



**МТС**

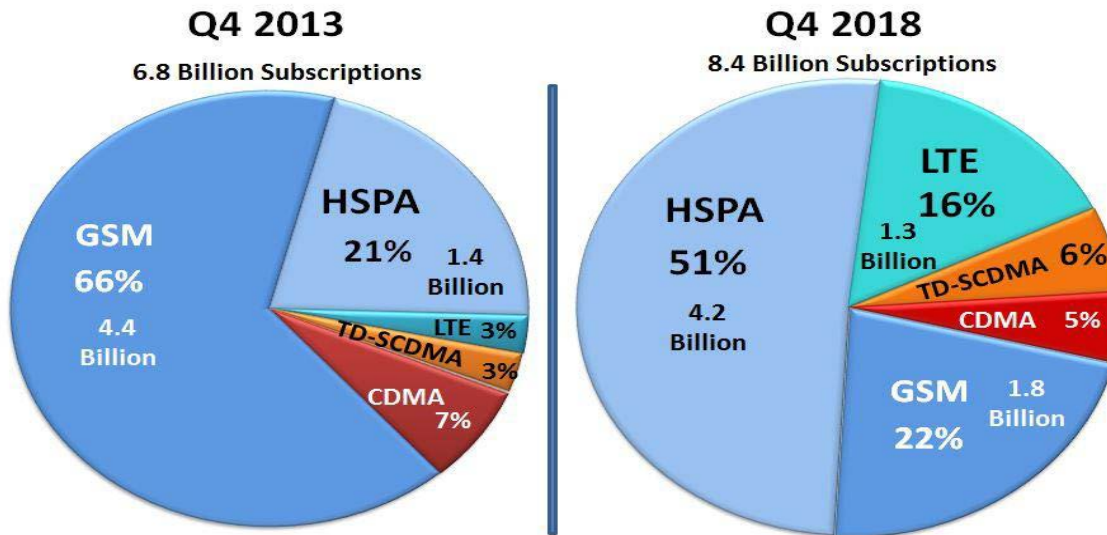
на шаг вперед

# **ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАДИОЧАСТОТНОГО СПЕКТРА В СЕТЯХ 2G, 3G, 4G**

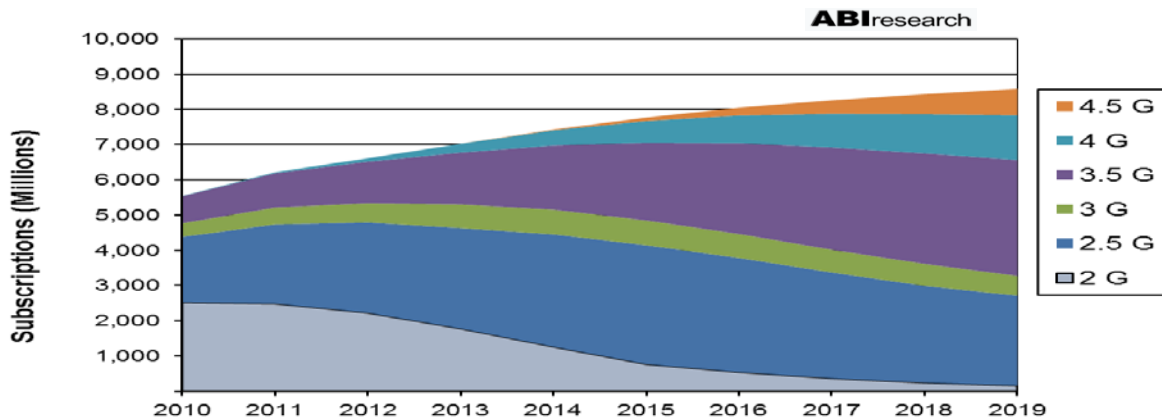
**Скрынников В.Г., эксперт ОАО «Мобильные ТелеСистемы», член-корреспондент РАЕН,  
кандидат технических наук**

**Региональный обучающий семинар МСЭ для стран СНГ  
«Перспективы развития инфокоммуникаций: технологии и вопросы регулирования сектора».  
23- 24 сентября 2014 года, г. Астана, Республика Казахстан**

