ЗАО «Информационный Космический Центр «Северная Корона»

Опыт частотно-территориального планирования сетей ПМР

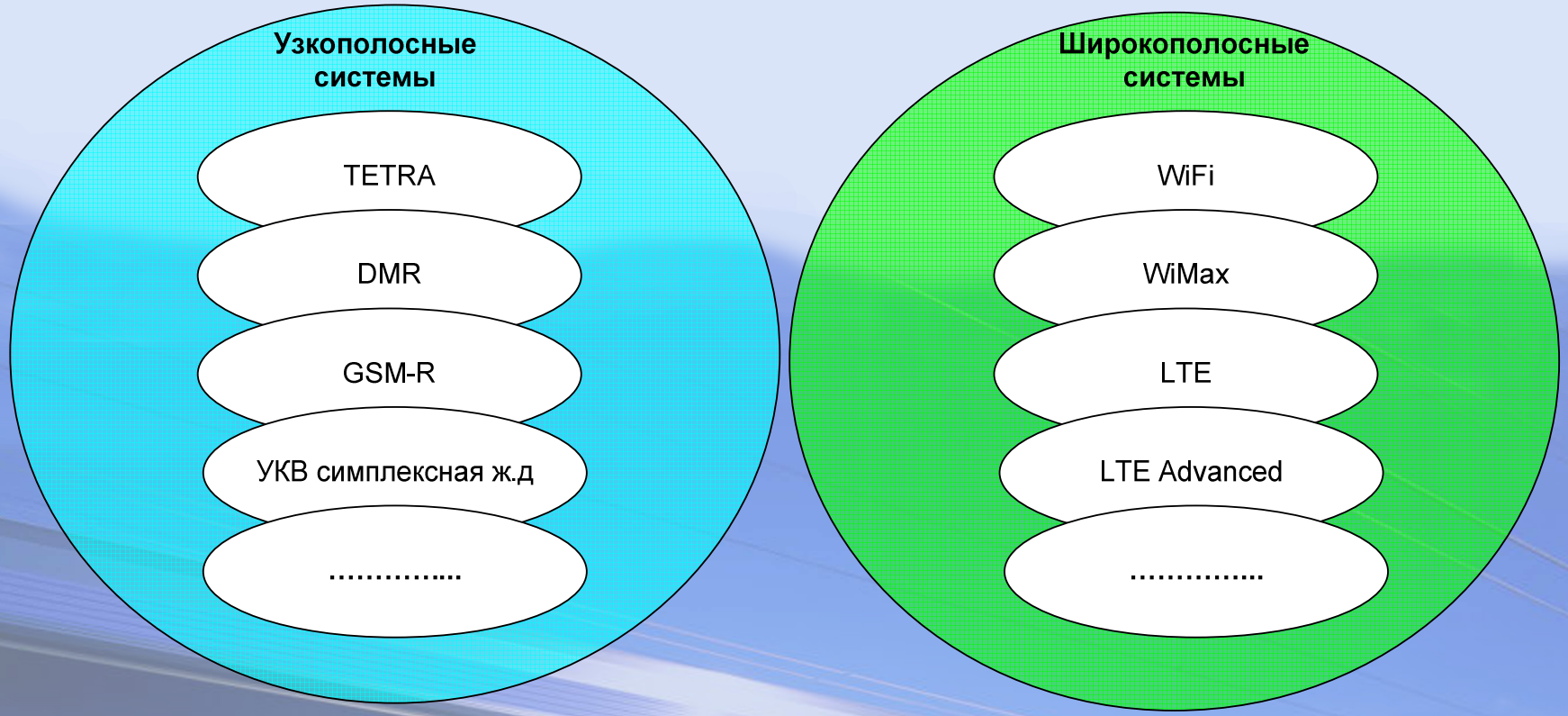
VI Международный форум и выставка

ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ МОБИЛЬНАЯ РАДИОСВЯЗЬ (PMR)

3-4 октября 2013 г

Novotel Москва Сити

Классификация сетей ПМР
Особенности выполнения работ при ЧТП



При выполнении ЧТП необходимо учитывать:
- особенности использования стандарта сети радиосвязи (ограничения по диапазону частот, доступным каналам, мощности передатчиков, ЭИИМ и т.д.);
-- особенности технологии и организации радиосвязи;
-- особенности распространения радиоволн в диапазоне частот работы сети;
-- специфику учета внутрисистемных помех;
-- специфику расчета бюджета радиолиний;
-- …

Возможные смежные задачи:
- анализ ЭМС в локальных группировках РЭС;
- расчет линий спутниковой связи;
- расчет линий фиксированного ШБД;
- расчет РРЛ;
- анализ использования СНС Глонасс для синхронизации работы сети.

Для выполнения работ по ЧТП и решению указанных задач необходимо использование специализированного программного обеспечения.

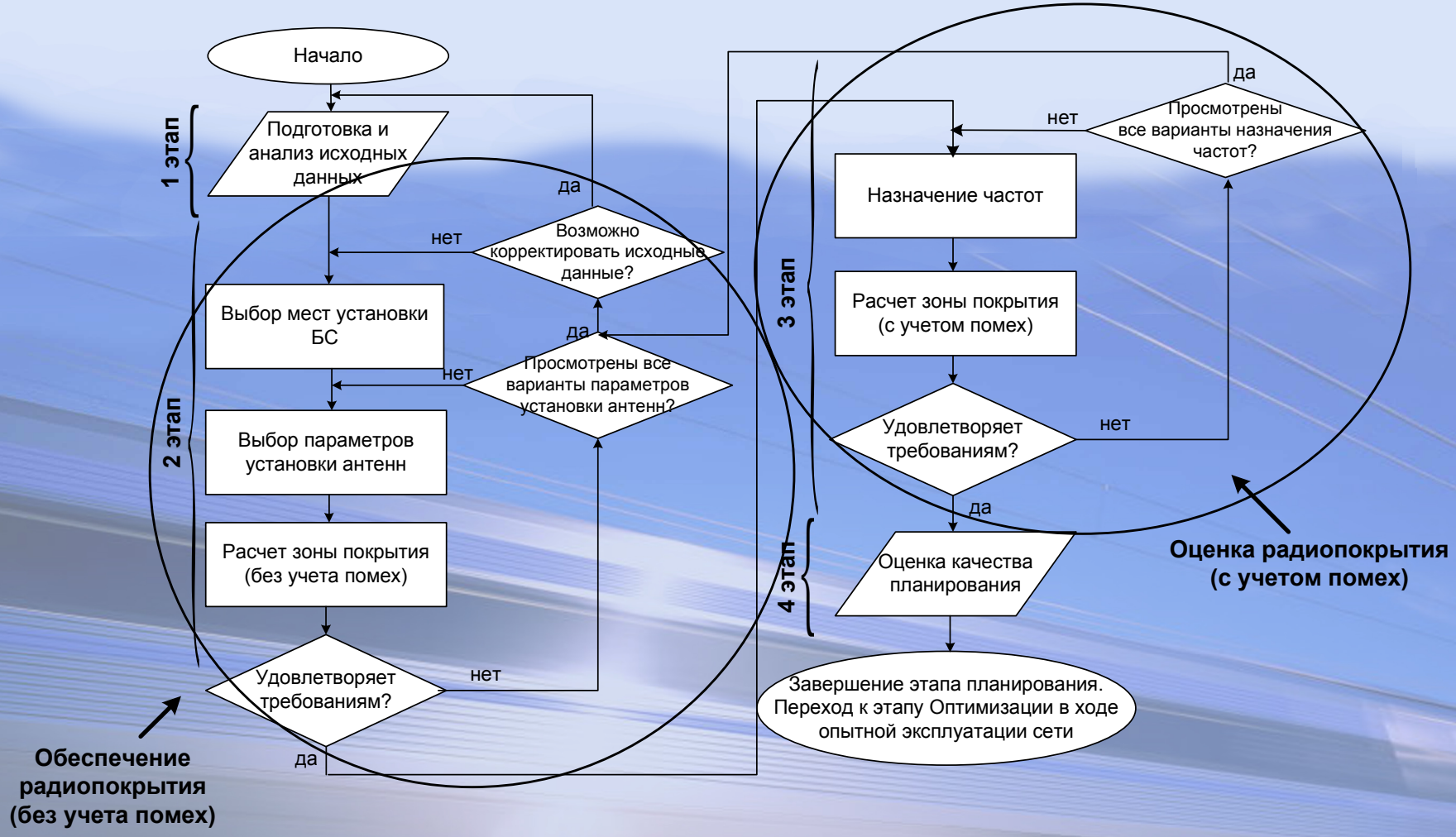
Задачи частотно-территориального планирования

- определение приемлемой конфигурации расположения базовых станций, удовлетворяющей требованиям к радиопокрытию;
- определение достаточной высоты антенн и мощности передатчиков;
- формирование частотного плана сети, удовлетворяющей требованиям к канальной емкости.

Особые требования к частотно-территориальному плану сети ПМР

- повышенные требования к точности прогноза радиопокрытия;
- обеспечение беспомехового функционирования на ограниченном частотном ресурсе при плотном размещении базовых станций;
- обеспечение канальной емкости при ограниченном частотном ресурсе;
- ограничения по размещению базовых станций (проблема землеотвода, необходимость привязки к инфраструктуре);
- ограничения по высотам антенных опор.

Алгоритм частотно-территориального планирования



Геоинформационное обеспечение

Некоторые ЦКМ с отметками высот, используемые в РФ:

1) Растровые

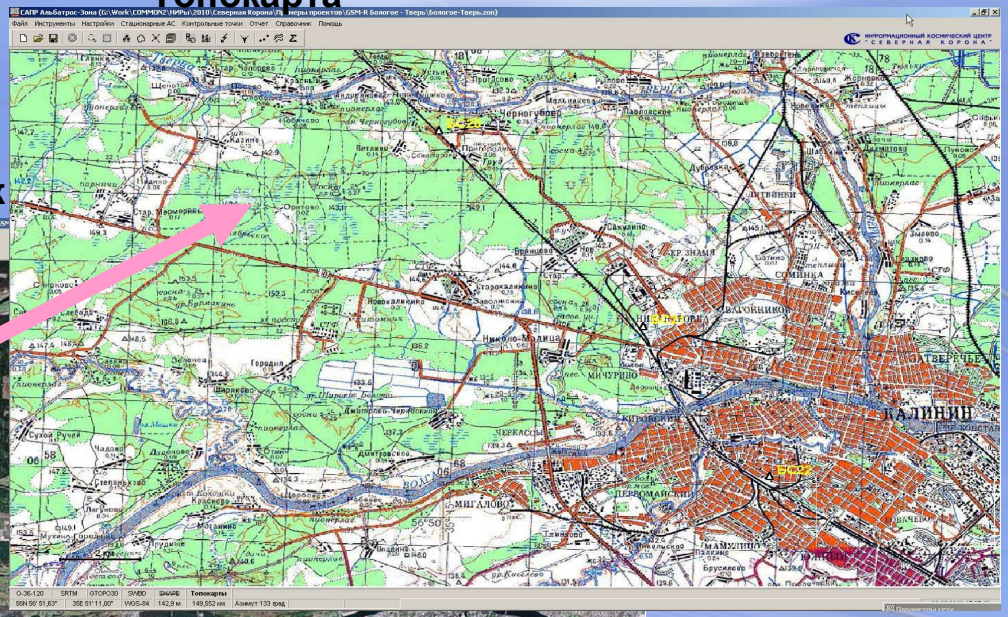
- **SRTM**3 (3 угл.сек или 50..90 м по территории РФ, получили широкое распространение, хорошо согласуются с моделями РРВ по БР МСЭ, бесплатны);
- **GTOPO30** (30 угл.сек или 500..900 м по территории РФ, используются как дополнение к SRTM3, бесплатны);
- **ASTER** (1 угл.сек или 16..30 м по территории РФ, по качеству пока не могут использоваться при ЧТП, бесплатны);

2. Векторные (в формате SHAPE, MapInfo, Панорама и др.) – высокая стоимость при большом территориальном охвате, требуют специальной настройки моделей РРВ, проблема поддержания актуальности карт).

