

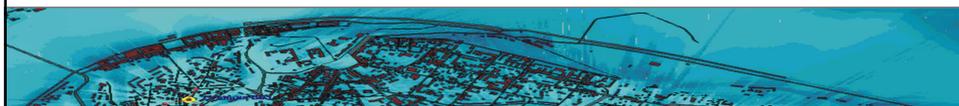

**ИНФОТЕЛ**

Информационные технологии и коммуникации

## Повышение эффективности использования радиочастотного спектра на основе автоматизированного планирования сетей подвижной и фиксированной радиосвязи

В.Степанец, к.т.н., с.н.с.  
С.Одоевский, д.т.н., профессор

Санкт-Петербург  
05-08 июня 2012г.



### ПК ONEPLAN RPLS и этапы жизненного цикла сетей подвижной связи



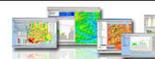
2

## Вопросы доклада



1. Показатели спектральной эффективности технологий и сетей подвижной радиосвязи
2. Назначение и общая характеристика ПК ONEPLAN RPLS
3. Повышение спектральной эффективности сетей с технологией LTE на основе моделирования в среде ПК ONEPLAN RPLS

## Показатели спектральной эффективности технологий и сетей подвижной радиосвязи



**Эффективность использования спектра** (Рек. МСЭ-R SM.1046-2)

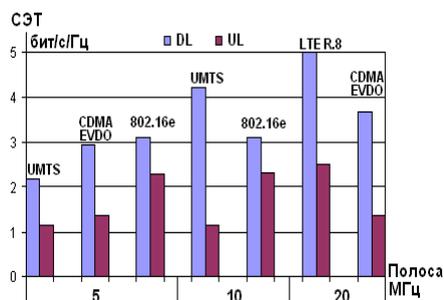
$$\text{ЭИС} = M/U = M/(B \cdot S \cdot T),$$

где  $M$  — количество передаваемой информации,  $U$  — величина используемого спектра ( $B$  — ширина полосы частот,  $S$  — площадь зоны охвата,  $T$  — время работы).

**Спектральная эффективность технологии**

$\text{СЭТ} = V/B$ , где  $V$  — максимальная скорость передачи данных.

Полоса частот, МГц	Технологии	Пик. скорость, Мбит/с		СЭТ, бит/с/Гц	
		DL	UL	DL	UL
5	UMTS Rel 5,6 (HSDPA и HSUPA)	10,8	5,76	2,16	1,152
	CDMA-EVDO Rev.B (64QAM и 1,25МГццх4)	14,7	6,75	2,94	1,35
	802.16e	15,5	11,4	3,1	2,28
10	UMTS Rel 7 (HSPA+ и 5МГццх2)	42	11,5	4,2	1,15
	802.16e	31	23	3,1	2,3
20	LTE Rel 8 (OFDMA и SC-FDMA)	100	50	5	2,5
	CDMA-EVDO Rev.B (64QAM и 1,25МГццх15)	73,5	27	3,675	1,35



## Показатели спектральной эффективности технологий и сетей подвижной радиосвязи



Спектральная эффективность сети подвижной радиосвязи СЭ СПР =  $V / (B \cdot S)$

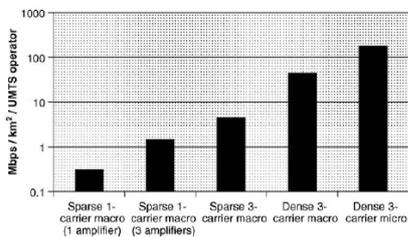


Рис.1

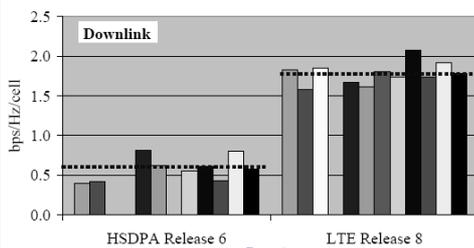
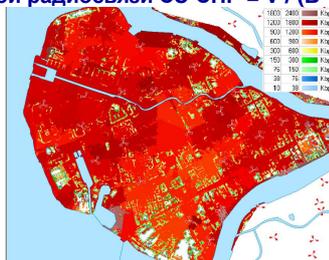