### Global Mobile Technology Market Shares



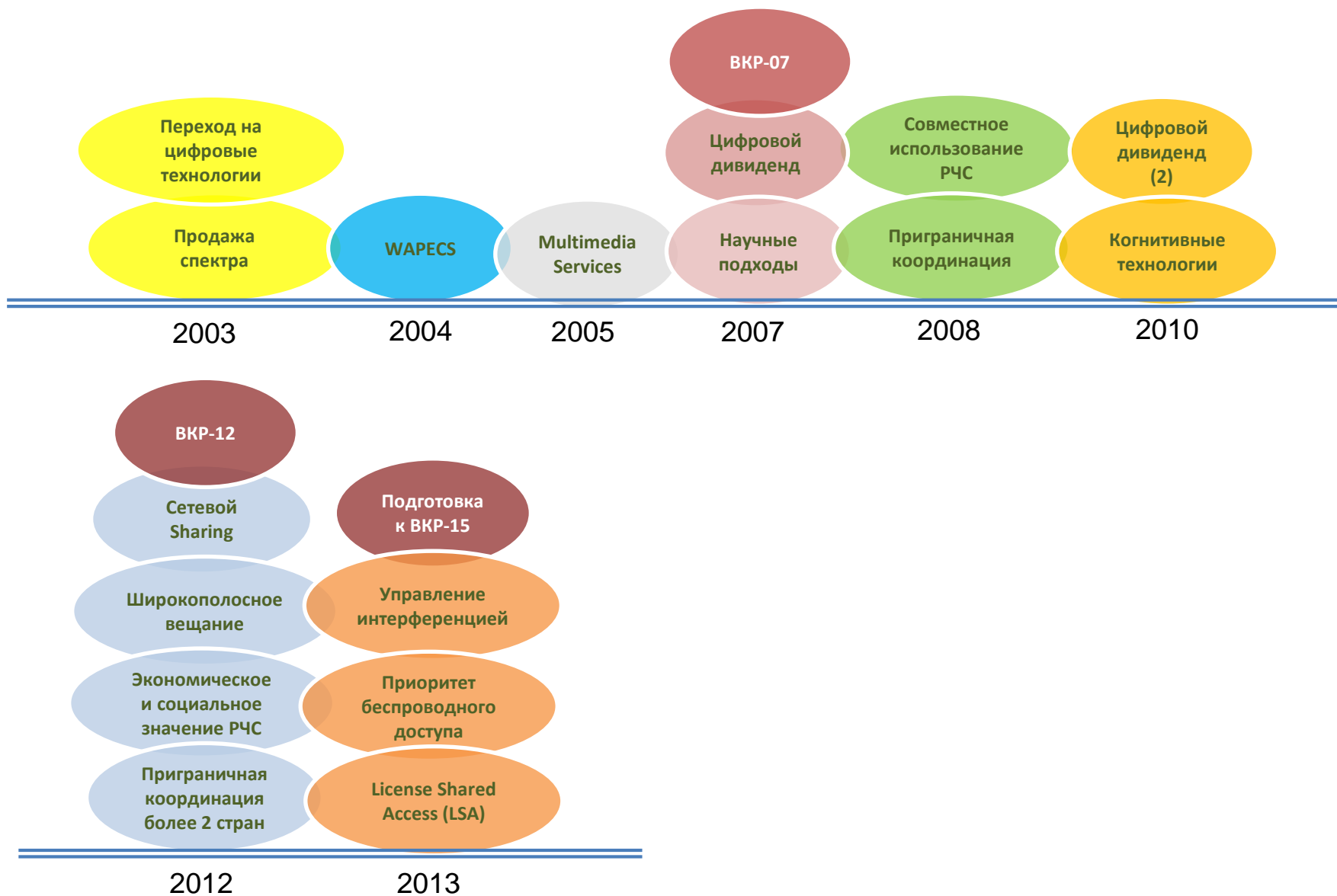
Источник: WCIS+, 4Q 2013 Estimates & Forecast. Informa Telecoms & Media.