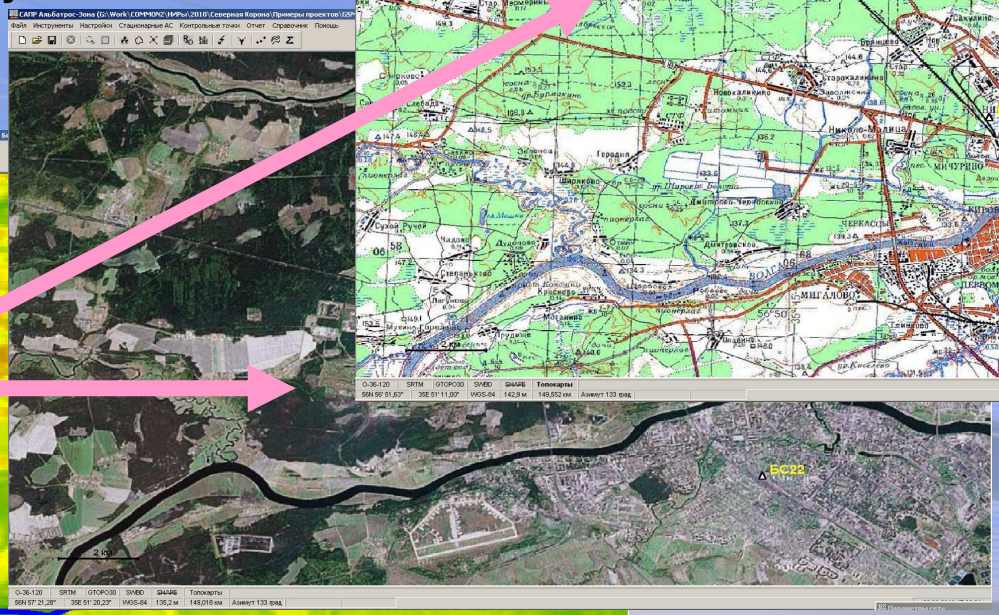
ЦКМ без высот (для подложки) :

1) Растровые (отсканированные топокарты, спутниковые снимки и т.д.)
2) Векторные (в формате SHAPE, MapInfo, Панорама и др.).

Топокарта



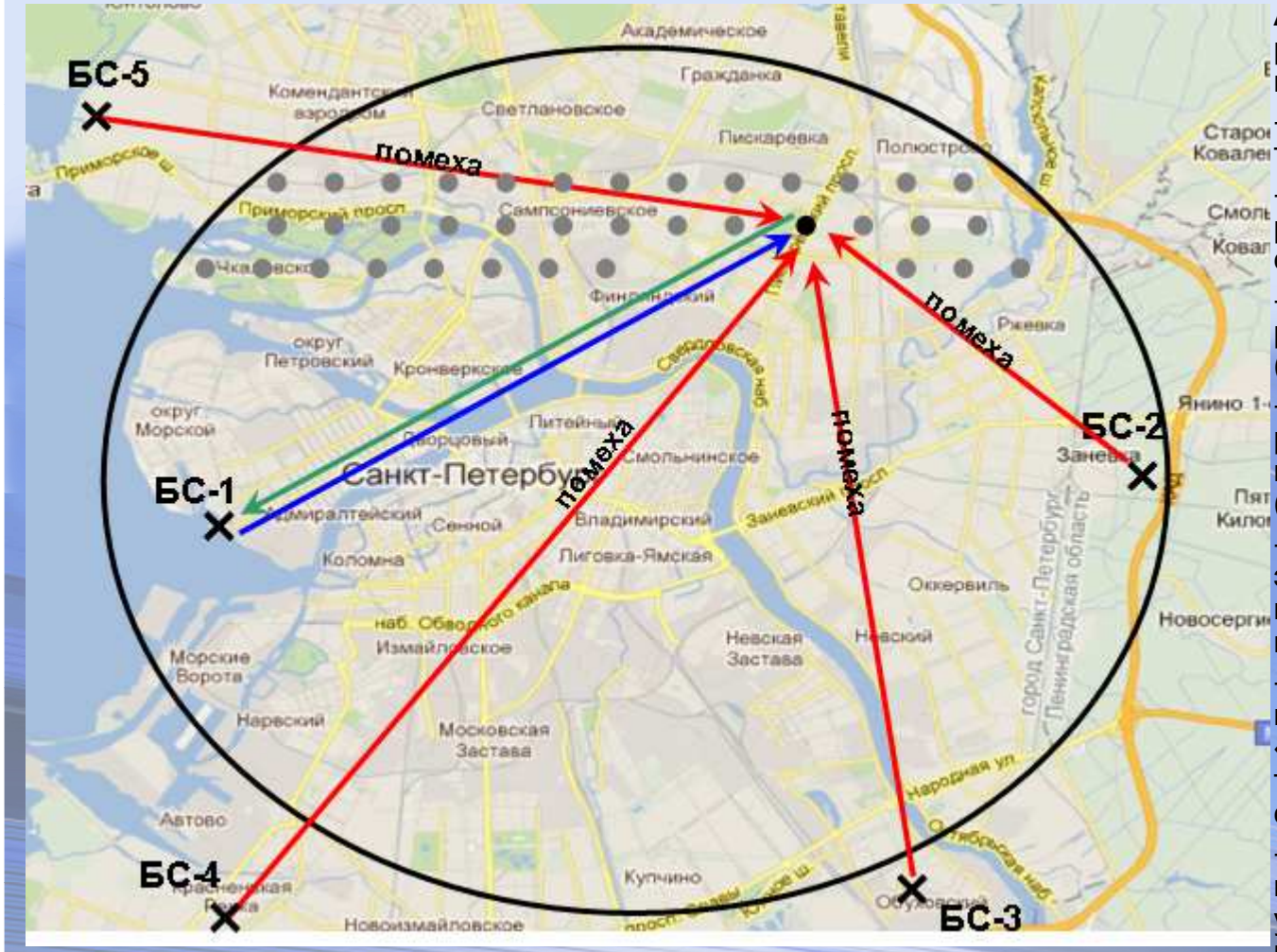
Спутниковый снимок



Карта рельефа

Необходима реализация принципа адекватности точности представления местности и методов прогнозирования радиопокрытия

Принцип оценки зоны радиопокрытия



Алгоритм оценки зоны радиопокрытия (прямое направление, стандарт DMR):

- выбирается предполагаемая территория радиопокрытия;
- на предполагаемую территорию радиопокрытия накладывается сетка с малым шагом (примерно, 5..100 м);
- в каждом узле сетки рассчитывается уровень сигнала (БС1);
- в каждом узле сетки рассчитывается суммарный уровень излучений от всех других БС (суммарная помеха);
- проверяется условие «по энергетике»: уровень сигнала д.б. выше суммы «помеха+шум» на величину запаса;
- проверяется условие «по помехам»: отношение «сигнал/(помеха+шум)» д.б. больше требуемых по основному и соседнему каналам приема;
- зона радиопокрытия определяется набором точек, где выполнены оба условия: «по энергетике» и «по помехам».

Качество выполненного ЧТП в том числе определяется:

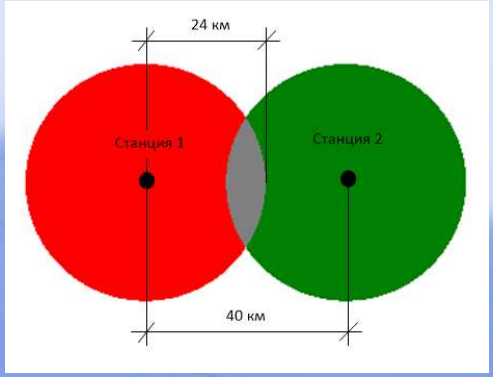
- используемыми моделями распространения радиоволн (РРВ);
- используемыми цифровыми картами местности (ЦКМ);
- правильным подбором совместного использования ЦКМ и моделей РРВ;
- инструментарием программного обеспечения (ПО)
- ….

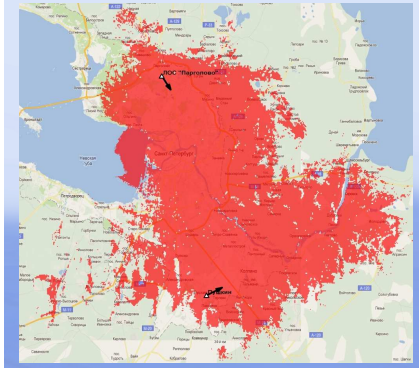
Учет условий приема:

- Гауссовский канал (есть прямая видимость, нет отражений);
- канал Райса (есть прямая видимость, есть отражения);
- канал Релея (нет прямой видимости и есть отражения).

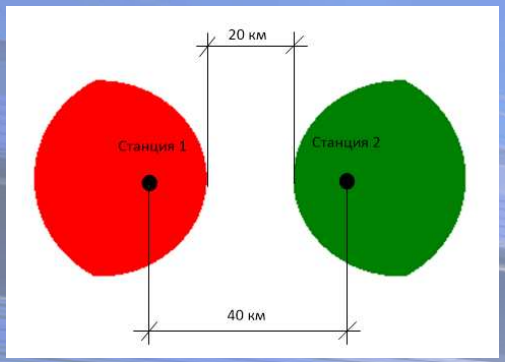
Проблема помех

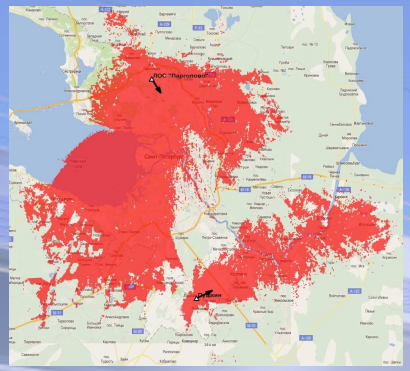
Внутрисистемные





Корректное назначение частот:



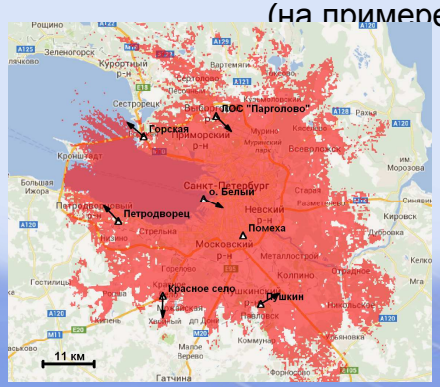


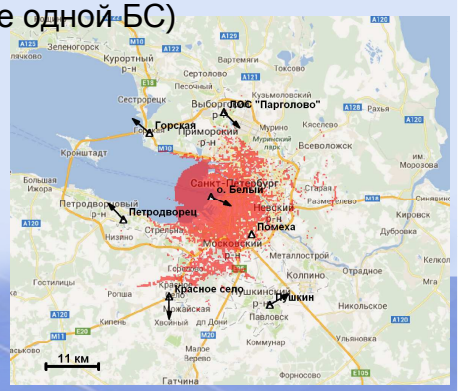
Некорректное назначение частот:

Влияние внутрисистемных помех нивелируется на этапе разработки частотно-территориального плана

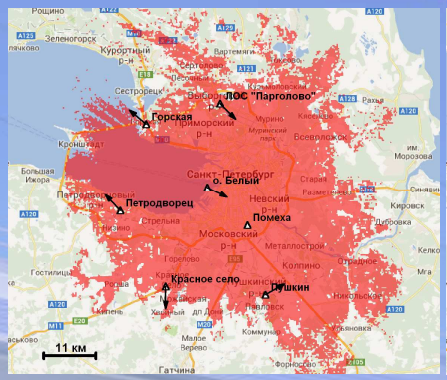
Межсистемные

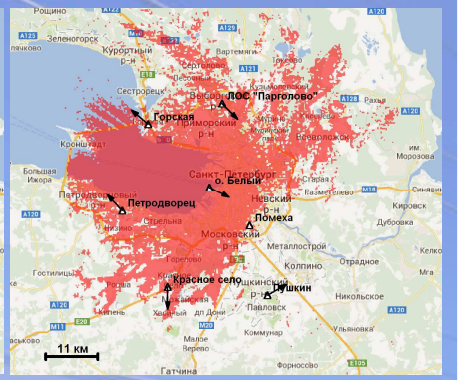
(на примере одной БС)





