

техническая поддержка тел.  
+7 (383) 325-00-25 [http://](http://www.ctt-group.ru)  
[www.ctt-group.ru](http://www.ctt-group.ru) e-mail:  
[sakharov@ctt-group.ru](mailto:sakharov@ctt-group.ru)

**Программное обеспечение для частотно-территориального  
планирования подвижной радиосвязи, ТВ- и радиовещания**

# **RadioPlanner**

## **РУКОВОДСТВО ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ**

## Оглавление

О программе .....	4
Системные требования .....	6
Установка RadioPlanner .....	7
Обновление программы .....	8
Начало работы .....	9
Панель инструментов и основное меню .....	10
Информация о проекте .....	13
Настройки.....	14
Геоданные.....	16
Цифровая модель рельефа местности (ЦМР).....	17
Цифровая модель препятствий (клаттеров) .....	18
Слои карты .....	22
Сайты .....	23
Пользовательские векторные слои (KML, CSV).....	23
Частотно-территориальное планирование мобильных сетей .....	26
Сеть .....	26
Модели распространения радиоволн .....	37
Типы и параметры расчетов .....	48
Уровень принимаемой мощности с учетом помех для синхронных сетей радиосвязи downlink - Received Power with Simulcast Interference (DL).....	62
Напряженность поля в точке приема downlink - Field Strength (DL) .....	64
Зоны TalkOut/TalkBack.....	65
Расчет покрытия для нескольких сетей.....	67
Максимальная агрегатная пропускная способность downlink/uplink - Maximum Aggregated Throughput DL/UL.....	68
Расчеты в точке .....	70
Импорт результатов измерений и настройка параметров модели расчета.....	72
Сохранение результата расчета зон радиопокрытия.....	75
Сравнение результатов расчета покрытия.....	79
Отчеты .....	81
Калькулятор чувствительности приемника, ограниченной промышленными помехами .....	82
Сеть .....	85

---

Сайты .....	87
Импорт сайтов из файла *.CSV .....	88
Параметры сайта .....	89
Параметры передатчика .....	90
Модели распространения радиоволн для проектов ТВ и радиовещания .....	95
Тип и параметры расчета .....	95
Напряженность поля в точке приема - Field Strength (DL) .....	95
Зоны максимального уровня напряженности поля Best Server (DL) .....	97
Расчет контуров по кривым распространения МСЭ-R P.1546-6 .....	98
Расчеты в точке для передатчиков ТВ- и радиовещания .....	99
Импорт результатов измерений и настройка параметров модели расчета для проектов ТВ- и радиовещания .....	100

# О программе

Программное обеспечение RadioPlanner реализует следующие основные функции:

- расчет агрегатной пропускной способности и количества доступных сетей;
- учет помех в совмещенном и соседнем каналах при частотно-территориальном планировании;
- отображение продольного профиля от базовой станции до абонента с расчетом потерь сигнала;
- осуществление группового расчета для абонентских устройств фиксированного радиодоступа, а также конечных устройств интернета вещей с индивидуальными параметрами, такими как: высота антенны, усиление антенны, мощность передатчика, потери в кабеле и т.д.) и в различных условиях развертывания;
- формирование отчетов о конфигурации базовых станций/передатчиков и параметрах расчета.

Расчет зон радиопокрытия в программе может быть выполнен с применением следующих моделей распространения радиоволн:

- Модель по рекомендации МСЭ-R P.1812-6 (09/2021) «Метод прогнозирования распространения сигнала на конкретной трассе для наземных служб „из пункта в зону“ в диапазонах УВЧ и ОВЧ»;
- Модель по рекомендации МСЭ-R P.1546-6 (08/2019) «Метод прогнозирования для трасс связи „пункта с зоной“ для наземных служб в диапазоне частот от 30 МГц до 4000 МГц»;
- Модель Лонгли-Райса v1.2.2 или ITM (Irregular Terrain Model);
- Модель Окамура–Хата;
- Модель по спецификации для 5G 3GPP TR 38.901 "Исследование канальной модели для частот от 0.5 до 100 ГГц" Версия 17;
- Модель на основе кривых распространения FCC (Federal Communications Commission – Федеральная комиссия по связи США) – для радио и телевизионного вещания;
- Комбинированная модель, учитывающей рекомендацию МСЭ-R P.528-3 (02/2012) «Кривые распространения радиоволн для воздушной подвижной и радионавигационной служб, работающих в диапазоне ОВЧ, УВЧ и СВЧ» и рекомендацию МСЭ-R P.526-14 (01/2018) «Распространение радиоволн за счет дифракции» (только для систем авиационной радиосвязи и радионавигации).

Все необходимые для работы наборы данных поставляются в комплекте с программой.

В RadioPlanner могут быть использованы следующие геоданные:

- Исходная (предлагаемая по умолчанию) цифровая модель рельефа местности (ЦМР) с разрешением в плане около 30 м. Данная ЦМР автоматически подгружается для расчетов для любой локации;
- Пользовательская ЦМР с любым разрешением в формате GeoTiff;
- Исходная (предлагаемая по умолчанию) цифровая модель препятствий (ЦМП) (клаттеров) с девятью типами препятствий и разрешением в плане около 30 м.

Данная ЦМП автоматически подгружается для расчетов для любой локации.  
Данная ЦМП создана на основе проектов OpenStreetMap и Global Forest Change;

- Пользовательская ЦМП в формате GeoTiff;
- Картографическая подложка Топо СТТ, OpenStreetMap, Google, Bing и карты с других тайловых серверов.

# Системные требования

Для работы с программой на компьютере должна быть установлена одна из версий операционной системы (ОС) Windows 8/8.1/10/11 (64- разрядная). Для использования всех возможностей программы на компьютере должен быть установлен редактор электронных таблиц с поддержкой формата Excel 97–2003.

Рекомендуемая конфигурация компьютера:

- Core i5 CPU;
- 16GB RAM;
- 256GB SSD;
- Дискретная видеокарта;
- монитор с поддержкой 1920x1080.

# Установка RadioPlanner

Содержание папки с файлом установки:

- файл установки Setup\_Radioplanner\_3\_date.exe (date – дата создания дистрибутива);
- руководство пользователя;
- папка с файлами примеров проектов \*.rp3;
- папка с примерами файлов данных.

Для установки RadioPlanner выполните следующие шаги:

1. Запустите файл Setup\_Radioplanner\_3.exe и выполните установку программы.
2. Установите в USB порт компьютера аппаратный ключ, поставляемый в комплекте, и выполните запуск программы. Поставляемые нами аппаратные ключи работают без установки драйвера ключа.

Для работы программы необходим пакет Microsoft .net framework версии 4.5 или более новой. Если на вашем компьютере установлена операционная система Windows с автоматическим обновлением, то Microsoft .net framework уже установлен. Если программа-инсталлятор его не обнаружит, то откроет страницу на сайте Microsoft с которой его необходимо загрузить и установить, после чего продолжить установку RadioPlanner.

Настройка основных параметров осуществляется в меню Настройка.

В комплекте с программой поставляется несколько примеров проектов для различных систем связи и вещания. Данные проекты полностью готовы к расчету.

## Обновление программы

В программе предусмотрена ручная и автоматическая проверка обновлений. Чтобы проверить наличие обновлений вручную, щелкните «Помощь» – «Проверка наличия обновления». Если есть доступное обновление, то откроется окно с информацией о текущей и доступной версии. Вы можете загрузить его по ссылке и установить в ручном режиме. Программу при этом следует закрыть, удалять ее не нужно.

# Начало работы

После запуска программы появится главная панель программы с основным меню в левой части и базовой картой в правой части. Можно менять размер окон панелей по мере необходимости при помощи разделителя.

На базовой карте могут отображаться различные слои, определенные пользователем – базовые станции, зоны покрытия, модели рельефа местности и препятствий (клаттеров), различные дополнительные векторные слои и т.д. Можно выбрать для отображения одну из предустановленных базовых карт или настроить собственную базовую карту, как описано в разделе «Настройки базовой карты».

Навигация по карте осуществляется при помощи мыши. Используйте колесо мыши для изменения масштаба карты. Нужный масштаб можно выбрать также из раскрывающегося списка в панели инструментов.

# Панель инструментов и основное меню

Для удобства пользователя основные команды меню оформлены в виде панели инструментов (представлена на рисунке Рисунок 1). При наведении указателя мыши на иконку появляется подсказка.



Рисунок 1 – Панель инструментов RadioPlanner



– Стандартные инструменты работы с файлами: Создать, Открыть, Сохранить.



– Сохранить проект

12 ▾

– Текущий Zoom (уровень детализации) карт тайлового сервера картографической подложки

OpenStreetMap

– Текущая базовая карта (картографическая подложка)



– Инструмент «линейка», позволяющий измерить расстояние и азимут между двумя произвольными точками. Чтобы выполнить измерение, щелкните по линейке, затем щелчком мыши отметьте две любые точки. Программа покажет расстояние между этими точками и азимут с первой на вторую. Для выхода щелкните правой кнопкой мыши в любом месте на карте.



– Повторить предыдущий расчет



– Добавить зону радиопокрытия к сравнению



– Показать/Скрыть Легенду (Условные Обозначения)



– Сохранить результаты расчета в виде растрового файла в формате PNG

-  – Сохранить результаты расчета в виде файла KMZ для Google Earth (Google Планета Земля)
-  – Сохранить результаты расчета в виде растрового файла в формате GeoTiff
-  – Сохранить результаты расчета в форматах различных ГИС
-  – Поиск по имени сайта
-  – Калькулятор чувствительности приемника, ограниченной промышленными помехами
-  – Помощь

Основное меню реализовано в виде многоуровневого дерева (рисунок Рисунок 2), элементы управления которого находятся в левой части главной панели. При выборе одного из элементов меню, рядом открывается панель, соответствующая данному элементу.

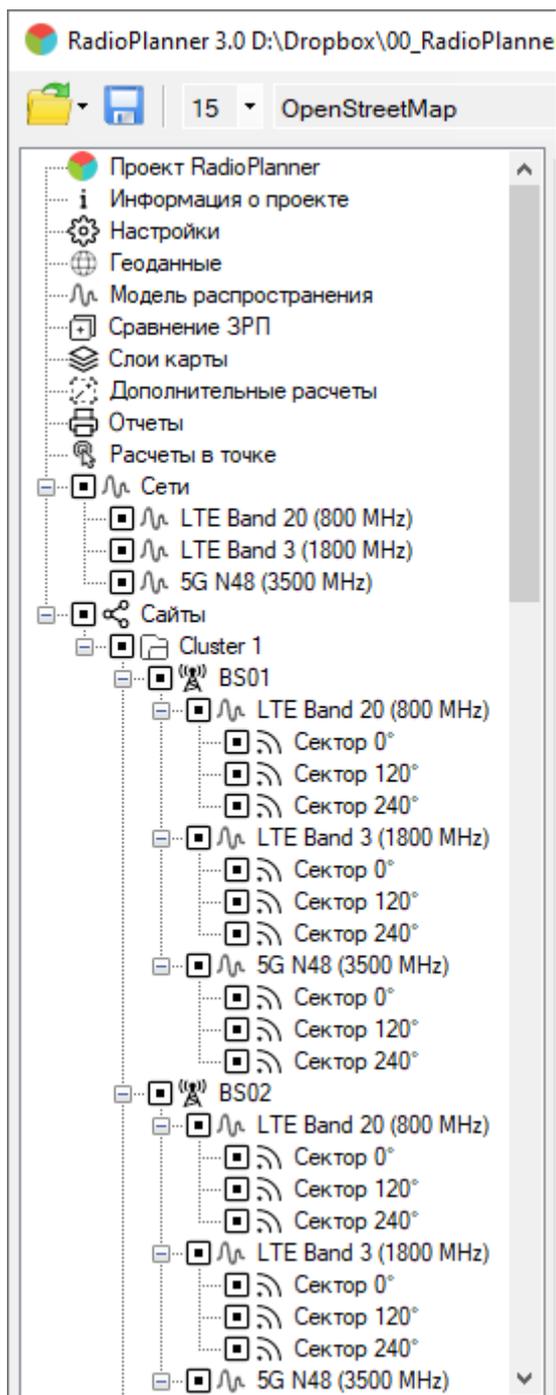


Рисунок 2 – Основное меню в виде многоуровневого дерева

# Информация о проекте

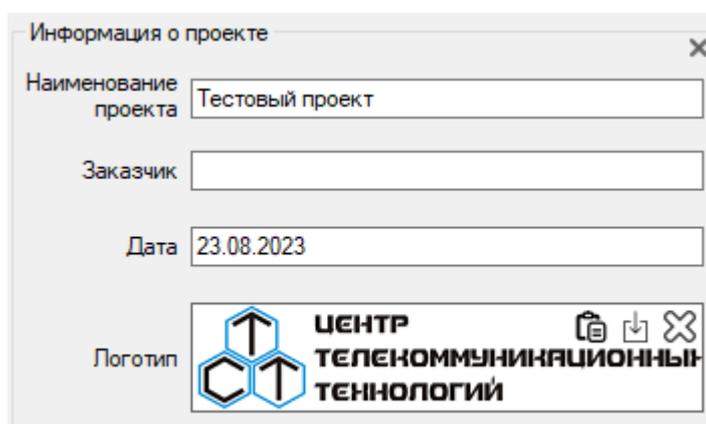
Новый проект создается автоматически при запуске программы.

В меню «Файл» выполняются стандартные операции с файлом проекта:

- создать;
- открыть;
- сохранить;
- сохранить как.

Файл описания проекта сохраняется в формате \*.gr3. Этот файл содержит все исходные данные и настройки проекта.

В окне «Информация о проекте» можно указать общую информацию о проекте (рисунок Рисунок 3).



Информация о проекте

Наименование проекта

Заказчик

Дата

Логотип  **ЦЕНТР  
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ  
ТЕХНОЛОГИЙ**

Рисунок 3 – Окно «Информация о проекте»

# Настройки

После первого запуска RadioPlanner следует выполнить первоначальную настройку (рисунок Рисунок 4).

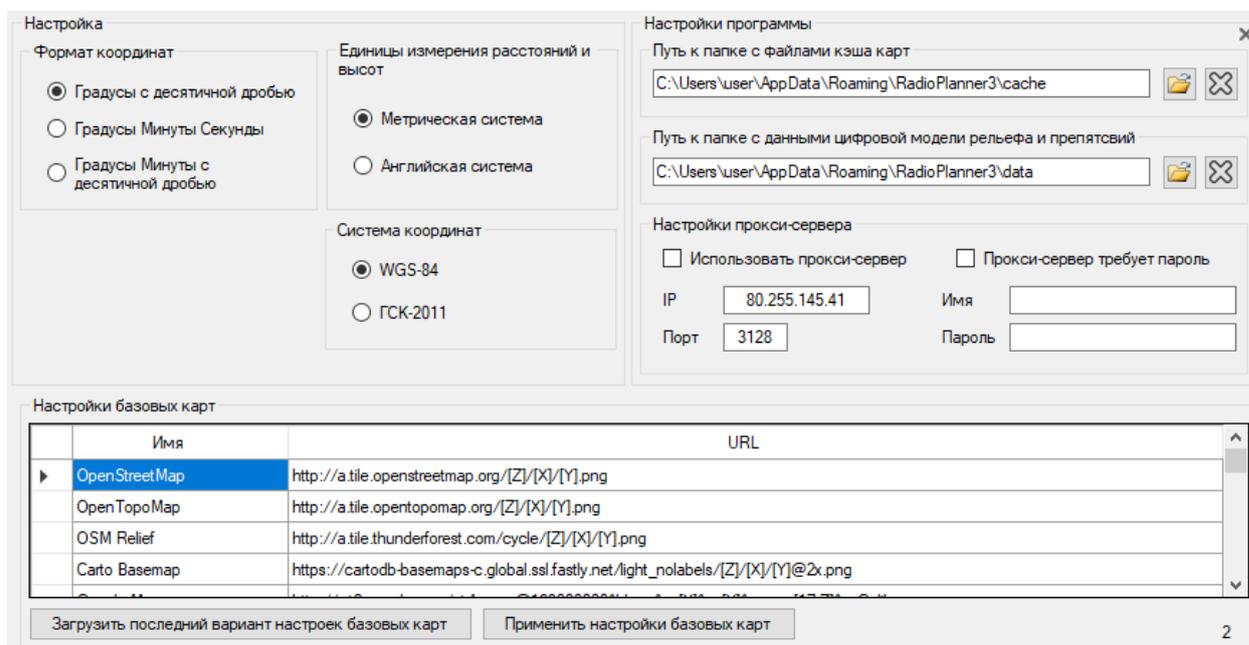


Рисунок 4 – Первоначальная настройка

## Настройка карт подложки (базовых карт)

В качестве карт подложки (базовых карт) для отображения результатов расчетов можно использовать любые доступные картографические материалы пользовательского или стороннего тайлового сервера.

Одной из доступных базовых карт в программе RadioPlanner является карта ТопоСТТ, которая специально разрабатывалась нами для использования в качестве картографической подложки в различных программах, включая RadioPlanner. На сегодняшний день карта охватывает территорию России, Казахстана и Узбекистана. В дальнейшем планируется увеличение покрытия.

Категории топографических объектов на карте:

- Растительный покров: лес (с обозначением высоты), кустарник;
- Дороги: Автомагистрали, железные дороги, местные дороги, полевые дороги и тропы;
- Застройка: контуры населенных пунктов, кварталов, жилых и промышленных зданий, этажность зданий;
- Гидрография: реки, озера, водохранилища и болота;
- Объекты инженерной инфраструктуры: трубопроводы, ЛЭП, антенные опоры и прочее;

— Рельеф местности – высотные горизонталы с шагом 10м, отметки высот.

Стиль карты Торо СТТ на мелких и средних уровнях детализации максимально приближен к стилю традиционных топографических карт масштабов от 1:1 000 000 до 1:25 000, что обеспечивает отличную читаемость и информативность при использовании карты в качестве подложки для работы в RadioPlanner.

Если у пользователя имеются более актуальные или более подробные картографические данные о нужной территории в виде растрового или векторного изображения, то тайловый сервер он можно создать самостоятельно.

Загрузить последние настройки базовых карт	–	Обновление настроек базовых карт с сервера разработчиков. Адреса пользовательских тайловых серверов будут удалены
Применить настройки базовой карты	–	Применить настройки базовой карты после ввода пользовательского адреса сервера тайлов

# Геоданные

Это окно позволяет указать геоданные – тип цифровых моделей рельефа местности (ЦМР) и препятствий (ЦМП), которые будут использоваться в расчетах. Пример параметров геоданных представлен на рисунке Рисунок 5.

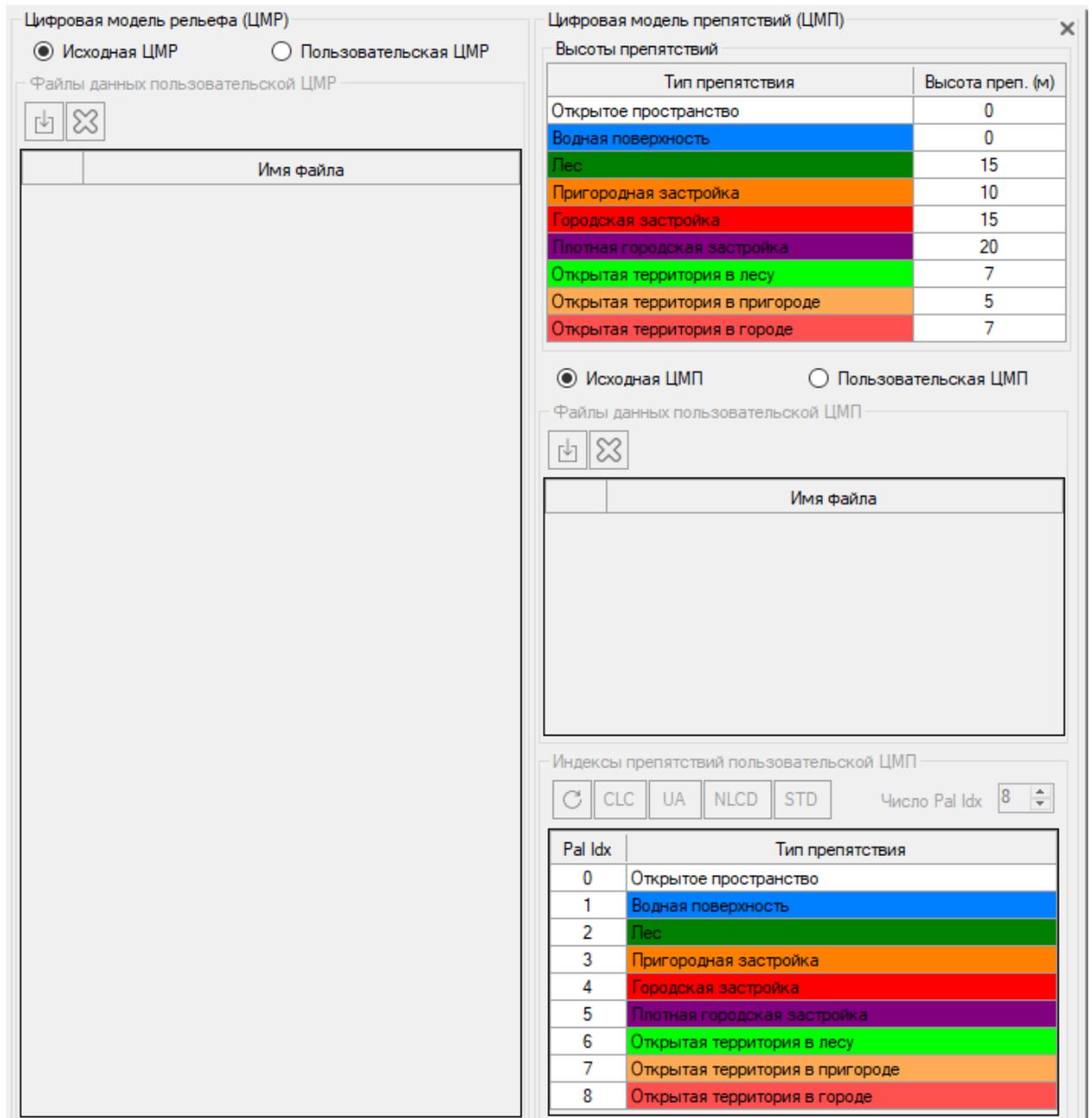


Рисунок 5 – Окно параметров геоданных

# Цифровая модель рельефа местности (ЦМР)

Цифровая модель рельефа местности (ЦМР) — это файл или набор файлов данных, где хранится матрица высотных отметок земли с определенным шагом. В RadioPlanner вы можете использовать исходную ЦМР, скомпилированную из различных открытых источников, или подключить свою ЦМР. Исходная ЦМР автоматически загружается с сервера разработчиков при расчете покрытия и доступна по всему миру. Разрешения данной ЦМР достаточно для большинства случаев использования.

Перед использованием пользовательской ЦМР, ее нужно преобразовать в формат GeoTiff.

Пользовательские файлы ЦМР GeoTIFF должны иметь следующие параметры:

- File Type: Int16 (Sixteen-bit signed integer);
- Compression: No/LZW/Deflate (ZIP);
- Projection: Geographic (Latitude/Longitude);
- Datum: WGS84;
- Planar Units: ARC Degrees;
- Vertical Units: Meters.

Пример экспорта ЦМР в файл Geo TIFF в сторонней программе, например Global Mapper с разрешением 1/5 угловой секунды представлен на рисунке Рисунок 6.

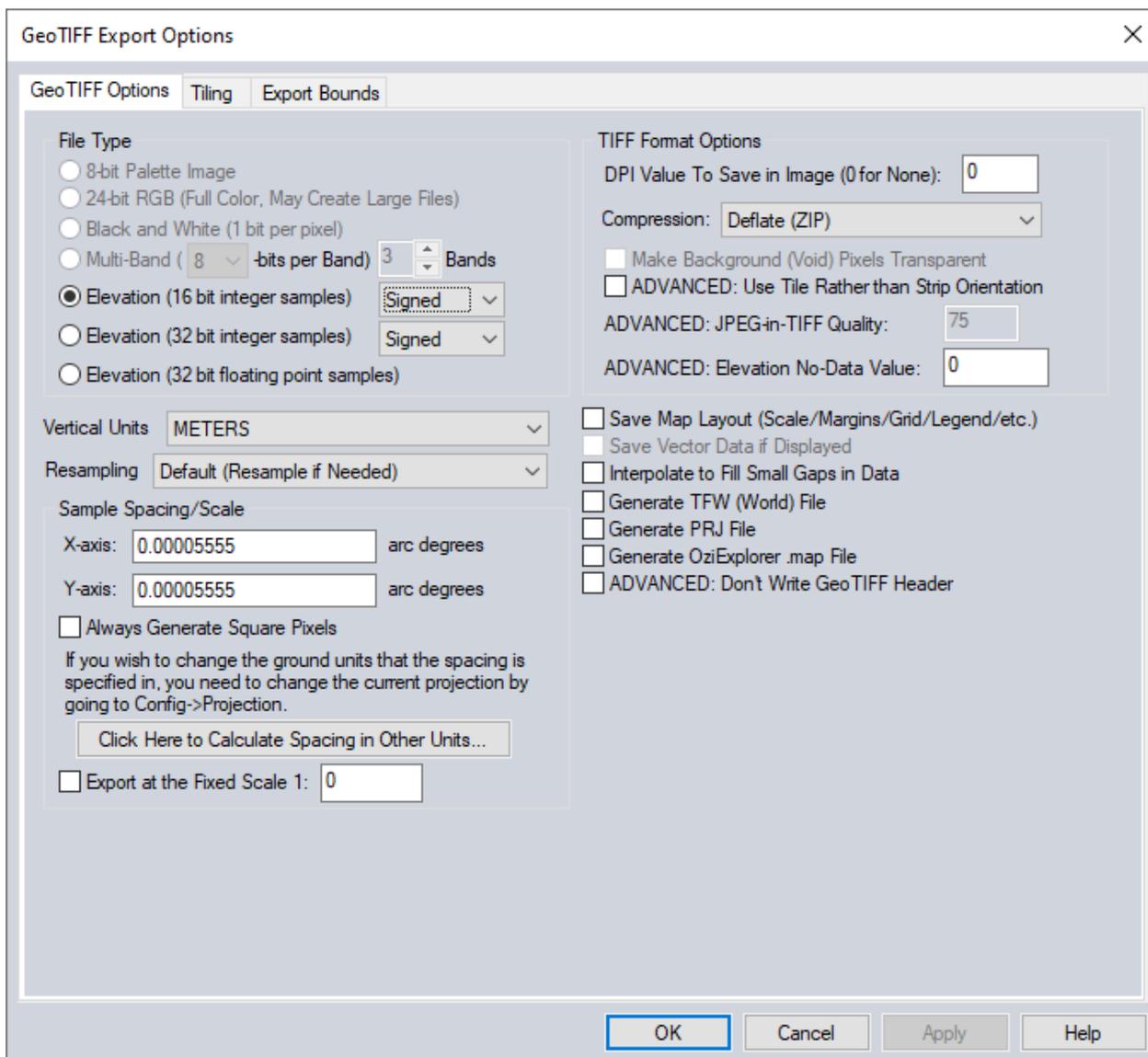


Рисунок 6 – Настройка параметров экспорта ЦМП в Geotiff

## Цифровая модель препятствий (клаттеров)

Цифровая модель препятствий (клаттеры или ЦМП) описывают земной покров и используются в моделях распространения радиоволн для расчета потерь мощности сигнала на местных препятствиях, окружающих мобильную станцию.

В RadioPlanner можно использовать исходную ЦМП, скомпилированную из различных открытых источников геоданных или подключить свою (пользовательскую) ЦМП. Исходная ЦМП автоматически загружается с сервера разработчиков при расчете покрытия и доступна по всему миру. Разрешение данной ЦМП достаточно для большинства случаев применения.

В RadioPlanner используются следующие 9 типов местных препятствий:

Тип препятствий	Цвет
-----------------	------

Открытое пространство	
Водная поверхность	
Лес	
Пригородная застройка	
Городская застройка	
Плотная городская застройка	
Открытая территория в лесу (лесные дороги, просеки)	
Открытая территория в пригороде (магистралы, широкие дороги)	
Открытая территория в городе (магистралы, проспекты, широкие дороги)	

Для каждого типа местных препятствий можно указать среднюю высоту (используется для расчета потерь на местных препятствиях в моделях распространения радиоволн ITU-R P.1812-6 и 1546-6) или напрямую ввести значение потерь (см. меню «Модель распространения радиоволн»).