Рис.3

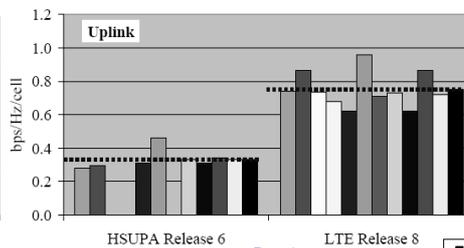
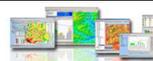


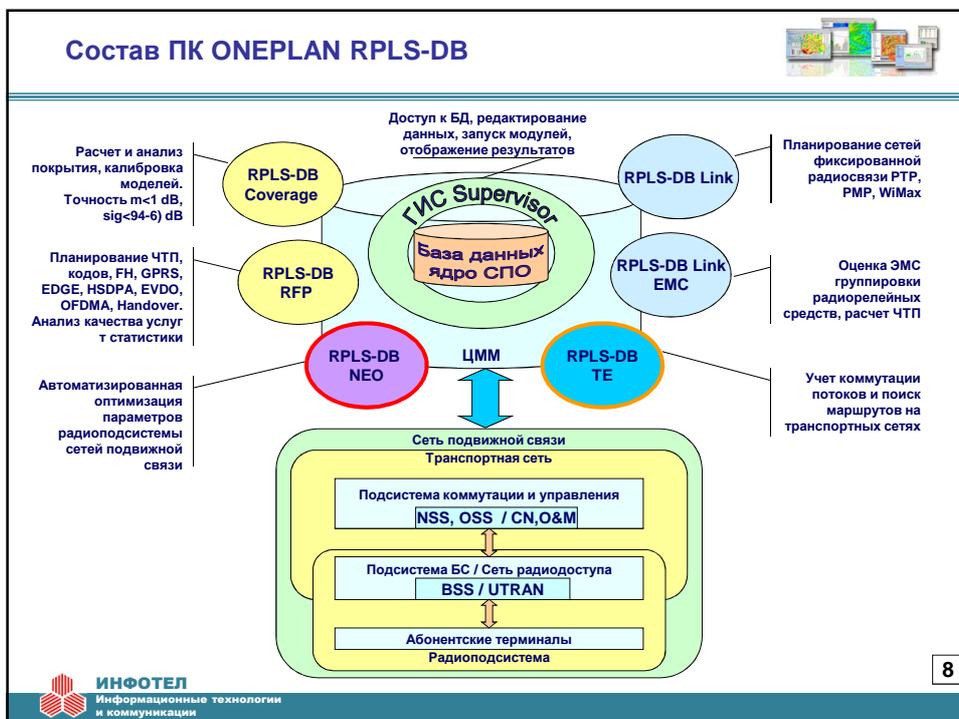
Рис.4

5

## Показатели качества процесса планирования сетей в среде ONEPLAN RPLS



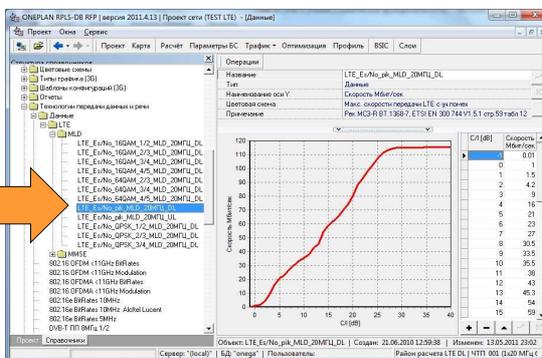
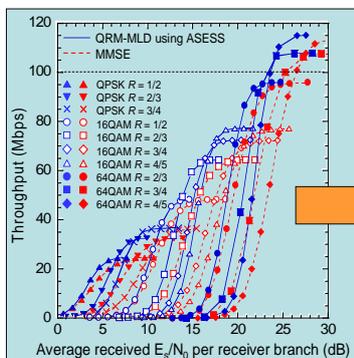
6



## Оценка качества радиоканалов БШД с переменной скоростью передачи



Подготовка дополнительных исходных данных для расчета максимальной доступной скорости передачи с учетом взаимных помех