Помеха по входу БС



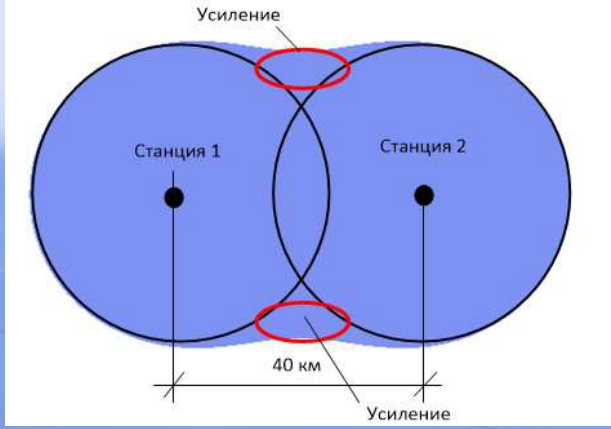


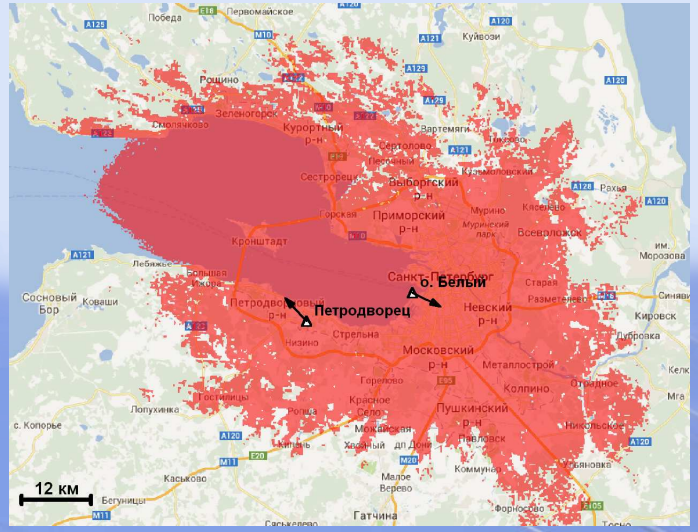
Помеха по входу АС

Проблема межсистемных помех, как правило, возникает на этапе эксплуатации сети

Синхронный режим

Синхронный режим работы двух базовых станций позволяет работать на одинаковых частотах без возникновения помех в зоне радиопокрытия:

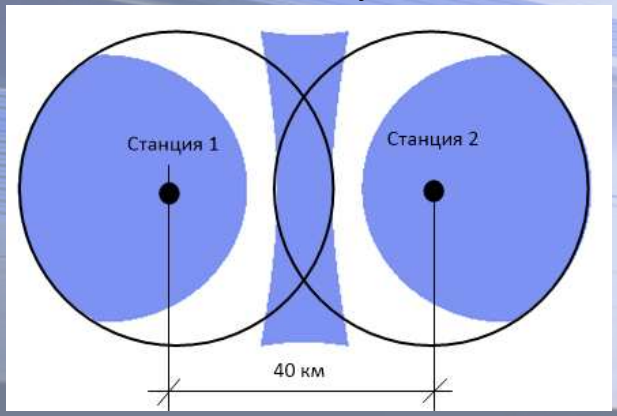


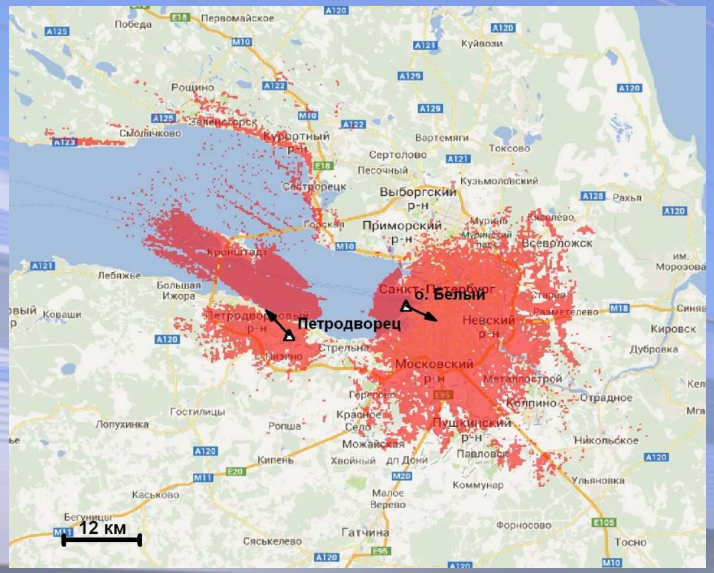


Сеть спланирована правильно

Особенности организации синхронного режима:

- передается один и тот же контент;
- необходимость временной синхронизации;
- учет режима работы оборудования для исключения возникновения помеховых ситуаций.





Сеть спланирована неправильно

Ошибки в планировании могут привести к существенному изменению зон обслуживания

Требования к программному обеспечению

1. Методическое обеспечение

Основу методического обеспечения составляют Рекомендации БР МСЭ, вклад в которые вносит в том числе Россия.

А) ITU-R P.1546-4 «Метод прогнозирования для трасс связи "пункта с зоной" для наземных служб в диапазоне частот от 30 МГц до 3000 МГц»:

- упрощенный учет рельефа, можно использовать упрощенные карты;
- субъективизм в настройках;
- широко применяется для планирования вещания.

Б) ITU-R P.1812-2 «Метод прогнозирования распространения сигнала на конкретной трассе для наземных служб "из пункта в зону" в диапазонах УВЧ и ОВЧ»:

- более детальный учет рельефа, нужны более детальные карты;
- большая вычислительная сложность.

В) ITU-R P.526-12 «Распространение радиоволн за счет дифракции»

- позволяет создавать модели, учитывающие местную специфику;
- может быть сложна в вычислительном плане.

Г) Целый набор других рекомендаций, детализирующих дополнительные параметры, необходимые для расчета.

2. Поддержка цифровых карт местности (ЦКМ)

- растровые SRTM3, GTOPO30, …;
- векторные SWBD, ESRI SHAPE, ….

3. Возможность конфигурировать модели РРВ и ЦКМ (модель РРВ + ЦКМ)

4. Расчет зоны линейным сканированием территории с заданным шагом (не по азимутам)

5. Справочная и информационно-расчетная поддержка

- встроенные цифровые карты радиоклиматических параметров, необходимых для расчета;
- автоматическая подгрузка необходимых данных при вводе ИД или расчете;
- электронные справочники и калькуляторы.

6. Мощный инструментарий

- оперативный анализ сигнально-помеховой обстановки;
- оперативный анализ распределения сигнала и помех вдоль протяженных объектов (ж.д. и авто дорог, морских фарватеров, газопроводов и т.д.);

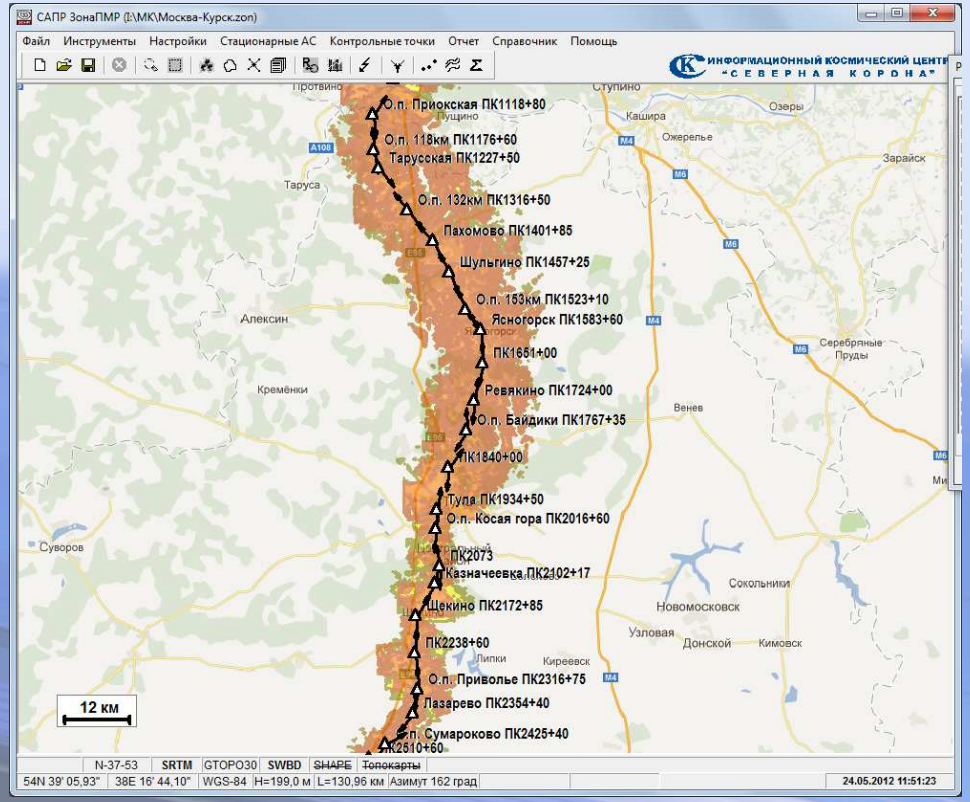
…

7. Мощный функционал

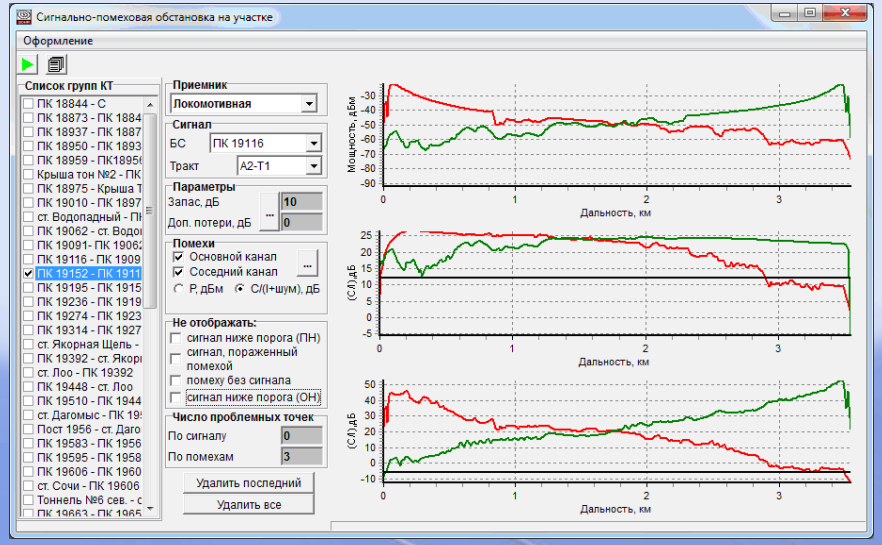
- возможность оперативной оценки зон обслуживания с требуемой кратностью покрытия;
- учет всех возможных режимов работы оборудования, включая синхронный режим;

…

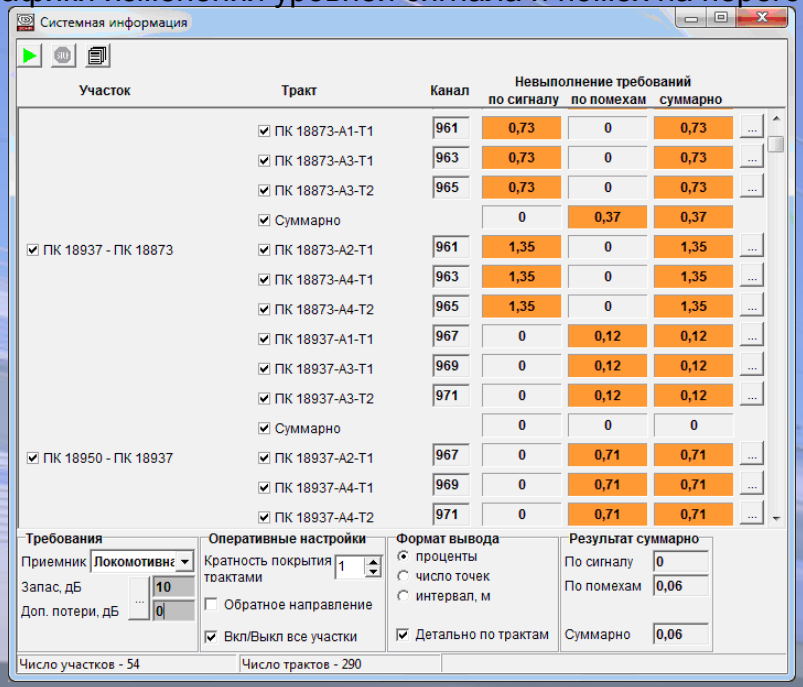
Инструмент планирования – программный комплекс «Зона»



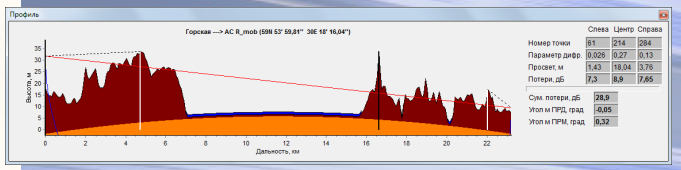
Расчет зон обслуживания сети стандарта GSM-R



Графики изменения уровней сигнала и помех на перегоне



Оперативная оценка участков, где не выполняются условия «по сигналу» или «по помехам»



