаний USGS и космического агентства [NASA](#).

Что делаем:

- учимся находить материалы ДЗ по планетам Солнечной системы;
- учимся загружать материалы ДЗ по выбранным критериям.

Компетенции: умение работать с репозиториями открытых данных по планетам Солнечной системы.

Количество часов: 2 часа

Занятие 3. Основы работы в ГИС

Цель: овладеть основами работы в ГИС QGIS, моделирования 3D-поверхностей на основе радарных данных.

Что делаем:

- учимся загружать радарные данные в QGIS (изменение стиля отображения, мозаика, обрезка по контуру);
- учимся работать с векторными данными в QGIS (создание/редактирование линейных и полигональных объектов)
- учимся создавать 3d-модели на основе радарных данных средствами модуля *Qgis2threejs* QGIS.

Компетенции: умение работать с пространственными данными в ГИС QGIS.

Количество часов: 4 часа

Занятие 4. Моделирование 3D-поверхностей на основе радарных данных

Цель: овладеть основами создания профилей маршрутов по внеземным территориям и видеотуров на основе 3D сцен.

Что делаем:

- учимся создавать профили маршрутов по внеземным территориям на основе числовых высотных полей и экспортировать их в трехмерные векторные объекты (модуль *Profile tool* QGIS);
- учимся создавать видеотуры движения по намеченным траекториям маршрутов;
- учимся записывать видеоряд движения и встраивать в презентацию.

Компетенции: умение создавать мультимедиа контент на основе трехмерных пространственных данных.

Количество часов: 2 часа

Занятие 5. Презентация 3D-модели поверхности и маршрутов по внеземным территориям

Цель: презентовать результаты работы

Что делаем:

- проводим публичную защиту результатов;
- обсуждаем результаты с экспертами;
- проводим рефлекссию для участников.

Компетенции: умение публичных выступлений.

Количество часов: 2 часа

НЕОБХОДИМЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

- Компьютер
- Интернет доступ
- Материалы космической съемки
- Тематические карты поверхности планеты Венера с названиями объектов;
- QGIS, ArcGIS или аналогичный сервис
- Интерактивный комплекс TeachTouch на мобильной стойке
- Программно-аппаратный учебный комплекс для школьников "DataScout. Космосъемка"
- Базовый комплект наглядных пособий и методических материалов "Геоинформатика"

КАДРОВОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Педагог дополнительного образования по направлению «Геоквантум» с соответствующими направлениями знаниями и квалификацией.

ФОРМЫ АТТЕСТАЦИИ/КОНТРОЛЯ

Презентация и защита, проделанной работы, публикация полученного результата в Веб. Критериальное оценивание продуктов проектной деятельности, само и взаимо-оценка учащихся.

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Критерии оценки результата	
Базовый уровень	Продвинутый уровень
1) Уметь находить и загружать радарные данные для планет Солнечной системы. 2) Проводить 3d-моделирование не менее 3-х выбранных объектов разных типов. 3) Создавать видеотуры на основе 3D сцен.	1) Уметь находить и загружать радарные данные для планет Солнечной системы. 2) Проводить 3d-моделирование не менее 3-х выбранных объектов разных типов. 3) Дешифровать не менее 3-х объектов разных типов (горные системы, кратеры, венцы, каньоны, "материки", "океаны"). 4) Прокладывать маршруты для их исследования выбранных объектов и измерять их протяженность. 5) Создавать видеотуры на основе 3D сцен.
Уметь презентовать результаты работы	
<ul style="list-style-type: none">- связность, логичность речи;- соблюдение рамок регламента 4-9 мин;- умение отвечать на вопросы;- читабельный шрифт и уместные картинки приемлемого качества;- лаконичный понятный дизайн слайдов.	

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Для педагога

1. «Геознание» - информационно-консультационная среда
2. Виды современных ДЗЗ <http://learn.arcgis.com/ru/arcgis-imagery-book>
3. Роберт А. Шовенгердт Дистанционное зондирование. Модели и методы обработки изображений - Техносфера, 2013 - С. 582 - ISBN 978-5-94836-244-1
4. Примеры космической съемки на внеземные территории <http://cartsrv.mexlab.ru/geoportal>
5. [Astropedia](#) - репозиторий открытых данных по объектам Солнечной системы компаний USGS и космического агентства [NASA](#).
6. [Views of the Solar System](#) - репозиторий открытых данных по объектам Солнечной системы
7. [Венера-Д](#) российская миссия для изучения Венеры, планирующаяся к запуску после 2025 г. Википедия. Свободная энциклопедия
8. [Наборы пространственных данных компании "Совзонд"](#)
9. [Бланковая карта Венеры](#)

Для обучающихся

1. [Венера - зловещий близнец Земли.](#) Документальный фильм National Geographic. (47 мин).
2. [Планета бурь.](#) Википедия. Свободная энциклопедия.
3. [Планета бурь.](#) Советский научно-фантастический художественный фильм, 1961 г. Режиссёр Павел Клушанцев, по мотивам одноимённой повести Александра Казанцева. (1 час 22 мин).
4. [Эффект рения](#) - HD (Effect of Rhenium) 2014 г., научно-популярный фильм (52 мин).
5. [Терраформирование Венеры.](#) Википедия. Свободная энциклопедия.
6. [Анимация в 3D путешествия знаменитого географа.](#) Галерея уроков ArcGIS Online.

Термины и понятия:

Дистанционное зондирование - это метод получения информации об отдаленных объектах без прямого контакта с ними. Бесконтактная передача информации возможна благодаря естественно существующим или искусственно генерируемым силовым полям, которые распространяются между приемником излучений (чувствительным сенсором) и изучаемым объектом (целью);

Дешифрирование объектов - процесс распознавания объектов, их свойств и взаимосвязей по их изображениям на снимке;

Радиолокационная (радарная) съемка - вид аэрокосмической съёмки, осуществляемой радиолокатором - активным микроволновым датчиком, способным излучать и принимать отражённые от поверхности поляризованные радиоволны в определённом диапазоне длин волн (частот);

Разрешение КС (спектральное, радиометрическое, пространственное, временное) - количественные показатели, характеризующие изобразительное качество снимков, их детальность. Разрешение определяет возможности использования снимков для решения определенного круга задач. В аэрокосмическом зондировании наибольшее распространение получили два показателя: разрешающая способность и пространственное разрешение.

Растровые данные - сетка пикселей одинакового размера. Растровые данные могут быть получены различными путями. Два наиболее распространенных — аэрофотосъемка и спутниковые снимки. Размер пикселя определяет пространственное разрешение раstra;

Векторные данные - фиксируют местоположение и форму объектов в виде геометрических примитивов, таких как точки, линии, полигоны, объемные тела;

Проекция - изображение трёхмерной фигуры на проекционной плоскости;

Цифровая модель рельефа (ЦМР/DEM) - это вид трехмерных математических моделей, содержащих информацию о высотных отметках поверхности;

3D анимация - это процесс создания движущихся изображений в трехмерной цифровой среде.

Руководство наставника

Расширенный абстракт:

За более чем 40-летний период изучения планеты Венера накоплен достаточно большой фактический материал о её поверхности. Установлено, что современная поверхность Венеры сформирована в основном вулканическими процессами, продукты которых составляют до 80 % поверхности планеты. Преимущественно это лавовые покровы, среди которых располагаются около сотни крупных стратовулканов, округлые образования диаметром от 100 до 300 км, называемые венцами, а также сотни тысяч вулканов диаметром менее 20 км.