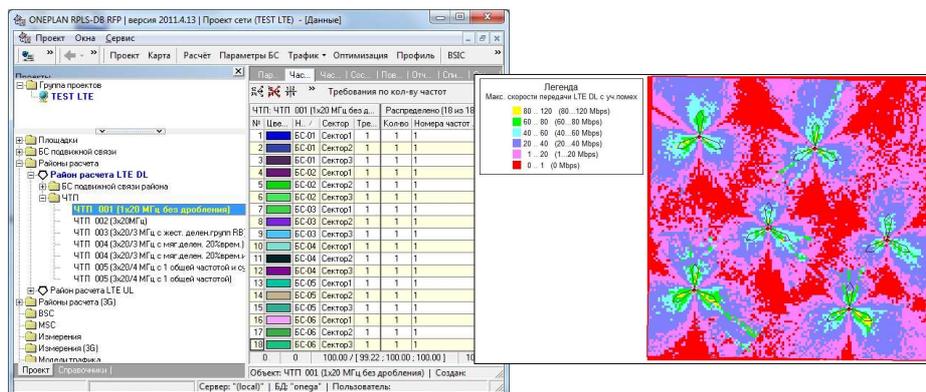


Вкл.	>=	<	Макс	Цвет	Примечание
<input checked="" type="checkbox"/>	80	120	80..120 Mbps	Yellow	
<input checked="" type="checkbox"/>	60	80	60..80 Mbps	Green	
<input checked="" type="checkbox"/>	40	60	40..60 Mbps	Blue	
<input checked="" type="checkbox"/>	20	40	20..40 Mbps	Purple	
<input checked="" type="checkbox"/>	1	20	1..20 Mbps	Pink	
<input checked="" type="checkbox"/>	0	1	0 Mbps	Red	

## Особенности подготовки исходных данных и обработки результатов расчета сетей LTE



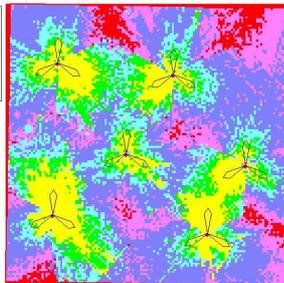
Расчет карт максимальной доступной скорости передачи с учетом взаимных помех при назначении одной полосы частот всем БС



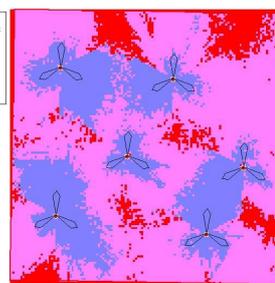
## Особенности подготовки исходных данных и обработки результатов расчета сетей LTE



Результаты расчета карт максимальной доступной скорости передачи с учетом взаимных помех при оптимальном распределении трех полос частот и трех участков одной полосы частот между секторами БС

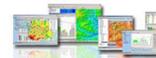


а) три полосы частот

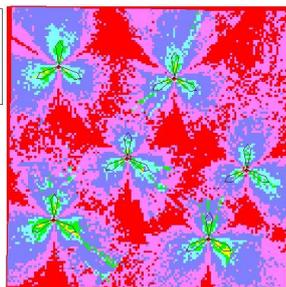


б) три участка одной полосы частот

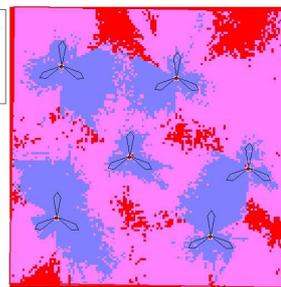
## Особенности подготовки исходных данных и обработки результатов расчета сетей LTE



Сравнение рассчитанных карт максимальной доступной скорости передачи при полном (FUSC) и частичном (PUSC) использовании одной полосы частот



а) FUSC  
(Fully Used Subcanalization)



б) PUSC  
(Partly Used Subcanalization)