Оценка дифракционных потерь

Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2009612482

Примеры проектов

-Частотно-территориальное планирование в диапазоне Low Band

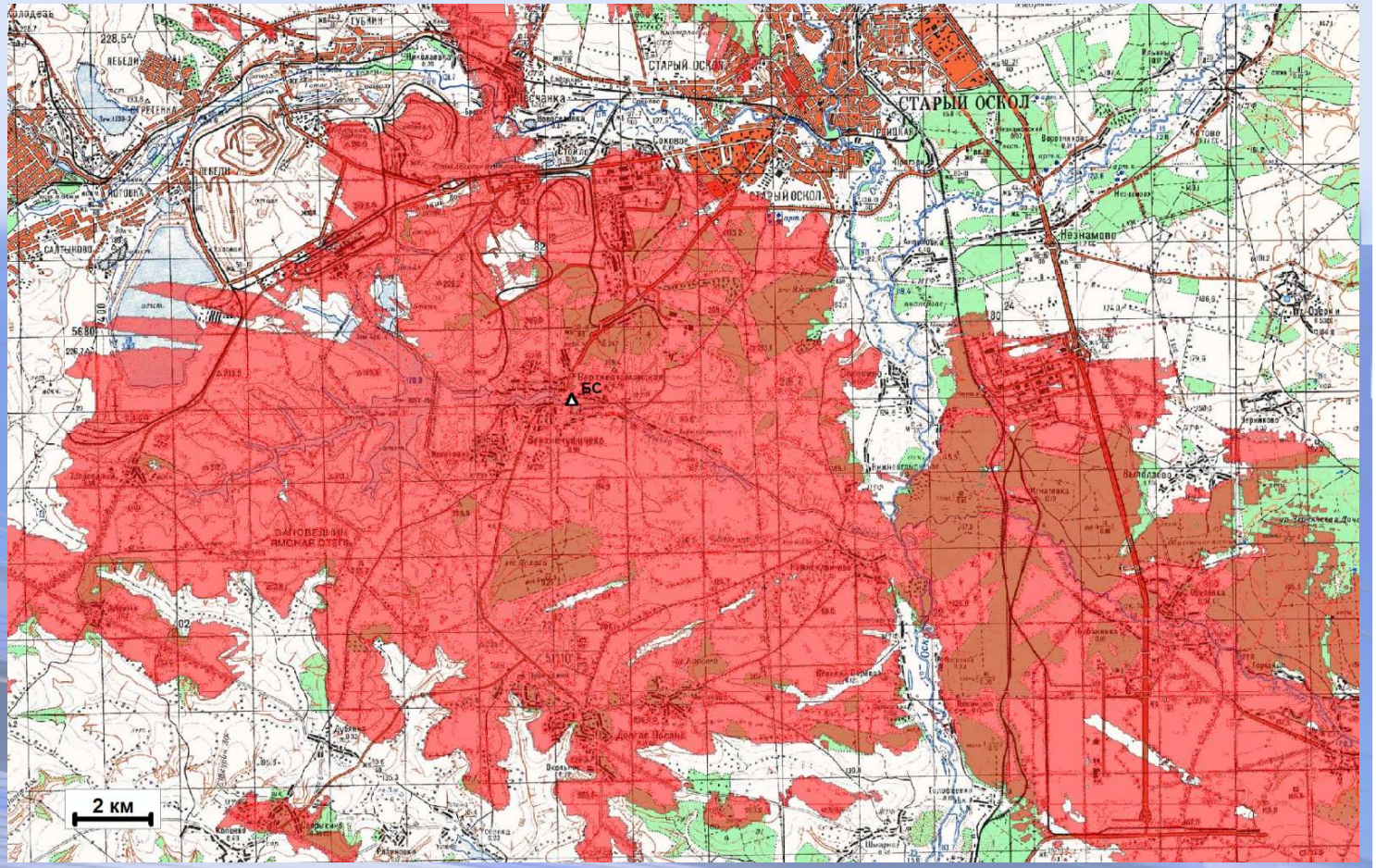
-Частотно-территориальное планирование сети стандарта DMR

-Частотно-территориальное планирование сети стандарта GSM-R

-Оптимизация частотных назначений в районе аэропорта «Пулково»

Опыт планирования в диапазоне Low Band

Исходные данные:
- Частота: 36 МГц
- Мощность: 10 Вт
- Высота подвеса: 16 м
- Антенна: Omni



Модель распространения РРВ: МСЭ-R Р.1812-1
Требуемый процент мест: 95%

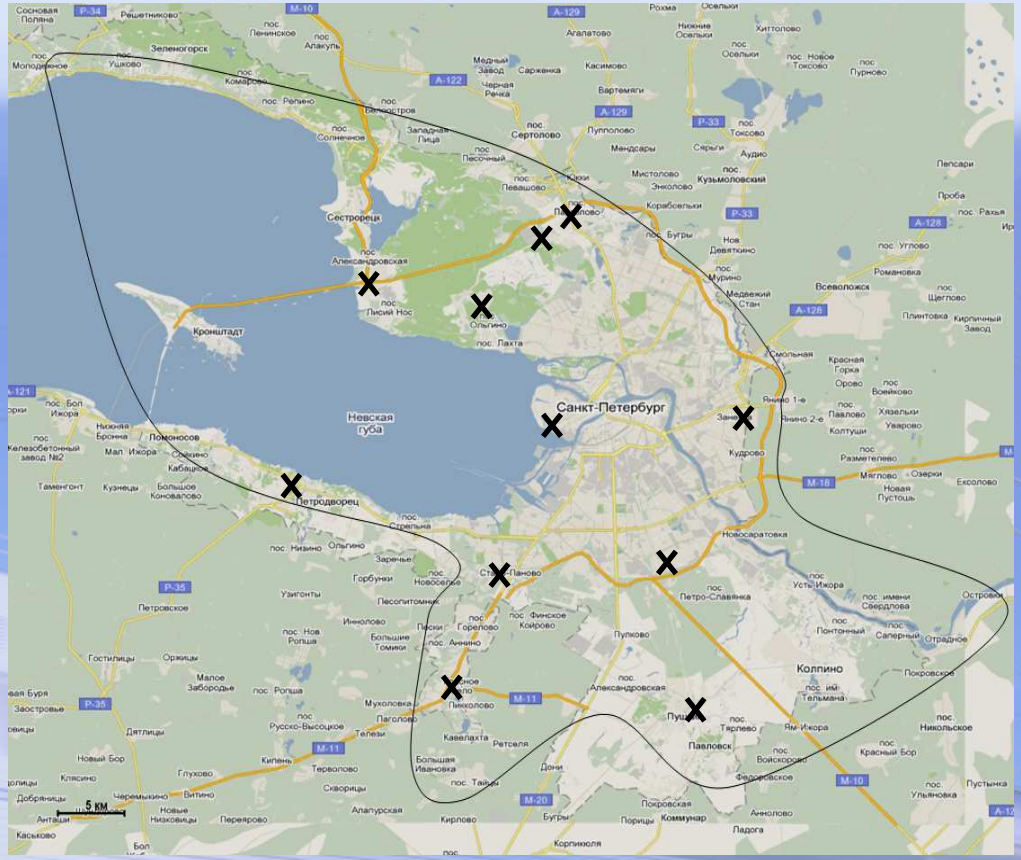
Особенность планирования: высокий внешний радиошум. Так в деловой зоне он может достигать 34 дБ.

Энергонезависимая транкинговая сеть радиосвязи Connect Plus стандарта DMR, построенная ОАО «СПб РКК» на объектах ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга»

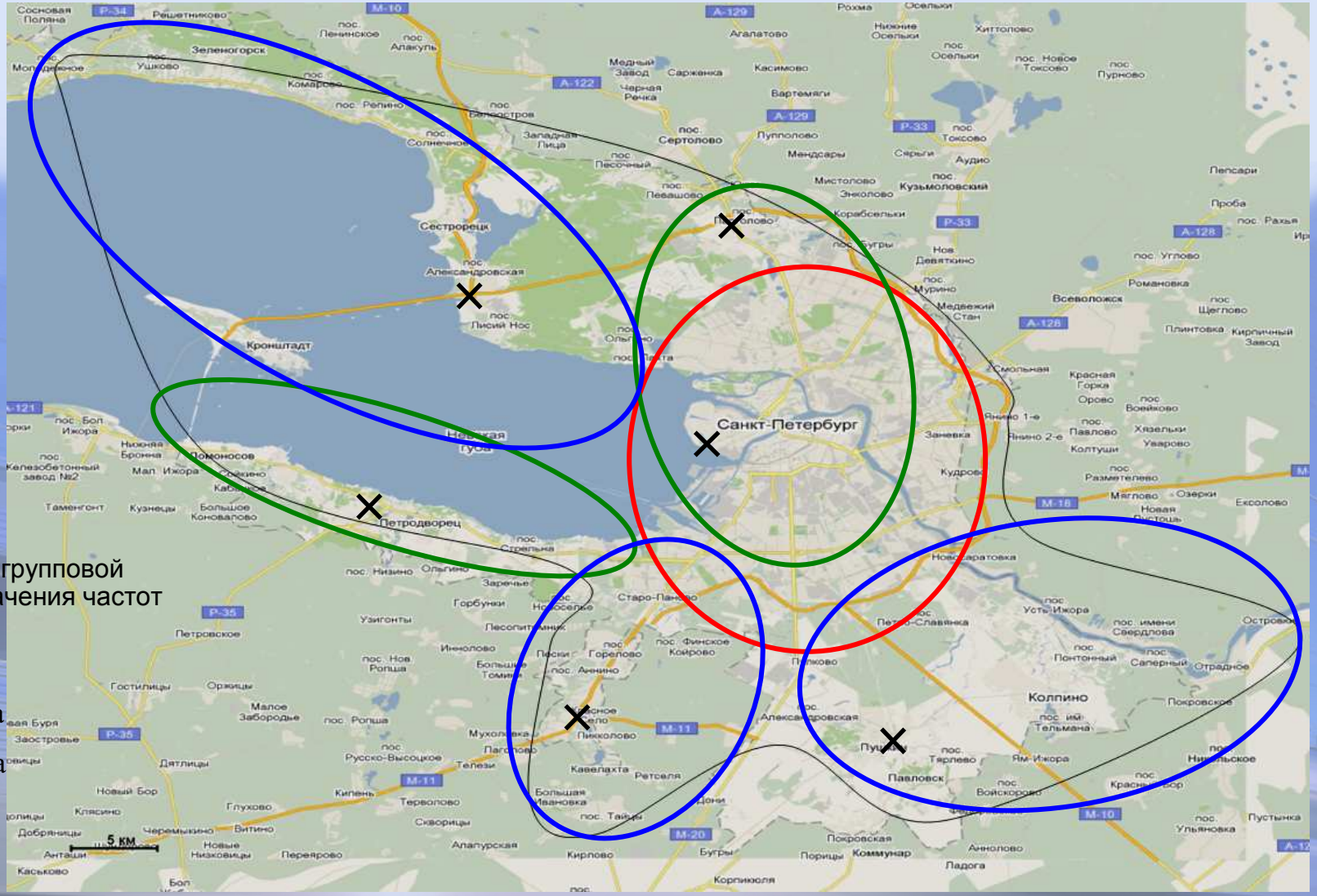
Пример успешного перехода с действующей аналоговой сети диапазона 160 МГц на цифровую сеть стандарта DMR

Исходные данные:
- диапазон 146,0-174,0 МГц;
- число базовых станций: 6
- частотный ресурс: 20 частотных пар (каналов);
- количество частотных каналов на БС: на одной 8, на остальных 6;
-число возможных площадок размещения БС: 19;
- оборудование стандарта DMR;
-тип абонентских станций: автомобильные, носимые

Основные требования:
-обеспечить надежность покрытия 95%;
-обеспечить макс. зону радиопокрытия;
-учесть ограничения по высотам подвеса антенных систем.