Высоты препятствий	–	Типичная высота. Это значение используется в рекомендациях ITU-R P.1812 и ITU-R P.1546 для расчета потерь на местных препятствиях.
Исходная ЦМП	–	Использовать ЦМП по умолчанию
Пользовательская ЦМП		Использовать пользовательскую ЦМП

Вы также можете использовать собственную (пользовательскую) ЦМП в виде файла изображения GeoTiff с 8-битным форматом палитры. Каждый пиксель этого файла может содержать до 256 возможных классов помех (обычно используется до 30), представляющих определенные типы землепользования или растительного покрова. Пользовательские файлы ЦМП могут быть подготовлены из базы данных землепользования (например, NLCD, CORINE, ESA Global Land Cover) с использованием специализированного программного обеспечения (Global Mapper, QGIS, MapInfo и т. д.).

CLC	–	CORINE Land Cover <a href="https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover">https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover</a>
UA	–	CORINE Urban Atlas <a href="https://land.copernicus.eu/local/urban-atlas/urban-atlas-2018">https://land.copernicus.eu/local/urban-atlas/urban-atlas-2018</a>
NLCD	–	National Land Cover Database <a href="https://www.usgs.gov/centers/eros/science/national-land-cover-database">https://www.usgs.gov/centers/eros/science/national-land-cover-database</a>

По умолчанию – Индексы по умолчанию (0,1,2,3,4,5,6,7,8)

После импорта файла пользовательского каттера в RadioPlanner необходимо установить соответствие между индексами его палитры и 9 типами помех, используемых в программе. Существуют готовые пресеты таблиц соответствия для некоторых стандартных типов земного покрова (NLCD, CORINE Land Cover, CORINE Urban Atlas). Чтобы эти предустановки сработали корректно, при экспорте в GeoTiff необходимо использовать специальную стандартную (для NLCD и CORINE Land Cover) или пользовательскую (для CORINE Urban Atlas) палитру. Некоторые образцы файлов пользовательский ЦМП в формате GeoTiff можно найти в папке установки программы.

Пользовательские ЦМП GeoTiff должны иметь следующие параметры:

- File Type: 8-bit Pallete Image;
- Compression: No/LZW/Deflate (ZIP);
- Projection: Geographic (Latitude/Longitude);
- Datum: WGS84;
- Planar Units: ARC Degrees.

Пример настройки параметров экспорта ЦМП в сторонней программе, например, в Geotiff представлен на рисунке Рисунок 7.

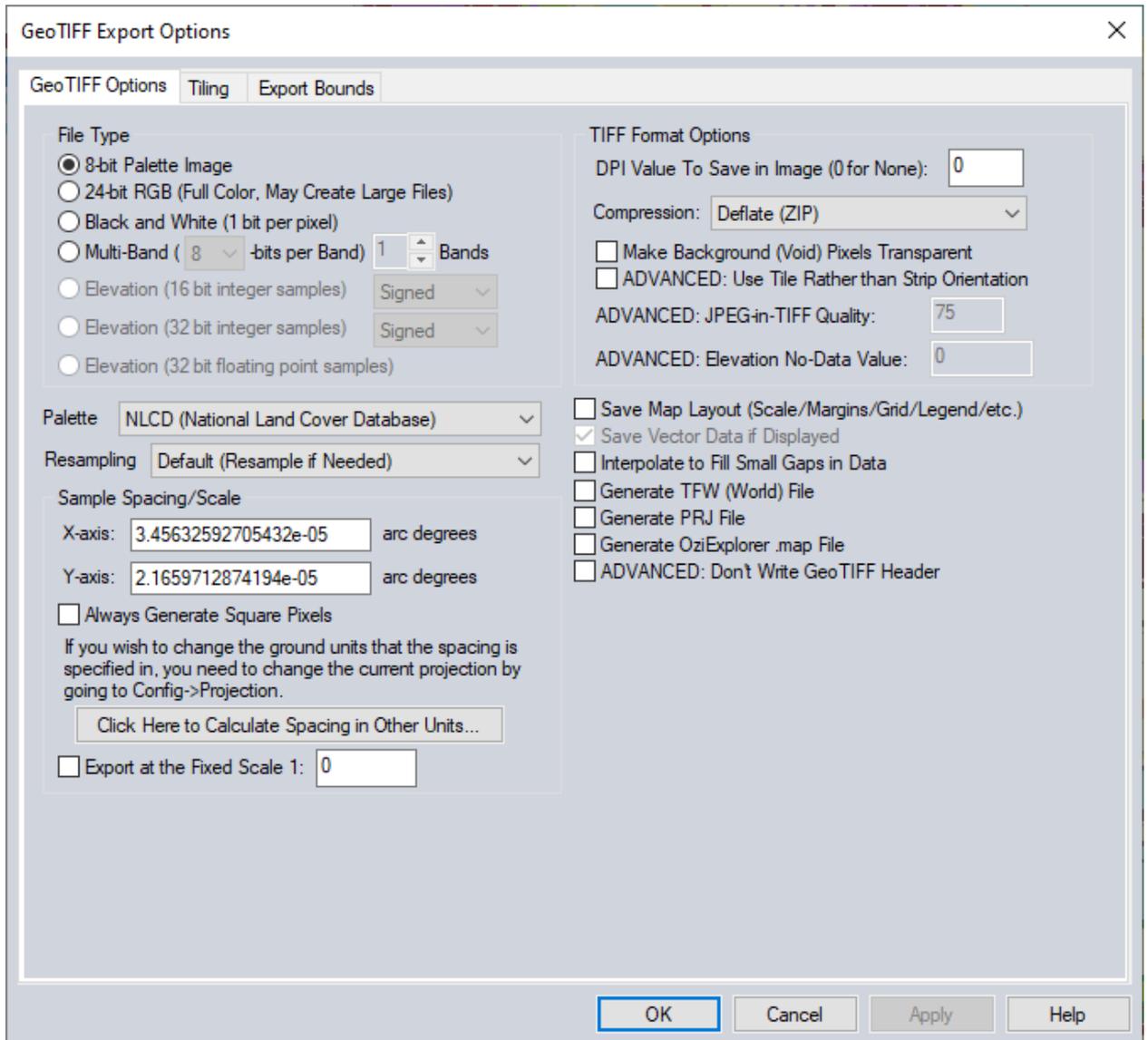


Рисунок 7 – Пример настройки параметров экспорта ЦМП в Geotiff

# Слои карты

В окне «Слои карты» вы можете управлять слоями, которые отображаются на карте. Порядок слоев в окне соответствуют порядку на карте (базовая карта – ниже всех слоев, сайты (базовые станции или передатчики ТВ- и радиовещания) – поверх всех слоев). Пример настройки слоев в окне «Слои карты» представлен на рисунке Рисунок 8.

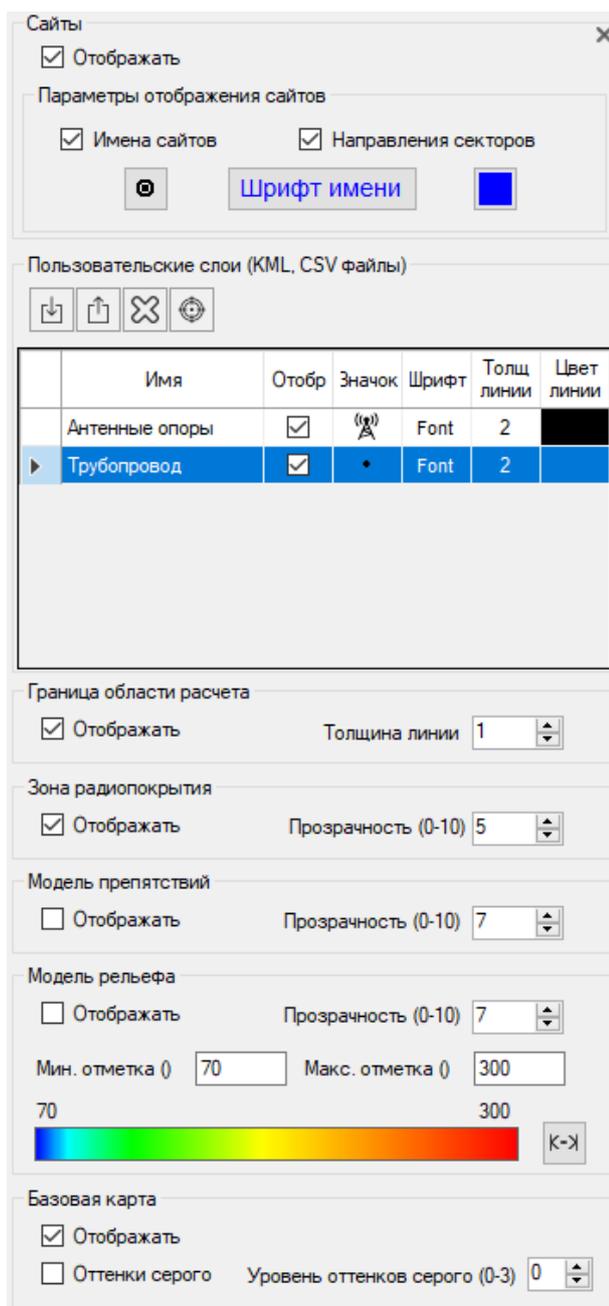


Рисунок 8 – настройка слоев карты

## Сайты

Меню сайтов содержит следующие функции:

Показать слой	–	Показать/скрыть слой сайтов
Показать наименование сайтов	–	Показать наименование сайтов
Показать направление сектора	–	Показать направление сектора в соответствии с указанным для него азимутом антенны
Значок сайтов	–	Выбрать значок для сайтов из стандартного набора
Шрифт и цвет шрифта	–	Выбрать тип, стиль и цвет шрифта для наименований сайтов

## Пользовательские векторные слои (KML, CSV)

В качестве слоя на карте можно загрузить и отобразить произвольные точечные или линейные векторные объекты в формате KML. Это может быть, например, трасса ЛЭП, трубопровод, объекты КП телемеханики и т.п. Пример пользовательских векторных слоев представлен на рисунке Рисунок 10.

	–	Загрузка слоя (файла в форматах KML, CSV).
	–	Сохранение точечных объектов выбранного слоя в CSV файл
	–	Удалить выбранный слой
	–	Позиционирование карты на первую точку выбранного пользовательского слоя
Наименование	–	Указать наименование слоя. Первоначально соответствует наименованию файла, но может быть изменено.
Показать	–	Показать/скрыть пользовательский слой на карте
Значок	–	Выбрать значок для элемента (только для точечных объектов)
Ширина линии	–	Выбрать ширину линии в пикселах (только для линейных объектов)
Цвет линии	–	Выбрать цвет линии (только для линейных объектов)

Точечные объекты можно загрузить также из файла формата \*.CSV (текстовый формат, где разделителем значений колонок является символ «;»). Это универсальный формат, в котором можно сохранить таблицу из любого редактора таблиц, а также баз данных.

Необходимые поля для каждого точечного объекта: Параметр; Широта; Долгота

Разделителем значений колонок является символ «;».

Форматы представления координат – «Полушарие, Градусы, Минуты, Секунды» или «Полушарие, Десятичные градусы». В качестве параметра может быть любой текст, который отобразится в точке с указанными координатами. Это может быть, например, результат измерений или наименование объекта. Пример текстового файла в формате \*.CSV представлен на рисунке Рисунок 9.

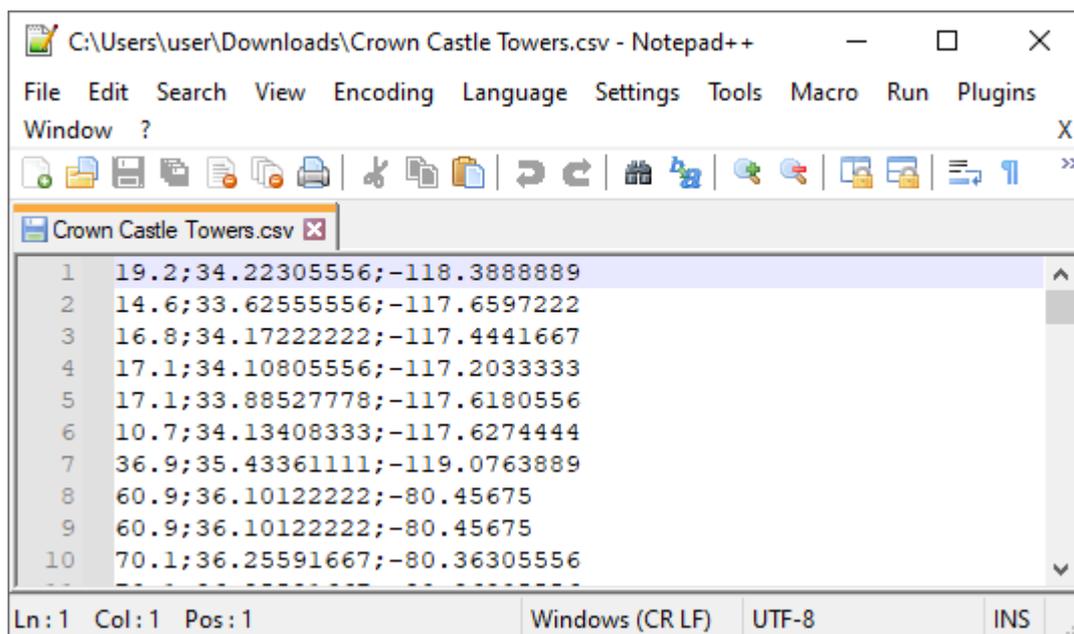


Рисунок 9 – Пример текстового файла в формате CSV

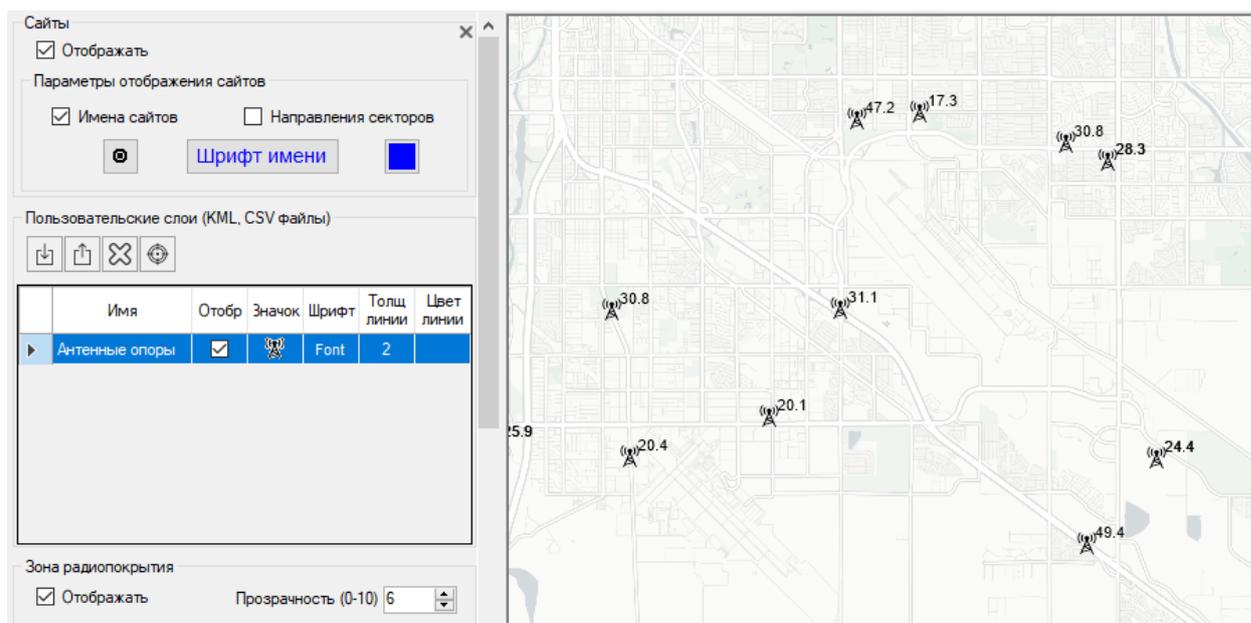


Рисунок 10 – Пример пользовательских векторных слоев на карте

Также вы можете оперативно создавать точечные объекты на карте. Для этого следует щелкнуть правой кнопкой мыши в нужное место на карте, в появившемся контекстном меню выбрать «Добавить новый точечный объект в слой „Точки“», а затем указать наименование объекта. Объект появится на карте, а также будет добавлен в слой «Точки», который будет автоматически создан при создании пользователем первого точечного объекта. Созданные точечные объекты можно также удалять – для этого следует щелкнуть правой кнопкой мыши по нужному объекту и выбрать «Удалить ближайший точечный объект в слое „Точки“».

# Частотно-территориальное планирование мобильных сетей

RadioPlanner позволяет работать с несколькими сетями в одном проекте. При создании нового проекта по умолчанию создается первая сеть. Вид окна отображения сетей представлен на рисунке Рисунок 11.

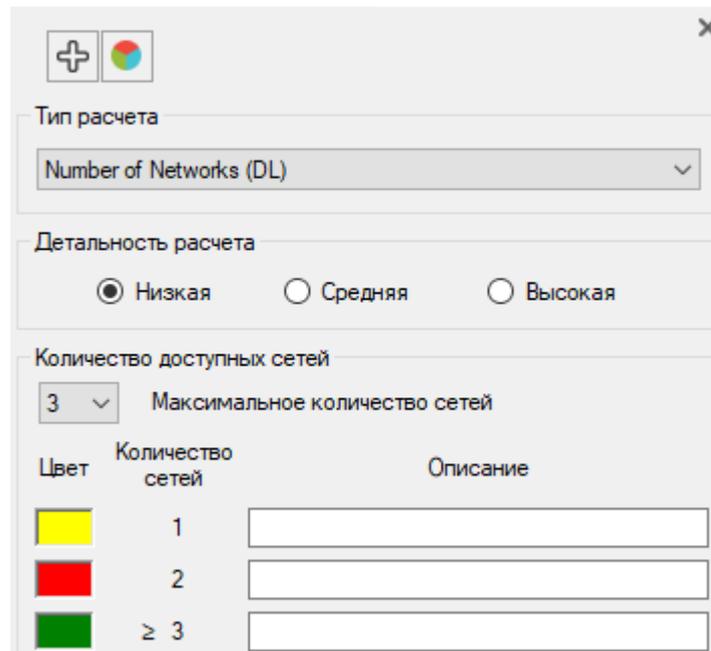


Рисунок 11 – Окно «Сети»



– Добавить сеть



– Выполнить расчет (См. раздел "Расчет покрытия для нескольких сетей")

## Сеть

В окне «Сеть» устанавливаются все параметры выбранной сети, включая параметры мобильной станции, а также выполняются все виды расчета для выбранной сети. Пример настроек параметров сети стандарта LTE представлен на рисунке Рисунок 12.

**Сеть** ✕

+ □ ↶ ↷ ✕ ☰ 🌈 📶 ⬇️ ⬆️

Наименование сети

Тип системы

**Параметры сети**

Downlink  МГц      Uplink  МГц

Чувствительность DL  дБм      Чувствительность UL  дБм

Радиус расчета  км

	AC №1	AC №2
Тип	Portable	CPE
Мощность передатчика (Вт)	0.2	0.2
Ослабление в АФТ (дБ)	0	0
Высота антенны (м)	1.5	7
Козф. усиления антенны (дБи)	0	5

Тип расчета

Уровень принимаемой мощности опорного сигнала для AC №1

Количество уровней

Цвет	Значение	Описание
	> <input type="text" value="-85"/> дБм	<input type="text" value="rsrp_bars=5"/>
	÷ <input type="text" value="-95"/> дБм	<input type="text" value="rsrp_bars=4"/>
	÷ <input type="text" value="-105"/> дБм	<input type="text" value="rsrp_bars=3"/>
	÷ <input type="text" value="-115"/> дБм	<input type="text" value="rsrp_bars=2"/>

Уровень примим. мощности опорного сигнала для AC №2

	> <input type="text" value="-105"/> дБм	<input type="text" value="rsrp_bars=2"/>
--	---	--

Рисунок 12 – Настройки параметров сети типа LTE

- + – Создать новую сеть как копию этой
- – Сделать активными/не активными все сектора текущей сети
- ↶ – Переместить вверх по списку данную сеть
- ↷ – Переместить вниз по списку данную сеть
- ✕ – Удалить сеть
- ☰ – Системные параметры

-  – Выполнить расчет
-  – Выполнить расчет покрытия для каждого активного сектора и сохранить результат в виде файла KMZ
-  – Загрузить параметры сети из шаблона
-  – Сохранить параметры сети в шаблон

### Абонентская станция

Тип	–	Наименование (модель) абонентской станции. Текстовое поле
Мощность передатчика	–	Мощность передатчика, Вт
Потери в кабеле и разъемах	–	Потери в кабеле и разъемах, дБ
Высота антенны	–	Высота антенны относительно уровня земли, м
Кoeff. усиления антенны	–	Кoeffициент усиления антенны, дБи

Программа позволяет выполнять расчет зон радиопокрытия для двух абонентских станций.

### Системные параметры для Generic TRX

Generic TRX в RadioPlanner – это любой тип приемо-передатчика мобильной связи, за исключением приемо-передатчиков для LTE и 5G.

К такому типу, например, относятся:

- Приемо-передатчики сетей мобильной связи UMTS/GSM/GSM-R/ WCDMA;
- Приемо-передатчики сетей профессиональной подвижной связи P25/TETRA/DMR/dPMR/ NXDN;
- Приемо-передатчики сетей IoT LPWAN: LoRa, SigFox и т.п.

### Таблица адаптивной модуляции

Таблица адаптивной модуляции заполняется значениями SINR (соотношение сигнал/помехи плюс шум) и соответствующими им значениями пропускной способности. Эта таблица используется для прогнозирования пропускной способности нисходящего и восходящего каналов для сетей с Generic TRX. Пример заполнения таблицы для стандарта LoRaWAN представлена на рисунке Рисунок 13. Обратите внимание, что LTE и 5G имеют отдельные таблицы адаптивной модуляции.

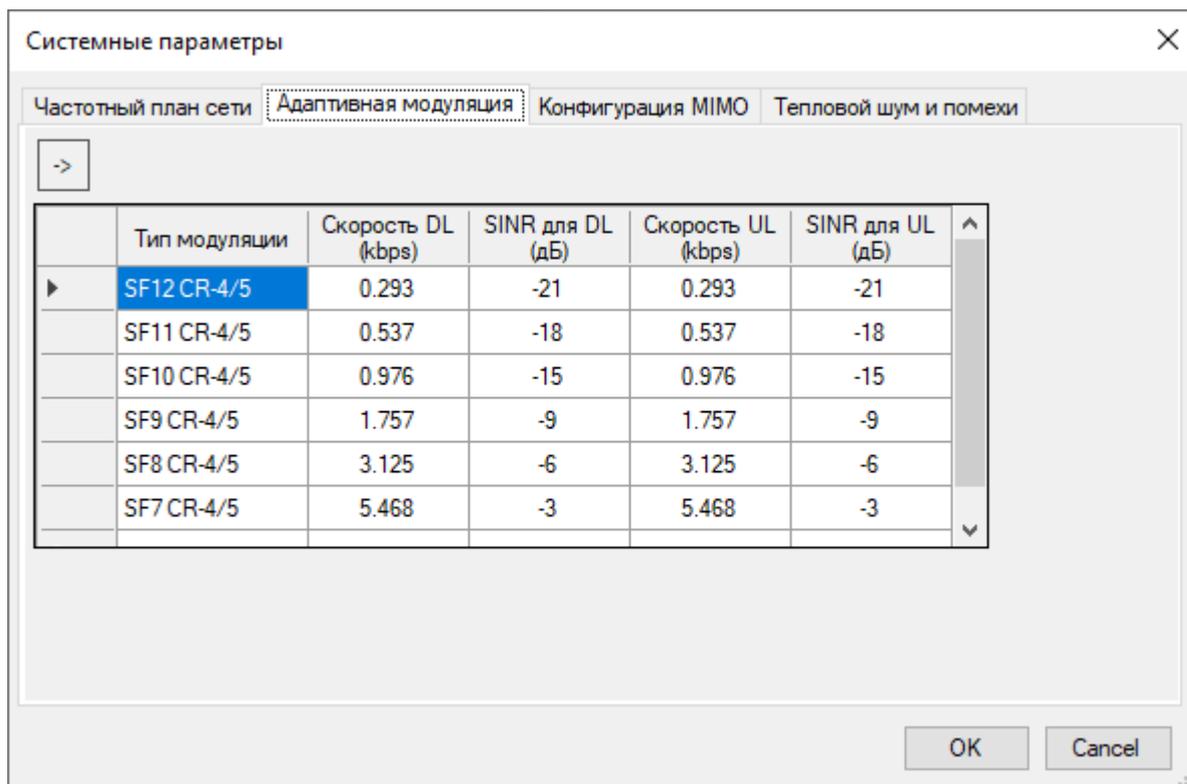


Рисунок 13 – Таблица адаптивной модуляции для стандарта LoRaWAN

Тип модуляции	–	Тип модуляции, текстовое поле
Скорость downlink (kbps)	–	Пропускная способность downlink (kbps)
SINR для downlink (дБ)	–	SINR для downlink (дБ)
Скорость uplink (kbps)	–	Пропускная способность uplink (kbps)
SINR для uplink (дБ)	–	SINR для uplink (дБ)

### Частотный план сети

В частотном плане сети вводятся все возможные частоты downlink и uplink, которые будут использоваться в сети. Для типа модуляции TDD введите одну и ту же частоту downlink и uplink. Если сеть работает на одной частоте, то частоты можно не указывать. Пример частотного плана приведен на рисунке Рисунок 14.

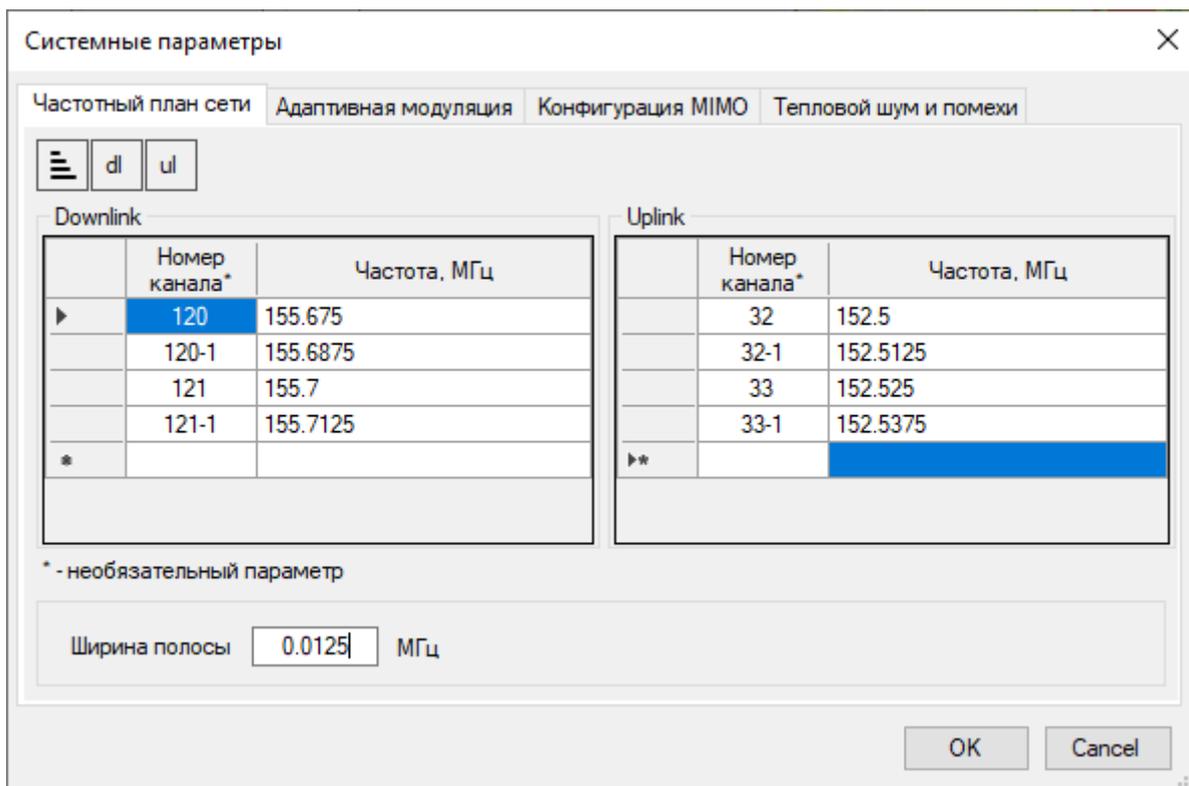


Рисунок 14 – Частотный план для Generic TRX

-  – Сортировать частоты в порядке возрастания
-  – Автозаполнение сетки частот для downlink
-  – Автозаполнение сетки частот для uplink

Если в вашей сети большая сетка частот, то будет удобно воспользоваться функцией автозаполнения (рисунокРисунок 15).