### Учет характеристик режимов повторного использования частот

**Варианты реализации мягкого (SFR), частичного (PFR) и дробного (FFR) повторного использования частот**

**б) отличие участков кадра с полным и частичным повторением частот по частоте (PFR)**

**в) отличие участков кадра с полным и частичным повторением частот по мощности (SFR)**

**а) отличие участков кадра с полным и частичным повторением частот по времени (FFR)**

**13**

Информационные технологии и коммуникации

### Учет характеристик режимов повторного использования частот

#### Задание параметров мягкого повторного использования частот

8.1. Количество всех частотных полос (групп ресурсных блоков)	3	N
8.2. Учитывать возможность объединения всех частотных полос (да/нет)		F <sub>1</sub>
8.3. Доля времени использования всех частотных полос, %	80	F <sub>2</sub>
8.4. Доля времени использования отдельных частотных полос, %	20	F <sub>3</sub>
8.5. Доля мощности в отдельных (назначенных) частотных полосах, %	100	P

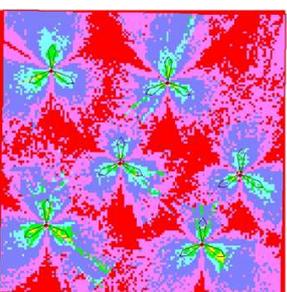
**14**

Информационные технологии и коммуникации

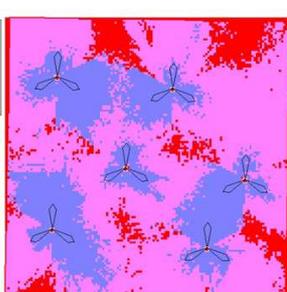
## Учет характеристик режимов повторного использования частот



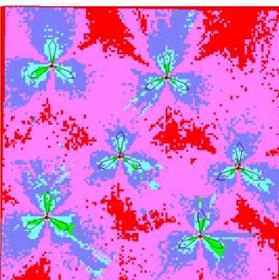
### Результаты расчета карт максимальной доступной скорости при задании различных параметров мягкого повторного использования частот



**а)  $N=3, \tau_1=100\%, \tau_2=0, \rho=0\%$   
(FUSC)**



**е)  $N=3, \tau_1=0\%, \tau_2=100\%, \rho=100\%$   
(PUSC)**



**е)  $N=3, \tau_1=80\%, \tau_2=20\%, \rho=100\%$   
(FFR)**

**Легенда**  
Мак. скорости передачи LTE DL с уч. помех

80 - 120 (80 - 120 Mbps)
60 - 80 (60 - 80 Mbps)
40 - 60 (40 - 60 Mbps)
20 - 40 (20 - 40 Mbps)
1 - 20 (1 - 20 Mbps)
0 - 1 (0 Mbps)


15

## Учет неравномерности распределения нагрузки



### Модель трафика

**Построение матрицы удельной нагрузки**

Матрица рельефа (R\_LF): C:\ONEGAM\Map\UHF\RLF\Unnovg\_pl.#

Параметры построения матрицы удельной нагрузки

Общая нагрузка (Ел): 360

Средняя нагрузка абонента в ЧНН (Ел): 0.015

Максимальное кол-во абонентов: 24000

Весовые коэффициенты: для суммарной нагрузки по кодам объектов

Высота первого этажа (м): 6

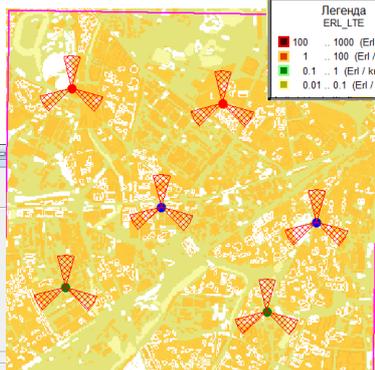
Высота этажа (м): 3

Код	Название	Высота по умолчанию	Вес	Норм. вес [%]	Уд. нагрузка [Ел/м <sup>2</sup> ]	Уд. нагрузка [Ел/км <sup>2</sup> ]	Суммарная нагрузка [Ел]	Площадь
0	Открытость	0	10	13.93	2.4153E-5	0.0603	49.3141	2.041.741
1	Лес	0	2	2.73	2.2589E-5	0.0564	9.8825	436.686
2	Вода	0	1	1.36	2.2889E-5	0.0572	4.9314	215.489
3	Населенный пункт	7	20	27.39	0.346170656	865.1766	98.6301	265
4	Дорога	0	2	0	0	0	0	0
5	Железная дорога	0	2	0	0	0	0	0
7	Гора	25	40	54.79	0.000149416	0.3735	197.26	1.320.207
73	Отдельно стоящее здание	30	1	0	0	0	0	0