Энергонезависимая транкинговая сеть радиосвязи Connect Plus стандарта DMR в Санкт-Петербурге

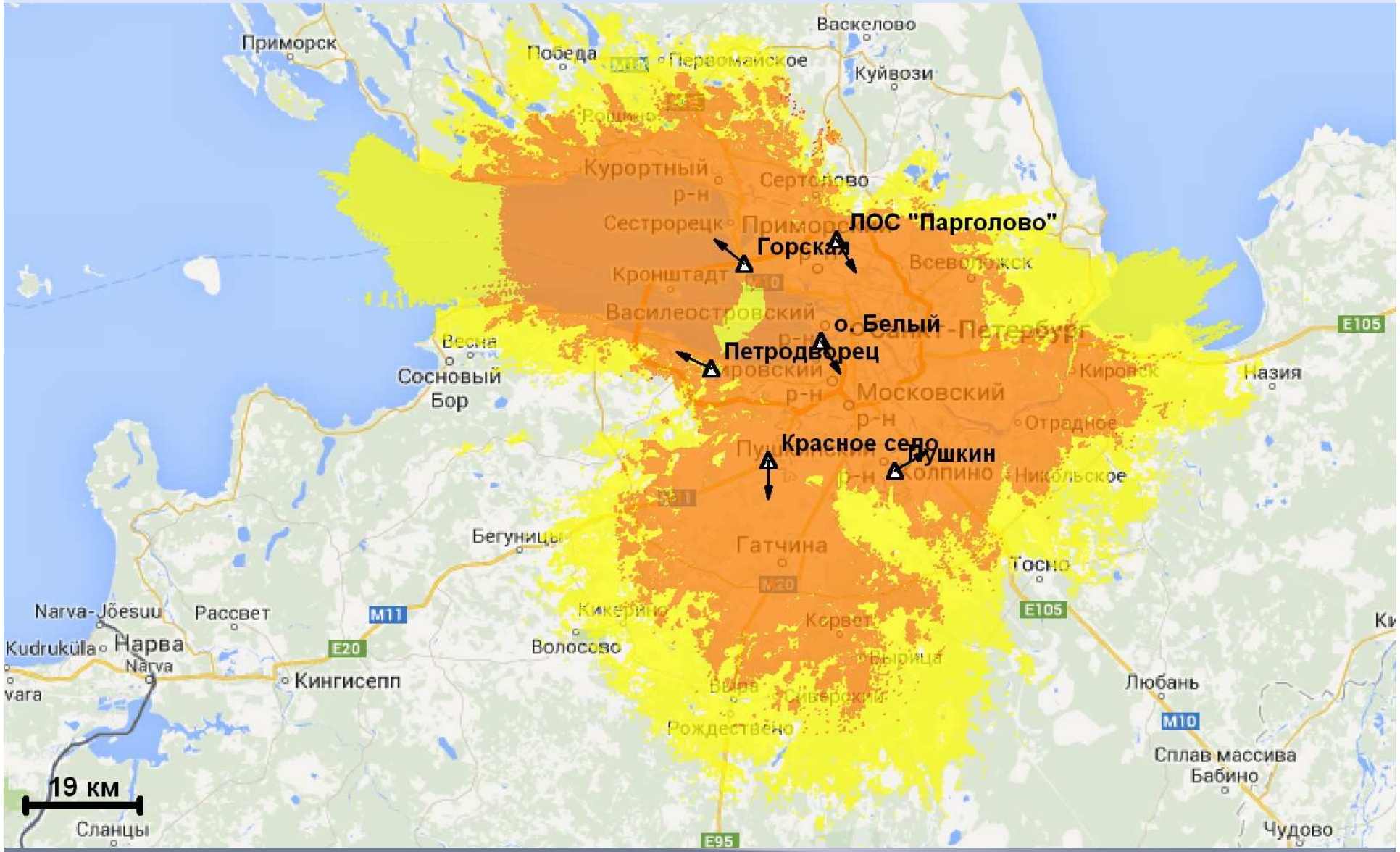


Используется групповой принцип назначения частот

- 1 группа
- 2 группа
- 3 группа

Замысел организации радиопокрытия

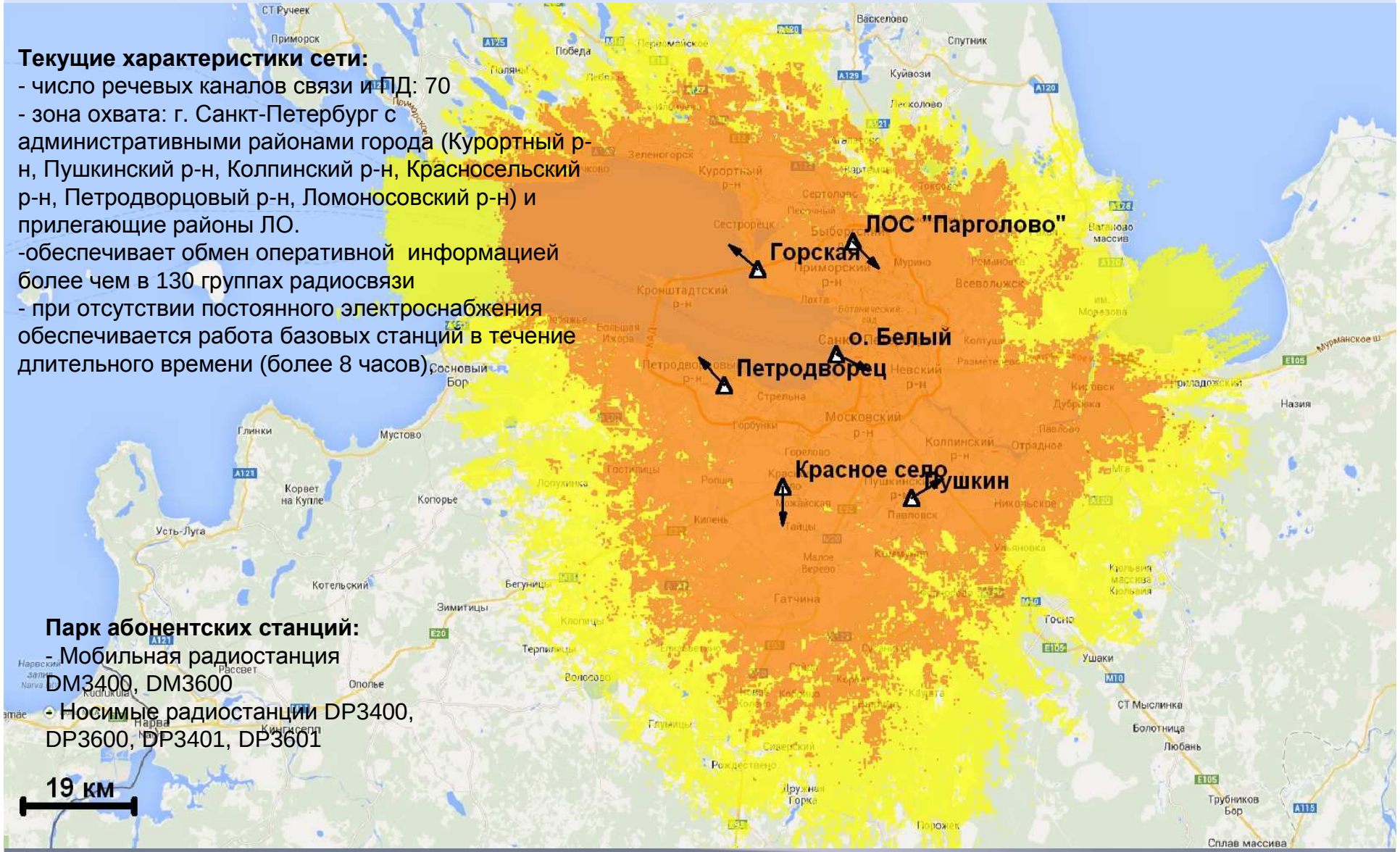
Энергонезависимая транкинговая сеть радиосвязи Connect Plus стандарта DMR в Санкт-Петербурге



Зона обслуживания на первом этапе построения системы
(автомобильные абонентские станции, надежность 95%, 70%)

Энергонезависимая транкинговая сеть радиосвязи Connect Plus стандарта DMR в Санкт-Петербурге

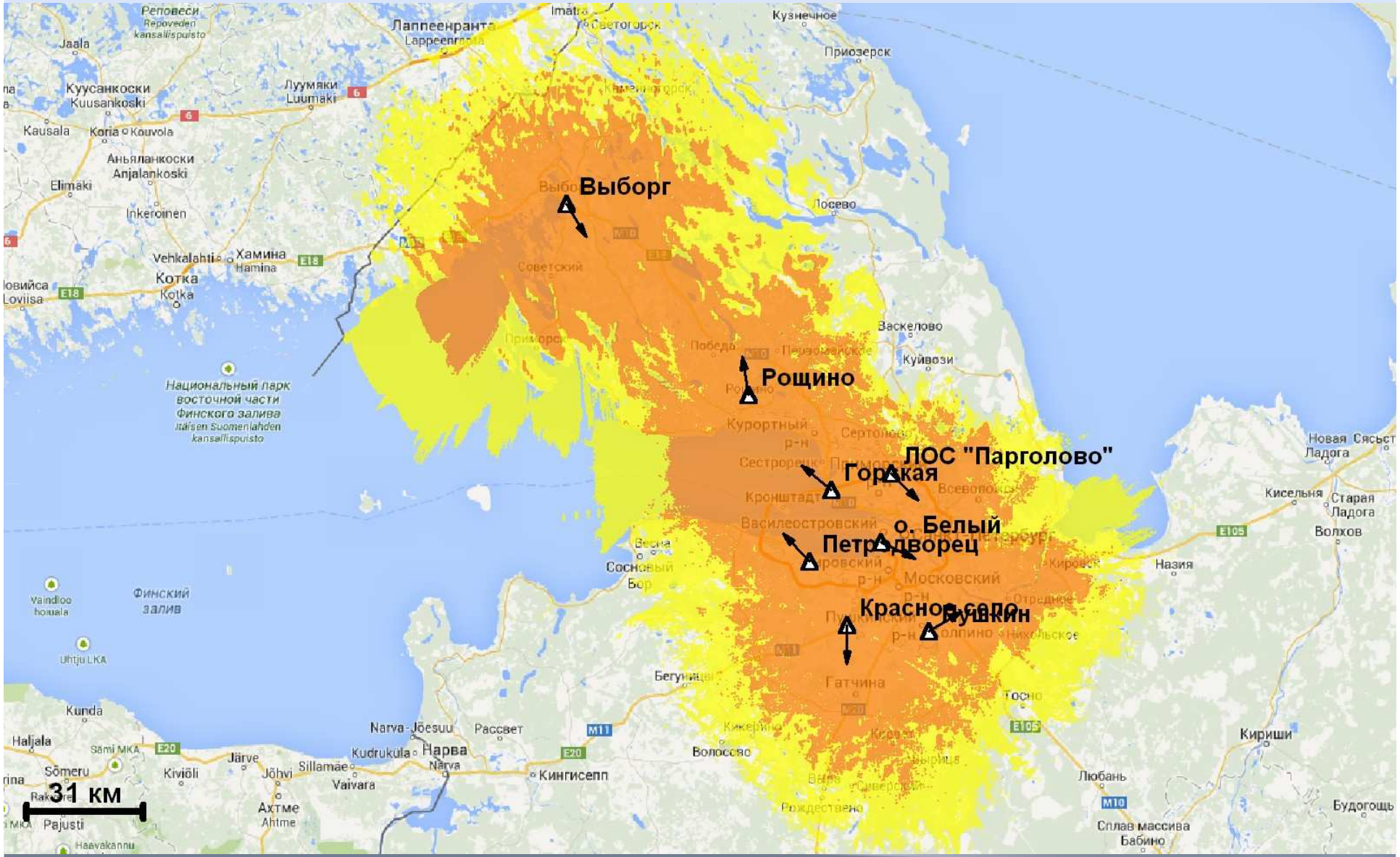
Текущие характеристики сети:
- число речевых каналов связи и ПД: 70
- зона охвата: г. Санкт-Петербург с административными районами города (Курортный р-н, Пушкинский р-н, Колпинский р-н, Красносельский р-н, Петродворцовый р-н, Ломоносовский р-н) и прилегающие районы ЛО.
-обеспечивает обмен оперативной информацией более чем в 130 группах радиосвязи
- при отсутствии постоянного электроснабжения обеспечивается работа базовых станций в течение длительного времени (более 8 часов)



Парк абонентских станций:
- Мобильная радиостанция DM3400, DM3600
- Носимые радиостанции DP3400, DP3600, DP3401, DP3601

Зона обслуживания по состоянию на середину 2013 г
(автомобильные абонентские станции, надежность 95%, 70%)

Энергонезависимая транкинговая сеть радиосвязи Connect Plus стандарта DMR в Санкт-Петербурге



Планируемое расширение зоны обслуживания
(автомобильные абонентские станции; надежность покрытия 95%, 70%)

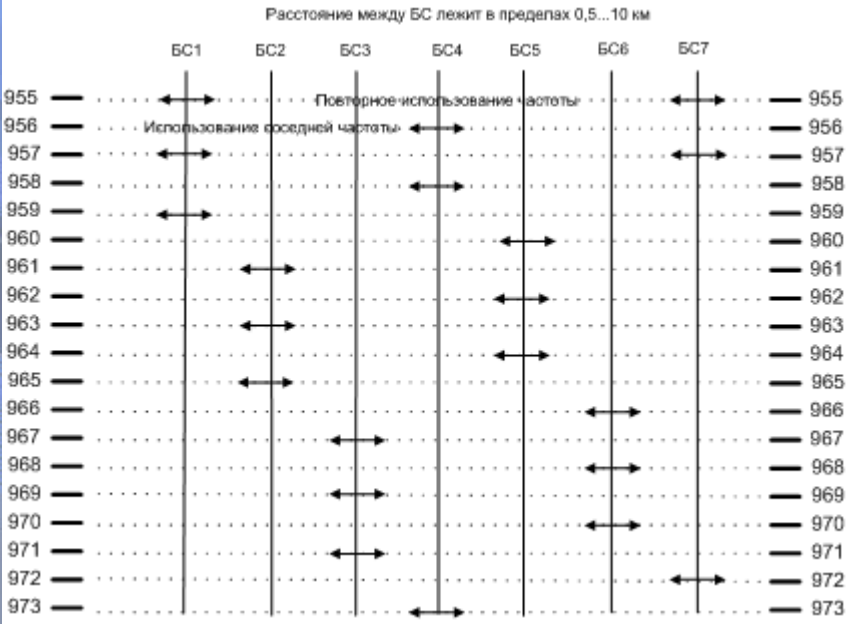
Частотно-территориальное планирование сетей стандарта GSM-R