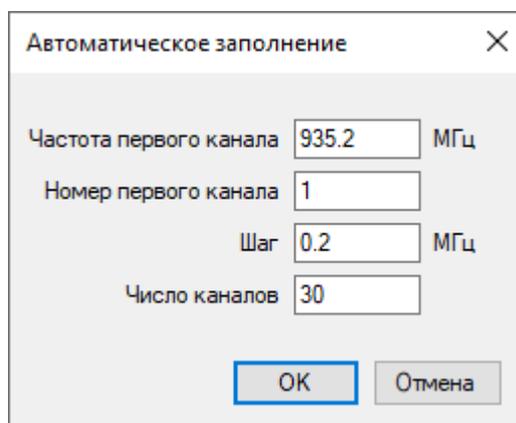


Рисунок 15 – Автозаполнение сетки частот

## Конфигурация MIMO

В таблице MIMO можно указать выигрыш усиления и мультипликатор скорости для любой из конфигураций MIMO (рисунок Рисунок 16).

Тип MIMO	Выигрыш усиления DL (дБ)	Выигрыш усиления UL (дБ)	Мультипликатор скорости DL	Мультипликатор скорости UL	Ослабление интерфер. DL (дБ)	Ослабление интерфер. UL (дБ)
Diversity Rx BS antenna	0	3	1	1	0	0
MIMO-A 2x1	3	3	1	1	0	0
MIMO-A 2x2	6	6	1	1	0	0
MIMO-B 2x2	3	3	1.9	1	0	0
MIMO-A 4x2	9	3	1	1	0	0
MIMO-B 4x2	6	3	1.9	1	0	0
SDMA/Adaptive (FDD) 4x2	8	9	1.5	2	10	15
SDMA/Adaptive (TDD) 4x2	9	9	3	3	15	15
MIMO-A 4x4	12	6	1	1	0	0
MIMO-B 4x4	6	6	3.8	1	0	0
MIMO-B 8x8	9	9	8	8	0	0
SDMA/Adaptive (FDD) 8x1	8	9	1.5	2	15	20
SDMA/Adaptive (TDD) 8x1	9	9	3	3	20	20
SDMA/Adaptive (FDD) 8x2	11	12	2	2.5	15	20
SDMA/Adaptive (TDD) 8x2	12	12	4	4	20	20

Рисунок 16 – Конфигурация MIMO для Generic TRX

## Тепловой шум и помехи

Параметры приемника на этой вкладке используются для расчета теплового шума и интерференции. Пример ввода параметров теплового шума и помех для Geberic TRX представлен на рисунке Рисунок 17.

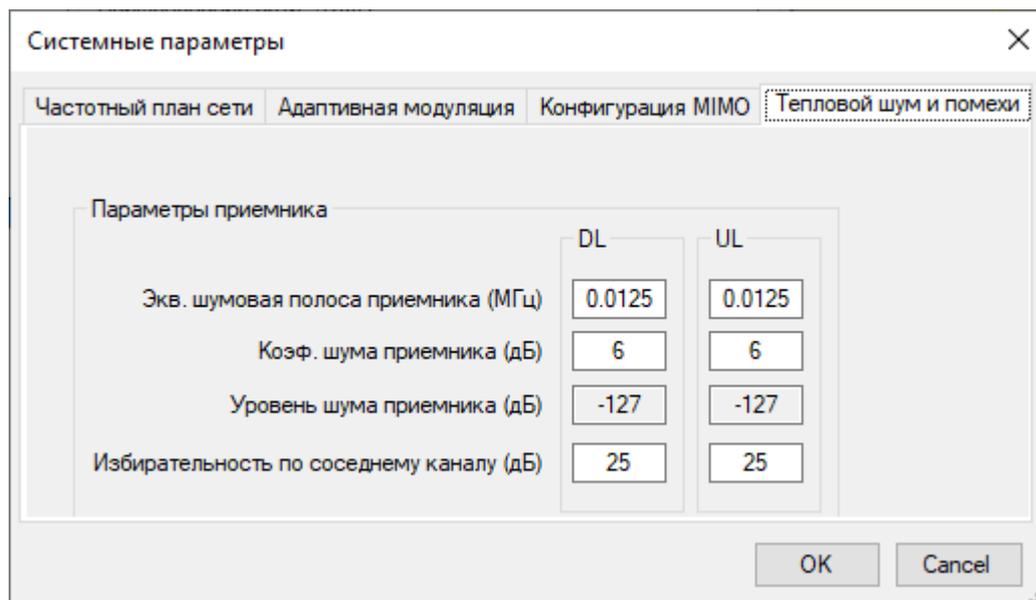


Рисунок 17 – Тепловой шум и помехи для Generic TRX

Экв. шумовая полоса приемника	–	Эквивалентная шумовая полоса приемника, МГц
Кэф. шума приемника	–	Коэффициент шума приемника, дБ. Типовая величина 3-4 дБ для БС и 6 дБ для абонентской станции
Уровень шума приемника	–	Уровень шума приемника, дБ. Расчетное значение, используется для оценки шума на приемном тракте при расчете всех типов помех
Избирательность по соседнему каналу	–	Избирательность по соседнему каналу, дБ Предполагается, что приемник имеет прямоугольную форму полосы пропускания с шириной, равной эквивалентной шумовой ширине полосы

### Системные параметры для LTE

Пример системных параметров для LTE представлен на рисунке Рисунок 18.

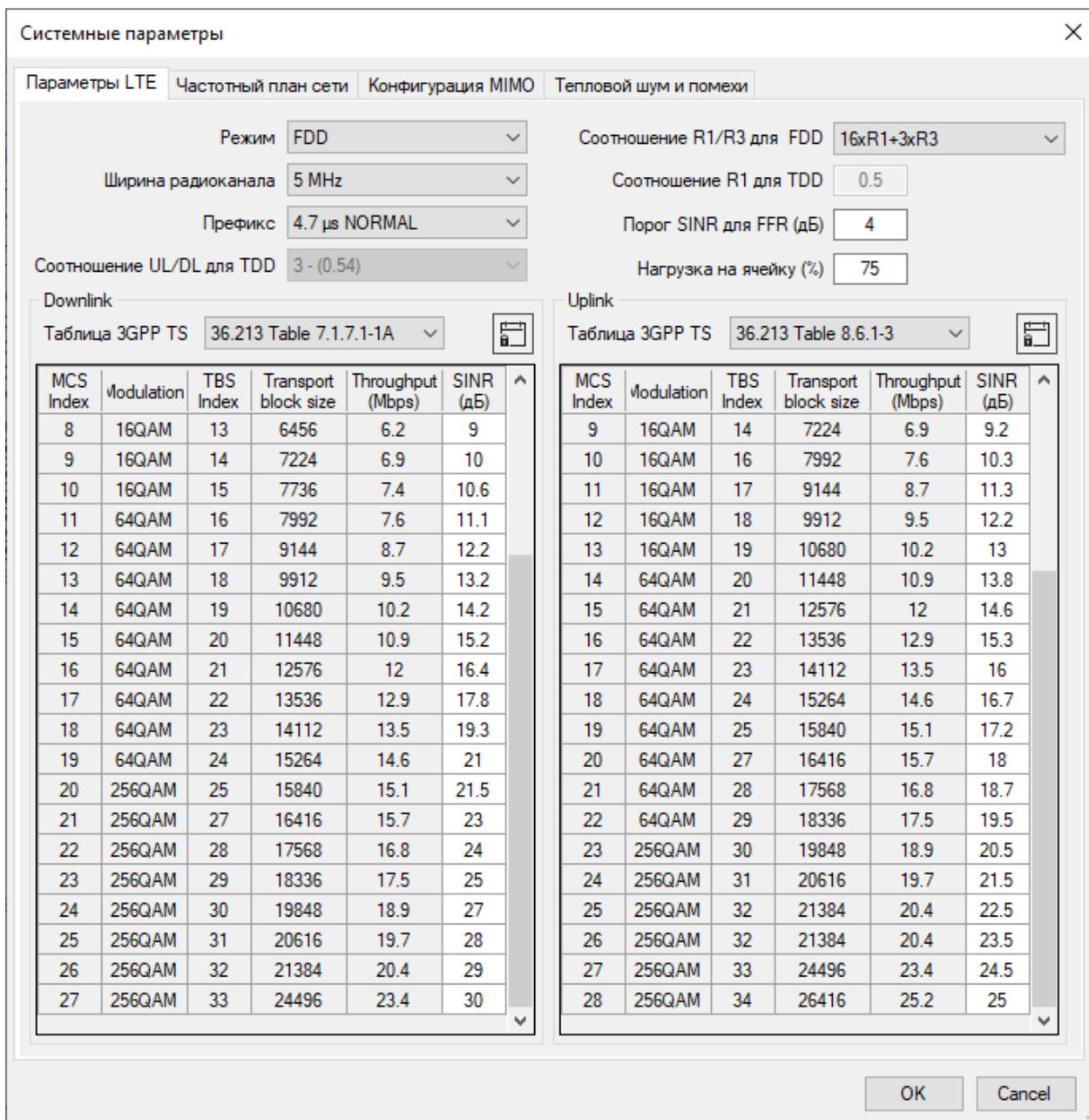


Рисунок 18 – Системные параметры LTE

- Режим – Режим дуплекса для LTE:
  - FDD (частотное разделение каналов)
  - TDD (временное разделение каналов)
  
- Ширина радиоканала – Ширина полосы радиоканала для LTE: 1.4 МГц; 3 МГц; 5 МГц; 10 МГц; 15 МГц; 20 МГц
  
- Префикс – Длительность циклического префикса в LTE:
  - 4.7 мкс (Нормальный)
  - 16.7 мкс (Расширенный)

Соотношение UL/DL для TDD	–	Конфигурации TDD в спецификации 3GPP LTE: Номер конфиг. TDD    соотн. uplink/total    соотн. downlink/total
		0                      0.7                      0.3
		1                      0.5                      0.5
		2                      0.3                      0.7
		3                      0.35                      0.65
		4                      0.25                      0.75
		5                      0.15                      0.85
		6                      0.6                      0.4
Соотношение R1/R3 для FDD	–	Соотношение между зонами R1 и R3 для дробного повторного использования частот при FDD
Соотношение R1 для TDD	–	Часть зоны R1 (от 0.1 to 1) для дробного повторного использования частот при TDD
Порог SINR для FFR	–	SINR threshold for switching between R1 and R3 zones in FFR, дБ
Нагрузка на ячейку	–	Загрузка ячейки сети, 0-100 % Загрузка ячейки считается равномерной. В дальнейшем будет добавлена возможность разной загрузки ячеек по секторам и использование карт плотности абонентов
Таблицы 3GPP	–	Эти таблицы содержат индекс MCS, тип модуляции и размер транспортного блока (TBS), указанные в таблицах 3GPP TS 36.213. Минимальные значения $C/(I+N)$ для 1% SER (дБ) могут быть указаны отдельно как для восходящей, так и для нисходящей линии связи. Теоретические значения по умолчанию, показанные в этой таблице, взяты из опубликованных MATLAB-симуляций производительности радиоканала LTE. Пропускная способность для каждого индекса модуляции определяется из таблиц 3GPP с учетом размера транспортного блока. Эта пропускная способность не учитывает множитель MIMO

### Частотный план сети

В частотном плане сети вводятся все возможные частоты downlink и uplink, которые будут использоваться в сети. Для типа модуляции TDD введите одну и ту же частоту downlink и uplink. Если сеть работает на одной частоте, то частоты можно не указывать. Пример настройки частотного плана сети представлен на рисунке Рисунок 19.

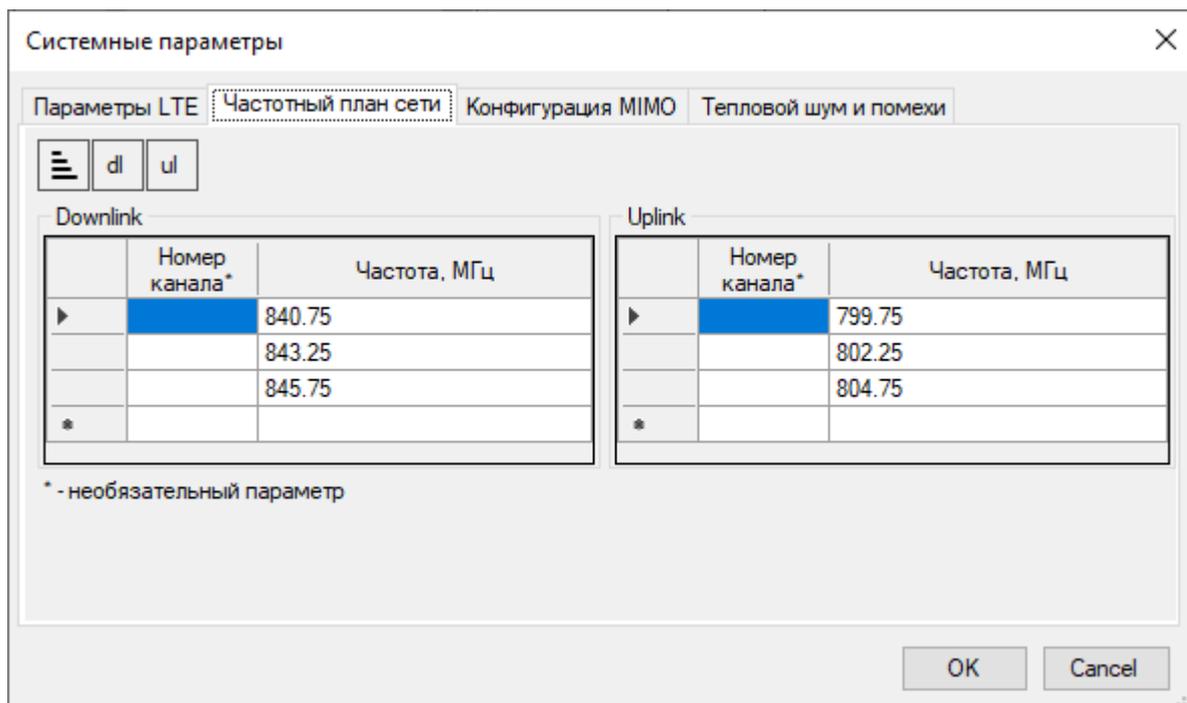


Рисунок 19 – Частотный план сети LTE

### Конфигурация MIMO

В таблице MIMO можно указать выигрыш усиления и мультипликатор скорости для любой из конфигураций MIMO. Пример конфигурации MIMO для LTE представлен на рисунке Рисунок 20.

Системные параметры

Параметры LTE Частотный план сети **Конфигурация MIMO** Тепловой шум и помехи

Тип MIMO	Выигрыш усиления DL (дБ)	Выигрыш усиления UL (дБ)	Мультипликатор скорости DL	Мультипликатор скорости UL	Ослабление интерфер. DL (дБ)	Ослабление интерфер. UL (дБ)
Diversity Rx BS antenna	0	3	1	1	0	0
MIMO-A 2x1	3	3	1	1	0	0
MIMO-A 2x2	6	6	1	1	0	0
MIMO-B 2x2	3	3	1.9	1	0	0
MIMO-A 4x2	9	9	1	1	0	0
MIMO-B 4x2	6	6	1.9	1	0	0
SDMA/Adaptive (FDD) 4x2	8	9	1.5	2	10	15
SDMA/Adaptive (TDD) 4x2	9	9	3	3	15	15
MIMO-A 4x4	12	6	1	1	0	0
MIMO-B 4x4	6	6	3.8	1	0	0
MIMO-B 8x8	9	9	8	8	0	0
SDMA/Adaptive (FDD) 8x1	8	9	1.5	2	15	20
SDMA/Adaptive (TDD) 8x1	9	9	3	3	20	20
SDMA/Adaptive (FDD) 8x2	11	12	2	2.5	15	20
SDMA/Adaptive (TDD) 8x2	12	12	4	4	20	20

OK Cancel

Рисунок 20 – Конфигурация MIMO для LTE

### Тепловой шум и помехи

Параметры приемника на этой вкладке используются для расчета теплового шума и интерференции. Пример параметров теплового шума и помех для LTE представлен на рисунке Рисунок 21.

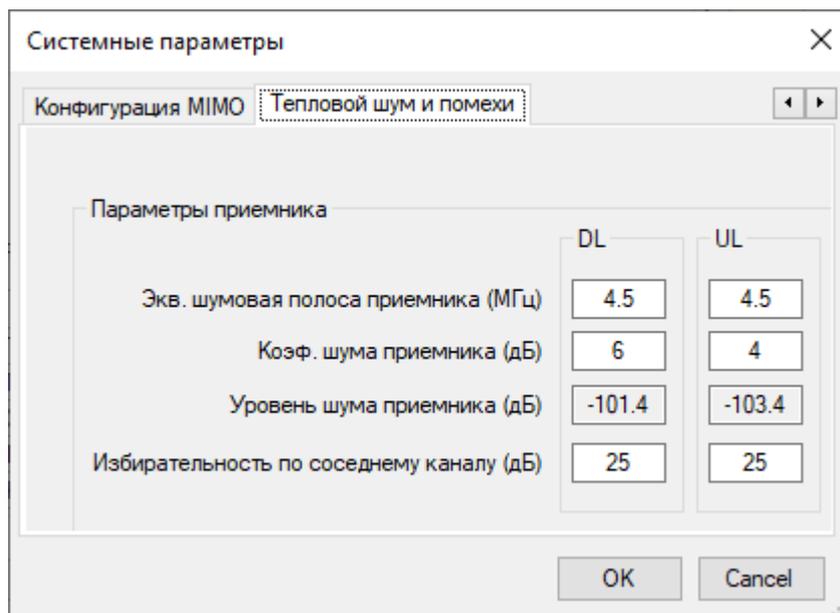


Рисунок 21 – Тепловой шум и помехи для LTE

- |                                     |   |  |
|-------------------------------------|---|--|
| Экв. шумовая полоса приемника       | – | <p>Эквивалентная шумовая полоса приемника, МГц</p> <p>В системах LTE при использовании всех ресурсных блоков получают следующие эквивалентные шумовые полосы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— 1.08 МГц (для полосы 1.4 МГц)</li> <li>— 2.7 МГц (для полосы 3 МГц)</li> <li>— 4.5 МГц (для полосы 5 МГц)</li> <li>— 9 МГц (для полосы 10 МГц)</li> <li>— 13.5 МГц (для полосы 15 МГц)</li> <li>— 18 МГц (для полосы 20 МГц)</li> </ul> |
| Коеф. шума приемника                | – | <p>Коэффициент шума приемника, дБ. Типовое значение 3-4 дБ для eNodeB и 6 дБ для UE</p>  |
| Уровень шума приемника              | – | <p>Уровень шума приемника, дБ. Расчетное значение, используется для оценки шума на приемном тракте при расчете всех типов помех</p>  |
| Избирательность по соседнему каналу | – | <p>Избирательность по соседнему каналу, дБ</p> <p>Предполагается, что приемник имеет прямоугольную форму полосы пропускания с шириной, равной эквивалентной шумовой ширине полосы</p>  |

## Модели распространения радиоволн

В RadioPlanner вы можете выбрать одну из нескольких моделей распространения радиоволн для прогнозирования радиопокрытия.

Модели распространения радиоволн	Диапазон частот	Использование ЦММ <sup>1</sup>	Использование ЦМП <sup>2</sup>
ITU-R P.1812-6	30 МГц to 6 ГГц	+	+
Лонгли-Райса (ITM) v 1.2.2	20 МГц to 20 ГГц	+	+
Окамура-Хата	100 МГц to 1.5 ГГц	-	+
3GPP TR 38.901	500 МГц to 100 ГГц	+ <sup>3</sup>	-
ITU-R P.1546-6	30 МГц to 3 ГГц	+	+
ITU-R P.528-3 + P.526-14	125 МГц to 15.5 ГГц	+	+

### Модель ITU-R P.1812-6

В модели ITU-R P.1812-6 учитываются следующие факторы, влияющие на распространение радиоволн:

- дифракционные потери на трассе с учетом профиля местности, извлекаемого из цифровой модели рельефа местности;
- влияние местных окружающих препятствий, информация о которых извлекается из цифровой модели препятствий;
- временная и пространственная нестабильность принимаемого радиосигнала (медленные и быстрые замирания на трассе распространения сигнала).

Пример параметров модели ITU-R P.1812-6 представлен на рисунке Рисунок 22.

<sup>1</sup> Цифровая модель местности

<sup>2</sup> Цифровая модель поверхности

<sup>3</sup> Используется только для определения наличия прямой видимости

Модель распространения

Rec. ITU-R P.1812-6

Процент мест и времени

Процент мест 95 %  $\sigma_{LN}$  5.5 дБ

Процент времени 95 %  $\sigma_R$  7.5 дБ

Доп. запас на замирания 0 дБ  $\sigma_t$  2 дБ

Запас на замирания 15.6 дБ

Потери на препятствиях

Учет потерь на преп. Сеть DMR

Расчет потерь на преп. в соотв. с Рек. ITU-R P.1812

Тип препятствия	Потери для АС №1, дБ	Потери для АС №2, дБ
Открытое пространство	0	0
Водная поверхность	0	0
Лес	15	14.6
Пригородная застройка	13.1	12.5
Городская застройка	15	14.6
Плотная городская застройка	20.6	20.4
Открытая территория в лесу	8.3	7.5
Открытая территория в приг...	7.1	6.1
Открытая территория в городе	8.3	7.5

Исключить водную поверхность из зоны покрытия

Рисунок 22 – Параметры модели ITU-R P.1812-6

- Процент мест, % – Устанавливается процент по месту, для которого будет выполнен расчет (50–99 %, обычно 50 %, 90 % или 95 %) Установите 50%, если хотите полностью исключить влияние вероятности по месту
- Процент времени, % – Устанавливается процент по времени, для которого будет выполнен расчет (обычно 90-95%); Установите 50%, если хотите полностью исключить влияние вероятности по времени
- Дополнительный запас на замирания, дБ – Дополнительный запас на замирания, который будет учитываться при расчетах (например, экранирование сигнала телом человека)
- $\sigma_{LN}$ , дБ – Логнормальное стандартное отклонение медленных (теневого) замираний, дБ. Это значение зависит от разрешения цифровой модели рельефа местности и несущей частоты. Типичное значение 2-5 дБ для современных ЦМР
- $\sigma_R$ , дБ – Стандартное отклонение быстрых замираний Рэлея, дБ.

		Обычно 7,5 дБ
$\sigma$ , дБ	–	Стандартное отклонение временной изменчивости, дБ. На расстояниях до 50 км от обычно колеблется в пределах 2-3 дБ для суши и до 9 дБ для моря. См. Таблицу 3 в Рекомендации МСЭ-R P.1406-2 «Влияние распространения, относящееся к наземным сухопутным подвижным и радиовещательным службам в диапазонах ОВЧ и УВЧ»
Суммарный запас, дБ	–	Суммарный запас, дБ. Расчетная величина с учетом местоположения и временной изменчивости, а также дополнительного запаса на замирания.
Добавить потери на препятствиях	–	Учитывать потери на препятствиях
Тип сети	–	Выбрать сеть, для которой будут учитываться данные потери
Расчет потерь в соответствии с Rec. ITU-R P.1812	–	Расчет потерь в соответствии с Rec. ITU-R P.1812

### Потери на препятствиях (клаттере)

Частота и высота антенны задаются в меню «Сеть». Типичная ширина улиц принята 27 м (в соответствии с ITU-R P.1812-6). ЦМП определяет тип препятствий в каждой точке.

Средние высоты для различных типов препятствий задаются в меню «Геоданные». Высота препятствий по умолчанию:

Тип препятствий	Цвет	Высота (м)
Открытое пространство		7
Водная поверхность		0
Лес		15
Пригородная застройка		10
Городская застройка		15
Плотная городская застройка		20
Открытая территория в лесу		7
Открытая территория в пригороде		5
Открытая территория в городе		7

В таблицу также можно установить потери для каждого типа препятствий на основе собственных данных вручную.

## Модель ITU-R P.1546-6

Модель ITU-R P.1546-6 является эмпирической, так как основана на полученных экспериментальным путем кривых зависимости напряженности поля от расстояния для разных частот, высот антенн, типов трассы и вероятности по времени. Пример параметров модели ITU-R P.1546-6 представлен на рисунке Рисунок 23.

Модель распространения

Rec. ITU-R P.1546-6

Процент мест и времени

Процент мест 90 %  $\sigma_{LN}$  5.5 дБ

Процент времени 50 %  $\sigma_R$  7.5 дБ

Доп. запас на замирания 0 дБ

Запас на замирания 11.9 дБ

Тип трассы Сухопутная

Учет поправки на угол просвета со стороны приемника

Потери на препятствиях

Учет потерь на преп. Сеть DMR

Расчет потерь на преп. в соотв. с Рек. ITU-R P.1546

Тип препятствия	Потери для АС №1, дБ	Потери для АС №2, дБ
Открытое пространство	0	0
Водная поверхность	0	0
Пес	16.8	14
Пригородная застройка	15.2	12.4
Городская застройка	16.8	14
Плотная городская застройка	21.8	19
Открытая территория в лесу	11.2	8.4
Открытая территория в приг ...	10.1	7.3
Открытая территория в городе	11.2	8.4

Исключить водную поверхность из зоны покрытия

Рисунок 23 – Параметры модели ITU-R P.1546-6

Подход к расчету запаса на замирания, учитывающий статистическую изменчивость по месту и времени, аналогичен подходу, описанному в модели распространения ITU-R P.1812.

Процент мест, % – Устанавливается процент по месту, для которого будет выполнен расчет (50–99 %, обычно 50 %, 90 % или 95 %) Установите 50%, если хотите полностью исключить влияние вероятности по месту

Процент времени, % – Устанавливается процент по времени, для которого будет выполнен расчет (обычно 90-

		95%); Установите 50%, если хотите полностью исключить влияние вероятности по времени
Дополнительный запас на замирания, дБ	–	Дополнительный запас на замирания, который будет учитываться при расчетах (например, экранирование сигнала телом человека)
$\sigma_{LN}$ , дБ	–	Логнормальное стандартное отклонение медленных (теневых) замираний, дБ. Это значение зависит от разрешения цифровой модели рельефа местности и несущей частоты. Типичное значение 2-5 дБ для современных ЦМР
$\sigma_R$ , дБ	–	Стандартное отклонение быстрых замираний Рэля, дБ. Обычно 7,5 дБ
$\sigma_t$ , дБ	–	Стандартное отклонение временной изменчивости, дБ. На расстояниях до 50 км от обычно колеблется в пределах 2-3 дБ для суши и до 9 дБ для моря. См. Таблицу 3 в Рекомендации МСЭ-R P.1406-2 «Влияние распространения, относящееся к наземным сухопутным подвижным и радиовещательным службам в диапазонах ОВЧ и УВЧ»
Суммарный запас, дБ	–	Суммарный запас, дБ. Расчетная величина с учетом местоположения и временной изменчивости, а также дополнительного запаса на замирания
Тип трассы	–	Тип трассы из следующего набора: <ul style="list-style-type: none"> <li>— Сухопутная</li> <li>— Трасса над холодным морем</li> <li>— Трасса над теплым морем</li> </ul>
Учет поправки на угол просвета со стороны приемника	–	Учитывать рельеф местности со стороны приемника
Добавить потери на препятствиях	–	Учитывать дополнительные потери на препятствиях. Пользователь может задать величину потерь на препятствиях вручную для каждого типа препятствий, основываясь на сторонних данных о величине потерь – для этого нужно указать Добавить потери на препятствиях и ввести в таблицу соответствующие потери
Использовать величину потерь на препятствиях в соответствии с МСЭ-R P.1546-6	–	Вычисление дополнительных потерь на препятствиях в соответствии с рекомендацией МСЭ-R P.1546-6 в зависимости от средней (типовой) высоты препятствий

### Модель Лонгли-Райса или ITM (Longley-Rice, Irregular Terrain Model)

Данная модель предназначена для частот от 20 МГц до 40 ГГц и для трасс длиной от 1 км до 2000 км. В RadioPlanner используется версия 1.2.2 модели Лонгли-Райса. Пример параметров модели Лонгли-Райса представлен на рисунке Рисунок 24.

**Модель распространения** ✕

Longley-Rice ▼

---

**Процент мест и времени**

Процент мест  %

Процент времени  %

Доп. запас на замирания  дБ

---

**Параметры трассы**

Индекс рефракции  N-единицы

Проводимость  См/м

Диэлектр. прониц.