На Земле с проявлениями вулканизма связано множество различных видов полезных ископаемых. К ним относятся железо, платина, титан, медь, свинец, цинк, золото, серебро, мышьяк, ртуть, уран. В последнее время особую роль играют,

имеющиеся в продуктах извержений, редкоземельные элементы: селен, теллур, индий и германий. Особое значение имеет РЕНИЙ - 75-й элемент периодической таблицы Д. И. Менделеева - тяжелый серебристый металл с температурой плавления более 3000 градусов по Цельсию, что делает рений поистине стратегическим материалом. Его используют в высокотехнологичных отраслях экономики: ракетостроении, в производстве реактивных двигателей, носовых обтекателей для сверхзвуковой авиации, камерах сгорания, военной техники. К тому же, рений является и одним из самых редких элементов на Земле. Его мировые запасы оцениваются всего в 13 тысяч тонн. Цена килограмма рения доходит до 1400 долларов. В 90-х годах российские ученые обнаружили месторождение рения в жерле бодрствующего вулкана Кудрявый на острове Итуруп Курильской гряды. Изначально здесь были обнаружены залежи этого металла в 10-15 тонн, но позже выяснилось, что это возобновляемые запасы, т.к. ежегодно, в составе продуктов извержения, вулкан выбрасывает в атмосферу около 20 тонн рения.

Ввиду наличия обширных проявлений вулканической деятельности на поверхности Венеры, в продуктах извержений можно ожидать наличие важнейших редкоземельных элементов для современных высокотехнологичных отраслей производства. Основными объектами изучения должны стать наиболее крупные вулканические постройки центрального типа и горные системы. Источником информации о геоморфологии поверхности Венеры будут радиолокационные данные в виде сплошной цифровой матрицы, самостоятельно найденные учащимися на официальных репозиториях космических агентств. Необходимо выбрать для изучения первоочередные объекты (горные системы и отдельные вулканические постройки), создать их объемные цифровые модели и наметить маршруты для исследования. Проект представить в виде вводной информационной части, технологической части и набора видеотуров по намеченным маршрутным линиям для выбранных объектов.

Ключевые понятия:

Дистанционное зондирование.

Дешифрирование объектов

Открытые данные

Растровые данные.

3D анимация.

Демонстрации (погружение в проблему)

- Кто хоть раз смотрел на планеты;
- Включите фотографии планет солнечной системы от НАСА (https://cosmos.agency/solar_system_planets_photos_nasa/);
- Спросите у обучающихся, что они видят;
- Вопрос, что нужно, чтобы исследовать планета Солнечной системы?
- Попросите найти отличия в тех или иных видах космической съемки;
- Попросите самих определить пространственное разрешение нескольких снимков;
- Спросите, какие задачи может решать космическая съемка.

Цель проекта: - научиться использовать материалы радарной космической съемки для создания 3D-моделей рельефа внеземных территорий.

В ходе данного проекта вводятся научные концепции, позволяющие понять основы космической съемки и ее виды. Этот модуль дает детям знания и навыки по обработке материалов радарной космической съемки, знакомит с особенностями работы с векторными и растровыми данными в ГИС QGIS. Учащиеся

приобретают базовые компетенции по и возможностям использования космической съемки, созданию цифровых 3D-моделей рельефа и видеотуров.

Оборудование и материалы:

- Компьютер
- Интернет
- Материалы космической съемки
- Тематические карты поверхности планеты Венера с названиями объектов;
- QGIS (модули Qgis2threejs, Profile tool), ArcGIS Online или аналогичный сервис
- Программа захвата экранного видео oCam Screen Recorder или аналог
- Распечатанные космические снимки (примеры)

Шаги:

1. Покажите примеры данных космической съемки на основе репозитория открытых данных по планетам и спутникам Солнечной системы [Astropedia](#) компаний USGS и космического агентства [NASA](#)
2. Обсудите для чего они могут быть использованы.
3. Расскажите о проецировании данных. Продемонстрируйте проекцию SimpleCylindrical_Venus.
4. Попросите найти физико-географическую карту Венеры с русскоязычными названиями форм рельефа и цифровую модель рельефа на всю планету.
5. Попросите выбрать объекты для моделирования (горные системы, кратеры, венцы, каньоны, "материки", "океаны");
6. Проведите поиск и загрузку радарных данных на территорию поверхности Венеры;
7. Проведите 3d-моделирование выбранных объектов,
8. Выберите маршруты движения по поверхности планеты;
9. Создайте видеотуры на основе 3D сцен.

Советы:

- Объяснить важность аккуратной работы при определении маршрутов на Венере;
- Попросите учеников описать критерии выбора маршрутов.

Вопросы для обсуждения:

1. Объясните понятие Дистанционное зондирование (ДЗ).
2. Какие существуют виды космической съемки?
3. Характеристики данных ДЗ.
4. Принцип получения радиолокационных данных?
5. Особенности и преимущества радиолокационных данных в сравнении с оптико-электронными материалами ДЗ?
6. Какие тематики в использовании космической съемки вы считаете важными для человечества?

Руководство для обучающегося

Цель: - создать 3-мерную модель поверхности Венеры и наметить маршруты для исследования главных вулканических построек и горных систем планеты.

Старт

Суть проекта, заключается в том, что Вам необходимо определить, как с помощью геоинформационных технологий и открытых данных можно выполнить 3d-моделирование отдельных объектов на поверхности Венеры. Основными данными для данного исследования будут радарные данные космического агентства NASA.

Сначала необходимо понять, что же такое космическая съемка?

Для этого Вам нужно изучить несколько ключевых понятий, найдя ответы на вопросы:

- Что нужно, для изучения планет на расстоянии?
- Как вы сами можете разделить виды космической съемки?
- Как и что видит человеческий глаз на снимке?
- Предположите, как ведется съемка Венеры?
- Предположить по каким признакам можно отличать одни объект от других.

Задания:

- Какие преимущества есть у космической съемки?
- Какие преимущества радарной съемки перед оптико-электронной?
- Рассмотрите примеры таких объектов, как метеоритные кратеры, равнины, речные долины и русла рек на снимке и определите их особенности.
- Как данные нужны для 3d-моделирования на поверхности?
- Для чего нужны и как можно использовать разные виды проекций?

Планирование:

Чтобы спланировать работу, ответьте на вопросы:

1. Какие данные нужны, чтобы выполнить 3d-моделирования на поверхности Венеры?
2. Какой минимальный набор данных нужен?
3. Как на основе 3d-модели создать виртуальный тур?

Материалы:

- Компьютер
- Интернет
- Материалы космической съемки
- Тематические карты поверхности планеты Венера с названиями объектов;
- QGIS (модули Qgis2threejs, Profile tool), ArcGIS Online или аналогичный сервис
- Программа захвата экранного видео oCam Screen Recorder или аналог
- Космические снимки (примеры)

Советы для создания и тестирования вашего проекта:

1. Подумайте, какие условия нужно учитывать при прокладке маршрута по поверхности планеты;
2. Какова точность ваших данных?
3. Какие геоинформационные инструменты Вам понадобятся для выполнения этой работы?
4. Каких данных Вам не хватает?
5. Как можно автоматизировать процесс?