Особенности планирования:

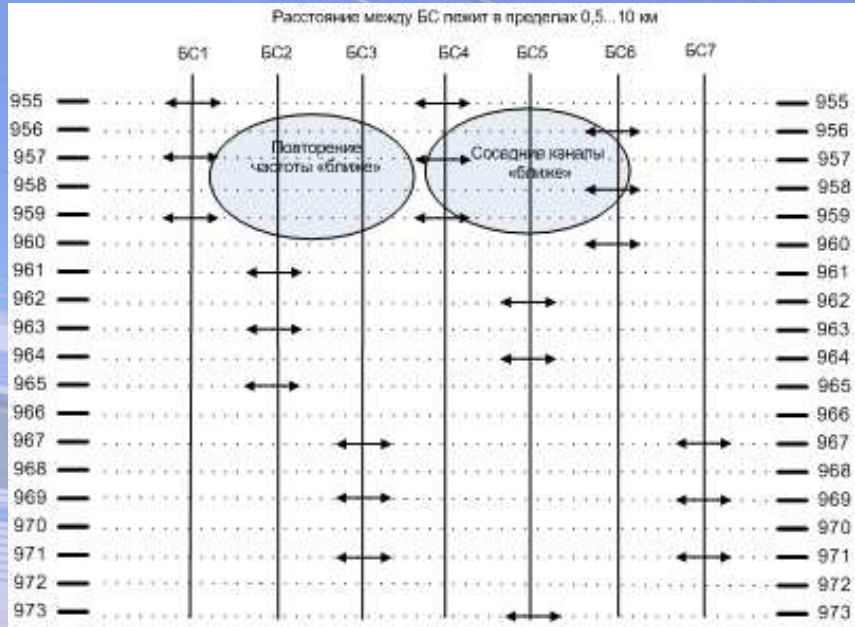
- ограниченный частотный ресурс: всего 19 РЧ каналов;
- требование обеспечения двойного радиопокрытия (двумя БС);
- высокая требуемая канальная емкость: используется двух- или трехчастотный план, то есть на одном перегоне задействуется до 6-и каналов;
- требование к надежности радиосвязи: не хуже 95%;
- относительно небольшие расстояния между БС;
- проблема помех по основному каналу приема;
- проблема помех по соседнему каналу приема;
- расчет зоны помех (приграничные территории).

Рекомендации по планированию:

- покрытие по сигналу – только в пределах перегонов (снижение мощности, уход от проблемы помех);
- использование рельефа местности для формирования энергетических анклавов (уход от проблемы помех);
- использование синхронного режима работы БС на малых участках (экономия частотного ресурса);
- групповое назначение частот;
- визуализация частотного плана.

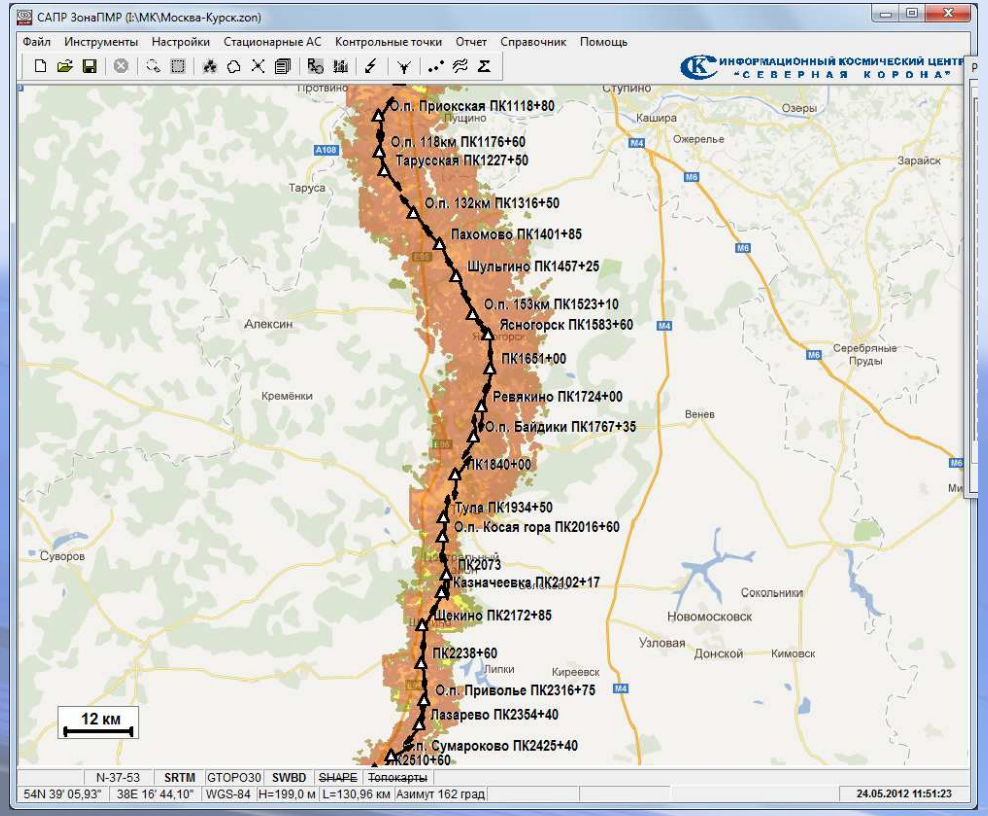


Частотный план – помеха по соседнему каналу

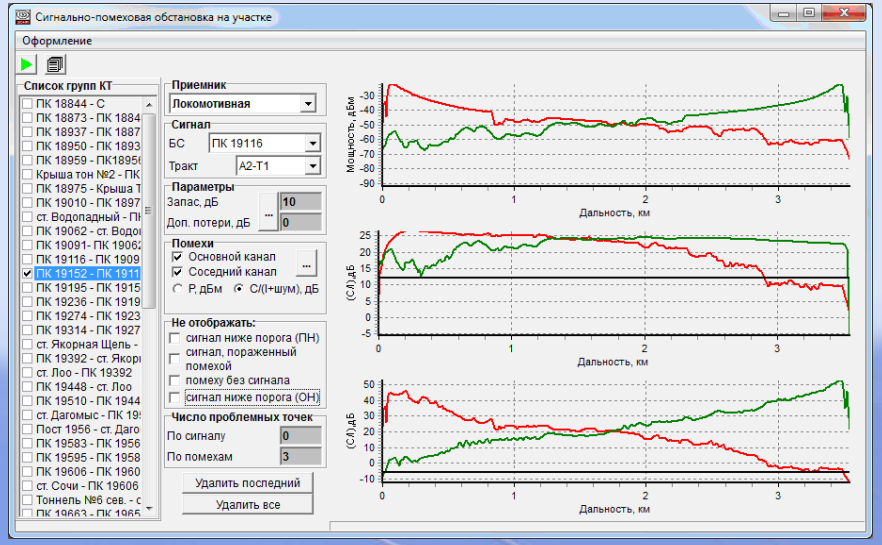


Частотный план, учет рельефа позволяет повторить «основные частоты», соседние каналы сдвинуты, помех нет

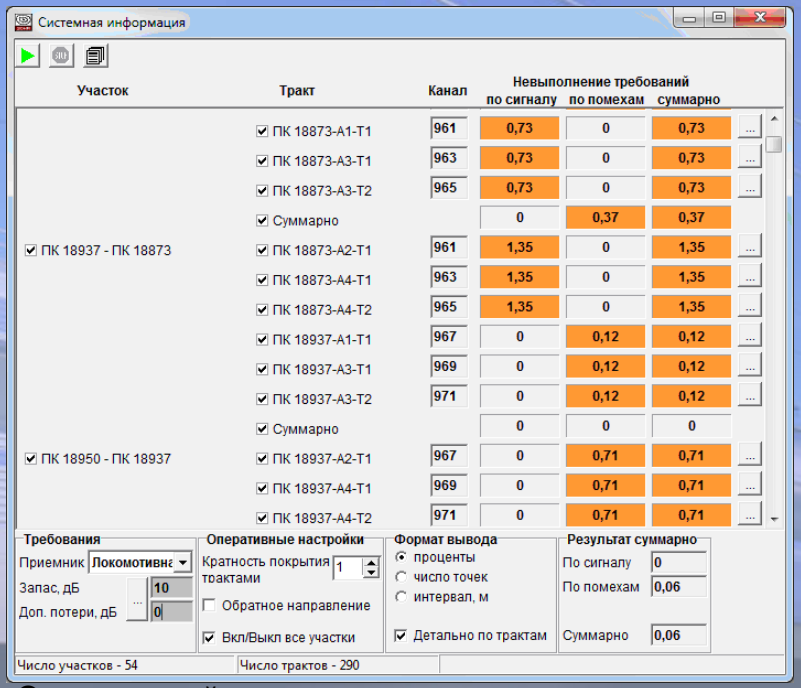
Частотно-территориальное планирование сетей стандарта GSM-R



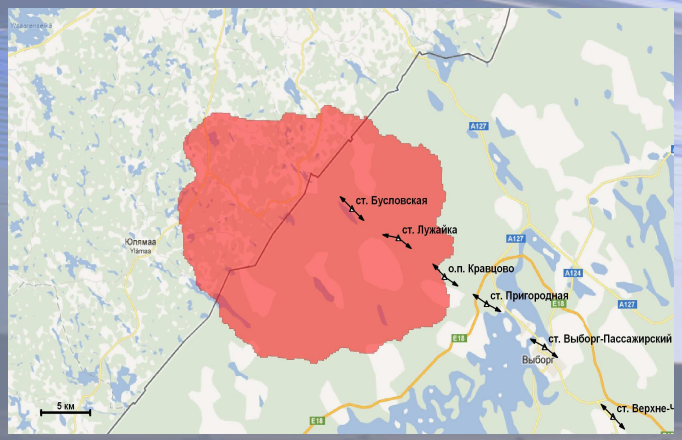
Результирующая зона обслуживания (двойное радиопокрытие)



Диаграммы уровня сигналов и помех вдоль полотна ж.д.