Тип климата  ▼

---

Поляризация антенны  ▼

---

**Потери на препятствиях**

Учет потерь на преп. Сеть  ▼

Тип препятствия	Потери для АС №1, дБ	Потери для АС №2, дБ
Открытое пространство	0	0
Водная поверхность	0	0
Лес	20	20
Пригородная застройка	15	15
Городская застройка	20	20
Плотная городская застройка	25	25
Открытая территория в лесу	10	10
Открытая территория в пригор...	5	5
Открытая территория в городе	10	10

Исключить водную поверхность из зоны покрытия

Рисунок 24 – Параметры модели Лонгли-Райса

- Процент мест, % – Устанавливается процент по месту, для которого будет выполнен расчет (50–99 %, обычно 50 %, 90 % или 95 %) Установите 50%, если хотите полностью исключить влияние вероятности по месту
- Процент времени, % – Устанавливается процент по времени, для которого будет выполнен расчет (обычно 90-95%); Установите 50%, если хотите полностью исключить

		влияние вероятности по времени
Дополнительный запас на замирания, дБ	–	Дополнительный запас на замирания, который будет учитываться при расчетах (например, экранирование сигнала телом человека)
Индекс рефракции, N-единицы	–	Индекс атмосферной рефракции (преломления) радиоволн у поверхности земли, измеренный в N-единицах. Для средней рефракции N=301
Проводимость, См/м	–	Проводимость поверхности, См/м
Относительная диэлектрическая проницаемость	–	Относительная диэлектрическая проницаемость поверхности
Тип климата	–	Тип климата из следующего набора: <ul style="list-style-type: none"> <li>— Экваториальный</li> <li>— Континентальный субтропический</li> <li>— Морской Субтропический</li> <li>— Пустынный</li> <li>— Континентальный умеренный</li> <li>— Морской умеренный над сушей</li> <li>— Морской умеренный над морем</li> </ul>
Поляризация	–	Тип поляризации вертикальная/горизонтальная

В модели распространения Лонгли-Райса потери на местных препятствиях вводятся вручную непосредственно в таблицу для каждой сети.

### Модель Окамура–Хата

При расчете покрытия по этой модели необходимо определить, к какой категории относится застройка в месте расположения сайта: городской, пригородной или открытой местности. Потери на трассе распространения сигнала рассчитываются по разным формулам в зависимости от типа территории.

- **Городская застройка:** застроенный город или большой город, включая здания и дома с двумя или более этажами, или большие деревни и высокие деревья, зеленые насаждения.
- **Пригородная застройка:** небольшой город, деревня или шоссе, разбросанные деревьями и домами, некоторые препятствия рядом с мобильным комплексом, но не очень перегруженные и разбросанные промышленные предприятия.
- **Открытая местность:** нет высоких деревьев или зданий на пути радиоволн, открытые поля, земля расчищена на 300–400 м впереди, очень низкая загруженность.

В RadioPlanner вы можете выбрать один из этих стандартных типов застройки Окамура-Хата, который будет применен для всей территории или выбрать тип помех «По данным ЦМП» для автоматического определения типа застройки Окамура-Хата на основе ЦМП. Пример параметров модели Окамура-Хата представлена на рисунке Рисунок 25. Таблица

соответствия между ЦМП и типом застройки по Окамура-Хата показана ниже. При выборе этой опции вы также можете использовать дополнительное ослабление для различных типов застройки, которое указывается в таблице для каждого типа застройки.

Тип препятствий в ЦМП RadioPlanner	Цвет	Тип застройки по Окамура-Хата
Открытое пространство		Открытая местность
Водная поверхность		Открытая местность
Лес		Открытая местность
Пригородная застройка		Пригородная застройка
Городская застройка		Городская застройка
Плотная городская застройка		Городская застройка
Открытая территория в лесу		Открытая местность
Открытая территория в пригороде		Пригородная застройка
Открытая территория в городе		Городская застройка

Модель распространения

Okumura-Hata

Процент мест и времени

Процент мест 90 %  $\sigma_{LN}$  5.5 дБ

Процент времени 90 %  $\sigma_R$  7.5 дБ

Доп. запас на замирания 0 дБ  $\sigma_t$  2 дБ

Запас на замирания 12.2 дБ

Тип местности В соответствии с ЦМП

Дополнительные потери на препятствиях

Сеть DMR

Тип препятствия	Потери для АС №1, дБ	Потери для АС №2, дБ
Открытое пространство	0	0
Водная поверхность	0	0
Лес	0	0
Пригородная застройка	0	0
Городская застройка	0	0
Плотная городская застройка	0	0
Открытая территория в лесу	0	0
Открытая территория в пригор...	0	0
Открытая территория в городе	0	0

Исключить водную поверхность из зоны покрытия

Рисунок 25 – Модель Окамура–Хата

Подход к расчету запаса на замирания, учитывающий статистическую изменчивость по месту и времени, аналогичен подходу, описанному в модели распространения ITU-R P.1812.

- Процент мест, % – Устанавливается процент по месту, для которого будет выполнен расчет (50–99 %, обычно 50 %, 90 % или 95 %) Установите 50%, если хотите полностью исключить влияние вероятности по месту.
- Процент времени, % – Устанавливается процент по времени, для которого будет выполнен расчет (обычно 90-95%); Установите 50%, если хотите полностью исключить влияние вероятности по времени.
- Дополнительный запас на замирания, дБ – Дополнительный запас на замирания, который будет учитываться при расчетах (например, экранирование сигнала телом человека);
- $\sigma_{LN}$ , дБ – Логнормальное стандартное отклонение медленных (теневых) замираний, дБ. Это значение зависит от разрешения цифровой модели рельефа местности и несущей частоты. Типичное значение 2-5 дБ для

		современных ЦМР.
$\sigma_R$ , дБ	–	Стандартное отклонение быстрых замираний Рэля, дБ. Обычно 7,5 дБ
$\sigma_t$ , дБ	–	Стандартное отклонение временной изменчивости, дБ. На расстояниях до 50 км от обычно колеблется в пределах 2-3 дБ для суши и до 9 дБ для моря. См. Таблицу 3 в Рекомендации МСЭ-R P.1406-2 "Влияние распространения, относящееся к наземным сухопутным подвижным и радиовещательным службам в диапазонах ОВЧ и УВЧ".
Суммарный запас, дБ	–	Суммарный запас, дБ. Расчетная величина с учетом местоположения и временной изменчивости, а также дополнительного запаса на замирания.
Тип застройки	–	Выбор типа застройки: <ul style="list-style-type: none"> <li>— По данным ЦМП</li> <li>— Открытая местность</li> <li>— Пригородная</li> <li>— Городская</li> </ul>
Тип сети	–	Выбор сети, для которой будут использоваться данные потери на препятствиях

### Модель 3GPP TR 38.901

Пример параметров модели 3GPP TR 38.901 представлен на рисунке Рисунок 26.

Модель распространения

3GPP TR 38.901

Процент мест и времени

Процент мест 90 %  $\sigma_{LN}$  5.5 дБ

Процент времени 90 %  $\sigma_R$  7.5 дБ

Доп. запас на замирания 0 дБ  $\sigma_t$  2 дБ

Запас на замирания 12.2 дБ

Тип местности Urban Macro

Исключить водную поверхность из зоны покрытия

Рисунок 26 – Модель 3GPP TR 38.901

Подход к расчету запаса на замирания, учитывающий статистическую изменчивость по месту и времени, аналогичен подходу, описанному в модели распространения ITU-R P.1812.

Процент мест, %	–	Устанавливается процент по месту, для которого будет выполнен расчет (50–99 %, обычно 50 %, 90 % или 95 %) Установите 50%, если хотите полностью исключить влияние вероятности по месту.
Процент времени, %	–	Устанавливается процент по времени, для которого будет выполнен расчет (обычно 90-95%); Установите 50%, если хотите полностью исключить влияние вероятности по времени.
Дополнительный запас на замирания, дБ	–	Дополнительный запас на замирания, который будет учитываться при расчетах (например, экранирование сигнала телом человека);
$\sigma_{LN}$ , дБ	–	Логнормальное стандартное отклонение медленных (теневого) замираний, дБ. Это значение зависит от разрешения цифровой модели рельефа местности и несущей частоты. Типичное значение 2-5 дБ для современных ЦМР.
$\sigma_R$ , дБ	–	Стандартное отклонение быстрых замираний Рэля, дБ. Обычно 7,5 дБ
$\sigma_t$ , дБ	–	Стандартное отклонение временной изменчивости, дБ. На расстояниях до 50 км от обычно колеблется в пределах 2-3 дБ для суши и до 9 дБ для моря. См. Таблицу 3 в Рекомендации МСЭ-R P.1406-2 "Влияние распространения, относящееся к наземным сухопутным подвижным и радиовещательным службам в диапазонах ОВЧ и УВЧ".
Суммарный запас, дБ	–	Суммарный запас, дБ. Расчетная величина с учетом местоположения и временной изменчивости, а также дополнительного запаса на замирания.
Тип застройки	–	Выбор типа застройки: <ul style="list-style-type: none"> <li>— Rural Macro (Сельская макроуровень)</li> <li>— Urban Macro (Городская макроуровень)</li> <li>— Urban Micro-Street Canyon (Городская микроуровень улицы)</li> </ul>

## Типы и параметры расчетов

RadioPlanner позволяет выполнять следующие типы расчетов радиопокрытия:

- Уровень принимаемой мощности (Received Power)
- Зоны максимального уровня мощности на приеме (Best Server)
- Соотношение сигнал/(помехи+шум) (C/(I+N) Ratio)
- Максимальная пропускная способность (Maximum Throughput)
- Количество доступных сетей (Number of Networks)

- Максимальная агрегатная пропускная способность (Maximum Aggregated Throughput)
- Определение области с уровнем сигнала выше порога на БС и АС (Area with Signal above Both Base and Mobile Thresholds)
- Количество доступных секторов БС (Number of Servers)
- Вероятность покрытия (Coverage Probability)
- Уровень принимаемой мощности опорного сигнала (RSRP) для сетей LTE и 5G
- Уровень качества принятого опорного сигнала (RSRQ) для сетей LTE и 5G
- Разброс задержки сигнала для синхронных сетей радиосвязи (Simulcast Delay Spread)
- Уровень принимаемой мощности с учетом помех для синхронных сетей радиосвязи (Received Power with Simulcast Interference)
- Напряженность поля в точке приема (Field Strength)

Возможность того или иного типа расчета определяется типом выбранной системы.

#### **Уровень принимаемой мощности downlink/uplink - Received power DL/UL**

При этом типе расчета на базовой карте различными цветами отображаются области, где на приемнике присутствует соответствующий диапазон уровней мощности сигнала. Пример параметров такого расчета представлен на рисунке Рисунок 27.

Сеть

Наименование сети: DMR

Тип системы: Generic TRX

Параметры сети

Downlink: 155 МГц      Uplink: 152 МГц

Чувствительность DL: -100 дБм      Чувствительность UL: -100 дБм

Радиус расчета: 60 км

	AC №1	AC №2
Тип	PD405	MD785G
Мощность передатчика (Вт)	2	25
Ослабление в АФТ (дБ)	0	0.5
Высота антенны (м)	1.5	3
Козф. усиления антенны (дБи)	0	3

Тип расчета: Received Power (UL)

Уровни принимаемой мощности uplink для AC №1

3 Количество уровней

Цвет	Уровень	Описание
Red	> -85 дБм	носимая внутри помещений
Orange	-92 ÷ -85 дБм	носимая в авто
Yellow	-100 ÷ -92 дБм	носимая вне помещений

Учитывать помехи по совмещенному каналу

Учитывать помехи по соседнему каналу

Цвет области помех (белый - прозрачный)

Пороговый уровень отношения C/(I+N) 16.2 дБ

Уровень принимаемой мощности uplink для AC №2

Green	> -100 дБм	возимая
-------	------------	---------

Рисунок 27 – Параметры расчета «Уровень принимаемой мощности»

Количество уровней	–	Количество уровней принимаемой мощности сигнала
Цвет	–	Цвет уровня принимаемой мощности сигнала
Уровень, дБм	–	Уровень принимаемой мощности, дБм
Описание	–	Текстовое поле как описание для каждого из уровней сигнала
Учитывать помехи по совмещенному каналу	–	Выполните расчет покрытия с учетом помех в совмещенном канале, используя частотные присвоения для каждого сектора.
Учитывать помехи по соседнему каналу	–	Выполнить расчет покрытия с учетом помех по соседнему каналу, используя параметры в настройках сети (Ширина канала и Избирательность по соседнему каналу), а также частотные назначения для каждого сектора.
Цвет области помех (белый - прозрачный)	–	Выбор цвета, которым будет обозначена область помех. Если выбрать белый цвет, то область будет прозрачной.
Пороговый уровень отношения $C/(I+N)$	–	Требуемое отношение $C/(I+N)$ , дБ. Это минимально допустимое отношение $C/(I+N)$ , требуемое приемником для «приемлемой» работы. «Приемлемый» может означать разное с точки зрения качества сигнала, поэтому это значение может быть разным в зависимости от конкретной системы радиосвязи. Область с отношением $C/(I+N)$ ниже требуемого отношения $C/(I+N)$ будет показана на карте как зона помех.

Для абонентской станции №1 можно установить от одного до восьми различных уровней принимаемого сигнала, и таким образом смоделировать различные условия приема (например, на улице, внутри салона автомобиля, внутри помещений и т.д.).

Для абонентской станции №2 предполагается возимая абонентская станция с размещением антенны на крыше автомобиля, можно установить только один уровень принимаемого сигнала.

В расчете также можно учесть внутрисистемные помехи по совмещенному и соседним каналам, отметив соответствующие чекбоксы в нижней части панели. При этом зоны, где интерференция по совмещенному и/или соседним каналам превышает допустимую, будут исключены из зоны покрытия. Полезным сигналом считается сигнал с максимальным уровнем в данной точке. При расчете помех всегда учитывается шумовая составляющая, которая зависит от эквивалентной шумовой полосы и коэффициента шума приемника, которые задаются во вкладке «Тепловой шум и помехи» соответствующей сети.

Расчет помех выполняется только для одного типа абонентской станции – АС №1 (носимая). Пример расчета уровней принимающей мощности представлен на рисунке Рисунок 28.

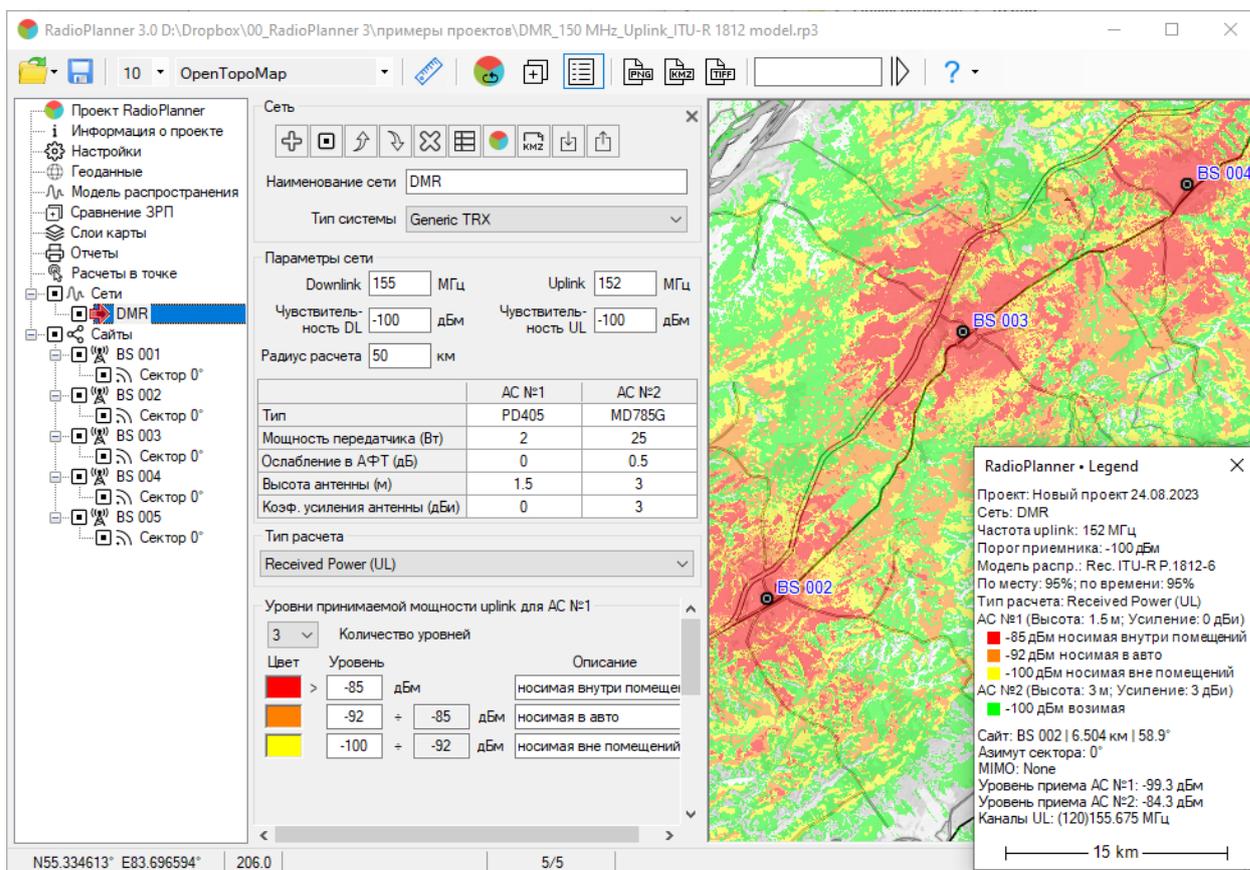


Рисунок 28 – Расчет уровней принимаемой мощности для сети DMR

### Зоны максимального уровня мощности на приеме downlink/uplink – Best Server DL/UL

В данном типе расчета на базовой карте отображаются области, в которых мощность на приеме downlink/uplink от соответствующего сектора БС больше, чем от секторов других БС. При этом цвета, которыми обозначаются зоны от различных секторов могут быть назначены автоматически из стандартного набора или назначены в соответствии с цветом, указанным в параметрах сектора. Пример расчета для сети LTE представлен на рисунке Рисунок 29.

- Использовать автоматическое назначение цветов – Назначение цветов секторам БС выполняется автоматически из стандартного набора
- Использовать цвет сектора – Назначение цветов секторам БС выполнится в соответствии с цветом, указанным в параметрах сектора

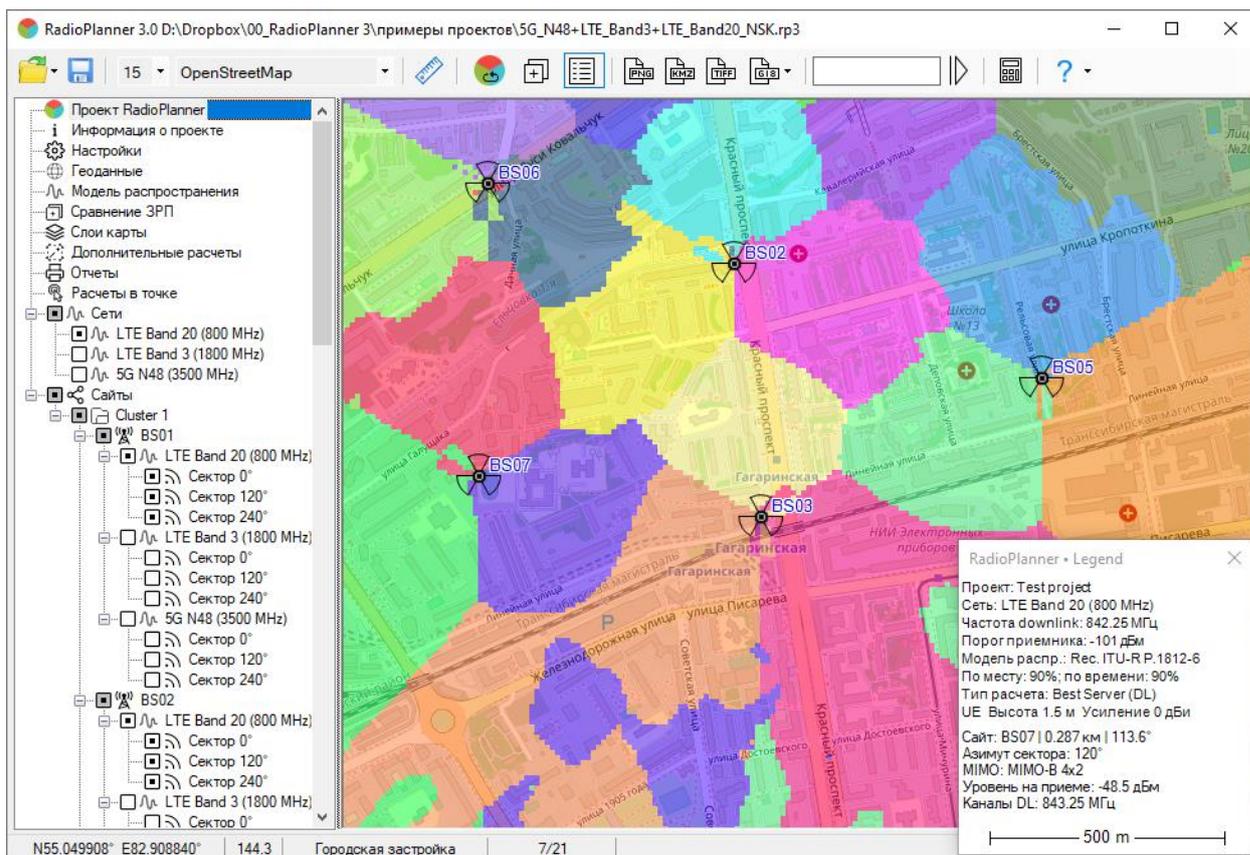


Рисунок 29 – Пример расчета для сети LTE

**Расчет с учетом баланса мощности (Areas with Signal Levels above Both the Base a Mobile Threshold)**

Расчет покрытия с учетом баланса мощности можно выполнить для разных условий использования абонентской станции №1 (носимой), например – в помещениях, вне помещений и внутри автомобиля. Каждому условию использования соответствует свой цвет и свое значение потерь (запаса) на проникновение сигнала, которое указываются в поле формы.

Для мобильной станции №2 выполняется расчет вне помещений.

Пример расчета с учетом баланса мощности представлен на рисунке Рисунок 30.

Сеть

Наименование сети: DMR

Тип системы: Generic TRX

Параметры сети

Downlink: 155 МГц      Uplink: 152 МГц

Чувствительность DL: -100 дБм      Чувствительность UL: -100 дБм

Радиус расчета: 50 км

	AC №1	AC №2
Тип	PD405	MD785G
Мощность передатчика (Вт)	2	25
Ослабление в АФТ (дБ)	0	0.5
Высота антенны (м)	1.5	3
Козф. усиления антенны (дБи)	0	3

Тип расчета: Areas with Signal Levels above Both the Base And Mobile Thresho

Зона покрытия с учетом баланса мощности для AC №1

3 Количество уровней

Цвет	Потери на проникновение	Описание
Red	18 дБ	Внутри здания
Orange	10 дБ	В автомобиле
Yellow	0 дБ	Вне помещения

Зона покрытия с учетом баланса мощности для AC №2

Выполнять расчет для AC №2

Цвет	Потери на проникновение	Описание
Cyan	0 дБ	

Рисунок 30 – Параметры расчета с учетом баланса мощности

- Количество уровней – Количество отображаемых зон радиопокрытия
- Цвет – Цвет зоны радиопокрытия
- Потери на проникновение, дБ – Величина потерь на проникновение, дБ
- Описание – Текстовое поле

### Соотношение сигнал/(помехи+шум) downlink/uplink - $C/(I+N)$ Ratio DL/UL

RadioPlanner позволяет рассчитать и отобразить области с различными значениями  $C/(I+N)$  downlink/uplink для помех на совмещенном и соседних каналах. Пример параметров расчета «сигнал/(помехи+шум)» приведен на рисунке Рисунок 31.

Алгоритм вычисления  $C/(I+N)$  следующий:

1. Определяется сигнал с максимальным уровнем в заданной точке (C), этот сигнал принимается как полезный
2. Рассчитывается сумма мощностей мешающих сигналов (I) – сигналов от секторов базовых станций, превышающих минимальный уровень на приеме и работающих на совмещенном или соседних каналах. Мощность соседнего канала определяется с учетом избирательности по соседнему каналу, которая задаются во вкладке «Тепловой шум и помехи» соответствующей сети. Учет помех по соседнему каналу можно отключить, в этом случае будут учитываться только помехи по совмещенному каналу.
3. Рассчитывается шумовая составляющая (N), которая зависит от эквивалентной шумовой полосы и коэффициента шума приемника, которые задаются во вкладке «Тепловой шум и помехи» соответствующей сети.
4. Вычисляется окончательное соотношение  $C/(I+N)$ .

Тип расчета  
C/(I+N) Ratio (DL)

Соотношение сигнал/(помехи+шум) downlink для AC №1  
7 Количество уровней

Цвет	Уровень	Описание
<	-21 дБ	
-21 ÷ -18 дБ	SF12	
-18 ÷ -15 дБ	SF11	
-15 ÷ -9 дБ	SF10	
-9 ÷ -6 дБ	SF9	
-6 ÷ -3 дБ	SF8	
-3 ÷ 45 дБ	SF7	

Учитывать помехи по совмещенному каналу  
 Учитывать помехи по соседнему каналу

Рисунок 31 – Параметры расчета «сигнал/(помехи+шум)»

Количество уровней – Количество отображаемых уровней  $C/(I+N)$

Цвет	–	Цвет уровня
Уровень, дБ	–	Значение соотношения $C/(I+N)$ , дБ
Описание	–	Текстовое поле
Учитывать помехи по совмещенному каналу	–	Выполнить расчет покрытия с учетом помех в совмещенном канале, используя частотные присвоения для каждого сектора.
Учитывать помехи по соседнему каналу	–	Выполнить расчет покрытия с учетом помех по соседнему каналу, используя параметры в настройках сети (Ширина канала и Избирательность по соседнему каналу), а также частотные назначения для каждого сектора.

### Максимальная пропускная способность downlink/uplink - Maximum Throughput DL/UL

В данном типе расчета на базовой карте отображаются области с максимальной возможной пропускную способностью от сектора БС. Пример параметров расчета максимальной пропускной способности для LTE представлен на рисунке Рисунок 32.

Для LTE/5G сетей рассчитывается индекс MCS на основе рассчитанного  $C/(I+N)$  и таблицы параметров системы LTE/5G.

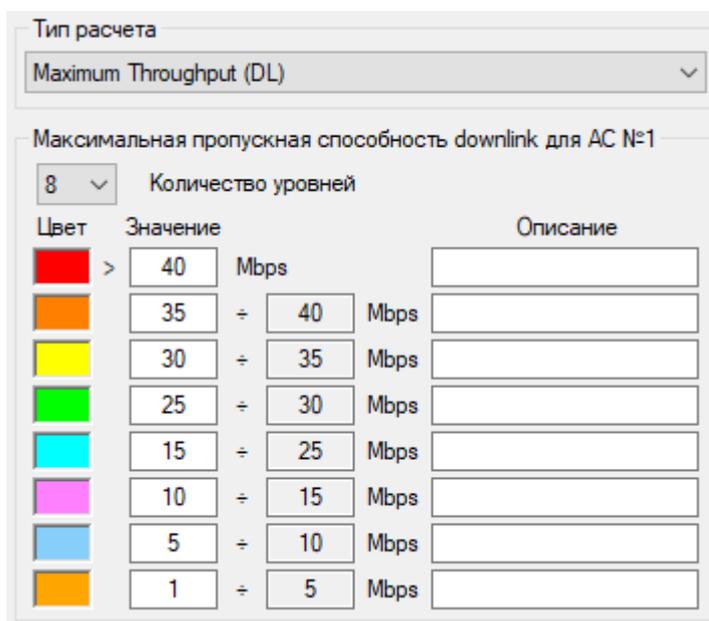


Рисунок 32 – Параметры расчета максимальной пропускной способности для LTE

Количество уровней	–	Количество отображаемых уровней
Цвет	–	Цвет уровня
Значение, дБ	–	Максимальная пропускная способность, Mbps
Описание	–	Текстовое поле

### Количество доступных секторов downlink/uplink - Number of servers DL/UL

При выполнении этого расчета на базовой карте отображаются зоны возможного размещения абонентских станций с обозначением количества секторов БС с уровнем на приеме выше заданного порогового уровня. Данный тип расчета часто требуется при планировании сетей на основе беспроводных технологий IoT LPWAN: LoRa, «СТРИЖ» и других. Пример параметров расчета количества доступных секторов БС представлен на рисунке Рисунок 33.