Доработка проекта:

1. Найдите в интернете информацию о ранее выполненных миссиях по исследованию Венеры. Какие данные вы не учли при планировании собственного проекта?

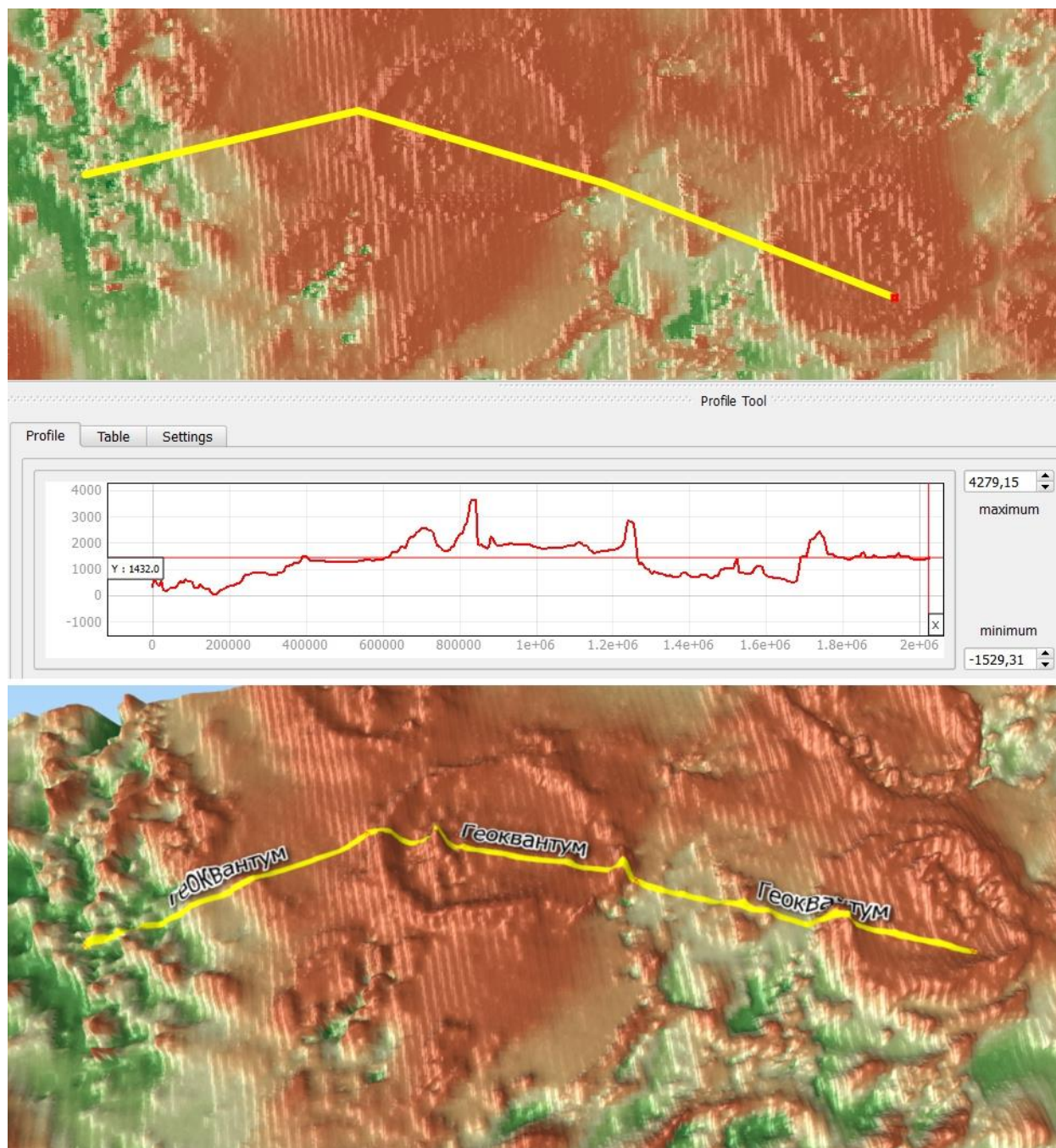
Обсуждение:

- Что Вы узнали работая над проектом?
- Всегда ли можно доверять материалам космической съемки?
- Какие ограничения накладывают на работу используемые данные?
- Какие данные можно ещё добавить в Ваш проект?
- Так ли важна детальность космического снимка?
- Каких навыков и программных функций Вам не хватило во время Вашей работы?

Что если:

- Изменить проекцию?
- Добавить к сравнению архивные данные?
- Взять обычный графический редактор?

Технический кейс «Карта третьей планеты»



Цель кейса: научиться использовать материалы радарной космической съемки для создания 3D-моделей рельефа внеземных территорий.

Содержание кейса: поиск и загрузка данных по внеземным территориям из открытых источников, стилизовое оформление слоев, анализ рельефа и создание профилей, формирование и экспорт 3D-сцен фрагментов поверхности рельефа.

1) *Поиск радарных данных.* Для получения данных необходимо использовать репозиторий [Astropedia](#). С помощью поискового запроса найти файл **Venus Magellan Global Topography 4641m v2.tif** или найти его в других репозиториях, например [Views of the Solar System](#), [Science On a Sphere](#). ([Прямая ссылка на файл](#) (65 MB)). По ссылке [gap filled PDS3 сайта Astropedia](#) можно познакомиться с метаданными файла – это радарные данные в открытом формате – GeoTIFF (GTIFF), совместно с метаданными о географической привязке: простая цилиндрическая проекция SimpleCylindrical_Venus, датум - D_Venus, растр одноканальный (bands-1), 16-bit, размером 8192x4196 пикселей. Линейные единицы измерения – метры, размер пикселя – около 4641 м. Точка начала отсчета находится примерно в центральной части растра на пересечении экватора и нулевого меридиана с диапазоном значений по долготе ± 19009777 м и по широте ± 9504888 м. Именно эти значения будут отображаться при движении курсора по полю растра в QGIS.

2) *Создание нового проекта NextGIS/QGIS.* Добавить скачанный растровый файл через панель слоев **NextGIS/QGIS**. Поставить в соответствие проекцию добавленного слоя и окна проекта (Проект → Свойства проекта): установить **систему координат Venus 2000**, на закладке Общие - Отображаемые координаты – десятичные градусы. После этого, при движении курсора по полю растра, должны отображаться координаты в диапазоне значений по долготе $\pm 180^\circ$ и по широте $\pm 90^\circ$. При установке отображаемых координат градусы, минуты, секунды, координаты курсора будут иметь следующий вид ($17^\circ 12.26' \text{В}, 80^\circ 36.42' \text{Ю}$), где первая цифра указывает долготу, вторая – широту, а буквы С, Ю, З, В указывают соответствующее полушарие. Переход к градусному отображению координат, позволит ориентироваться по ним между различными типами карт и делать привязку изучаемых объектов.

3) *Настройка визуального отображения радарных данных.* При первом открытии файла в NextGIS/QGIS, он визуализируется в серой шкале (рис. 1). Диапазон высот составляет от -532 до 3861 м.