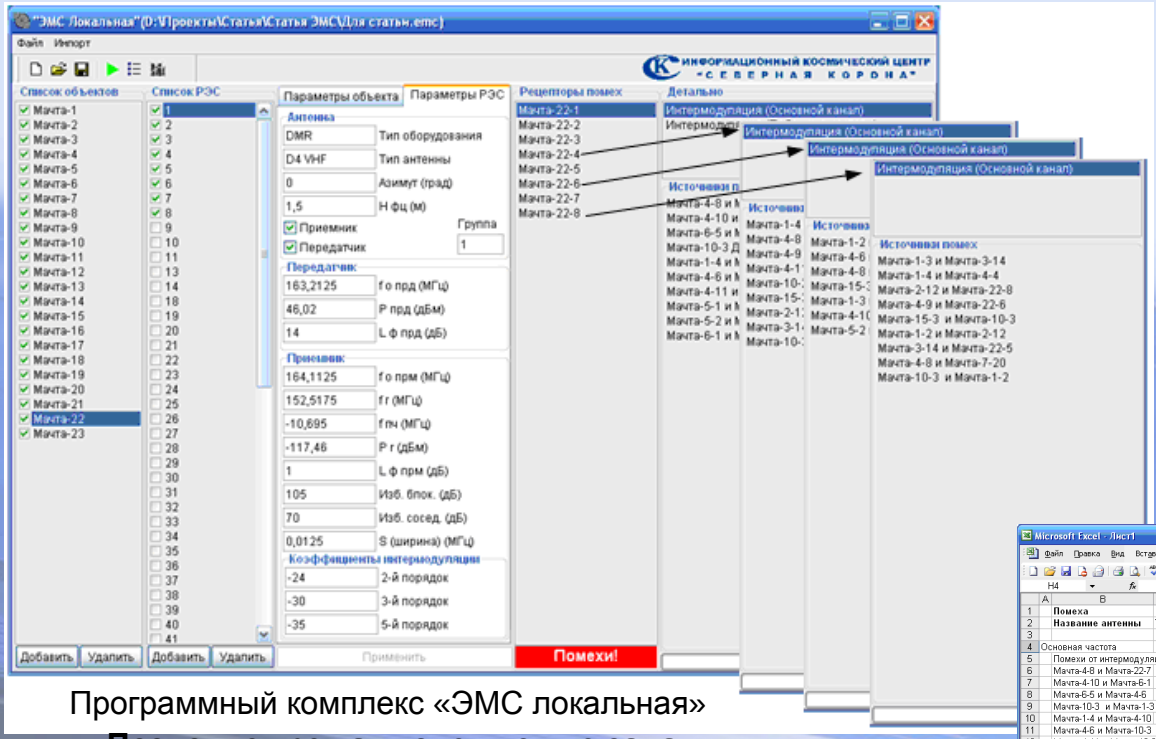


Оперативный анализ участков, где не выполняются условия «по сигналу» или «по помехам»



Зона помех (зона по напряженности поля)

Анализ ЭМС РЭС в локальных группировках (программный комплекс «ЭМС локальная»)



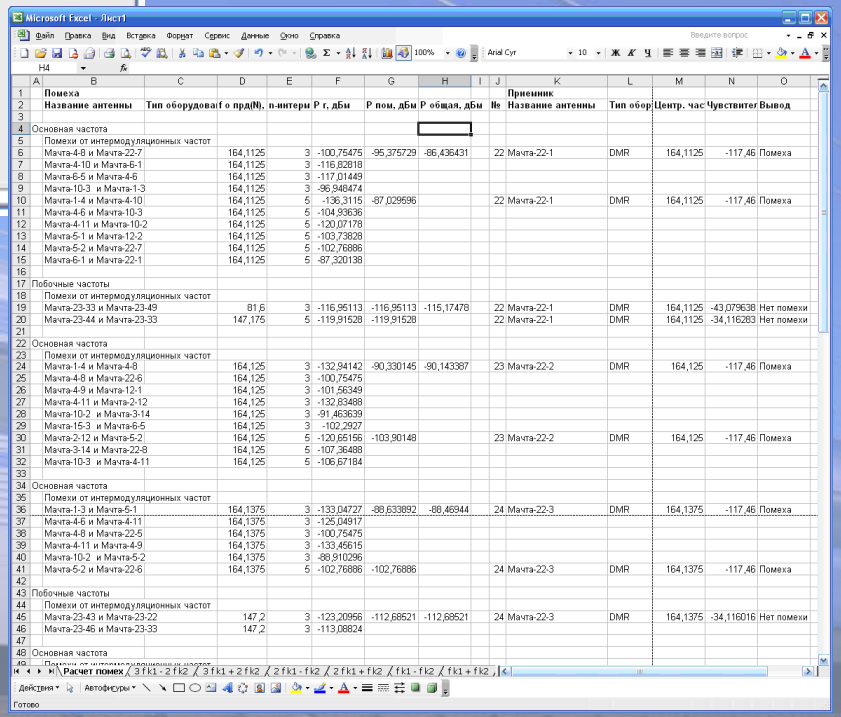
Программный комплекс «ЭМС локальная»

Учитываются следующие виды помех, возникающие из-за совместной работы передатчиков, по основному и побочным каналам приема:

- интермодуляционные помехи;
- помехи на частотах гармоник передатчиков;
- помехи блокирования.

Позволяет решать следующие задачи:

- оперативный анализ ЭМС группировки РЭС с выдачей информации о каждой помеховой ситуации;
- оперативный анализ ЭМС группировки РЭС при изменении режимов передачи (новый частотный план, изменение мощности передатчиков и т.д.) или размещении новых РЭС;
- краткий и детальный анализ по каждой помеховой ситуации (источники и причины возникновения помех, детальный энергетический расчет и т.д.);
- выработка технических или организационно-технических мероприятий по исключению помеховых ситуаций в группировке РЭС (подбор мест размещения, изменение режимов работы РЭС и т.д.).



	Помеха								Приемник				
1													
2	Название антенны	Тип оборудова	f о прд(М),	n-интерм	P г, дБм	P пом, дБм	P общая, дБм	№	Название антенны	Тип обор	Центр. час	Чувствител	Вывод
3													
4	Основная частота												
5	Помехи от интермодуляционных частот												
6	Мачта-4-8 и Мачта-22-7		164,1125	3	-100,75475	-95,375729	-86,436431	22	Мачта-22-1	DMR	164,1125	-117,46	Помеха
7	Мачта-4-10 и Мачта-6-1		164,1125	3	-116,82818								
8	Мачта-6-5 и Мачта-4-6		164,1125	3	-117,01449								
9	Мачта-10-3 и Мачта-1-3		164,1125	3	-96,948474								
10	Мачта-1-4 и Мачта-4-10		164,1125	5	-136,3115	-87,029596		22	Мачта-22-1	DMR	164,1125	-117,46	Помеха
11	Мачта-4-6 и Мачта-10-3		164,1125	5	-104,93636								
12	Мачта-4-11 и Мачта-10-2		164,1125	5	-120,07178								
13	Мачта-5-1 и Мачта-12-2		164,1125	5	-103,73828								
14	Мачта-5-2 и Мачта-22-7		164,1125	5	-102,76886								
15	Мачта-6-1 и Мачта-22-1		164,1125	5	-87,320138								
16													
17	Побочные частоты												
18	Помехи от интермодуляционных частот												
19	Мачта-23-33 и Мачта-23-49		81,6	3	-116,95113	-116,95113	-115,17478	22	Мачта-22-1	DMR	164,1125	-43,079638	Нет помехи
20	Мачта-23-44 и Мачта-23-33		147,175	5	-119,91528	-119,91528		22	Мачта-22-1	DMR	164,1125	-34,116283	Нет помехи
21													
22	Основная частота												
23	Помехи от интермодуляционных частот												
24	Мачта-1-4 и Мачта-4-8		164,125	3	-132,94142	-90,330145	-90,143387	23	Мачта-22-2	DMR	164,125	-117,46	Помеха
25	Мачта-4-8 и Мачта-22-6		164,125	3	-100,75475								
26	Мачта-4-9 и Мачта-12-1		164,125	3	-101,56349								
27	Мачта-4-11 и Мачта-2-12		164,125	3	-132,83488								
28	Мачта-10-2 и Мачта-3-14		164,125	3	-91,463639								
29	Мачта-15-3 и Мачта-6-5		164,125	3	-102,2927								
30	Мачта-2-12 и Мачта-5-2		164,125	5	-120,65156	-103,90148		23	Мачта-22-2	DMR	164,125	-117,46	Помеха
31	Мачта-3-14 и Мачта-22-8		164,125	5	-107,36488								
32	Мачта-10-3 и Мачта-4-11		164,125	5	-106,67184								
33													
34	Основная частота												
35	Помехи от интермодуляционных частот												
36	Мачта-1-3 и Мачта-5-1		164,1375	3	-133,04727	-88,633892	-88,46944	24	Мачта-22-3	DMR	164,1375	-117,46	Помеха
37	Мачта-4-6 и Мачта-4-11		164,1375	3	-125,04917								
38	Мачта-4-8 и Мачта-22-5		164,1375	3	-100,75475								
39	Мачта-4-11 и Мачта-4-9		164,1375	3	-133,45615								
40	Мачта-10-2 и Мачта-5-2		164,1375	3	-88,910296								
41	Мачта-5-2 и Мачта-22-6		164,1375	5	-102,76886	-102,76886		24	Мачта-22-3	DMR	164,1375	-117,46	Помеха
42													
43	Побочные частоты												
44	Помехи от интермодуляционных частот												
45	Мачта-23-43 и Мачта-23-22		147,2	3	-123,20956	-112,68521	-112,68521	24	Мачта-22-3	DMR	164,1375	-34,116016	Нет помехи
46	Мачта-23-46 и Мачта-23-33		147,2	3	-113,08824								
47													
48	Основная частота												

Результирующий отчет

Опыт планирования сети DMR. Аэропорт Пулково.
Исходные данные. Задача. Частотный план

Исходные данные: Полоса частот 1 МГц в УКВ диапазоне. Шаг сетки 12,5 кГц.
80 симплексных каналов, занятых группами пользователей 1, 2, 3.

Задача: Разместить в этой же полосе частот сеть стандарта DMR.
1 базовая станция. 8 дуплексных каналов.

Условие: Исключить помехи существующей сети УКВ.

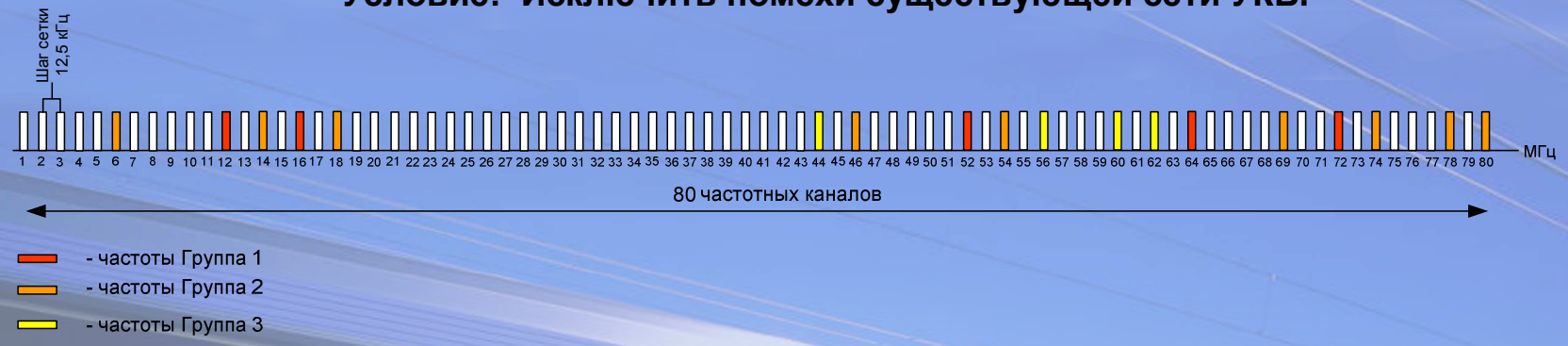


Рис. 1. Промежуточный частотный план

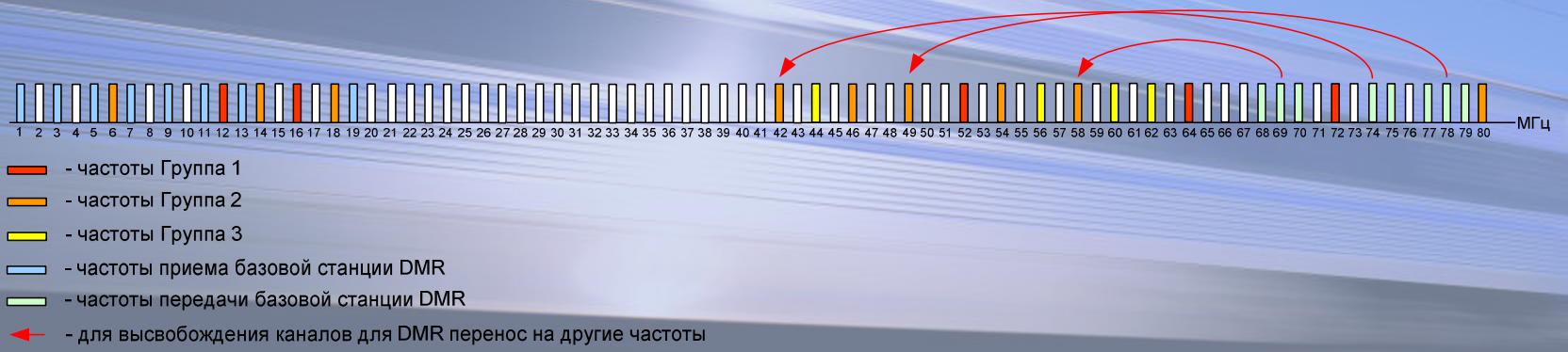
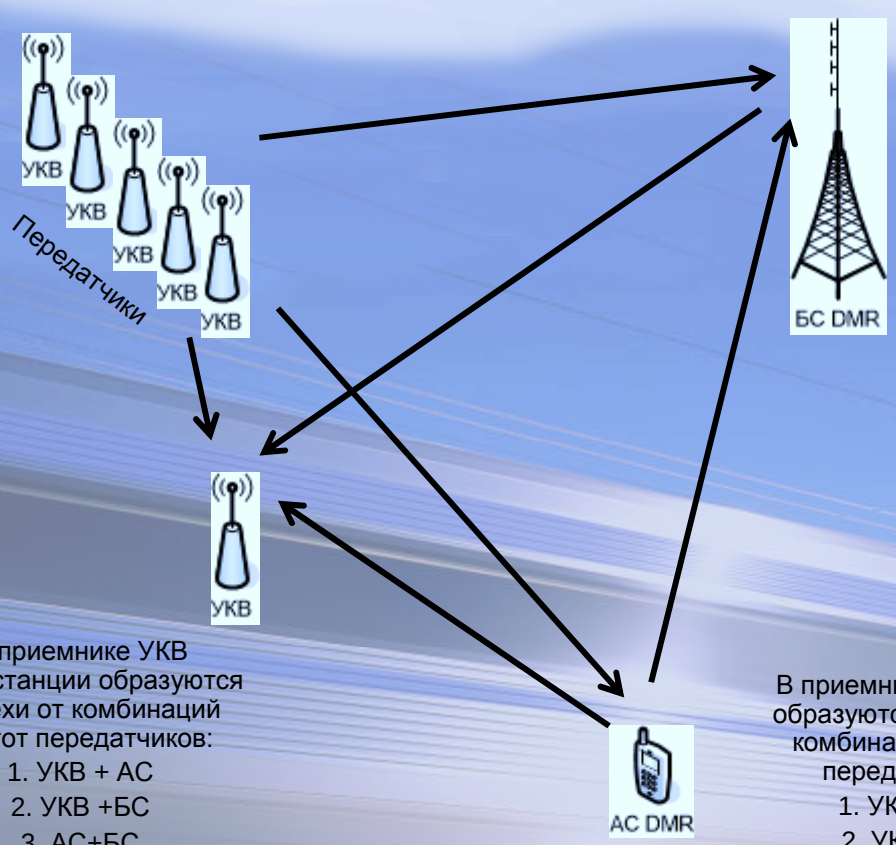


Рис. 2. Результирующий частотный план

Опыт планирования сети DMR. Аэропорт Пулково.