Цвет	Количество секторов	Описание
Yellow	1	BS
Orange	2	BS
Red	≥ 3	BS

Рисунок 33 – Параметры расчета количества доступных секторов БС

- Максимальное количество секторов – Максимальное количество доступных секторов БС
- Цвет – Цвет, обозначающий соответствующее количество доступных секторов БС
- Описание – Текстовое поле

### Вероятность покрытия downlink/uplink - Coverage Probability DL/UL

Этот расчет показывает зоны покрытия для заданной вероятности на основе распределения Гаусса. Помехи и шумы при расчете не учитываются. Значения стандартных отклонений при расчете берутся из параметров «Вероятность покрытия», значения стандартных отклонений в параметрах модели распространения игнорируются. Пример параметров расчета вероятности покрытия представлен на рисунке Рисунок 34.

Вероятность покрытия downlink для AC №1

$\sigma_{LN}$   дБ     $\sigma_R$   дБ     $\sigma_t$   дБ

Количество уровней

Цвет	Значение	Описание
<span style="color: red;">■</span>	≥ <input type="text" value="99"/> %	<input type="text"/>
<span style="color: orange;">■</span>	≥ <input type="text" value="95"/> %	<input type="text"/>
<span style="color: yellow;">■</span>	≥ <input type="text" value="90"/> %	<input type="text"/>
<span style="color: green;">■</span>	≥ <input type="text" value="50"/> %	<input type="text"/>

Рисунок 34 – Параметры расчета вероятности покрытия

- $\sigma_{LN}$ , дБ – Логнормальное стандартное отклонение медленных (теневых) замираний, дБ. Это значение зависит от разрешения цифровой модели рельефа местности и величины несущей частоты. Типичное значение 2-5 дБ для современных ЦМР.
- $\sigma_R$ , дБ – Стандартное отклонение быстрых замираний Рэля, дБ. Обычно 7,5 дБ
- $\sigma_t$ , дБ – Стандартное отклонение временной изменчивости, дБ. На расстояниях до 50 км от обычно колеблется в пределах 2-3 дБ для суши и до 9 дБ для моря. См. таблицу 3 в Рекомендации МСЭ-R P.1406-2 "Влияние распространения, относящееся к наземным сухопутным подвижным и радиовещательным службам в диапазонах ОВЧ и УВЧ".
- Количество уровней – Количество отображаемых уровней
- Цвет – Цвет уровня
- Значение – Вероятность, %
- Описание – Текстовое поле

### Уровень принимаемой мощности опорного сигнала для сетей LTE и 5G - RSRP

При этом расчете определяется мощность принимаемого опорного сигнала (RSRP) от всех ресурсных элементов соты на абонентской станции (UE) с использованием системных параметров сетей LTE и 5G (полоса пропускания, разнос поднесущих). При расчете можно использовать диаграмму направленности антенны single-column beam, если она выбрана в дополнительных параметрах сектора LTE/5G. Пример параметров расчета RSRP представлен на рисунке Рисунок 35.

Тип расчета  
RSRP

Уровень принимаемой мощности опорного сигнала для AC №1

4 Количество уровней

Цвет	Значение	Описание
Красный	> -85 дБм	rsrp_bars=5
Оранжевый	-95 ÷ -85 дБм	rsrp_bars=4
Желтый	-105 ÷ -95 дБм	rsrp_bars=3
Зеленый	-115 ÷ -105 дБм	rsrp_bars=2

Уровень прием. мощности опорного сигнала для AC №2

Синий	> -105 дБм	rsrp_bars=2
-------	------------	-------------

Рисунок 35 – Параметры расчета RSRP

Количество уровней	–	Количество отображаемых уровней
Цвет	–	Цвет уровня
Значение	–	RSRP, дБм
Описание	–	Текстовое поле

### Уровень качества принимаемого опорного сигнала для сетей LTE и 5G - RSRQ

При этом расчете определяется качество принятого опорного сигнала (RSRQ) от всех ресурсных элементов соты на абонентской станции (UE) с использованием системных параметров сетей LTE и 5G (полоса пропускания, разнос поднесущих). При расчете можно использовать диаграмму направленности антенны single-column beam, если она выбрана в дополнительных параметрах сектора LTE/5G. Пример параметров расчета RSRQ представлен на рисунке Рисунок 36.

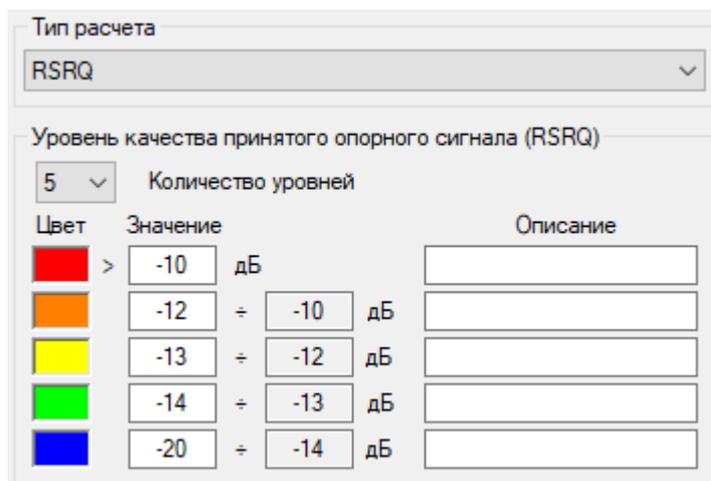
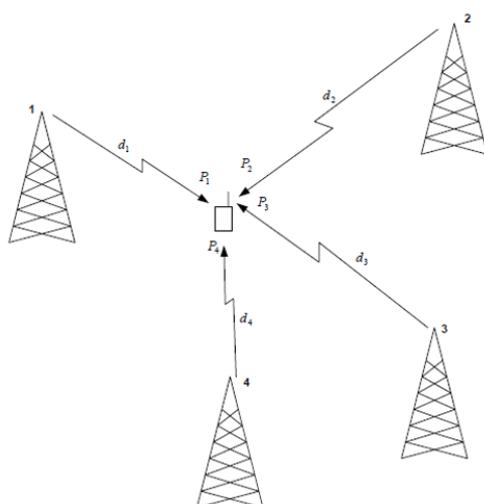


Рисунок 36 – Параметры расчета RSRQ

- Количество уровней – Количество отображаемых уровней
- Цвет – Цвет уровня
- Значение – RSRQ, дБ
- Описание – Текстовое поле

### Разброс задержки сигнала для синхронных сетей радиосвязи - Simulcast Delay Spread

Этот расчет используется для систем синхронной передачи. Способ расчета задержки передачи представлен на рисунке Рисунок 37.



$$T_m = 2 \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N P_i d_i^2}{\sum_{i=1}^N P_i} - \frac{\left(\sum_{i=1}^N P_i d_i\right)^2}{\left(\sum_{i=1}^N P_i\right)^2}}$$

$T_m$  Multipath Spread (twice the RMS delay spread)

$P_i$  Power arriving at a terminal antenna from transmitter  $i$

$d_i$  Time of flight from transmitter  $i$  to antenna terminal

Рисунок 37 – Способ расчета задержки передачи

Разброс задержки рассчитывается с учетом шести самых мощных сигналов в точке приема. Коэффициент захвата (simulcast capture ratio) приемника не учитывается в расчетах.

Тип расчета  
Simulcast Delay Spread

Разброс задержки для синхронных сетей

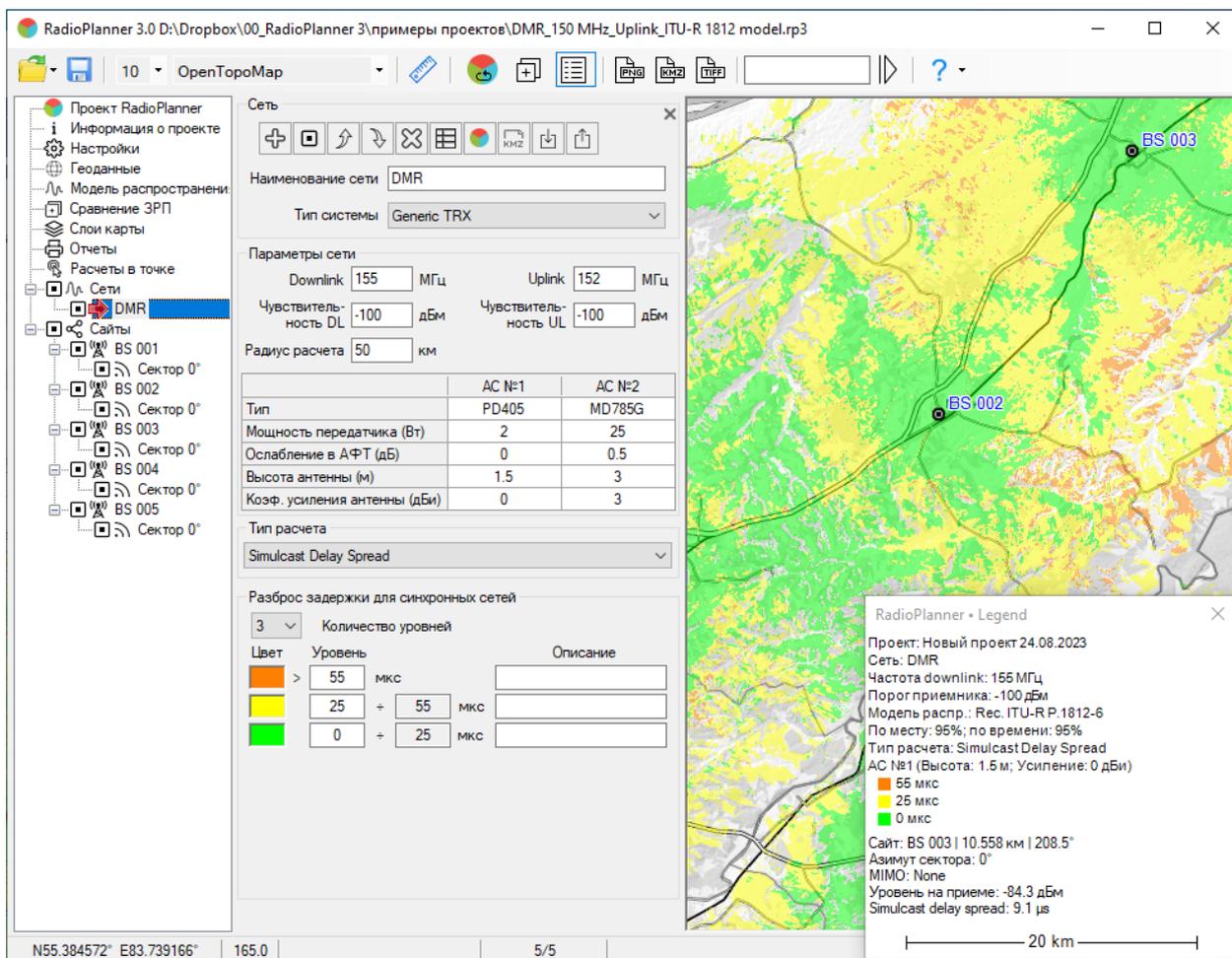
2 Количество уровней

Цвет	Уровень	Описание
Red	> 55 мкс	Максимум для LSM
Yellow	25 ÷ 55 мкс	Максимум для C4FM

Параметры расчета "Разброс задержки сигнала" (Simulcast Delay Spread)

Количество уровней	Количество отображаемых уровней
Цвет	Цвет уровня
Значение	Разброс задержки сигнала, мкс
Описание	Текстовое поле

Чтобы уменьшить помехи за счет одновременной передачи можно ввести дополнительную задержку к какой-либо сектор, используя смещение задержки (Simultaneous Delay Offset) в расширенных параметрах сектора. Назначая задержку определенным секторам, можно осуществлять некоторый контроль над тем, где возникают помехи.



Пример расчета Simulcast Delay Spread для сети DMR

## Уровень принимаемой мощности с учетом помех для синхронных сетей радиосвязи downlink - Received Power with Simulcast Interference (DL)

При этом типе расчета на базовой карте различными цветами отображаются области, где на приемнике присутствует соответствующий диапазон уровней мощности сигнала с учетом помех из-за работы в режиме синхронной передачи (Simulcast).

Тип расчета  
 Received Power with Simulcast Interference (DL) v

Уровни принимаемой мощности для синхронных сетей

4 v Количество отображаемых уровней

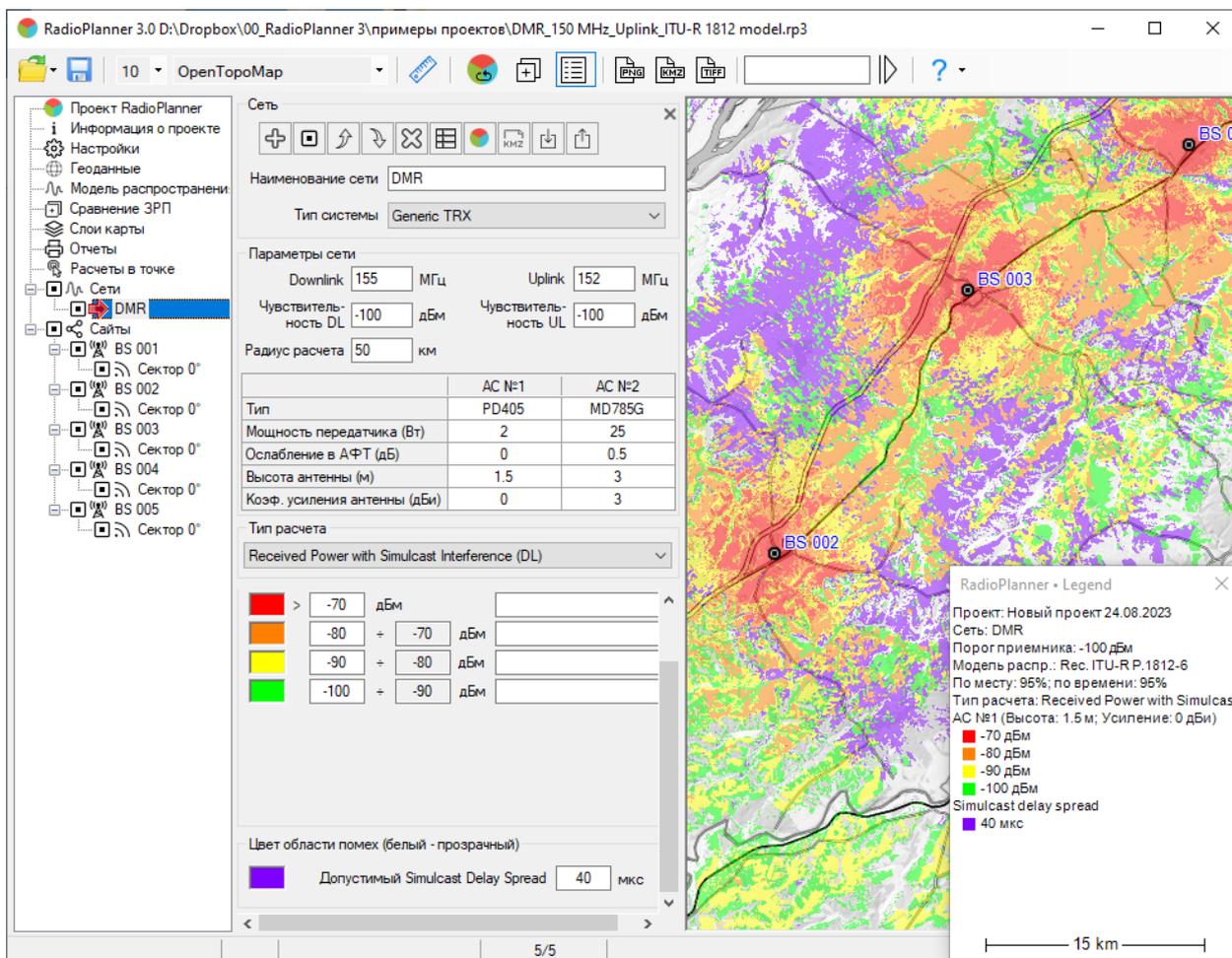
Цвет	Уровень	Описание
<span style="color: red;">■</span>	> -70 дБм	<input type="text"/>
<span style="color: orange;">■</span>	-80 ÷ -70 дБм	<input type="text"/>
<span style="color: yellow;">■</span>	-90 ÷ -80 дБм	<input type="text"/>
<span style="color: green;">■</span>	-100 ÷ -90 дБм	<input type="text"/>

Цвет области помех (белый - прозрачный)

■ Допустимый Simulcast Delay Spread  мкс

*Параметры расчета "Уровень принимаемой мощности с учетом помех для синхронных сетей"*

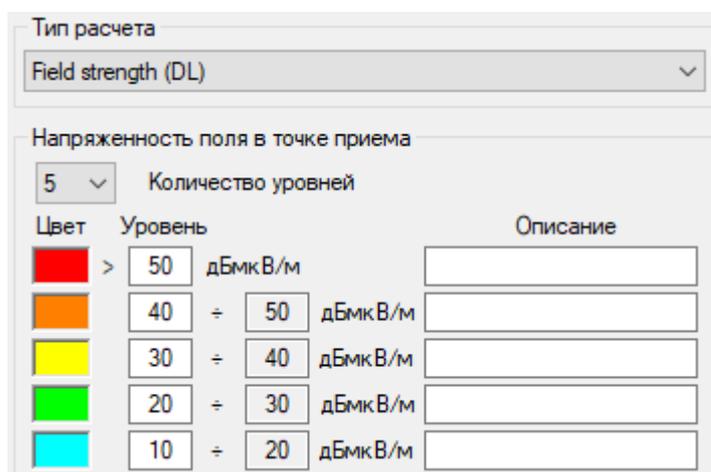
Количество уровней	Количество отображаемых уровней
Цвет	Цвет уровня
Значение	Уровень принимаемой мощности, дБм
Допустимый Spread	Simulcast Delay Допустимый уровень разброса задержки сигнала (Simulcast Delay Spread), мкс.  Область с разбросом задержки выше допустимого будет показана на карте как область помех. Эту область можно закрасить любым цветом на карте или сделать прозрачной, выбрав для нее белый цвет.
Описание	Текстовое поле



Пример расчета Received Power with Simulcast Interference для сети DMR

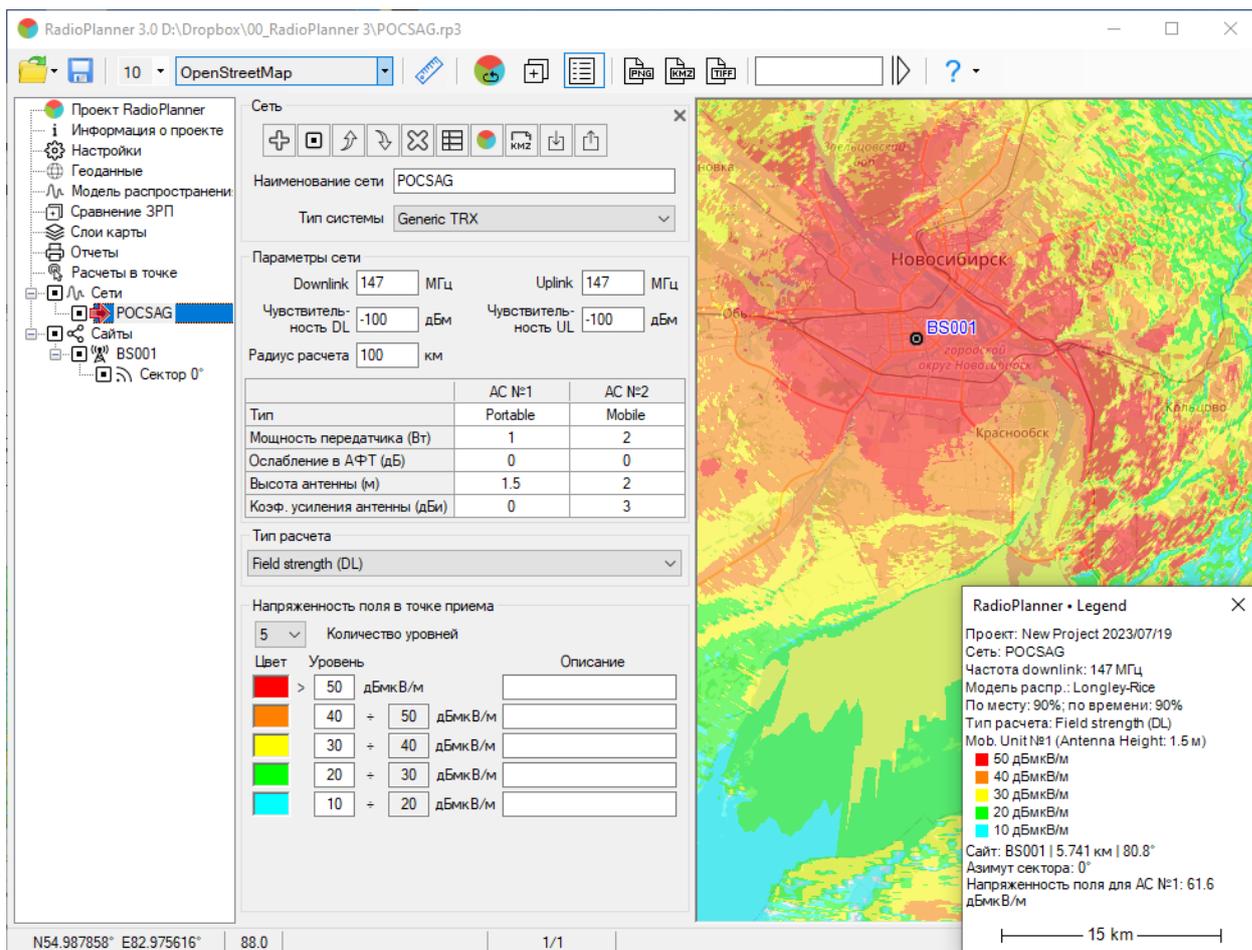
### Напряженность поля в точке приема downlink - Field Strength (DL)

При этом типе расчета на карте различными цветами отображаются области с соответствующим диапазоном уровней напряженности поля на приеме. Обратите внимание, что напряженность поля не зависит от параметров приемной антенны.



*Параметры расчета "Напряженность поля в точке приема"*

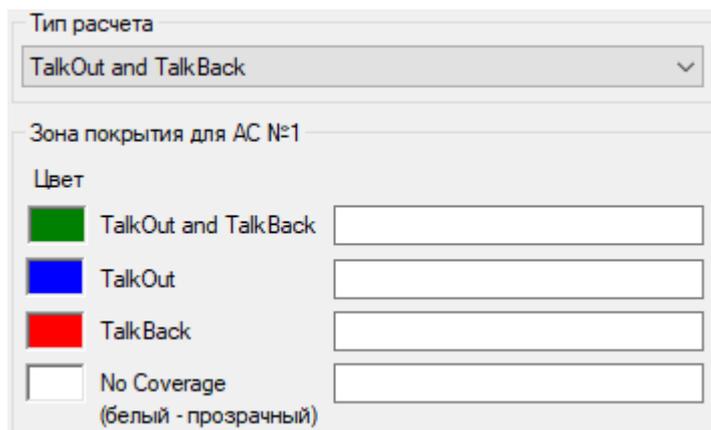
Количество уровней	Количество отображаемых уровней
Цвет	Цвет уровня
Значение	Напряженность поля в точке приема, дБмкВ/м
Описание	Текстовое поле



*Пример расчета напряженности поля в точке приема для пейджинговой сети стандарта POCSAG*

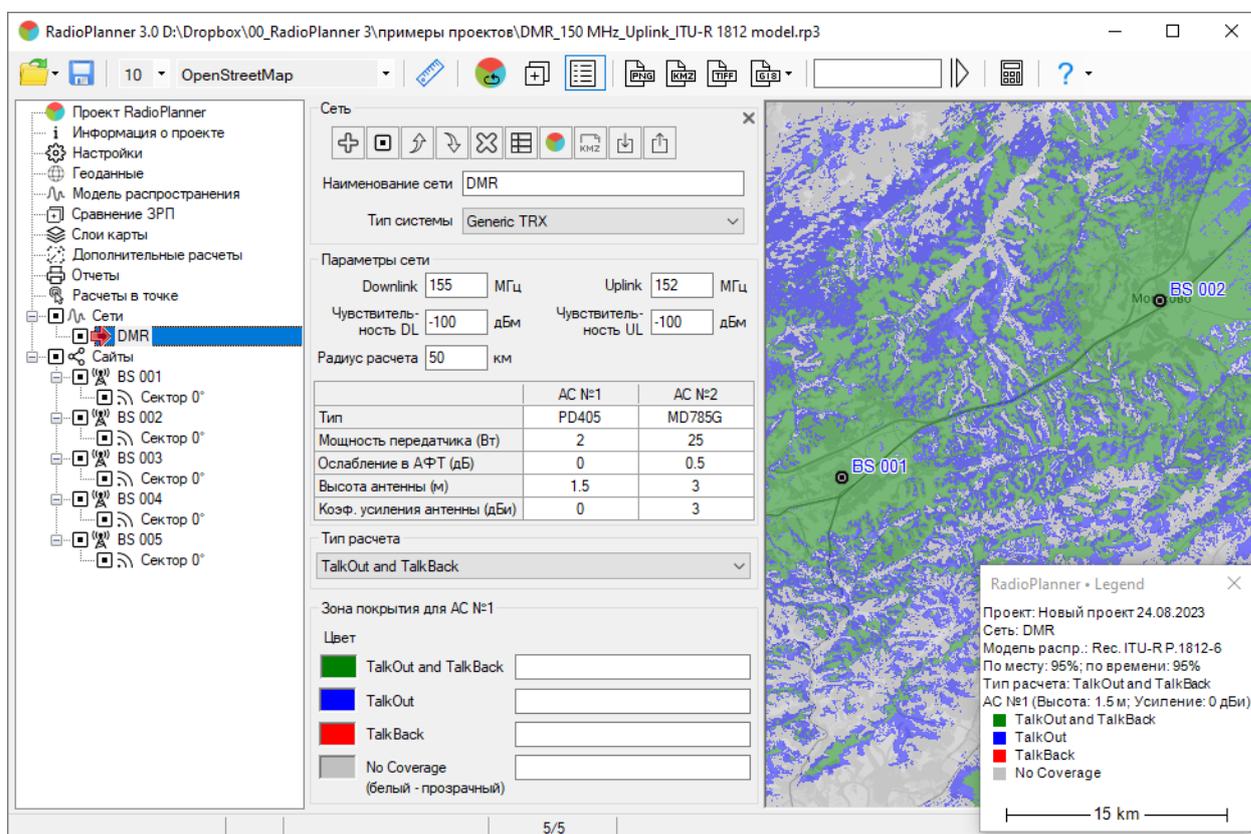
**Зоны TalkOut/TalkBack**

При этом типе расчета на карте различными цветами отображаются области двусторонней связи (talk-out and talk-back), области наличия только нисходящей (talk-out), и только восходящей связи (talk-back), а также зоны отсутствия какого-либо покрытия. Данный тип расчета часто используется в профессиональной подвижной связи.



Параметры расчета "Зоны TalkOut/TalkBack"

Цвет	Цвет уровня
TalkOut and TalkBack	Двусторонняя связь
TalkOut	Только нисходящая связь (Downlink)
TalkBack	Только восходящая связь (Uplink)
No Coverage	Отсутствие покрытия
Описание	Текстовое поле



Пример расчета "Зоны TalckOut/TalckBack"

## Расчет покрытия для нескольких сетей

### Количество доступных сетей downlink/uplink - Number of Networks DL/UL

В этом типе расчета определяется количество сетей, доступных в данной точке. Расчет выполняется для соответствующих пороговых уровней на приеме в параметрах каждой сети.