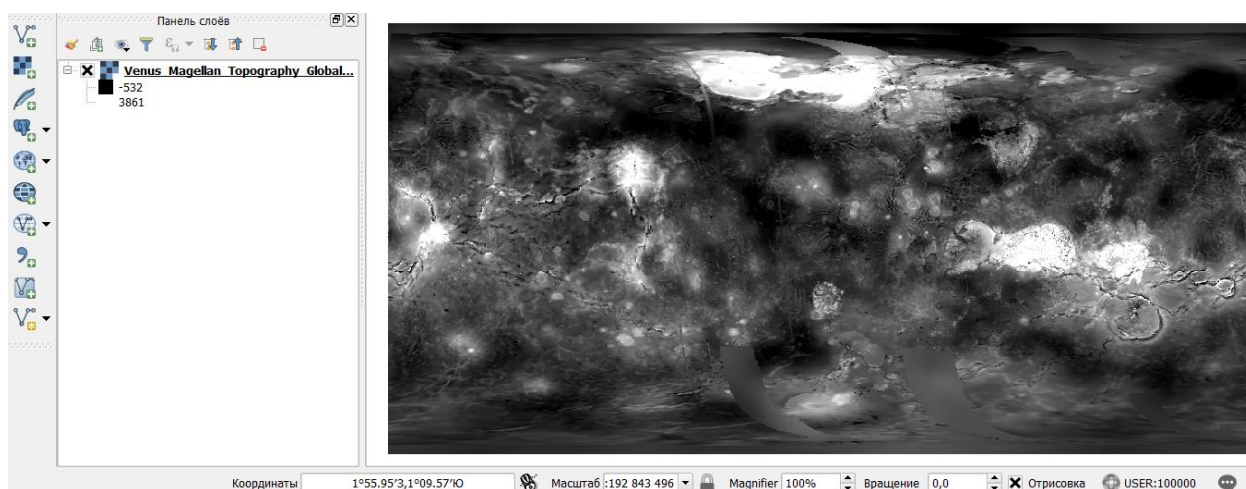


Рис. 1 – Визуализация радарных данных в серой шкале.

Для придания растру привычного для рельефа цветового градиента – в диапазоне от зеленого до коричневого цветов, на Панели слоев для растра выбираем пункт Свойства и определяем следующие настройки отображения (Рис. 2):

Изображение – Одноканальное псевдоцветное; Градиент – RdYlGn (КрасныйЖелтыйЗеленый); X (□) обратить цветовой градиент, чтобы минимальные значения растра имели зеленые оттенки, а максимальные – коричневые; режим классификации – квантили, число классов – 7. При данном режиме классификации каждый класс будет иметь примерно равное количество пикселей и, соответственно, занимаемые площади разного цвета, что сделает растр визуально пространственно более однородным. При этом интервалы классов будут иметь различный размер. Нажать кнопку – Классифицировать.

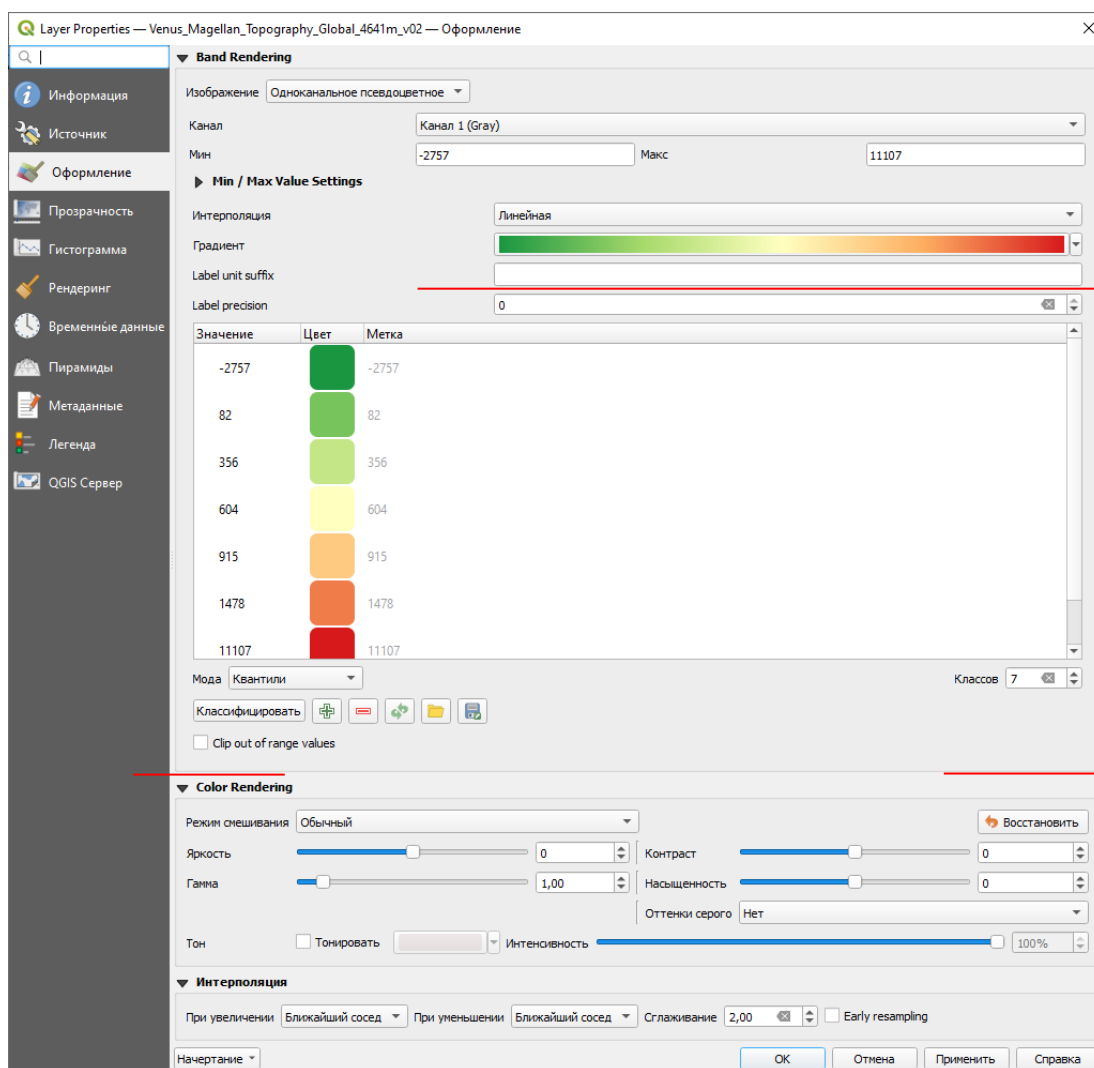


Рис. 2. Настройка параметров визуализации рельефа в NextGIS/QGIS

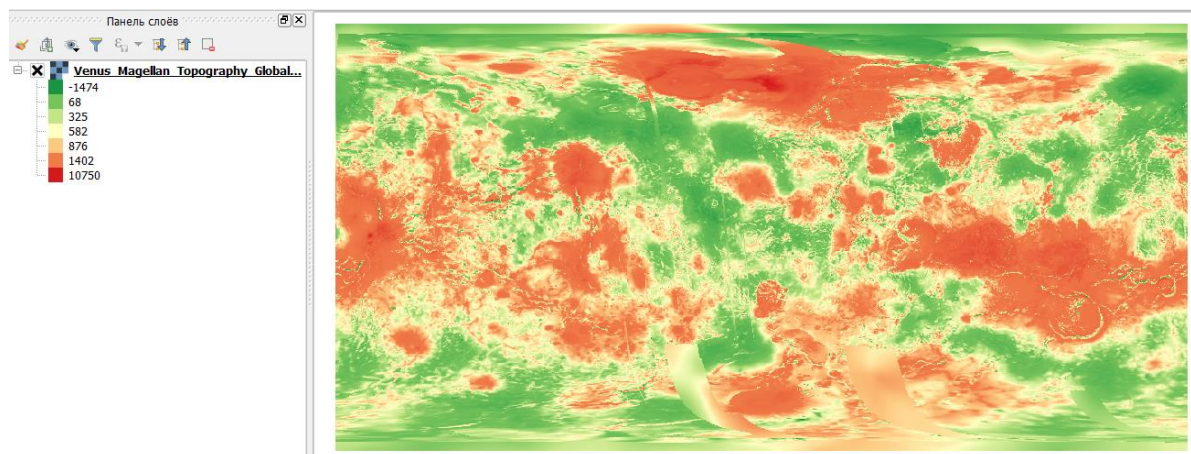


Рис. 3. Визуализация радарных данных в псевдоцветной шкале для одноканальных растров.