на шаг вперед

# ОТВЕТ НА ПОВЫШЕНИЕ ПОТРЕБНОСТИ В РАДИОЧАСТОТНОМ СПЕКТРЕ





на шаг впереди

# ОБЩИЕ ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЧС В СЕТЯХ СОТОВОЙ СВЯЗИ

Гармонизация (гармонизированное использование РЧС)

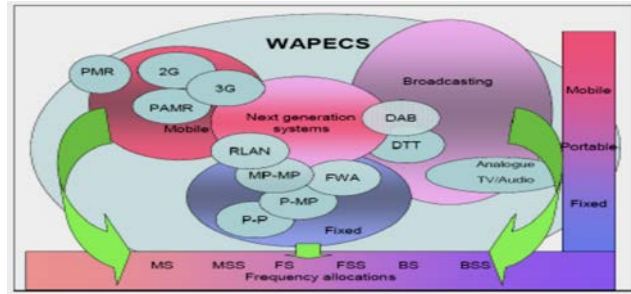
Приграничная координация

Рефарминг/ технологическая нейтральность

Совместное использование РЧС (Spectrum Sharing)



Разные методы координации для технологий

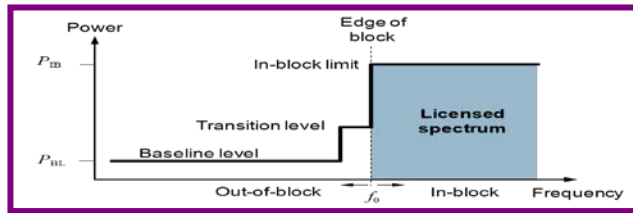


**WAPECS** (Wireless Access Policy for Electronic Communications)

Необходимый уровень гибкости WAPECS должен достигаться за счет обеспечения технических требований, максимально не зависящих от конкретных видов технологий (технологическая нейтральность)

Для каждого диапазона частот WAPECS должно быть обеспечено использование спектра в будущем при условии, что выполняются требования технологической нейтральности

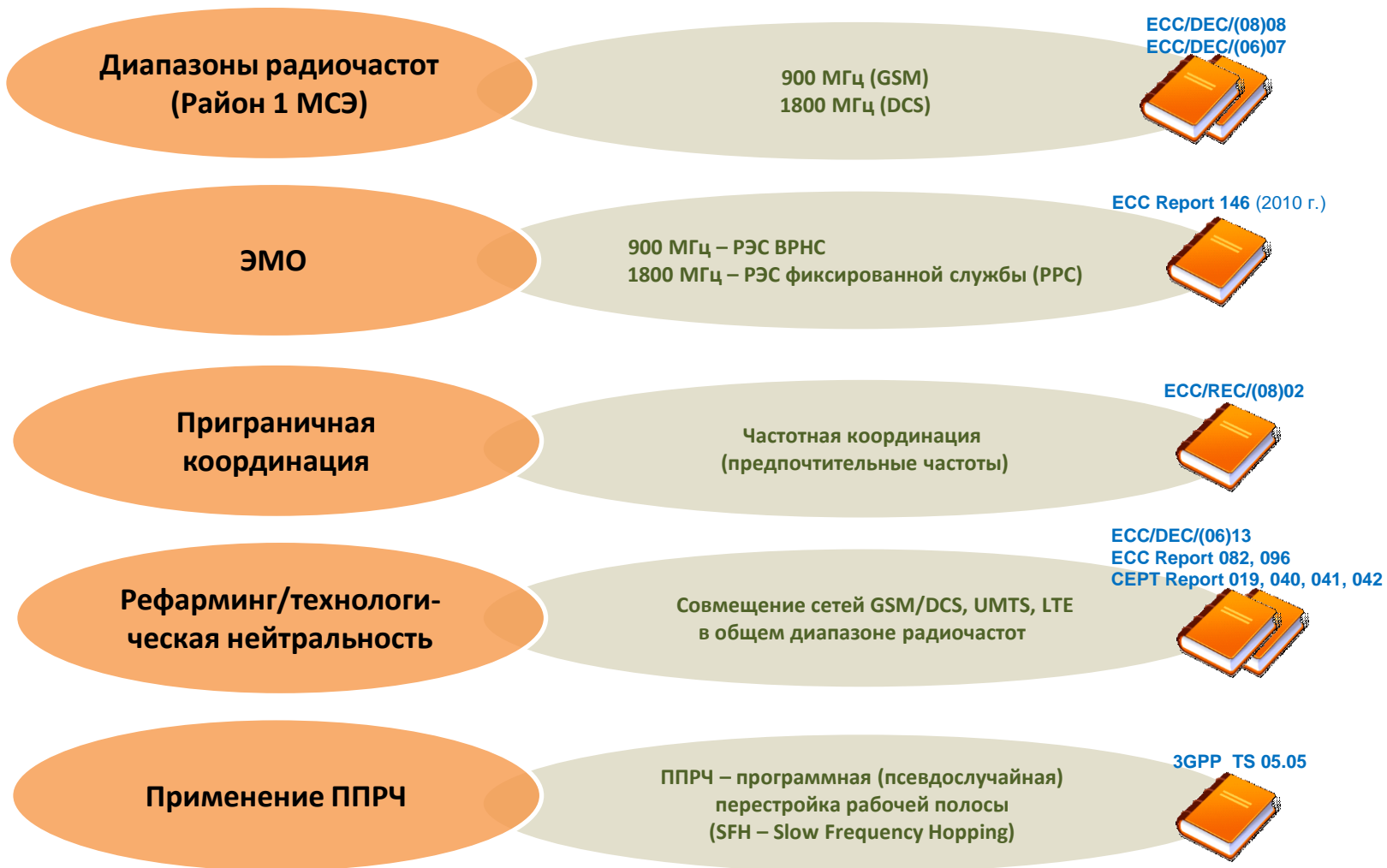
Краевая маска блока BEM (Block Edge Mask)