Тип расчета  
Number of Networks (DL) ▾

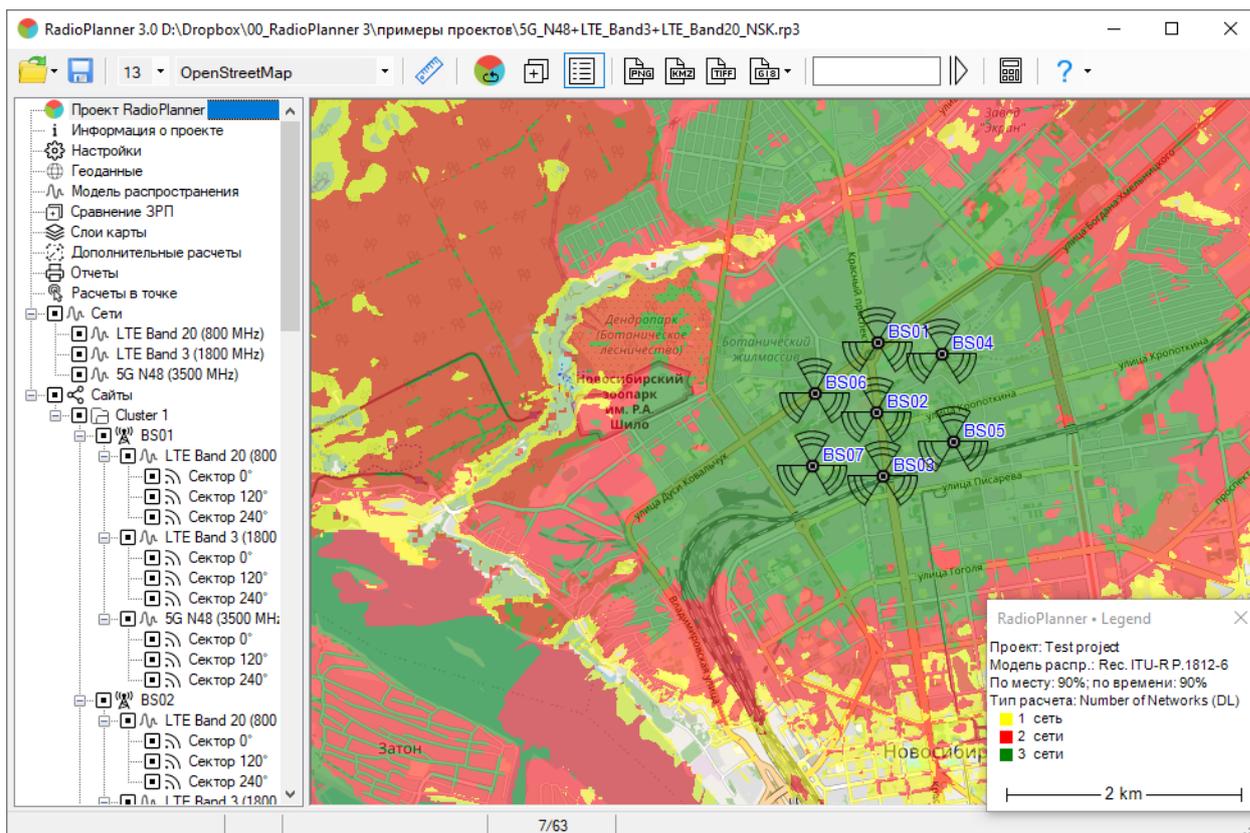
Детальность расчета  
 Низкая     Средняя     Высокая

Количество доступных сетей  
 3 ▾    Максимальное количество сетей

Цвет	Количество сетей	Описание
<span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:yellow;"></span>	1	<input type="text" value="Сети"/>
<span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:red;"></span>	2	<input type="text" value="Сети"/>
<span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:green;"></span>	≥ 3	<input type="text" value="Сети"/>

Параметры расчета "Количество доступных сетей"

Максимальное количество сетей	количество	Максимальное количество доступных сетей
Цвет		Цвет, обозначающий соответствующее количество доступных сетей
Описание		Текстовое поле



Пример расчета *Number of Networks* для нескольких сетей

## Максимальная агрегатная пропускная способность downlink/uplink - Maximum Aggregated Throughput DL/UL

Этот расчет показывает общую пропускную способность всех сетей, участвующих в расчете.

Тип расчета  
 Maximum Aggregated Throughput (UL) ▾

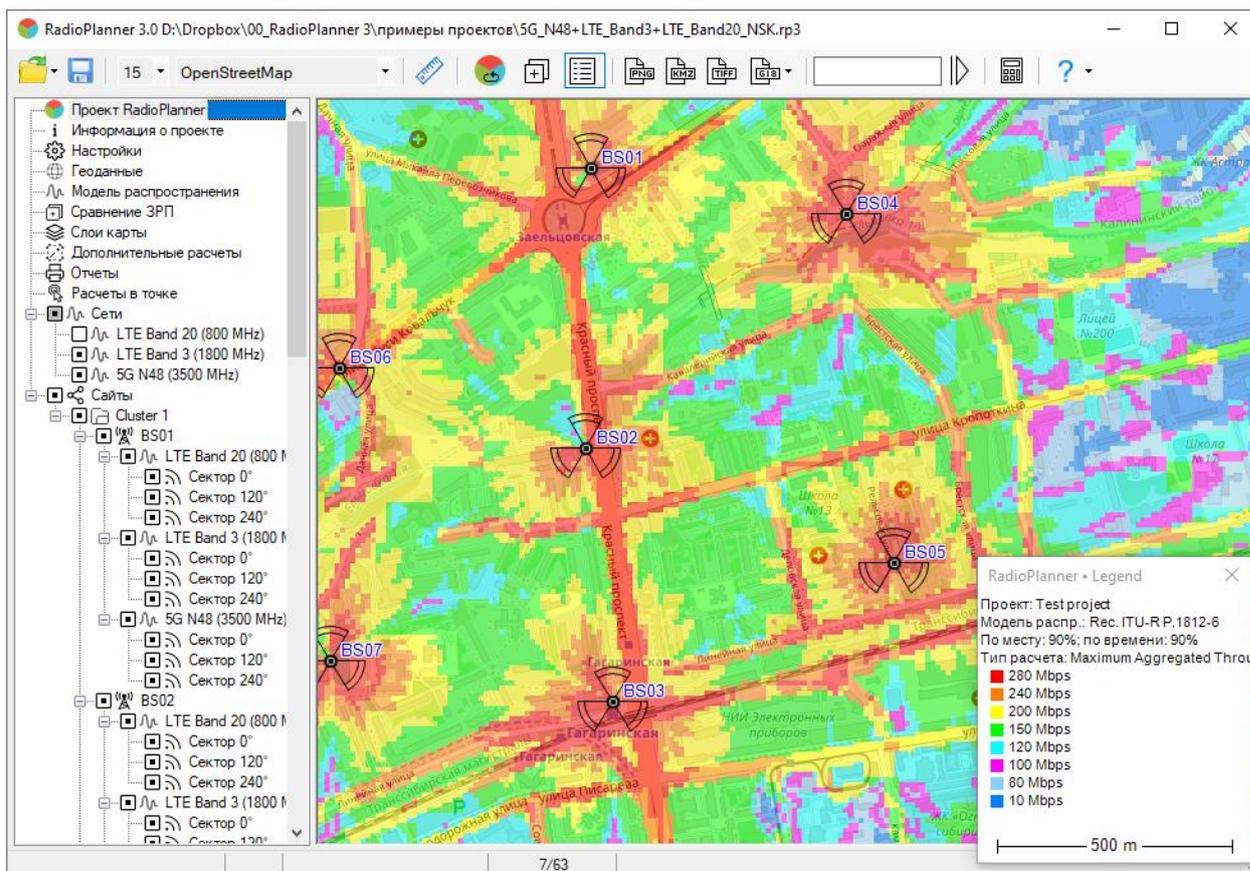
Детальность расчета  
 Низкая     Средняя     Высокая

Максимальная агрегатная пропускная способность  
 8 ▾    Количество уровней

Цвет	Значение	Описание
	> 1000 Mbps	
	800 ÷ 1000 Mbps	
	700 ÷ 800 Mbps	
	600 ÷ 700 Mbps	
	500 ÷ 600 Mbps	
	400 ÷ 500 Mbps	
	300 ÷ 400 Mbps	
	100 ÷ 300 Mbps	

Параметры расчета "Максимальная агрегатная пропускная способность"

Количество уровней	Количество отображаемых уровней
Цвет	Цвет уровня
Значение	Максимальная агрегатная пропускная способность, Mbps
Описание	Текстовое поле



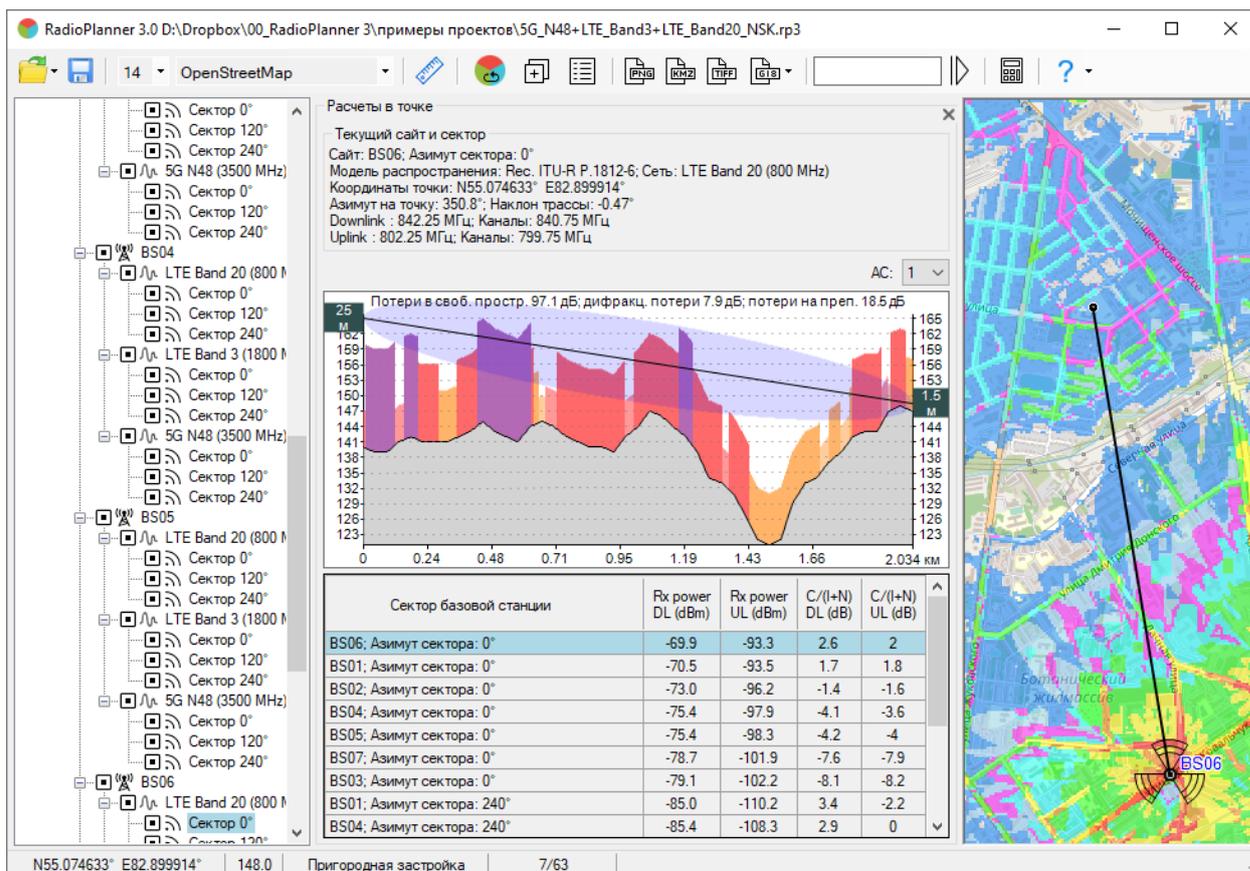
Пример расчета Maximum Aggregated Throughput для двух сетей

## Расчеты в точке

В меню "Расчеты в точке" для выбранного сектора базовой станции отображается продольный профиль на заданную точку с результатом расчета уровня принимаемой мощности от выбранного сектора, а также уровнем помех от остальных базовых станций. Продольный профиль представляет собой вертикальный разрез местности между базовой и абонентской станцией с нанесенной информацией о высотных отметках земли и препятствиях. Цвета, которыми обозначаются различные препятствия на профиле соответствуют цветам модели препятствий, высота определяется высотой для каждого типа препятствия, установленного в меню "Гео данные".

Текущую точку на карте можно изменить, просто кликнув мышью в нужном месте.

На продольном профиле показываются высоты центра излучения антенны выбранного сектора БС и абонентской станции, а также зона Френеля для радиолуча, величина потерь в свободном пространстве, дифракционные потери из-за рельефа местности, а также потери на окружающих абонентскую станцию препятствиях. Сектор БС выбирается в левой части панели в общем дереве – просто кликните на нужный сектор БС.



### Расчеты в точке

Там же можно выбрать абонентскую станцию (тип 1 или тип 2), параметры которой будут учитываться при расчетах в точке.

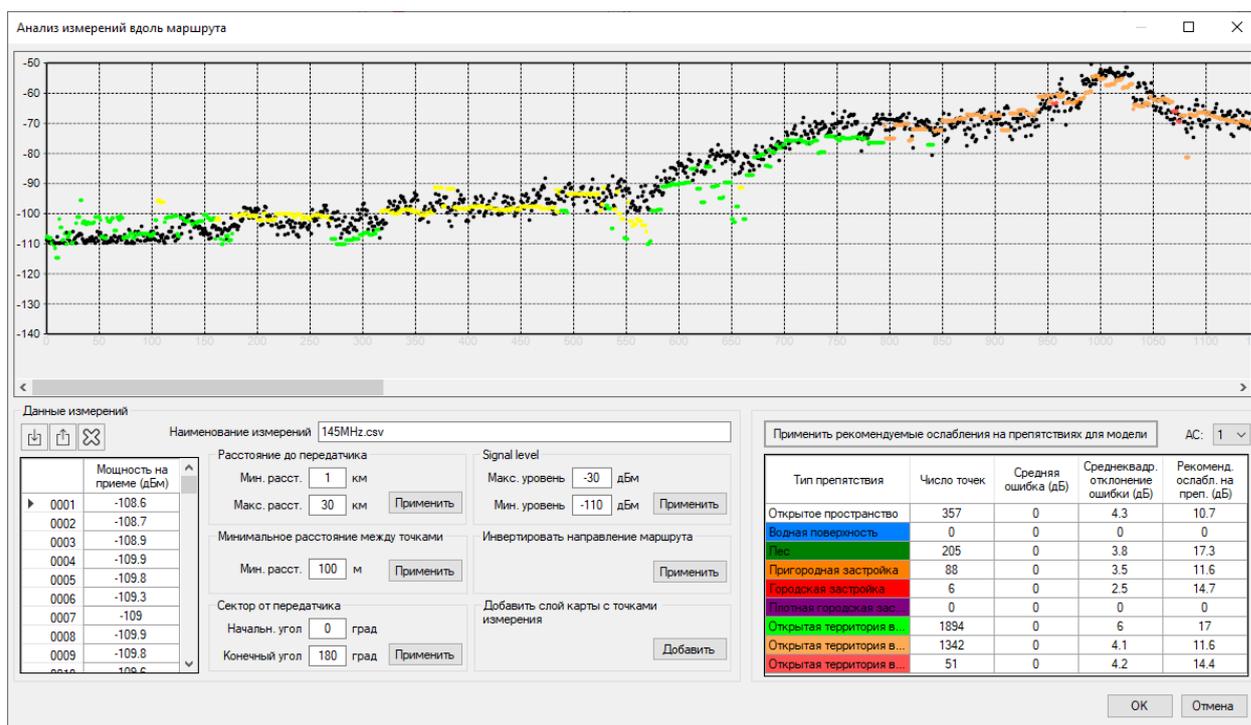
Снизу под продольным профилем появляется таблица с результатами расчета уровней мощности downlink и uplink для выбранного сектора (он выделен в таблице цветом) и для секторов других БС, участвующих в расчете. К расчету принимаются только те секторы, которые помеченные как активные.

Чтобы сектор появился в таблице, уровень принимаемого сигнала должен быть больше, чем соответствующий порог Rx для downlink или uplink (см. меню «Сеть»). Значения в таблице можно отсортировать по возрастанию или по убыванию, нажав на соответствующее поле в заголовке таблицы.

Считается, что сектор, для которого построен продольный профиль, имеет полезный сигнал, сигналы от секторов с такой же частотой считаются помехами по совмещенному каналу, а сигналы от секторов, частоты которых соседствуют с выбранным сектором, считаются помехами от соседних каналов. С учетом этого, в таблице приводятся расчетные значения  $C/(I+N)$  с учетом тепловых шумов и помех на совмещенном и соседних каналах.

## Импорт результатов измерений и настройка параметров модели расчета

RadioPlanner позволяет подстраивать величину потерь на местных препятствиях (клаттерах) для модели распространения радиоволн путем сравнения расчетных уровней принимаемой мощности сигнала с измеренными уровнями. Загрузка, предварительная обработка и анализ файла измерений для сектора БС выполняется в панели параметров сектора.



Анализ измерений вдоль маршрута



Импорт данных измерений из файла формата CSV



Экспорт данных измерений в файл формата CSV

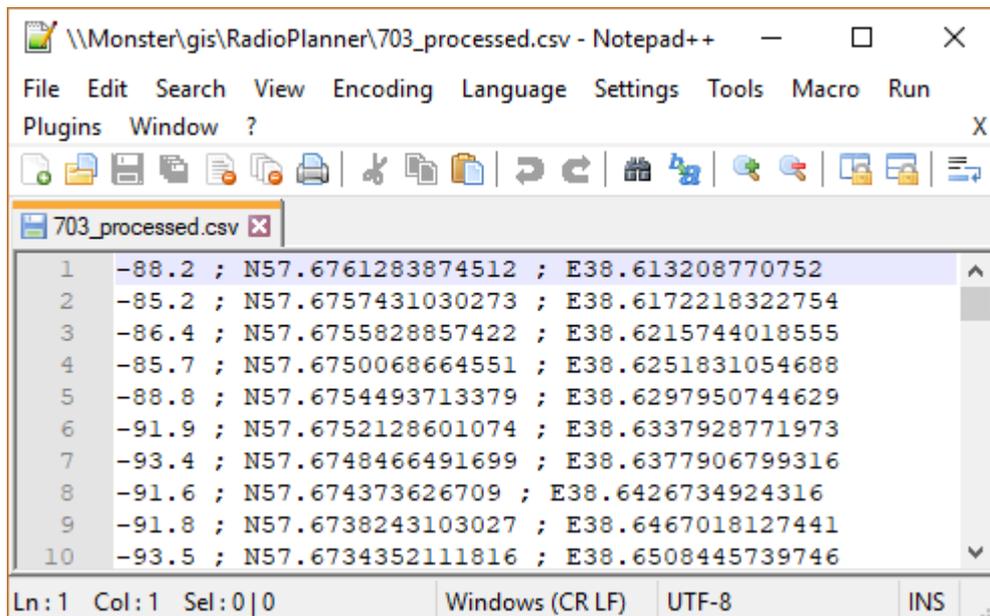


Удалить все данные измерений

По результатам полевых измерений можно подготовить файл измерений уровней принимаемой мощности для сектора БС.

Файл измерений – это файл формата CSV, каждая из строк которого содержит три параметра: уровень измеренного сигнала от одного сектора БС в дБм; географическая широта; географическая долгота. Разделителем значений параметров является символ “точка с запятой”. Форматы представления географических координат - ПОЛУШАРИЕ

ГРАДУСЫ МИНУТЫ СЕКУНДЫ (N35 36 23.8) или ПОЛУШАРИЕ ДЕСЯТИЧНЫЕ ГРАДУСЫ (N12.34567).



Пример файла с результатами измерений

Также можно сделать предварительную обработку файла:

Уровень сигнала		Удалить из данных измерений точки со уровнем вне указанных границ
Максимальный/Минимальный		
Расстояние до передатчика		Удалить из данных измерений с расстоянием до сайта вне указанных границ
Минимальное/Максимальное		
Сектор от передатчика		Удалить из данных измерений точки, не попадающие в указанный угловой сектор
Минимальный/Максимальный		
угол		
Минимальное	расстояние	Устанавливается размер сторон квадратов, в пределах которых будет выполнено усреднение значений уровня сигнала, локация точки при этом в пределах каждого из квадратов будет выбрана из локаций существующих точек измерений в пределах данного квадрата случайным образом.
между точками		
Инвертировать	направление маршрута	Изменить порядок точек в маршруте (последняя точка становится первой, предпоследняя – второй и так далее).
Добавить	слой карты с результатом измерений	Добавление на карту пользовательского слоя с результатами измерений с усреднением в пределах указанного минимального расстояния. Данные в таблице при этом не меняются. Полученный слой

появится среди пользовательских слоев, наименование слоя будет соответствовать названию сайта и направлению сектора.

Уровни измерений обозначаются черным цветом, расчетные уровни - цветом, который соответствует типу препятствий в данной точке (желтый цвет – открытое пространство). По оси абсцисс показаны номера точек маршрута. При наведении указателя мыши на график отображаются значения расчетного и измеренного уровней, разница в уровнях, расстояние до сайта и тип препятствия в данной точке. При клике на графике появляется контекстное меню, в котором можно удалить точку с результатом измерений.

В таблице ниже графика будут указаны количество точек, средняя ошибка, среднеквадратичное отклонение ошибки, а также рекомендованные значения потерь для разных типов препятствий, при которых средняя ошибка будет равна нулю. При нажатии на кнопку "Применить рекомендуемые ослабления на препятствиях для модели" будет произведен перерасчет уровней для точек графика с учетом рекомендованных значений, а также изменены значения потерь в меню "Модель распространения радиоволн". Чтобы оценить, как повлияют на результат расчета покрытия новые значения потерь на препятствиях, нужно выполнить расчет зоны покрытия заново.

На основе анализа полученных результатов для разных типов препятствий и для разных секторов принимается решение относительно корректировки значений ранее используемых потерь на препятствиях (клаттерах) в модели распространения радиоволн.

# Сохранение результата расчета зон радиопокрытия

Результат расчета зон радиопокрытия можно сохранить как:

- растровое изображение в формате PNG
- файла KMZ программы Google Earth (Google Планета Земля)
- файла с геопривязкой в формате GeoTiff
- интерактивной веб-страницы в формате HTML

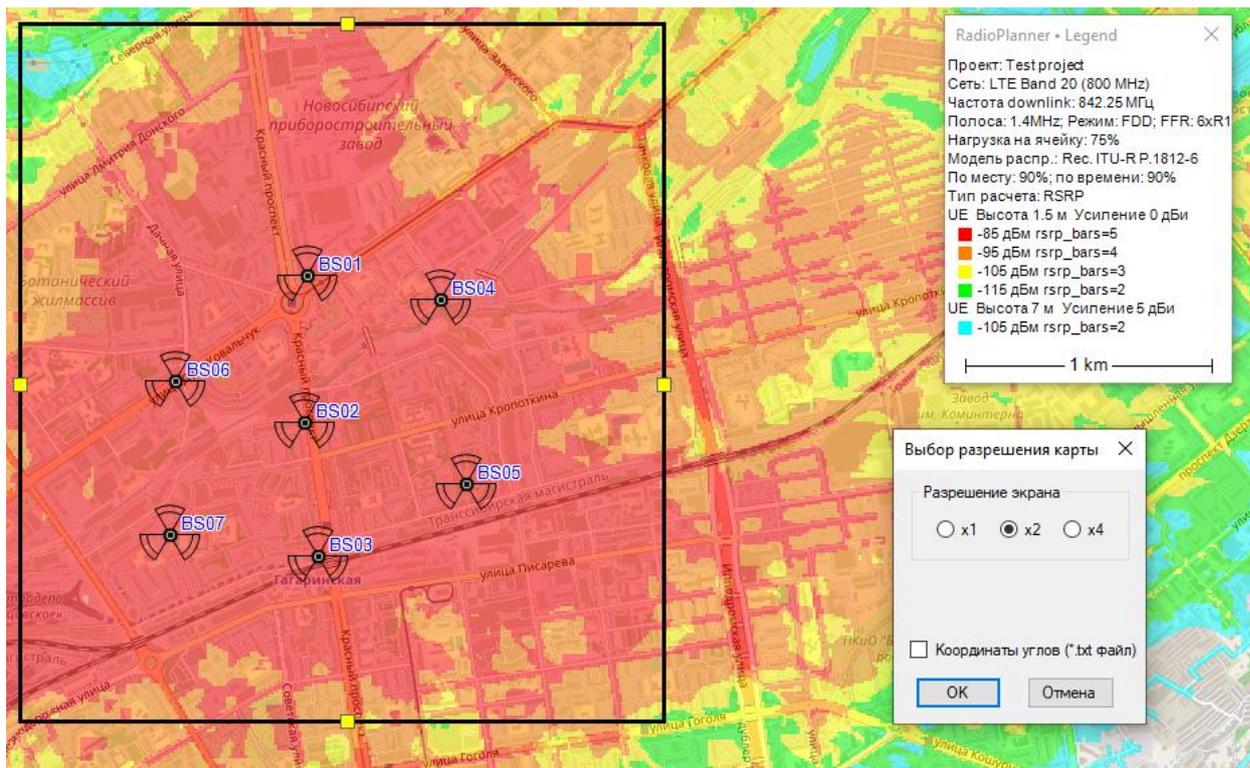


**Сохранить результаты расчета в виде растрового файла в формате \*.png** – сохранение результата расчета в виде растрового файла в формате \*.png.

Перед сохранением растрового файла можно выбрать область сохраняемой зоны покрытия при помощи рамки (при этом можно перемещать как границы рамки, так и саму карту).

При сохранении растрового файла можно также выбрать его детальность (разрешение). Детальность может соответствовать текущей или быть больше в 2 или 4 раза. Чем лучше детальность, тем больше размер сохраняемого файла. Максимальный размер сохраняемого растрового изображения составляет примерно 5400x4400 пикселей, размер файла в формате \*.png при этом составляет около 10 МБ.

*Координаты углов (\*.txt файл)* – сохранение вместе с файлом png текстового файла под тем же именем. В текстовый файл записываются координаты углов сохраняемой области (для загрузки результата расчета охвата телевидением на картографический сервис РТРС карта.ртрс.рф).



*Сохранение результатов расчета в формате \*.png*

 **Сохранить результат расчета в виде KMZ файла** – сохранение результата расчета в виде файла KMZ, который можно открыть в программе Google Earth (Google Планета Земля). Если Легенда активна, она появится в верхнем левом углу Google Планета Земля.

 **Сохранить результат расчета в виде файла GeoTIFF** — сохранить результат расчета без базовой карты в виде файла с географической привязкой в формате GeoTIFF.

 **Сохранить результаты расчета в виде веб-страницы** – сохранение результата расчета в виде интерактивной веб-страницы. Программа предложит пользователю выбрать место и имя папки, в которую сохранить результат, и затем, в указанную папку будет сохранен файл index.html (это скрипт страницы), файл bs.png (значок базовой станции), а также папка с пирамидой тайлов зоны радиопокрытия в стандартном формате {ZOOM}/{X}/{Y}. В скрипт страницы index.html записывается также слой пользовательских линейных и точечных объектов (вернее те из них, которые указаны как отображаемые), и если объектов много, то это может занять значительное время.

Для того, чтобы открыть веб-страницу, откройте файл index.html при помощи вашего браузера (Google Chrome, Mozilla Firefox, Internet Explorer и пр.). Указанную папку со скриптом и пирамидой тайлов можно заархивировать и передать заказчику как законченный результат.

Также полученную страницу можно разместить на веб-сервере для просмотра в любом браузере и на любой из операционных систем (Windows, Mac, IOS, Android, Linux).

Веб-страница позволяет:

- Выбирать подложку из 4-х различных базовых карт;
- Отобразить/скрыть зону радиопокрытия;
- Отображать слой пользовательских линейных и точечных объектов;
- Изменять масштаб;
- Автоматически отображать основные данные из легенды;
- Отображать масштаб и текущие координаты курсора;

Базовые карты можно загружать из интернета

Папку с пирамидой тайлов можно использовать не только с полученным скриптом – ее, например, можно подключить к любой ГИС, поддерживающий работу с тайлами, что позволит демонстрировать результат расчета зон радиопокрытия в виде слоя на любой стороне ГИС пользователя.

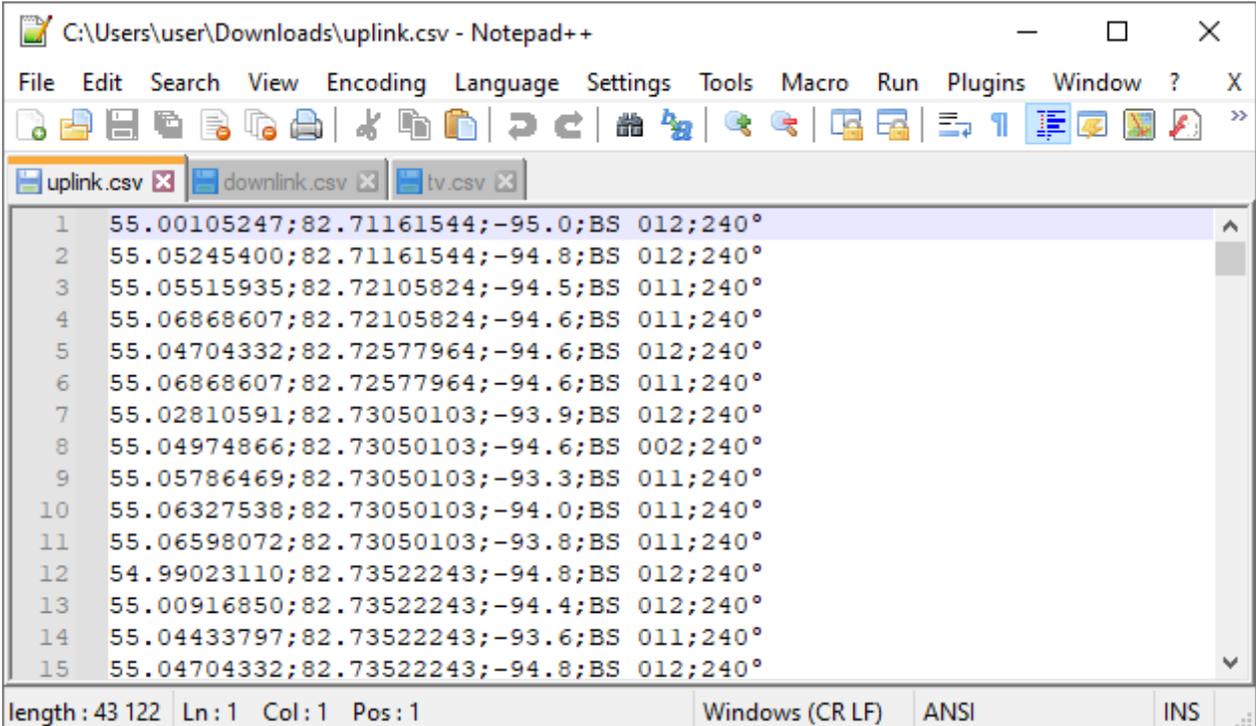


**Сохранить результат расчета в ГИС формате** - сохранение результата расчета покрытия в текстовом файле CSV или файле обмена MapInfo (MIF + MID). Экспорт в эти векторные форматы необходим тем пользователям, которые используют покрытие для дальнейшего анализа в различных ГИС-приложениях.