4) *Создание светотеневого представления рельефа.* Данный способ отображения добавляет к высотным поверхностям трехмерный эффект, что позволяет более наглядно их представить. Данное представление создается на основе добавления поверх имеющегося одного или нескольких покрытий слоя отмывки рельефа с эффектом прозрачности. В данном случае удобно продублировать имеющийся растровый слой рельефа и настроить его стиль. Дублирование слоя осуществляется в Панели слоев NextGIS/QGIS, в

контекстном меню (правая кнопка мыши) активированного слоя при выборе пункта меню Дублировать.

Перейти к настройкам свойств слоя: Изображение – Теневой рельеф, для более контрастного отображения установить Z фактор – 10-20, прозрачность (глобальная непрозрачность) – 20-30%. По умолчанию будут установлены параметры положения источника света: по азимуту 315° и угловая высота – 45°. Более заметный эффект трехмерности достигается при увеличении Z-фактора и уменьшении угловой высоты источника освещения.

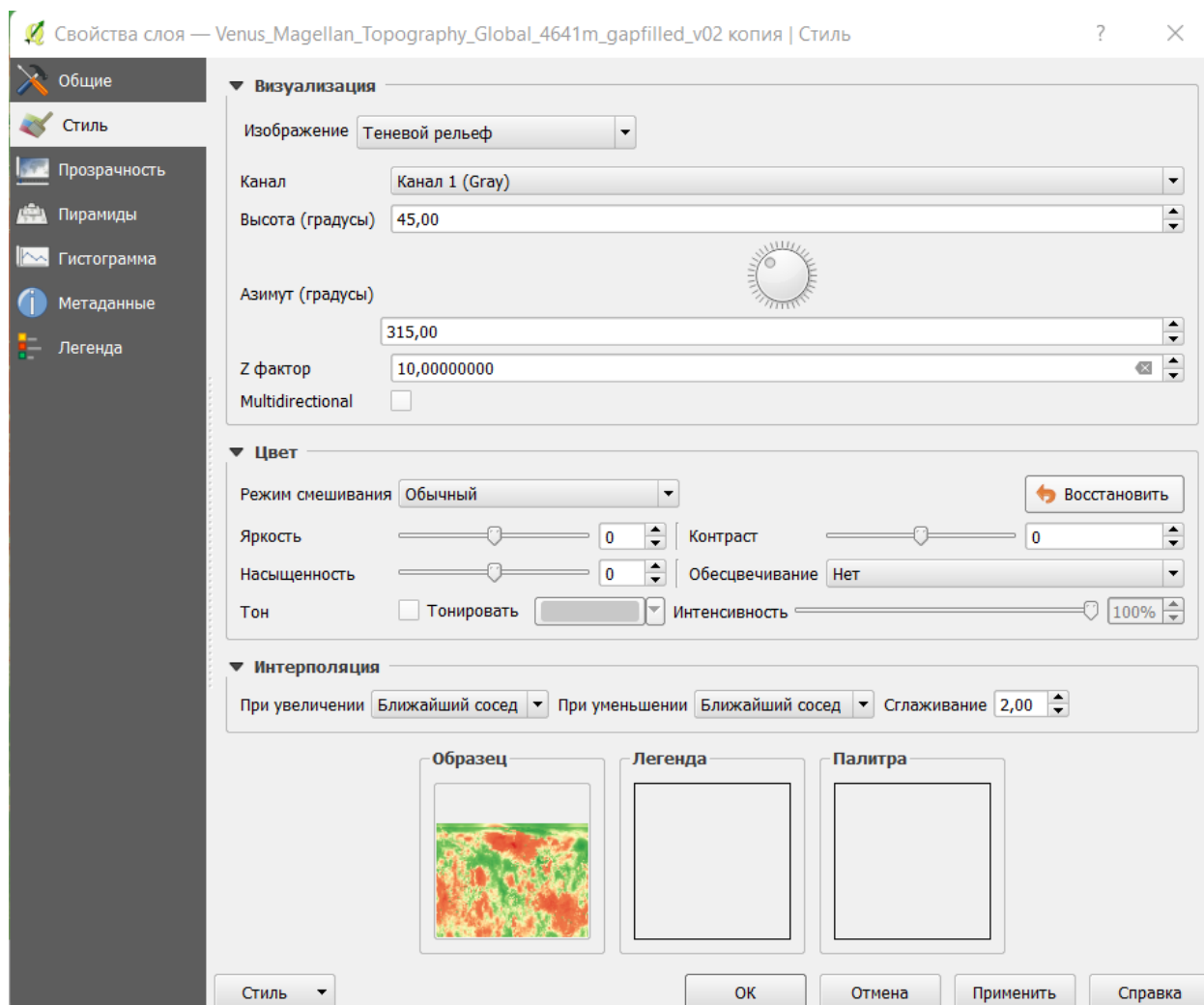
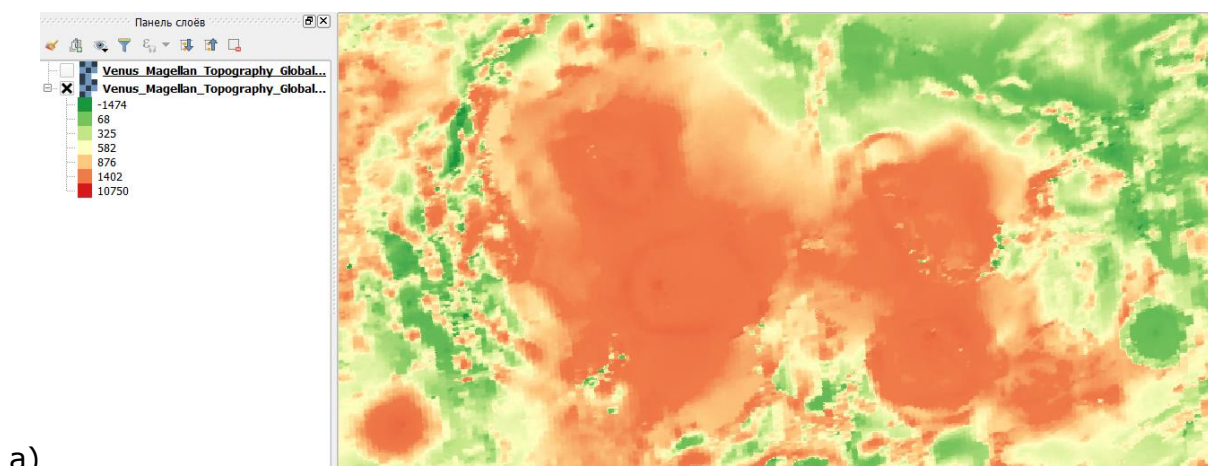
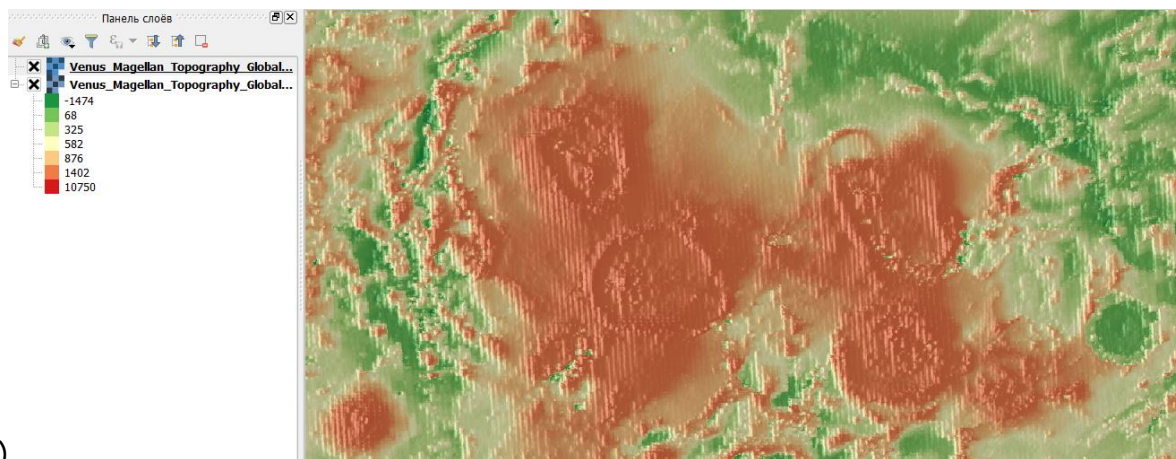