Схема организации комбинации помех



В приемнике БС DMR образуются помехи от комбинаций частот передатчиков:

1. УКВ + АС
2. УКВ +БС
3. АС+БС

В приемнике УКВ радиостанции образуются помехи от комбинаций частот передатчиков:

1. УКВ + АС
2. УКВ +БС
3. АС+БС

В приемнике АС DMR образуются помехи от комбинаций частот передатчиков:

1. УКВ + АС
2. УКВ +БС
3. АС+БС

Анализировались следующие помехи, из-за совместной работы передатчиков на близких частотах:

-интермодуляционные помехи 2-го, 3-го и 5-го порядков по основному и побочным каналам приема (да);

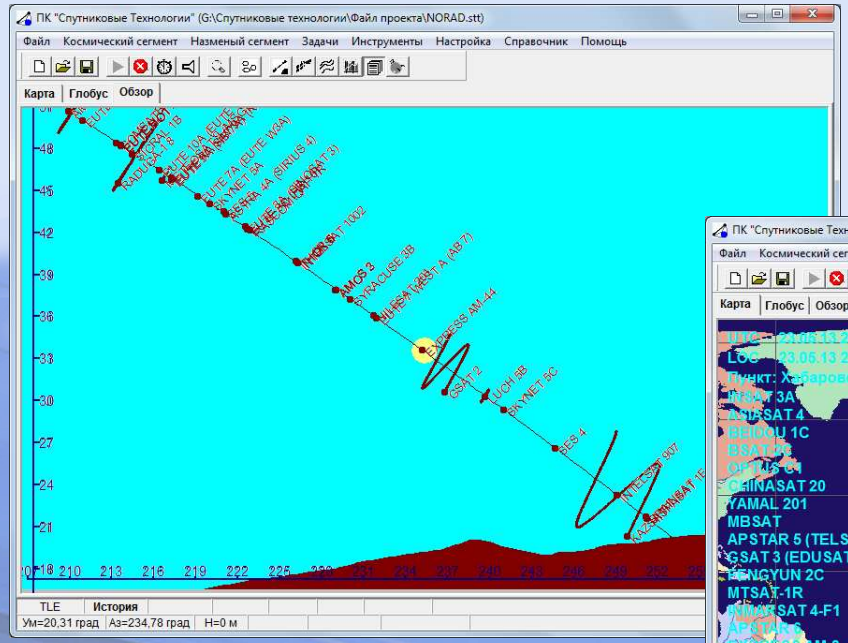
-гармоники передатчиков (нет);

-помехи блокирования (нет, при условии соблюдения минимального расстояния между РЭС:

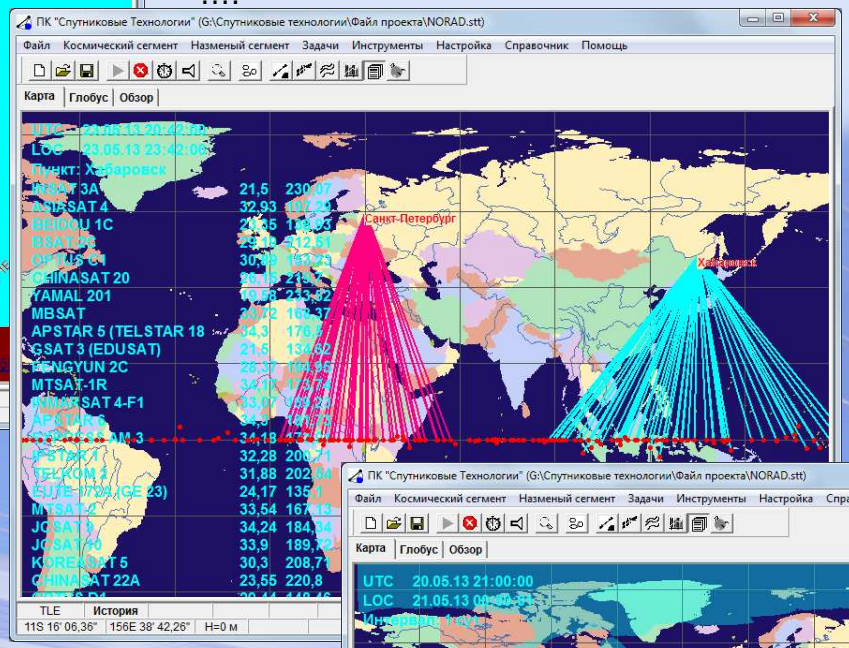
- 30 м для 2,5 Вт;
- 50 м для 5 Вт;
- 65 м для 10 Вт.

Анализ применения спутниковых систем

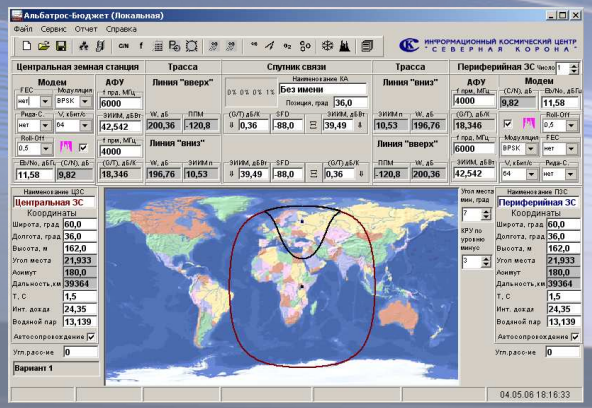
- полная информационная поддержка по околоземным КА;
- ежедневное обновление баллистических параметров КА;
- оперативный расчет бюджета линий спутниковой связи;
- подготовка данных целеуказания;
- ….



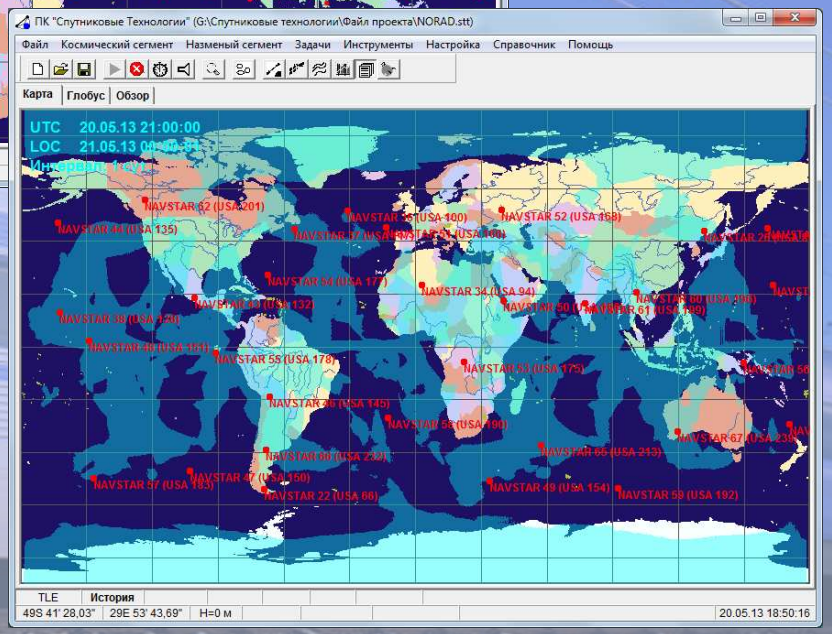
Дуга ГСО и ИСЗ



Контроль ИСЗ



Расчет бюджета спутниковых линий



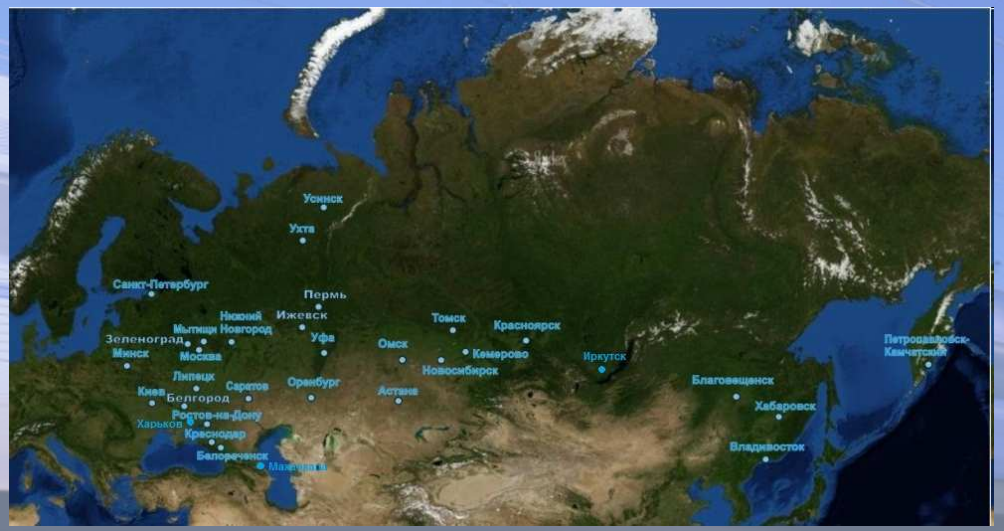
Зона 4-х кратного покрытия СНС «Navstar»

ЗАО «Центр «Северная Корона» сегодня:

Авторизованные пользователи в России, Украине, Белоруссии, Казахстане

Около 200 лицензионных пользователей нашего программного обеспечения в России, Украине, Белоруссии, Казахстане, в том числе:

- **Нефтегазовый сектор: п**редприятия ОАО Газпром, Лукойл, Роснефть, ГазпромТрансгазМахачкала, ВолгоуралНИПИгаз, Атлантик Трансгаз Система, Уралтрубопроводстройпроект, Газтранзит, Томскнефтепроект, КТПИ «Газпроект»…;
- **Энергетика:** ООО «НИПИСтройТэк», ОАО «ДРСК», ОАО «МРСК Волги»,…
- **Производители:** НПФ Микран, РКК «Энергия», МНИИРС, КБ «Искра», ЛЭМЗ, МНИРТИ, Завод им. С.М.Кирова, ВНИИЭМ, РНИИ КП,…
- **Проектные организации:** Гипросвязь, Воентелеком, ЭлеСи, Ройлком , ИнжМорПроект, Телрос, Сател, УСП Компьюлинк, Элком +, Интерсеть, Инител, Оптимальные Коммуникации, …
- **ВУЗы:** СПб Политехнический университет, ПГУПС, МАИ, ВКА им. А.Ф.Можайского, Ижевский нефтяной научный центр, …
- **Операторы:** Ростелеком, ФГУП Космическая связь, Мобилком-Хабаровск, Енисейтелеком, РТРС, …
- **Силовые ведомства:** 16 ЦНИИ МО, 17 ЦПИС МО, в/ч, ФСБ.



География пользователей

Спасибо за внимание!

тел/факс +7 (812) 922-36-21
e-mail: org@spacecenter.ru
сайт: www.spacecenter.ru