При сохранении файла нужно будет указать шаг сетки, с которой будет сохранен результат.

#### **Формат файла CSV**

Каждая строка содержит три параметра: географическая широта; географическая долгота; максимальный из всех секторов уровень сигнала (уровень мощности на приеме для проектов "Мобильная связь" или напряженность поля для проектов теле- и радиовещания); Название БС; Азимут сектора. Разделитель значений параметров - точка с запятой. Форматы географических координат: градусы минуты секунды (35 36 23,8) или десятичные градусы (12,34567).



The screenshot shows a Notepad++ window with the file 'uplink.csv' open. The text content is as follows:

```
1 55.00105247;82.71161544;-95.0;BS 012;240°
2 55.05245400;82.71161544;-94.8;BS 012;240°
3 55.05515935;82.72105824;-94.5;BS 011;240°
4 55.06868607;82.72105824;-94.6;BS 011;240°
5 55.04704332;82.72577964;-94.6;BS 012;240°
6 55.06868607;82.72577964;-94.6;BS 011;240°
7 55.02810591;82.73050103;-93.9;BS 012;240°
8 55.04974866;82.73050103;-94.6;BS 002;240°
9 55.05786469;82.73050103;-93.3;BS 011;240°
10 55.06327538;82.73050103;-94.0;BS 011;240°
11 55.06598072;82.73050103;-93.8;BS 011;240°
12 54.99023110;82.73522243;-94.8;BS 012;240°
13 55.00916850;82.73522243;-94.4;BS 012;240°
14 55.04433797;82.73522243;-93.6;BS 011;240°
15 55.04704332;82.73522243;-94.8;BS 012;240°
```

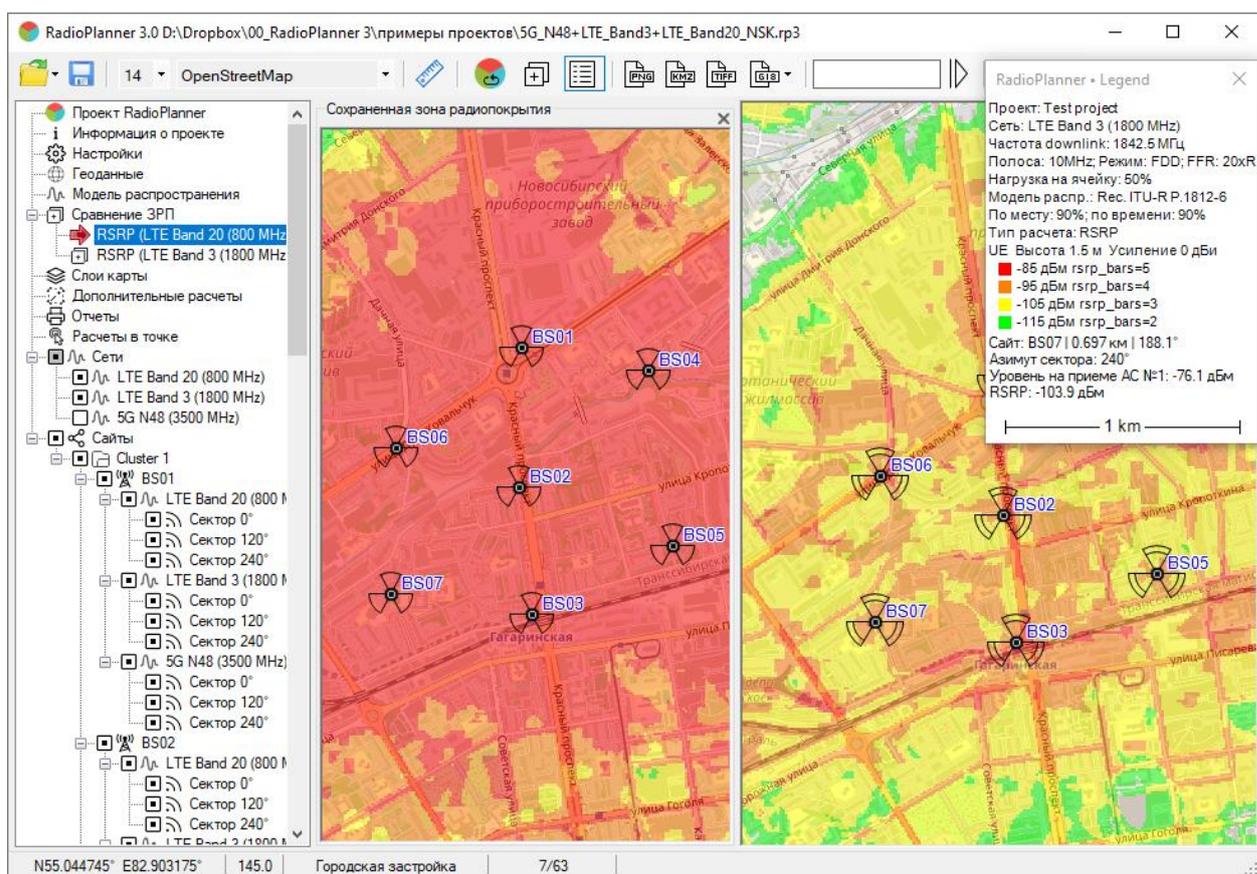
The status bar at the bottom indicates: length: 43 122 Ln: 1 Col: 1 Pos: 1 Windows (CR LF) ANSI INS

*Пример результата расчета покрытия в виде CSV файла*

# Сравнение результатов расчета покрытия

RadioPlanner позволяет выполнить визуальное сравнение результатов текущего расчета радиопокрытия с предварительно добавленным для подобного сравнения результатами расчета. Таким образом можно оценить влияние на результат покрытия изменения различных параметров БС, модели распространения и т.д.

Чтобы добавить выполненный расчет к сравнению, нажмите кнопку «Добавить покрытие для сравнения» на верхней панели инструментов. Когда вы перейдете в меню «Сравнить покрытие» на главной панели инструментов, этот результат расчета будет расположен в левой части экрана, а результат текущего расчета покрытия будет отображаться в правой части. Если легенда включена, она будет отображать параметры расчета, над которыми в данный момент находится указатель мыши.



*Сравнение результатов расчета радиопокрытия*

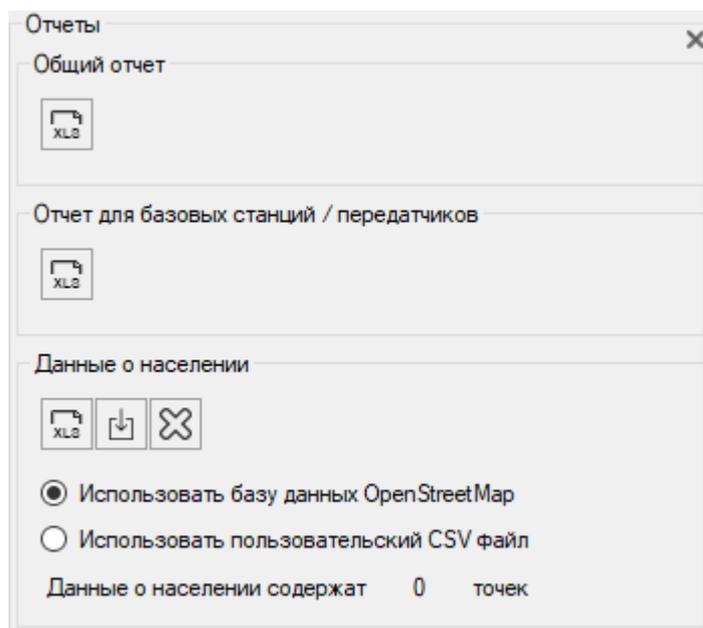
Вы можете добавить к сравнению несколько расчетов, и они появятся в интерфейсе TreeView в ветке "Сравнение ЗРП". При добавлении к сравнению RadioPlanner сохраняет все матрицы вычислений, поэтому для больших областей расчета процесс добавления занимает много времени и места на жестком диске. Управление картами в левой и

правой панелях (смещение и масштабирование карты) независимо друг от друга. Это позволяет детально сравнить два результата расчета покрытия. Чтобы переименовать расчет в TreeView интерфейсе, дважды щелкните его и переименуйте. Чтобы удалить ненужный расчет, щелкните по нему и нажмите кнопку Удалить на клавиатуре. При закрытии RadioPlanner расчеты, добавленные к сравнению, не сохраняются.

# Отчеты

В меню «Отчеты» пользователю доступны различные типы отчетов — отчет о конфигурации сети, о используемой модели распространения радиоволн, о типе расчета и отчет о конфигурации активных сайтов.

Все отчеты автоматически открываются в приложении для чтения файлов формата \*.xls, установленном на ПЭВМ пользователя.



*Меню Отчеты*

## Общий отчет



Открыть общий отчет в программе для чтения файлов формата \*.xls, включающий в себя отчет о конфигурации сети, модели распространения радиоволн, типе расчета.

# **Калькулятор чувствительности приемника, ограниченной промышленными помехами**

Калькулятор позволяет определить чувствительность приемника, ограниченную промышленным радишумом (индустриальными радиопомехами) для различных окружающих условий.

Влиянием промышленных шумов нельзя пренебрегать в диапазонах частот, где работают системы профессиональной подвижной радиосвязи (136-174 МГц и 403-470 МГц), особенно в низкочастотном диапазоне VHF 136-174 МГц.

Калькулятор необходимого уровня на входе приемника с учетом промышлен...

**Параметры приемника**

Эталонная чувствительность  $\frac{?}{?}$  -119 дБм

Эталонная чувствительность  $\frac{?}{?}$  0,25 мкВ

Тип приемника  $\frac{?}{?}$  ETSI DMR 2 slot TDMA (AMBE +2) (12.5 kHz)

Требуемое передаваемое качество речи (DAQ)  $\frac{?}{?}$  DAQ-3.4

Отношение сигнал/шум для эталонной чувствительности (Cs/N)  $\frac{?}{?}$  5,3 дБ BER = 5 %

Отношение сигнал/шум (Cf/N) для требуемого DAQ  $\frac{?}{?}$  15,6 дБ BER = 2 %

Эквивалентная шумовая полоса  $\frac{?}{?}$  7 кГц

Коэффициент шума  $\frac{?}{?}$  11,2 дБ

Динамическая чувствительность  $\frac{?}{?}$  -108,7 дБм

**Промышленные помехи**

Рек. ITU-R P.372-13 Радишум (50 - 250 МГц)

OFCOM MMN measurement (AY4119) 2003 (50 - 1000 МГц)

TIA TSB-88.2-D Part 2: Propagation and Noise (162 MHz)

Частота  $\frac{?}{?}$  160 МГц

Категория  $\frac{?}{?}$  Жилые районы

Промышленный/индустриальный шум (Fam)  $\frac{?}{?}$  11,4 дБ

**Результаты**

Чувствительность приемника, ограниченная промышленными помехами  $\frac{?}{?}$  -105,6 дБм

*Калькулятор чувствительности приемника, ограниченной промышленными помехами*

Предварительно вычисляется так называемая динамическая чувствительность приемника (Faded Performance Threshold) с учетом требуемого передаваемого качества речи (DAQ) по методике, изложенной в рекомендации TIA TSB-88.1-D. Типовые параметры приемников-демодуляторов всех известных систем профессиональной мобильной связи встроены в калькулятор - данные взяты из Таблицы A1 "Projected VCPC Parameters for Different DAQs" TIA TSB-88.1-D.

Далее вычисляется чувствительность приемника, ограниченная промышленными помехами с учетом категории местности для одного из следующих исследований:

— ITU-R P.372-13 "Радишум" (50-250 МГц)

- OFCOM MMN measurement (AY4119) 2003 (50-250 МГц)
- TIA TSB-88.2-D Part 2: Propagation and Noise (VHF – 162 МГц)

Для расчета необходимо указать:

- Эталонную чувствительность (Reference Sensitivity) приемника в дБм или мкв - она обычно указывается в технической спецификации как Reference Sensitivity или статическая (Static) чувствительность приемника при 12 дБ SINAD для аналоговых систем или при BER=5% для цифровых систем.
- Тип системы профессиональной подвижной связи
- Требуемое качество передаваемой речи (выбрать из трех распространенных, обычно DAQ=3.4)
- Выбрать исследование, на котором будет основан расчет и категорию среды.
- Указать несущую частоту.

После изменения любого поля исходных данных расчет выполняется автоматически, если в качестве результата расчета появляется пустое поле, то это значит, что введены некорректные данные по приемному оборудованию (физически не реализуемые) или графики промышленного шума выходят за пределы частот, на которых выполнялись исследования.

Цвет	Количество сетей	Описание
Желтый	1	
Красный	2	
Зеленый	≥ 3	

*Меню Сеть*



Добавить новую сеть



Выполнить расчет зоны покрытия (См. раздел "Расчет покрытия для нескольких сетей")

Тип расчета — Количество доступных сетей (DL)  
См. раздел "Расчет покрытия для нескольких сетей"

Детальность расчета Детальность расчета:

- Низкая
- Средняя
- Высокая

Детальность, с которой будет представлен результат расчета. При этом разрешение соответствует одному пикселю экрана для zoom=11 (низкая детальность), zoom=12 (средняя) и zoom=13 (высокая). Для географической широты 55 градусов это примерно 40, 20 и 10 метров соответственно.

Чем выше детальность, тем больше время расчета.

## Сеть

Меню «Сеть» используется для установки всех параметров выбранной сети и параметров расчета. Для проектирования сетей телерадиовещания необходимо выбрать тип системы Terrestrial Broadcasting (Наземное вещание).

Сеть











Наименование сети: RTRS Multiplex I

Тип системы: Terrestrial Broadcasting

Параметры сети

Диапазон: 538 МГц

Радиус расчета: 70 км

Высота приемной антенны: 10 м

Тип расчета: Field strength (DL)

Напряженность поля в точке приема

4 Количество уровней

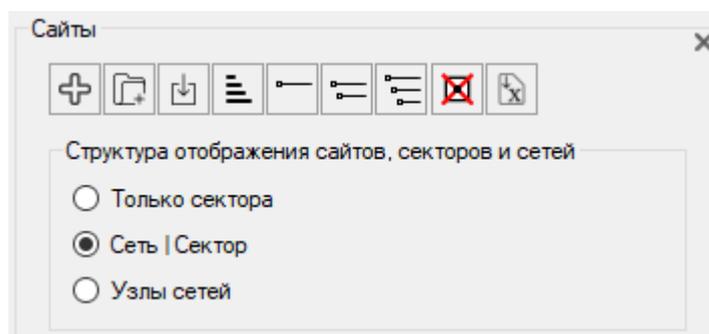
Цвет	Уровень	Описание
Red	> 58 дБмкВ/м	256 QAM 4/5 PP4 64800
Yellow	53 ÷ 58 дБмкВ/м	64 QAM 4/5 PP4 64800
Green	47 ÷ 53 дБмкВ/м	16 QAM 4/5 PP4 64800
Cyan	41 ÷ 47 дБмкВ/м	QPSK 4/5 PP4 64800

### Меню Сеть

-  Создать новую сеть как копию этой
-  Сделать активными/не активными все передатчики текущей сети
-  Переместить текущую сеть вверх по списку
-  Переместить текущую сеть вниз по списку
-  Удалить сеть
-  Выполнить расчет
-  Выполнить расчет покрытия для каждого активного передатчика и сохранить результат в виде файла KMZ
-  Загрузить параметры сети из шаблона
-  Сохранить параметры сети в шаблон

Наименование сети	Наименование сети, текстовое поле
Тип системы	<p>Варианты типов системы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— LTE</li> <li>— 5G</li> <li>— Terrestrial Broadcasting (Передатчик наземного вещания)</li> <li>— Air-to-Ground Radio (Приемо-передатчик для авиационной радиосвязи)</li> <li>— Generic TRX (Типовой, или стандартный приемо-передатчик подвижной связи, тип которого не совпадает с типами систем, указанных выше)</li> </ul> <p>Выбранный тип системы будет определять набор дополнительных параметров системы, а также доступные типы расчетов.</p>
Диапазон	Средняя частота диапазона сети, МГц Используется только для расчета потерь на местных препятствиях (клаттерах) в моделях распространения ITU-R P.1812 и ITU-R P.1546.
Радиус расчета	Максимальный радиус расчета от передатчика, км. Чем больше радиус, тем больше время вычислений. Не устанавливайте излишний расчетный радиус.
Высота приемной антенны	Высота приемной антенны (в метрах).

## Сайты



Сайты



Создать новый сайт

-  Создать новую группу сайтов
-  Импортировать сайты из файла формата \*.CSV
-  Сортировать сайты в алфавитном порядке
-  Свернуть все узлы сайтов
-  Свернуть все узлы сетей
-  Развернуть все узлы сайтов
-  Удалить все выбранные сайты
-  Импортировать параметры сайтов из документа формата \*.xls

Чтобы создать новый сайт, нажмите "Сайты" в интерфейсе в виде дерева, затем нажмите кнопку "Создать новый сайт" на открывшейся панели.

#### **Импорт сайтов из файла \*.CSV**

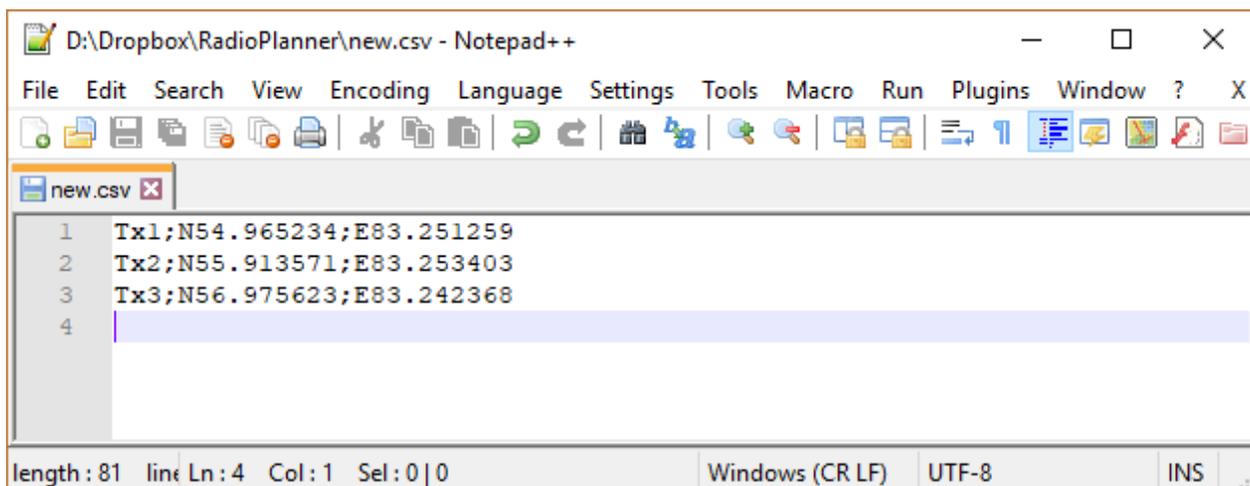
Программа позволяет импортировать сайты из файлов формата CSV (текстовый формат, где разделителем значений колонок является символ "точка с запятой"). Это универсальный формат, в котором можно сохранить таблицу с сайтами из любого редактора таблиц (Excel, LibreOffice Calc и прочих), а также баз данных.

Необходимые поля для каждого из сайтов: Наименование; Широта; Долгота

Разделителем полей является символ "точка с запятой".

Форматы представления координат - ПОЛУШАРИЕ ГРАДУСЫ МИНУТЫ СЕКУНДЫ (N35 36 23.8) или ПОЛУШАРИЕ ДЕСЯТИЧНЫЕ ГРАДУСЫ (N12.34567).

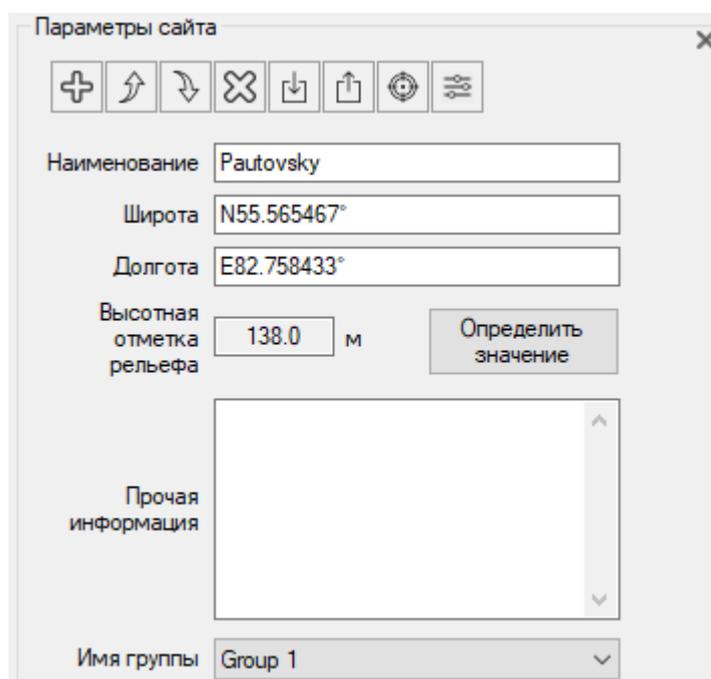
Для импорта сайтов нажмите на кнопку "Импортировать сайты из файла формата \*.CSV" и выберите соответствующий файл CSV, после чего программа выполнит импорт. Если на момент импорта в проекте уже были сайты, то импортируемые сайты добавятся в конец списка.



Пример файла CSV

## Параметры сайта

При клике мышью в панели интерфейса Tree View на созданном сайте откроется панель параметров сайта, в которой можно редактировать наименование, координаты, указать дополнительную текстовую информацию, а также узнать высотную отметку сайта относительно уровня моря.



Параметры сайта



Создать новый сайт как копию этого

-  Переместить сайт вверх или вниз по списку
-  Удалить сайт
-  Загрузить секторы сайта из шаблона
-  Сохранить секторы сайта в шаблон
-  Позиционировать карту на сайт
-  Применить параметры этого сайта ко всем активным сайтам

Наименование	Наименование сайта, текстовое поле.
Широта	Географическая широта сайта в формате, заданном пользователем в Настройках
Долгота	Географическая долгота сайта в формате, заданном пользователем в Настройках
Высотная отметка земли, м	Отметка земли относительно уровня моря, м, определяемая по введенным выше географическим координатам
Заметки	Текстовое поле
Группа	Выберите группу сайтов. Сайты можно объединять в группы (кластеры), что позволяет быстро включать/исключать большие группы сайтов из расчетов.

## Параметры передатчика

При создании сайта автоматически создается как минимум один передатчик этого сайта.

В панели дерева разделов рядом с каждой сайтом и сектором есть значок активности. Для того чтобы для передатчика производились вычисления, данный передатчик должен быть отмечен как активный (точка в центре значка).

При клике мышью на секторе откроется панель с параметрами передатчика.

**Параметры передатчика**

Сеть: RTRS Multiplex I

Наименование: Pautovsky Imux 29ch

Тип радиооборудования: R&S THU9 UHF Transmitter

---

Частота: 538 МГц

Мощность: 500 Вт

Минимальная напряж. поля: 52.4 дБмкВ/м

Цвет Best Server:  

Мощность прд: 57 дБм

**Передающая антенна**

Высота: 72 м

Козф. усил.: 10 дБи

Азимут: 0 град.

Угол наклона: 0 град.

Тип антенны: Kathrein 75010067

---

**Ослабление в антенном тракте**

Тип кабеля: LDF12-50 2-1/4'

Длина кабеля: 80 м

Потери в кабеле: 1.2 дБ

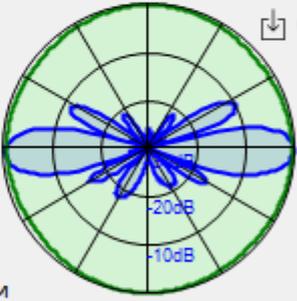
Доп. потери: 0.27 дБ

Общие потери: 1.47 дБ

**Диаграммы направленно сти в дБ:**

- [горизонтальная](#)

- [вертикальная](#)



ЭИИМ: 65.5 дБм

---

**Параметры контура FCC**

Кривая: F(50,50)

---

**Параметры контура ITU-R P.1546-6**

Вероятность по месту: 50 % Тип трассы: Land

Вероятность по времени: 50 %

*Параметры передатчика*



Создать новый передатчик как копию текущего передатчика



Переместить передатчик вверх/вниз



Удалить передатчик



Групповое изменение параметров активных передатчиков на основе параметров текущего передатчика



Позиционировать карту на данный сайт



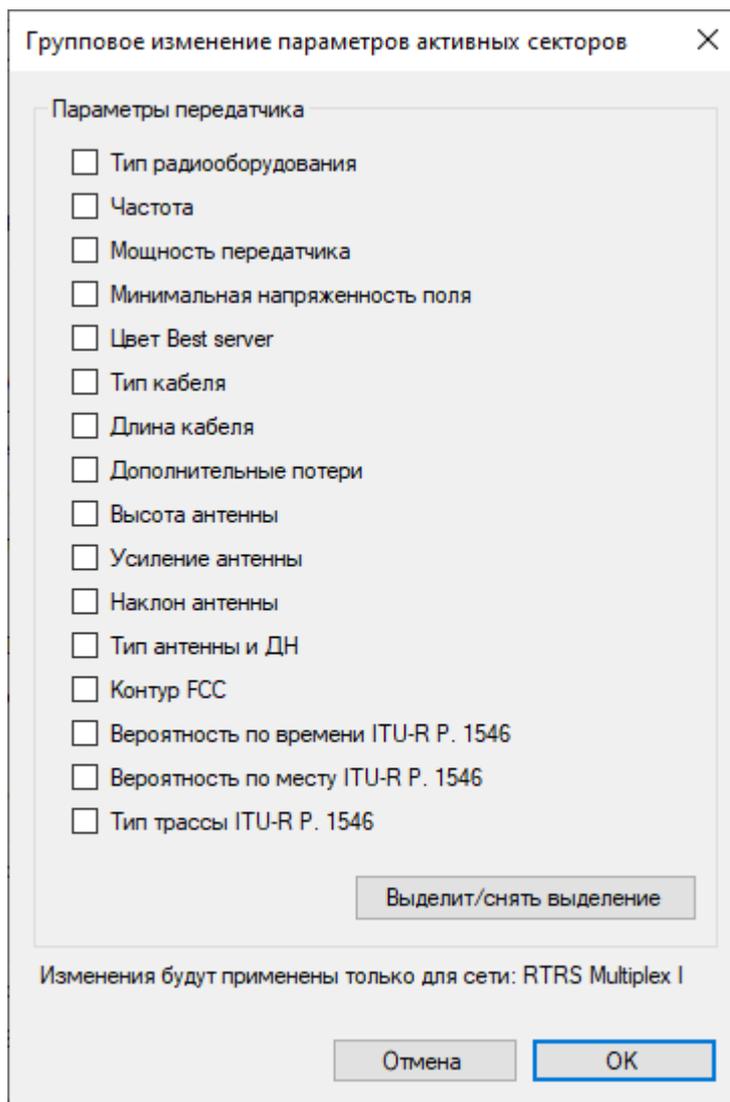
Анализ измерений сектора.