Рис. 4 Настройка параметров визуализации теневого рельефа в NextGIS/QGIS

Расположить настроенный слой выше растра в псевдоцветной шкале.



а)



б)

Рис. 5. Радарные данные а) без отмывки рельефа; б) с добавлением отмывки рельефа.

5) *Выбор объектов для изучения на основе физико-географической карты поверхности Венеры.* Физико-географическая карта содержит общепринятые наименования форм рельефа. По наименованиям можно найти в открытом доступе их индивидуальные описания и более детальные локальные радарные данные. Полезно ознакомиться с основными формами рельефа поверхности Венеры, не имеющими подобных земных аналогов. К ним относятся венерианские континенты, тессеры, венцы, арахноиды, каньоны и др. (ru.wikipedia.org). Так же на поверхности Венеры известны тысячи древних вулканов и сотни кратеров, которые могут рассматриваться как потенциальные источники, полезных ископаемых, связанных с вулканической деятельностью. Интересным является правило, принятое в планетной номенклатуре, называть низменности Венеры в честь героинь мифов и сказок разных народов.

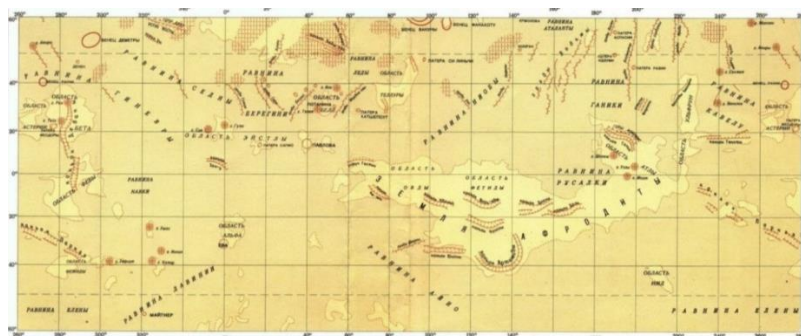


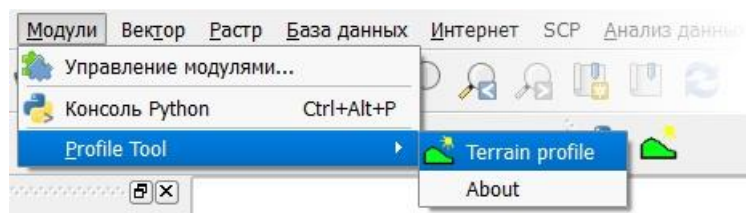
Рис. 6. Фрагмент физико-географической карты поверхности Венеры.

б) *Установка модуля **Profile tool** для построения рельефа поверхности вдоль линий профилей.* Потенциальная задача – определение маршрута для движения автоматического аппарата – венерохода. Дополнительным ограничением может служить ограничение по

предельным углом наклона склонов по предполагаемым маршрутам движения при исследовании поверхности планеты Венера.

Модули → Управление модулями... → Profile tool → Установить модуль

Установленный модуль доступен или через пункт меню или через соответствующую кнопку на панели инструментов:



7) Работа с модулем **Profile tool**. Окно работы с модулем приведено ниже:

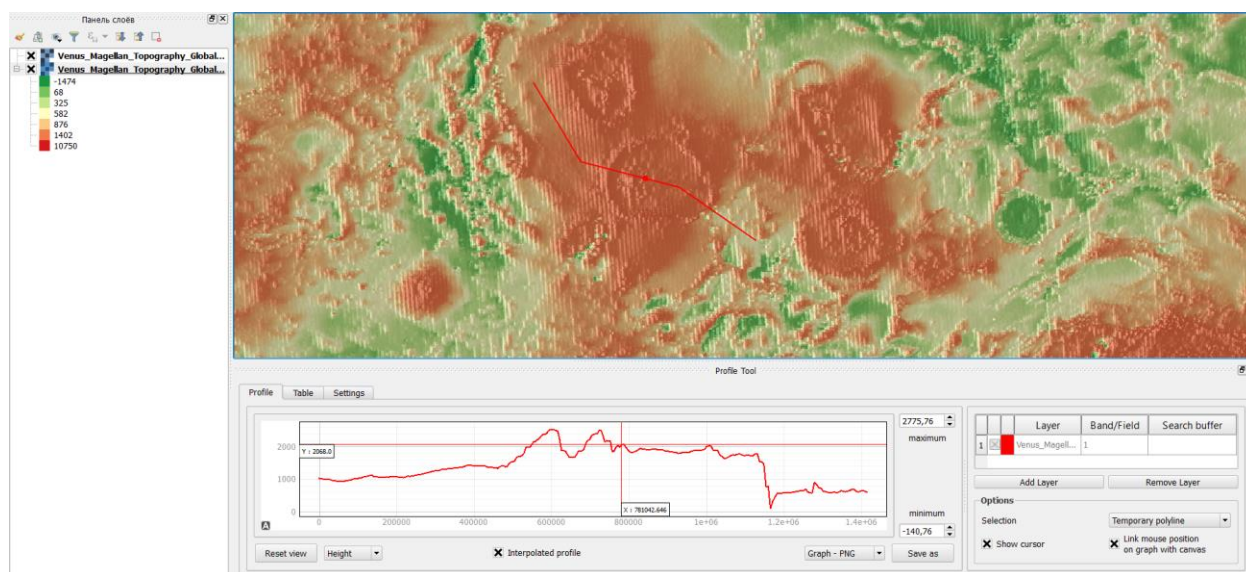


Рис. 7. Построение профиля рельефа в NextGIS/QGIS

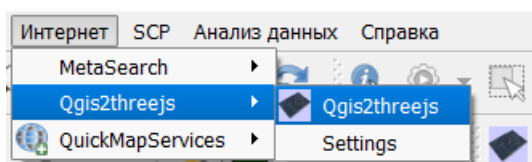
Перед началом работы с модулем **Profile tool** необходимо добавить слой (Add layer), присутствующий в Панели слоев, который будет являться источником высотных отметок. В качестве линии профиля можно нарисовать курсором на растре временную линию (Temporary polyline), выбрать линию присутствующую в Панели слоев линейного покрытия (Selected polyline) или в целом слой (Selected layer).