Обновить таблицу Построить

**Легенда ERL\_LTE**

100 - 1000 (Ел / км <sup>2</sup> )
1 - 100 (Ел / км <sup>2</sup> )
0.1 - 1 (Ел / км <sup>2</sup> )
0.01 - 0.1 (Ел / км <sup>2</sup> )



**Карта распределения нагрузки**


16

### Учет характеристик режимов повторного использования частот



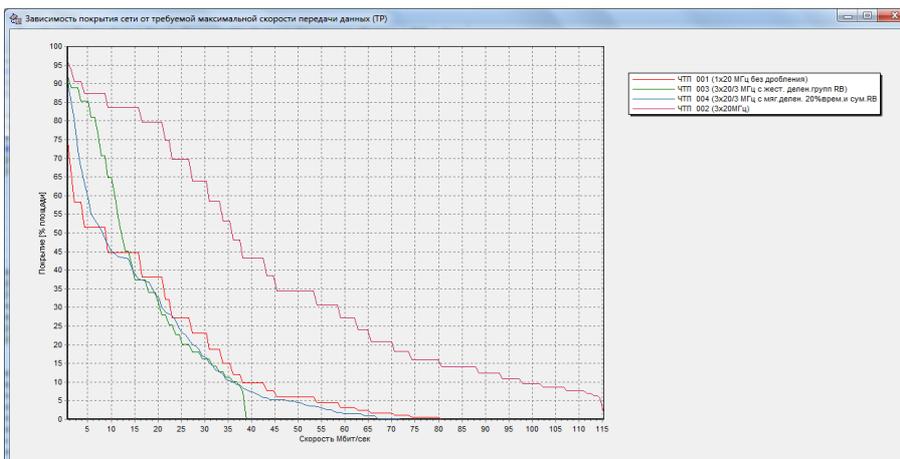
#### Обобщенные табличные результаты расчета показателей покрытия с заданной требуемой скоростью передачи (TR – throughput)

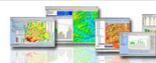
№	Название БС	Сектор	Cell ID	Площадь	Покрытие по TR		
					% площади	Нагрузка [ЕП]	% нагрузки
1	БС-01	Сектор1	1	641	64.49	1.5059	2.30
2	БС-01	Сектор2	2	263	30.97	1.6395	2.51
3	БС-01	Сектор3	3	489	55.33	2.3854	3.65
4	БС-02	Сектор1	4	608	45.89	0.7527	1.15
5	БС-02	Сектор2	5	287	27.33	1.5523	2.37
6	БС-02	Сектор3	6	248	33.24	1.1521	1.76
7	БС-03	Сектор1	7	174	26.52	1.0514	1.61
8	БС-03	Сектор2	8	304	30.28	1.1296	1.73
9	БС-03	Сектор3	9	233	32.01	1.0811	1.65
10	БС-04	Сектор1	10	322	22.19	1.3429	2.05
11	БС-04	Сектор2	11	387	58.20	1.7759	2.72
12	БС-04	Сектор3	12	163	29.74	0.4484	0.69
13	БС-05	Сектор1	13	439	35.75	1.9988	3.05
14	БС-05	Сектор2	14	552	43.09	1.1848	1.81
15	БС-05	Сектор3	15	492	61.81	1.9126	2.93
16	БС-06	Сектор1	16	212	38.76	0.3580	0.54
17	БС-06	Сектор2	17	596	52.84	2.9340	4.45
18	БС-06	Сектор3	18	583	32.27	1.7691	2.71
				6732.00		25.97	

### Учет характеристик режимов повторного использования частот



#### Обобщенные графические результаты расчета показателей покрытия с различной требуемой скоростью передачи (TR – throughput) при различных ресурсах и вариантах повторного использования частот





**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!**