---

Сеть	Сеть, к которой принадлежит передатчик, выбор из выпадающего списка сетей.
Наименование	Наименование передатчика, текстовое поле. Если оставить поле пустым, то в панели TreeView слева будет автоматически отображаться азимут сектора. Если вы укажете имя в этом поле, оно будет отображаться в панели TreeView вместо азимута.
Частота, МГц	Частота несущей передатчика, МГц
Мощность	Мощность передатчика, Вт. Ниже приведено это значение дБм для контроля
Минимальная напряженность поля, дБмкВ/м	Минимальная напряженность поля, необходимая для уверенного приема, дБмкВ/м. Область с напряженностью поля меньше указанного значения будет исключена из зоны покрытия передатчика. Эта функция полезна для отображения общей зоны покрытия для сети передатчиков, работающих в разных диапазонах частот или с разными уровнями модуляции, так как у таких передатчиков разная минимальная напряженность поля, необходимая для надежного приема. Это значение также используется для расчетов контуров FCC и ITU-R 1546.
Цвет Best Server	Цвет, который будет использоваться для обозначения покрытия этого передатчика при расчете Best Server.
Тип кабеля	Выбор типа основного кабеля из предлагаемого набора. Если нужного кабеля не оказалось в списке, то пользователь может добавить его самостоятельно
Длина кабеля, м	Длина основного кабеля, м
Потери в кабеле, дБ	Потери в кабеле, дБ. Расчетная величина
Дополнительные потери, дБ	Дополнительные потери, дБ – потери на объединение, потери в джамперах и коннекторах. Любые дополнительные потери в тракте.
Суммарные потери, дБ	Суммарные потери, дБ. Расчетная величина.
Высота антенны, м	Высота центра излучения антенны относительно уровня земли, м
Коэффициент усиления, дБи	Коэффициент усиления антенны относительно изотропного излучателя, дБ

---

Азимут, градусы	Азимут антенны в градусах.
Наклон, градусы	Наклон антенны в градусах. Отрицательная величина – наклон вниз. Положительная величина – отклонение вверх.
Наименование антенны	Наименование антенны, текстовое поле. Автоматически заполняется названием файла диаграммы направленности антенны при выборе диаграммы направленности.
	Загрузить файл ДН антенны в формате MSI
<b>Параметры контуров FCC</b>	
Кривая FCC	Выбор типа кривой из ряда F (50,50); F (50,10); F(50,90).
Добавить слой карты	Добавление контура с выбранными параметрами на карту в виде отдельного слоя
<b>ITU-R P.1546-6 contour parameters</b>	See the section ITU-R P.1546-6 Contours
Процент времени	Процент времени, для которого будет выполняться расчет контура (50%,10% или 1%)
Процент мест	Процент мест, для которого будет выполняться расчет контура (50%-99%)
Тип трассы	Сухопутная, над холодным морем или над теплым морем
Добавить слой	Добавление контура с выбранными параметрами на карту в виде отдельного слоя



*Групповое изменение параметров активных секторов*

**Групповое изменение параметров активных передатчиков на основе параметров текущего передатчика** – полезная функция, которая позволяет мгновенно поменять параметры любого количества передатчиков в соответствии с параметрами текущего передатчика, выбранными пользователем.

Для того, чтобы выполнить групповое изменение параметров, необходимо:

1. Отметить передатчики, параметры которых необходимо поменять;
2. Установить в текущем передатчике нужные значения параметров;
3. Нажать на кнопку , выбрать в появившемся перечне наименования те параметры, которые требуется поменять в выбранных передатчиках, и нажать на кнопку ОК.

## Модели распространения радиоволн для проектов ТВ и радиовещания

При работе с проектами ТВ и радиовещания обычно используется одна из следующих моделей распространения радиоволн:

- модель МСЭ-R P.1812-4;
- модель МСЭ-R P.1546-6;
- модель Лонгли-Райса или ITM (Longley-Rice, Irregular Terrain Model);

Более подробную информацию об этих моделях см. в разделе Модели распространения радиоволн.

## Тип и параметры расчета

Для систем наземного вещания (Terrestrial Broadcasting) можно выбрать следующие типы расчетов:

- Напряженность поля в точке приема (Field strength)
- Зоны максимального уровня поля (Best server)

### Напряженность поля в точке приема - Field Strength (DL)

При этом типе расчета на карте различными цветами отображаются области с соответствующим диапазоном уровней напряженности поля на приеме.

Цвет	Уровень	Описание
Red	> 58 дБмкВ/м	256 QAM 4/5 PP4 64800
Yellow	53 ÷ 58 дБмкВ/м	64 QAM 4/5 PP4 64800
Green	47 ÷ 53 дБмкВ/м	16 QAM 4/5 PP4 64800
Cyan	41 ÷ 47 дБмкВ/м	QPSK 4/5 PP4 64800

Параметры расчета "Напряженность поля в точке приема" - Field Strength (DL)

Количество уровней	Количество уровней (от 1 до 8)
Цвет	Цвет уровня
Уровень, дБмкВ/м	Уровень напряженности в месте установки приемной антенны, дБмкВ/м

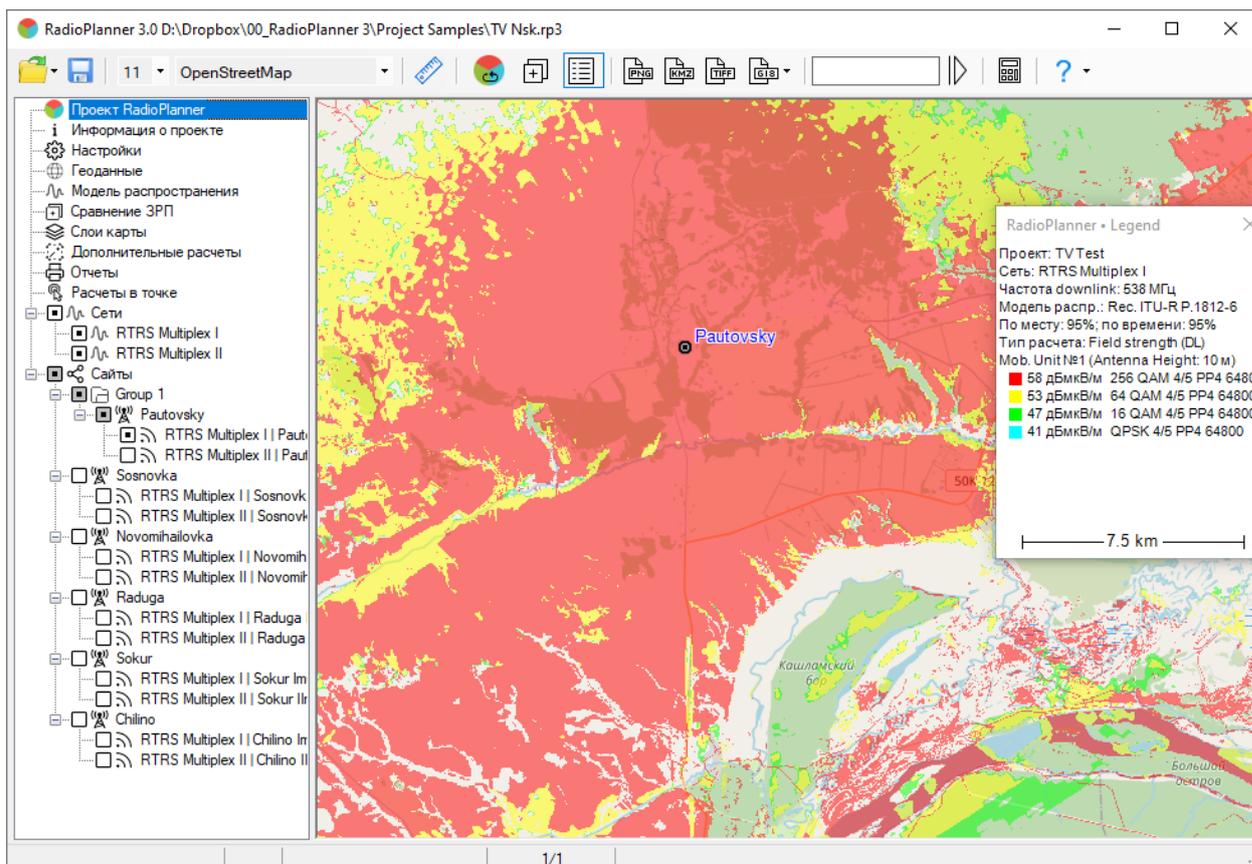
---

Описание	Текстовое поле как описание для каждого из уровней сигнала
----------	--

Для аналогового ТВ вещания согласно ГОСТ 7845-92 нормируются значения напряженности поля (дБ относительно 1 мкВ/м) излучения радиосигнала изображения на высоте 10 м от поверхности земли, определяющие зону обслуживания телевизионным вещанием (при соответствующих значениях усиления приемных телевизионных антенн):

- 50 дБмкВ/м при усилении антенны 4 дБ — в первом частотном диапазоне (48,5—66,0) МГц;
- 52 дБмкВ/м при усилении антенны 4,5 дБ — во втором частотном диапазоне (76—100) МГц;
- 55 дБмкВ/м при усилении антенны 8 дБ — в третьем частотном диапазоне (174—230) МГц;
- 65 дБмкВ/м при усилении антенны 10 дБ — в четвертом частотном диапазоне (470—582) МГц;
- 68 дБмкВ/м при усилении антенны 10 дБ — в пятом частотном диапазоне (582—790) МГц.

Для цифрового наземного телевизионного вещания принятого в России стандарта DVB-T2 требуемые значения напряжённости для разных частотных диапазонов, видов модуляции и кодирования приведены в “Методике определения зоны обслуживания одиночной передающей станции наземного цифрового ТВ-вещания стандарта DVB-T2”, разработанной ФГУП “Научно-исследовательский институт радио” (Приложение №1 к решению ГКРЧ от 16 октября 2015г. №15-35-04). <https://digital.gov.ru/uploaded/files/prilozhenie-1-k-resheniyu-gkrch--15-35-04-metodika-zona-obslyzhivaniya-stantsii-dvb-t2.pdf>



Пример расчета напряженности поля в точке приема для FM передатчика

### Зоны максимального уровня напряженности поля Best Server (DL)

В данном типе расчета на карте отображаются области, в которых напряженность поля на приеме от соответствующего передатчика больше, чем от других передатчиков. При этом цвета, которыми обозначаются зоны от различных передатчиков могут быть назначены автоматически из стандартного набора или назначены в соответствии с цветом, указанным в параметрах передатчика.

Тип расчета  
Best Server (DL)

Назначение цветов

Использовать автоматическое назначение цветов

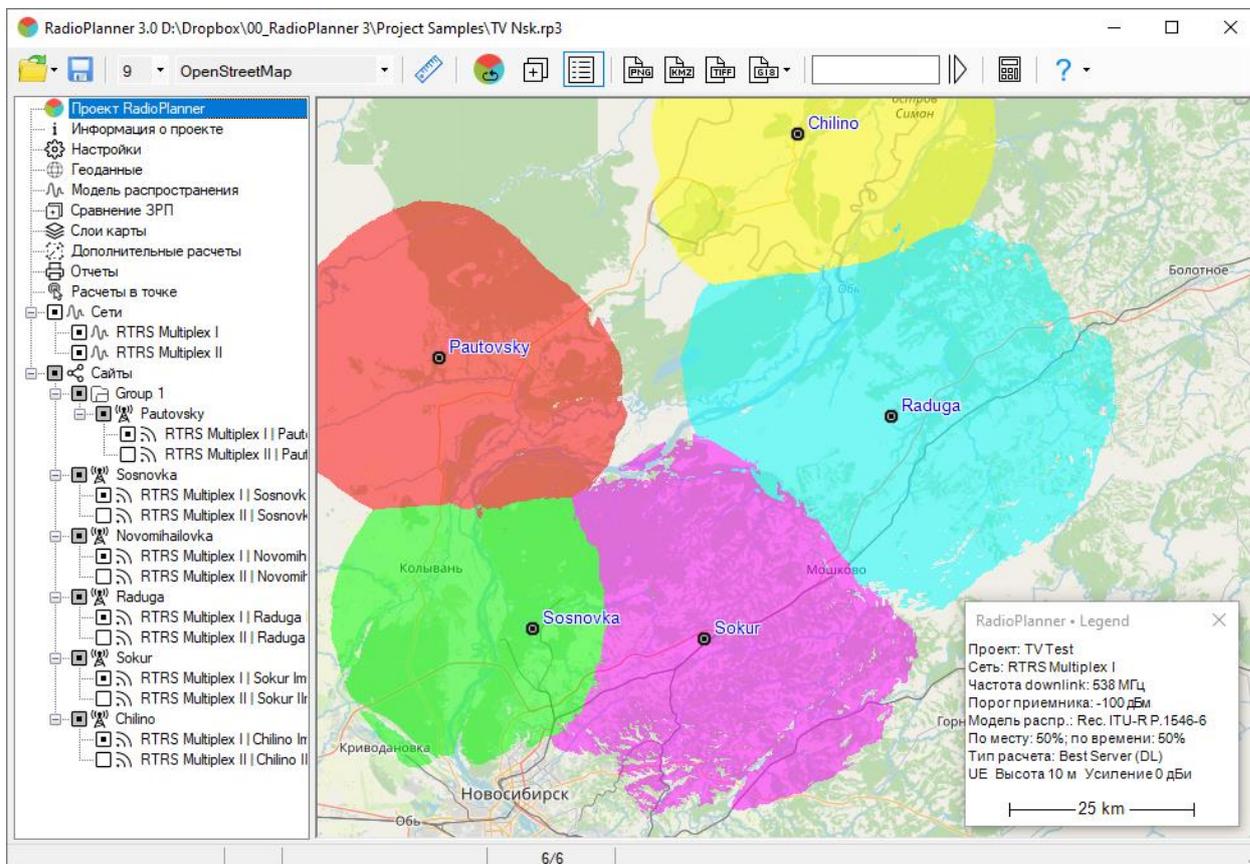
Использовать цвет сектора

Параметры Best Server

Использовать автоматическое назначение цветов      Использовать автоматическое назначение цветов

Использовать цвет сектора      Назначение цвета передатчику выполняется в соответствии с цветом, заданным в меню

## “Параметры передатчика”



Пример расчета Best Server для TV DVB-T2

**Расчет контуров по кривым распространения МСЭ-R P.1546-6**

В RadioPlanner также можно выполнить расчет сервисных и интерференционных контуров по кривым распространения МСЭ-R P.1546-6 (08/2019) “Метод прогнозирования для трасс связи "пункта с зоной" для наземных служб в диапазоне частот от 30 МГц до 4000 МГц” (Method for point-to-area predictions for terrestrial services in the frequency range 30 MHz to 4 000 MHz). Указанные контуры широко используются при планировании размещения вещательных ТВ и РВ передатчиков.

Расчет контура выполняется в меню параметров соответствующего передатчика, для которого требуется построить контур по МСЭ-R P.1546-6. Для расчета необходимо указать требуемое минимальное значение напряженности электромагнитного поля, тип трассы, а также процент мест и времени, для которых будет произведен расчет.

Обычно используют следующие контуры (процент мест, процент времени):

- (50,50) – сервисный контур для FM радиовещания и телевидения;
- (50,10) и (50,1) – интерференционные контуры;

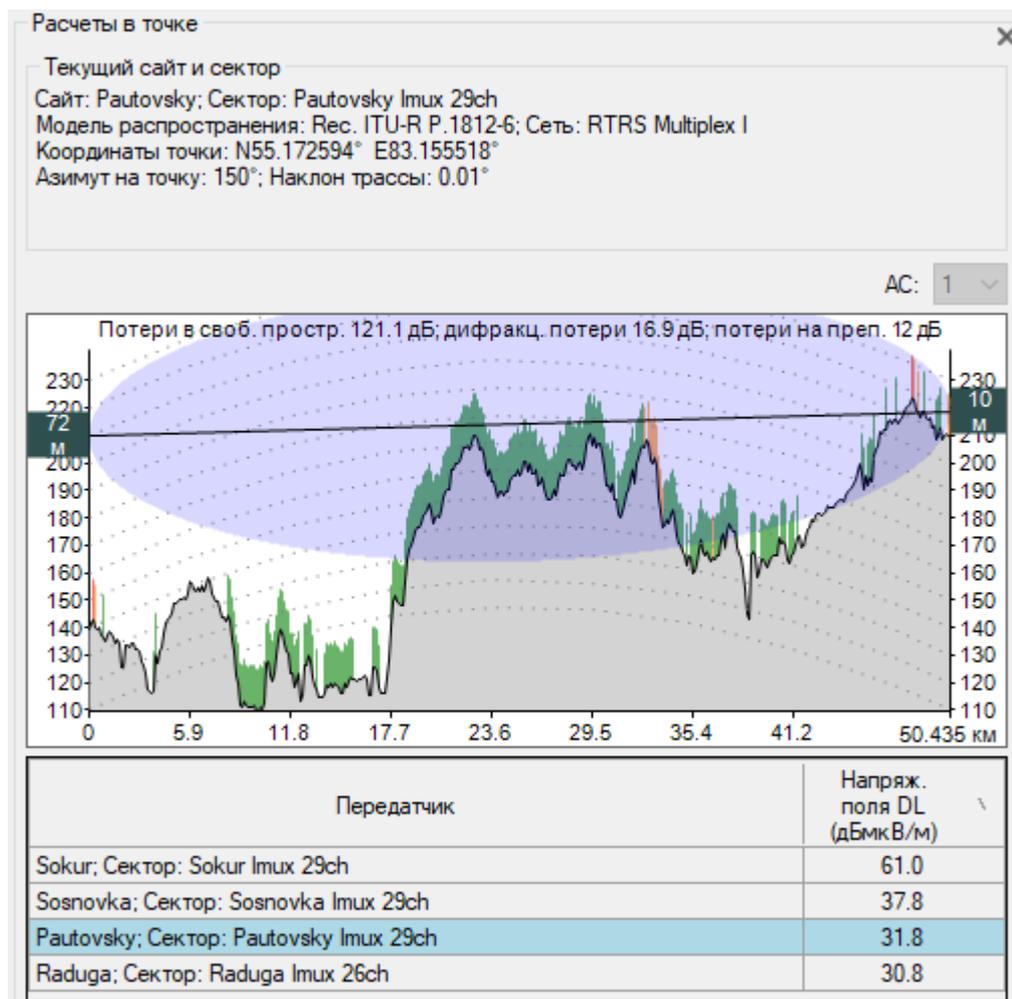
После нажатия кнопки **Добавить слой карты** контур появится на базовой карте в качестве векторного слоя. В названии этого слоя отображается информация о наименовании передатчика, типе кривой и уровне напряженности поля. По умолчанию все контуры

отображаются черным цветом, но можно менять стиль отображения этого слоя по своему усмотрению, работа с ним не отличается от работы с другими векторными слоями на карте.

## **Расчеты в точке для передатчиков ТВ- и радиовещания**

После входа в меню открывается панель, в которой отображается продольный профиль от выбранного передатчика до текущей точки, при этом на карте появляется соответствующий интервал. Текущую точку на карте можно изменить, просто кликнув мышью в нужном месте. Профиль представляет собой вертикальный разрез местности между передатчиком и приемной антенной с нанесенной информацией о высотных отметках земли и препятствиях. Цвета, которыми обозначаются различные препятствия на профиле соответствуют цветам модели препятствий, высота определяется высотой для каждого типа препятствия, установленного в меню "Геоданные".

На продольном профиле показываются высота центра излучения антенны передатчика и высота фазового центра приемной антенны, а также зона Френеля для радиолуча, величина потерь в свободном пространстве, дифракционные потери из-за рельефа местности, а также потери на окружающих приемную антенну препятствиях. Передатчик выбирается в левой части панели в общем дереве – кликните мышью на нужном Вам передатчике (не путать с установкой значка активности), после чего информация по этому передатчику появится сверху над продольным профилем. Снизу под продольным профилем появляется результат расчета уровня напряженности электрического поля в указанной точке.

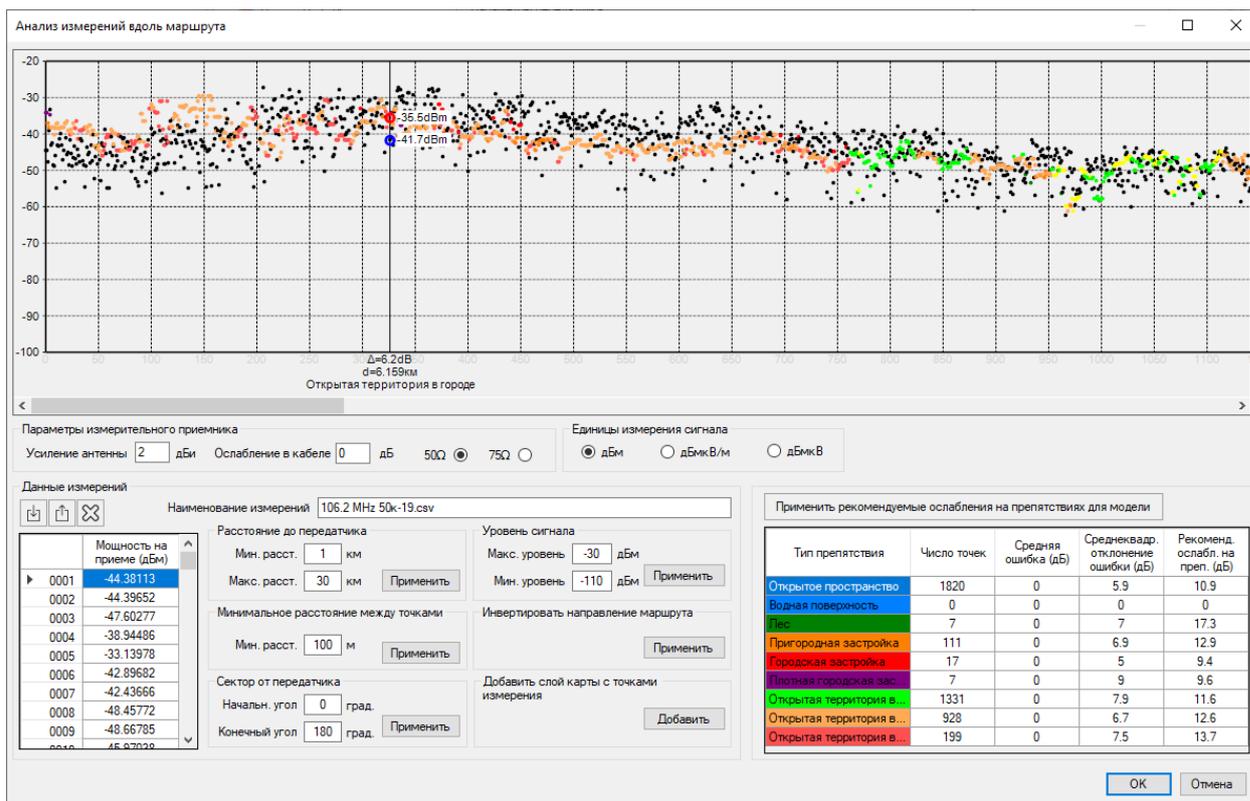


Расчеты в точке для ТВ передатчика

## Импорт результатов измерений и настройка параметров модели расчета для проектов ТВ- и радиовещания

RadioPlanner позволяет определить значение потерь на препятствиях (клаттерах) для модели распространения радиоволн путем сравнения результатов полевых измерений уровней принимаемого сигнала с расчетными значениями.

Загрузка, предварительная обработка и анализ файла измерений для передатчика выполняется в панели Параметры передатчика.



Анализ измерений для передатчиков вещания



Импорт данных измерений из файла формата CSV



Экспорт данных измерений в файл формата CSV



Удалить все данные измерений

Усиление антенны  дБи

Усиление приемной антенны, дБи

50Ω  75Ω

Волновое сопротивление кабеля приемной антенны, Ом

Ослабление в кабеле  дБ

Потери в кабеле приемной антенны, дБ

Единицы измерения сигнала  
 дБм  дБмкВ/м  дБмкВ

Единицы измерения сигнала

**Инструменты предварительной обработки измерений:**

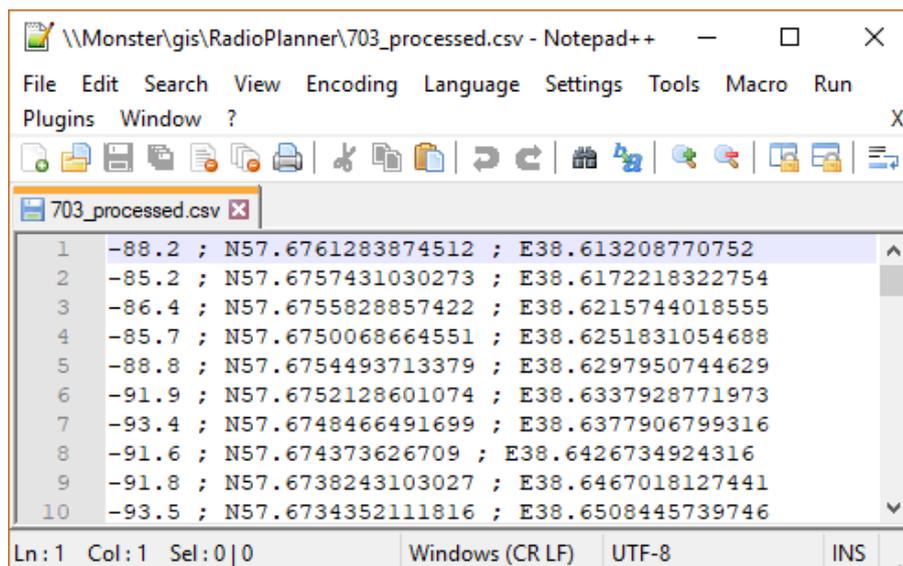
Уровень сигнала Максимальный/Минимальный	Удалить из данных измерений точки со уровнем вне указанных границ
Расстояние до передатчика Минимальное/Максимальное	Удалить из данных измерений с расстоянием до сайта вне указанных границ
Сектор от передатчика Минимальный/Максимальный угол	Удалить из данных измерений точки, не попадающие в указанный угловой сектор
Минимальное расстояние между точками	Устанавливается размер сторон квадратов, в пределах которых будет выполнено усреднение значений уровня сигнала, локация точки при этом в пределах каждого из квадратов будет выбрана из локаций существующих точек измерений в пределах данного квадрата случайным образом.
Инвертировать направление маршрута	Изменить порядок точек в маршруте (последняя точка становится первой, предпоследняя – второй и так далее).
Добавить слой карты с результатом измерений	Добавление на карту пользовательского слоя с результатами измерений с усреднением в пределах указанного минимального расстояния. Данные в таблице при этом не меняются. Полученный слой появится среди пользовательских слоев, наименование слоя будет соответствовать названию сайта и направлению сектора.

### Файл измерений в формате CSV

Каждая из строк этого файла содержит три параметра: уровень измеренного сигнала в дБм; географическая широта; географическая долгота

Разделителем значений параметров является символ “точка с запятой”.

Форматы представления географических координат - ПОЛУШАРИЕ ГРАДУСЫ МИНУТЫ СЕКУНДЫ (N35 36 23.8) или ПОЛУШАРИЕ ДЕСЯТИЧНЫЕ ГРАДУСЫ (N12.34567).



Файл измерений в формате CSV

### Порядок работы:

1. По результатам полевых измерений подготовьте файл с результатами измерений для передатчика.
2. Укажите усиление антенны, потери в кабеле и импеданс кабеля измерительного приемника. Высота приемной антенны задается в параметрах сети.
3. Загрузите файлы измерений. Появятся результаты измеренных и рассчитанных уровней приема вдоль трека измерений. Измеренные уровни сигнала обозначены черным цветом, расчетные уровни – цветом, соответствующим типу препятствий в данной точке (желтый – открытое пространство). По оси абсцисс показаны номера точек маршрута. При наведении курсора на график отображаются рассчитанные и измеренные уровни, разница уровней, расстояние до объекта в километрах и тип препятствий. При необходимости выполните предварительную обработку. При клике на графике появляется контекстное меню, в котором можно удалить точку с результатом измерения.

В таблице под графиком будет указано количество точек, средняя ошибка, стандартное отклонение ошибки, а также рекомендуемые значения потерь для разных типов препятствий, при которых средняя ошибка будет равна нулю. При нажатии на кнопку «Применить рекомендуемые ослабления на препятствиях для модели» значения для точек графика будут пересчитаны с учетом настроенных значений, а также будут изменены значения потерь в меню «Модель распространения». Чтобы оценить, как новые значения потерь от препятствий повлияют на результат расчета покрытия, необходимо пересчитать покрытие.

4. На основе анализа полученных результатов для разных типов препятствий и для разных передатчиков принимается решение относительно корректировки значений ранее используемых потерь на препятствиях (клаттерах) в модели распространения радиоволн.