На рис. 7 создана временная линия профиля, на которой, при движении курсора вдоль графика профиля, перемещается точка соответствующего положения. Справа от графика профиля можно наблюдать максимальное и минимальное значение высоты для данной линии. В качестве значений (ось Y) для профиля можно выбрать значения высоты (Height) или угла наклона склона в процентах – Slope(%) или в градусах – Slope(°). График профиля можно сохранить в форматах png, svg, 2d dxf, 3d dxf. Так же на закладке Table, расположенной в левом верхнем углу графика, можно получить значения вдоль линии профиля в табличном виде. При помощи колеса мыши, график профиля можно уменьшать/увеличивать. Левая кнопка мыши позволяет сдвигать профиль влево/вправо. Для завершения работы с модулем Profile tool необходимо закрыть его окно.

7) Установка модуля **Qgis2threejs** – трехмерная визуализация выбранных участков поверхности. Построение визуальных моделей выбранных форм рельефа.

Модули → Управление модулями... → Qgis2threejs → Установить модуль

Установленный модуль доступен или через пункт меню или через соответствующую кнопку на панели инструментов:



8) Работа с модулем **Qgis2threejs**. Перед началом работы с модулем необходимо увеличить интересующий фрагмент поверхности до размеров окна просмотра. Иногда, для достижения нужного соотношения сторон окна просмотра, надо частично свернуть общее окно NextGIS/QGIS. После выбора значка плагина на панели инструментов открывается средство преобразования данных в для просмотра в браузере.

В левой части окна находится панель «Слои», в которой перечислены слои карты в текущем проекте NextGIS/QGIS (рис. 8). В создаваемую 3d-сцену могут быть добавлены все слои текущего проекта, как растровые, так и векторные. При этом, они могут использовать собственные источники высоты при их наличии. В случае их двухмерности, в качестве источника высоты может быть определена любая числовая поверхность, имеющаяся в проекте, на которую будут «положены» эти данные.

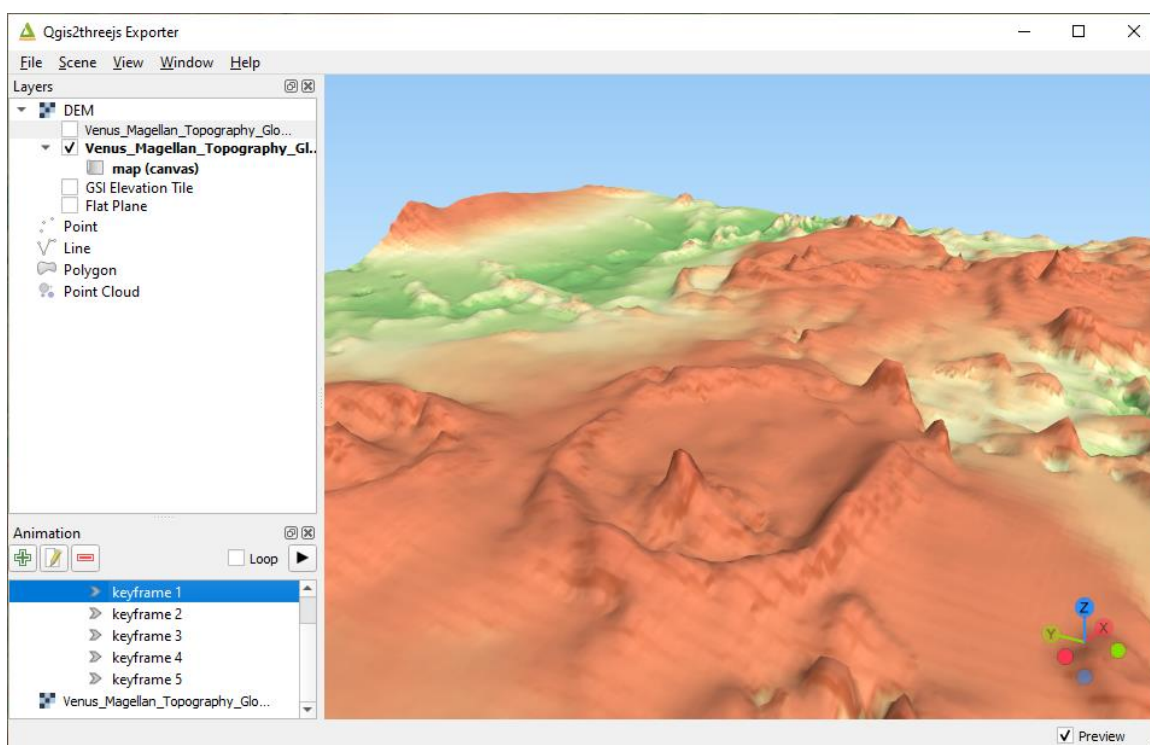


Рис. 8. Построение 3D-сцены в NextGIS/QGIS

Для наглядного отображения рельефа в настройках Сцены задаем вертикальное растяжение. Например, $Z=50$. Такое значительное вертикальное превышение определяется большими плановыми размерами объектов относительно их высотного размаха.

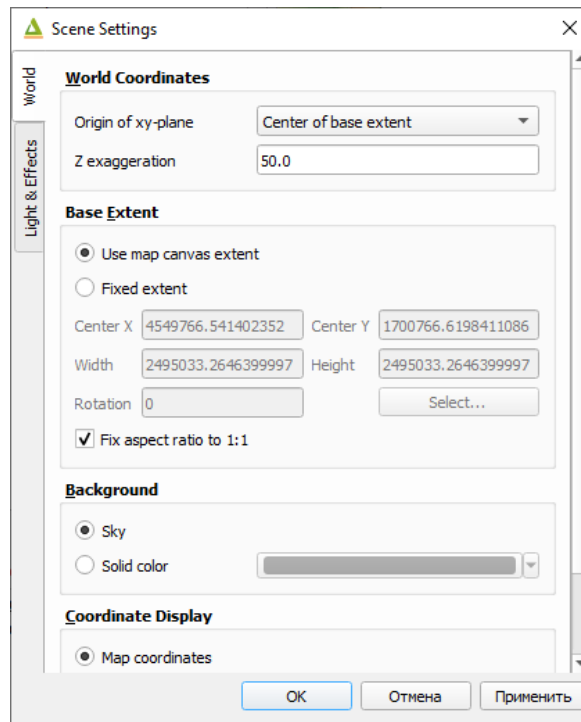


Рис. 9. Настройка параметров 3D- сцены в NextGIS/QGIS

Дополнительно в блоке настройки анимации можно установить стиль заднего плана – небо (Sky), однородный цвет (Solid color) или его прозрачность; качество прорисовки поверхности рельефа (Resampling → Grid spacing); задать построение боковых стенок блок-диаграммы; определить путь для выходного html-документа (Output Directory/Output HTML file path).