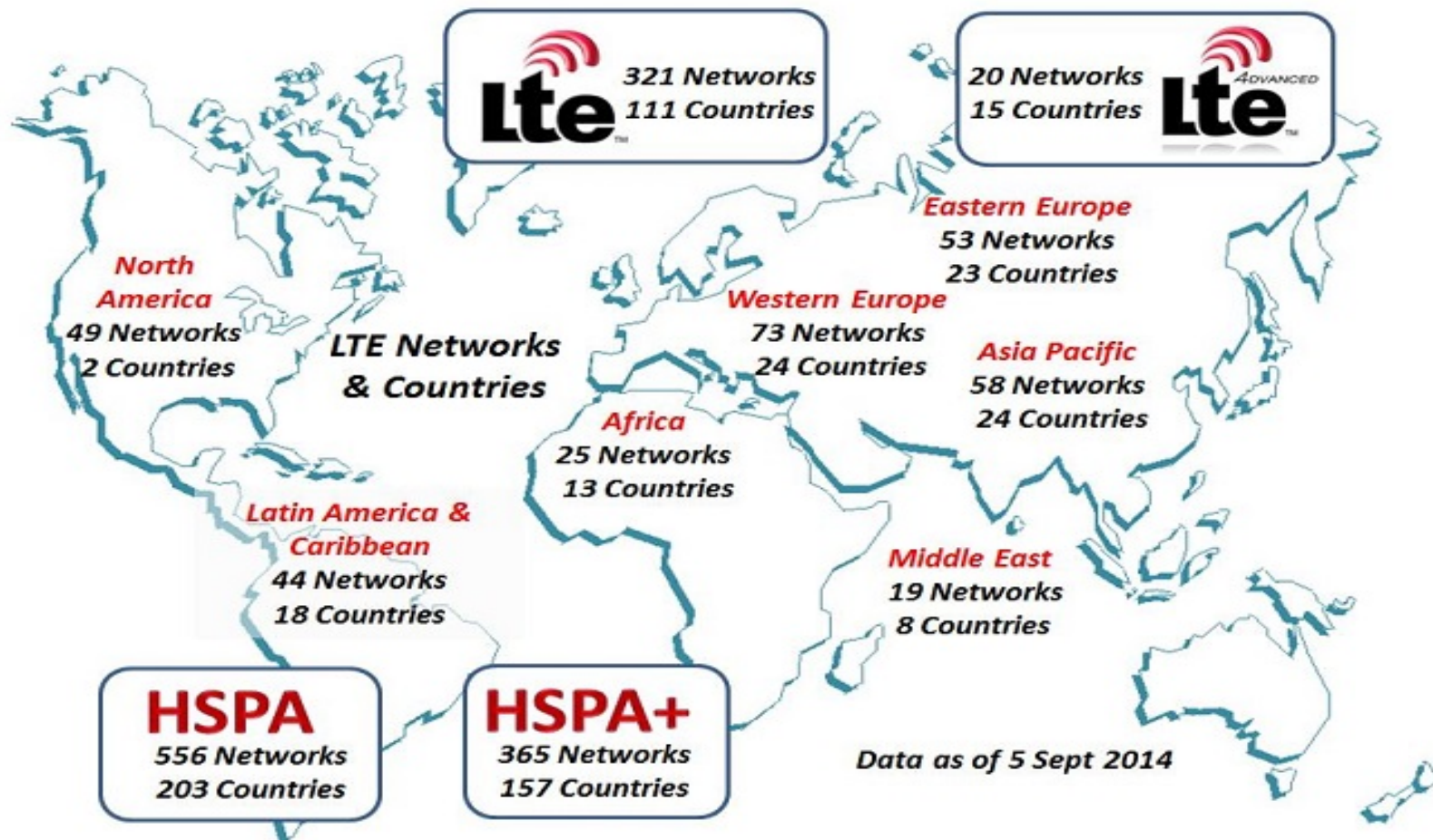


- Действующие BEM:**
- 790-862 МГц – LTE (ECC/DEC/(09)03)
  - 900/1800 МГц – UMTS, LTE, WiMAX (Decision 2009/766/EC, Directive (2009/114/EC))
  - 2,6 ГГц - LTE (ECC/DEC/(05)05)
  - 3400-3800 МГц (ECC/DEC/(07)02, ECC/REC/(04)05)



Источник: Vodafone (BEREC-RSPG, 2011)