9) *Экспорт сцены в Web*. Выберите каталог для экспорта сцены, имя html-документа, установите флажок «Включить локальный запуск средства просмотра» (Enable the Viewer in a Web Locally) и нажмите кнопку «Экспорт». Если выходная директория не задана, то она будет создана временно (Temporary directory):

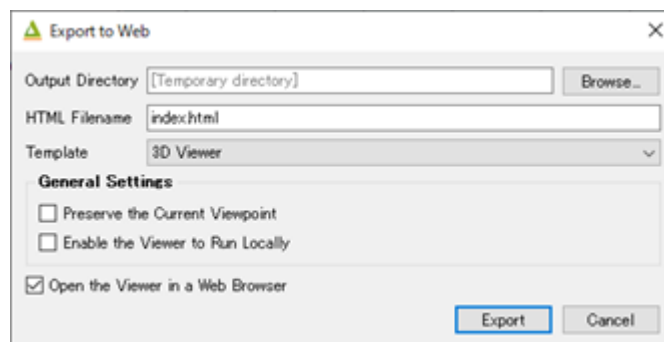


Рис. 10. Экспорт web-сцены в html

10) *Управление 3d-сценой в веб-браузере.* При установленном флажке Open the Viewer in a Browser, созданная сцена автоматически загружается в браузер (рис. 11). Управление обзором сцены осуществляется при помощи мыши. Дополнительно справа сверху можно указать уровень горизонтальной плоскости сечения сцены (Plane height) непосредственно задавая числовое значение или динамически изменять ее высоту, имитируя условный уровень подтопления территории, и определить для нее цвет (Color). Пункт Help открывает окно с клавиатурным управлением.

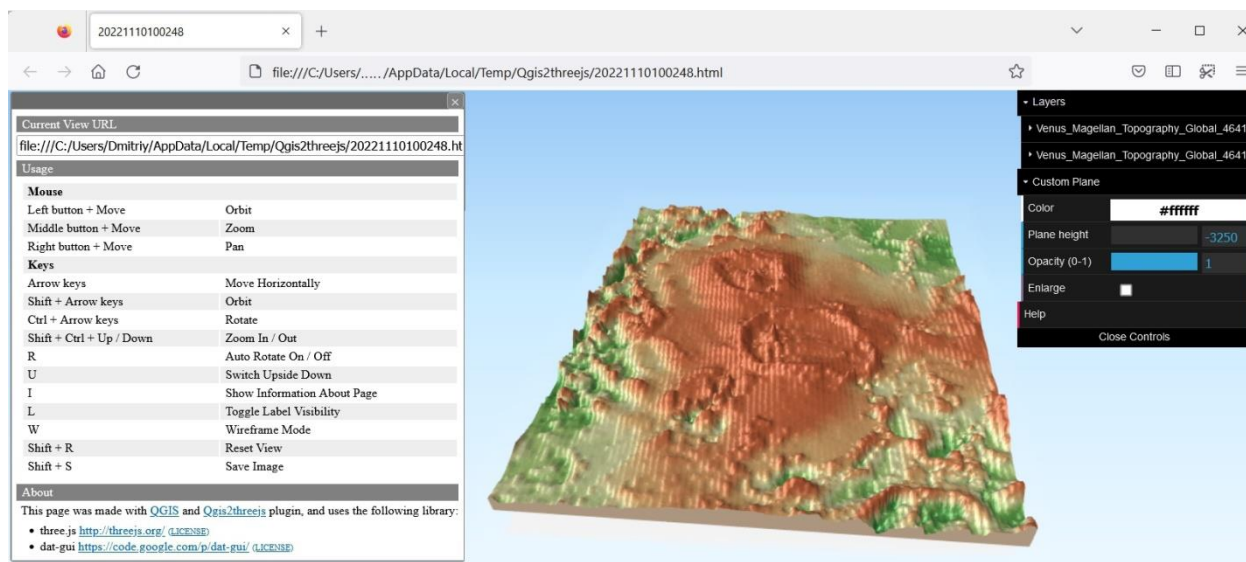


Рис. 11. 3d-сцена в окне браузера

11) *Сохранение результата в формате .glTF.* Данный файл может быть открыт стандартным средством 3D-просмотра Windows 10/11.

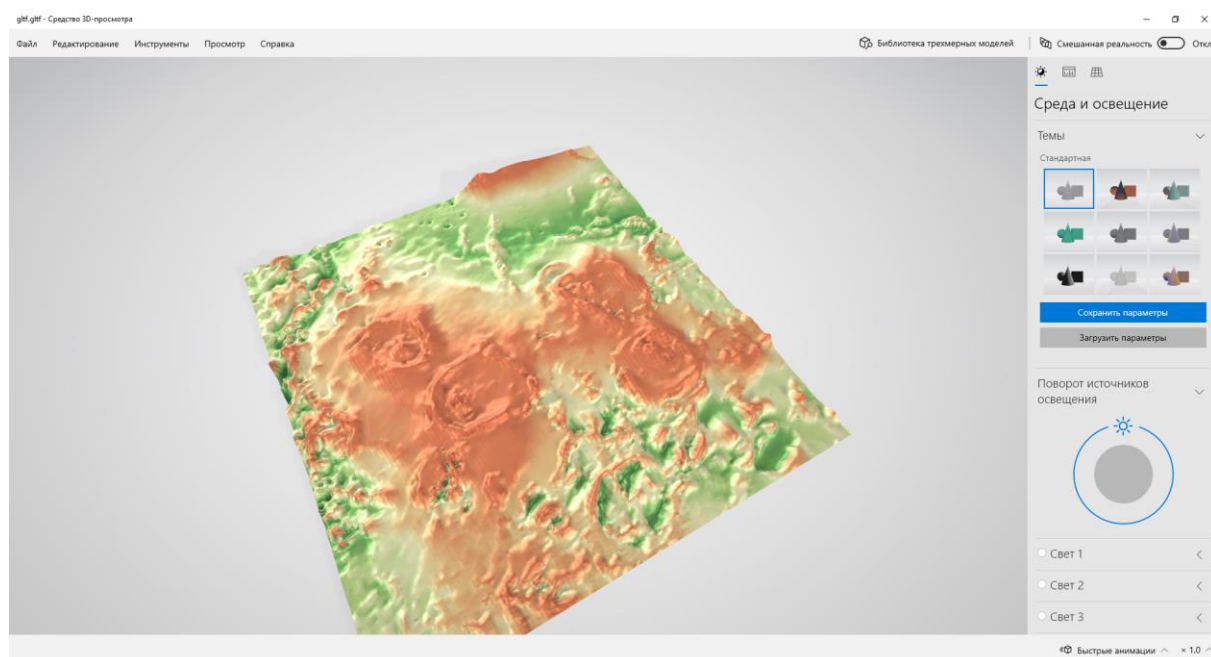


Рис. 12. Модель фрагмента поверхности рельефа в окне Средства 3D-просмотра.