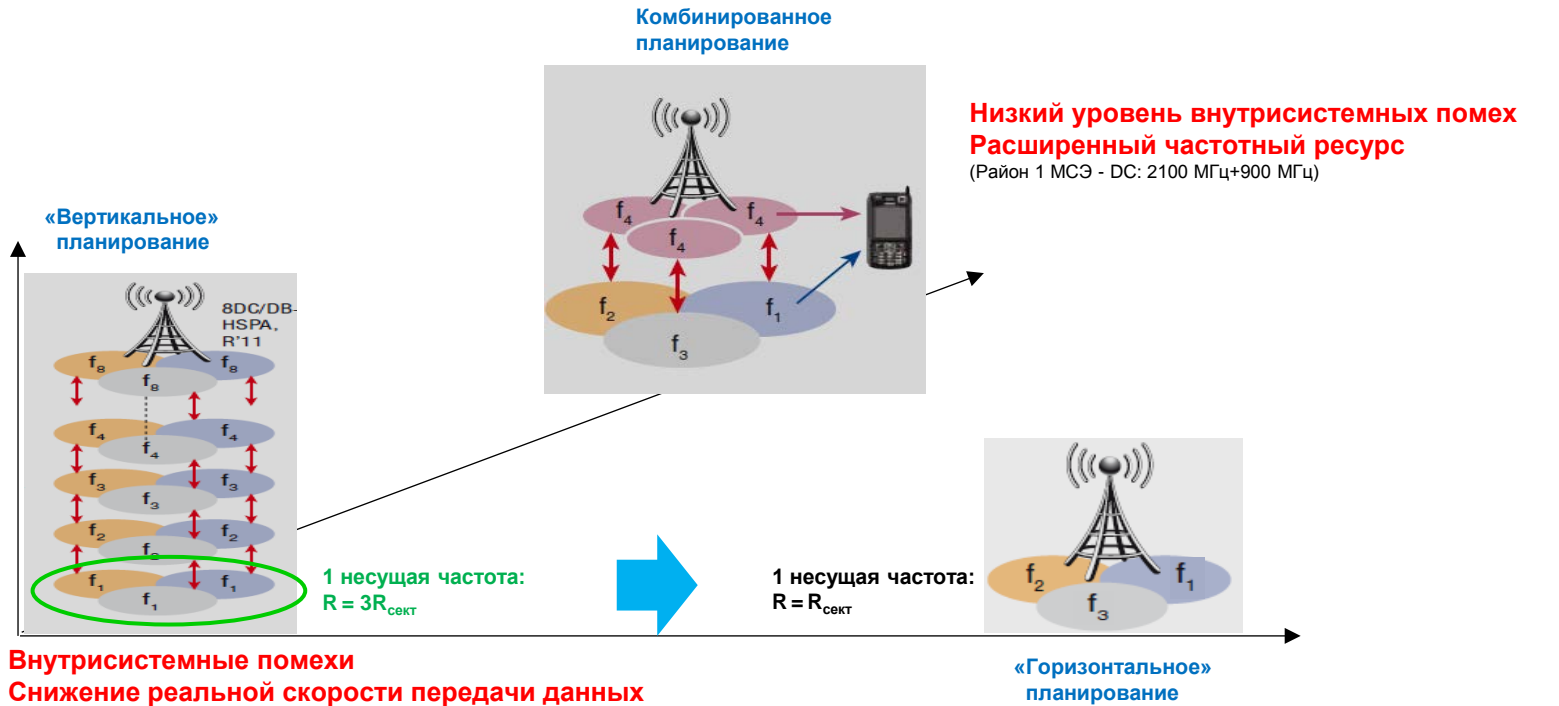






на шаг впереди

# НЕТРАДИЦИОННЫЙ МЕТОД ЧАСТОТНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ В UMTS/HSPA+



Средняя скорость	Максимальная скорость
4.5	12.9
3.3	11.9
2.7	10.7
Mbit/c	Mbit/c

**«Потеря» эффективного частотного ресурса  
Снижение внутрисистемных помех**



на шаг вперед

# ЭФФЕКТИВНОСТЬ НЕТРАДИЦИОННОГО МЕТОДА ЧАСТОТНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ В UMTS/HSPA+

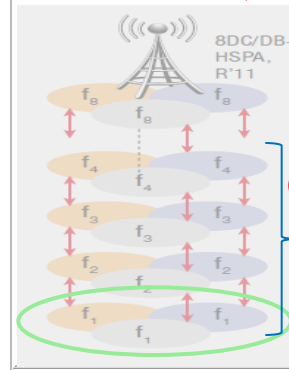
Что дал переход ?

- 1. По частотному ресурсу – R вдвое ниже
- 2. По уровню внутрисистемных помех - R втрое выше

Общий результат:

Среднее увеличение скорости передачи данных в соте – в 1,5 раза

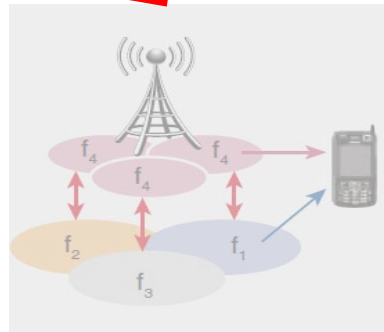
«Вертикальное» планирование



4 несущих частоты (4DC):  
 $R = 4(3R_{\text{сект}}) = 12R_{\text{сект}}$

1 несущая частота:  
 $R = 3R_{\text{сект}}$

Внутрисистемные помехи  
Снижение реальной скорости передачи данных



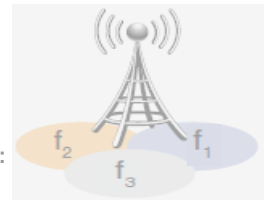
Низкий уровень внутрисистемных помех  
Расширенный частотный ресурс  
(Район 1 МСЭ - DC: 2100 МГц+900 МГц)

3+1 несущих частоты (2DC):  
 $R = 3R_{\text{сект}} + 3R_{\text{сект}} = 6R_{\text{сект}}$

Комбинированное планирование



1 несущая частота:  
 $R = R_{\text{сект}}$



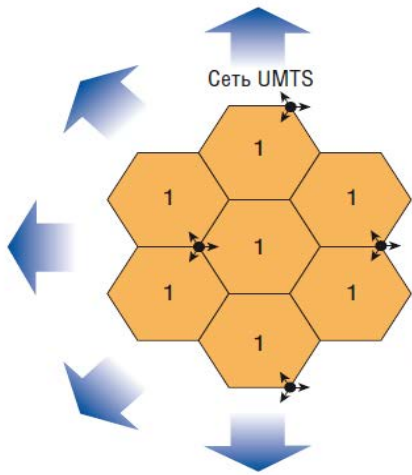
«Горизонтальное» планирование

«Потеря» частотного ресурса  
Снижение внутрисистемных помех

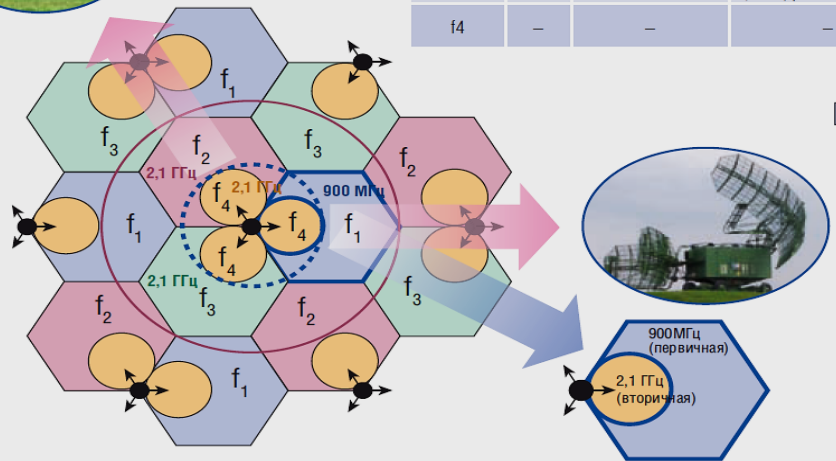




на шаг впереди **РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ ПО ЭМС**



Частотный ресурс	Вся зона покрытия соты		Назначенная частота (диапазон)	Ближняя зона
	Ограничения по ЭМС ВРНС	Др. РЭС МО (РЛС)		
f1	–	–	900 МГц (5 МГц)	–
f2	–	–	2,1 ГГц (5 МГц) – любая	–
f3	–	–	2,1 ГГц (5 МГц) – любая	–
f4	–	–	–	2,1 ГГц (5 МГц) – худшая по ЭМС

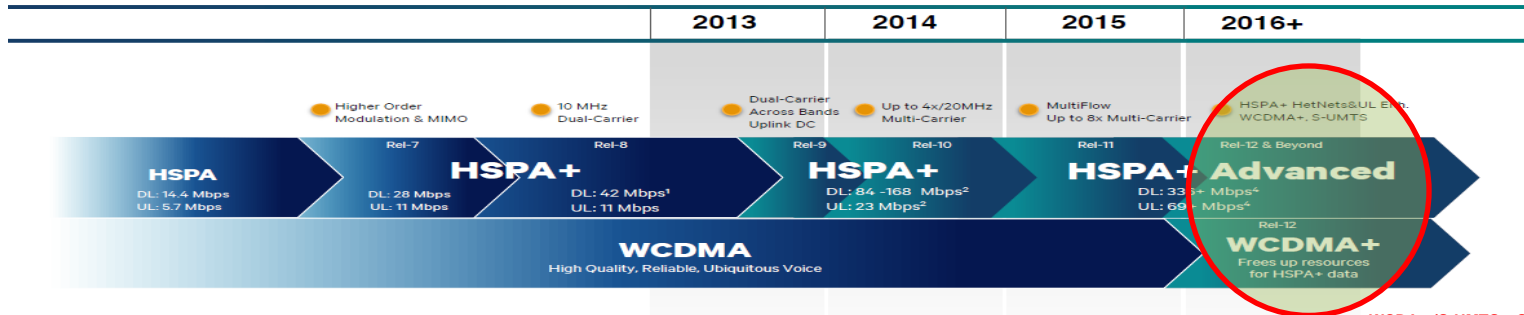


Основная (первичная) несущая частота  
 Дополнительная (вторичная) несущая частота



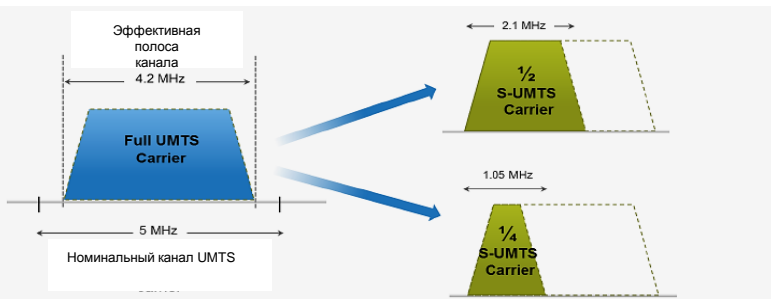
# на шаг впереди МАСШТАБИРУЕМОСТЬ КАНАЛОВ UMTS (S-UMTS)

## Развитие стандартов 3GPP

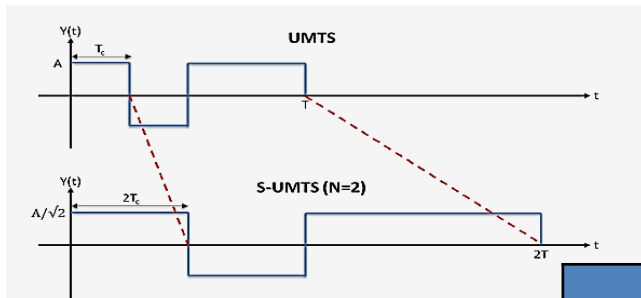
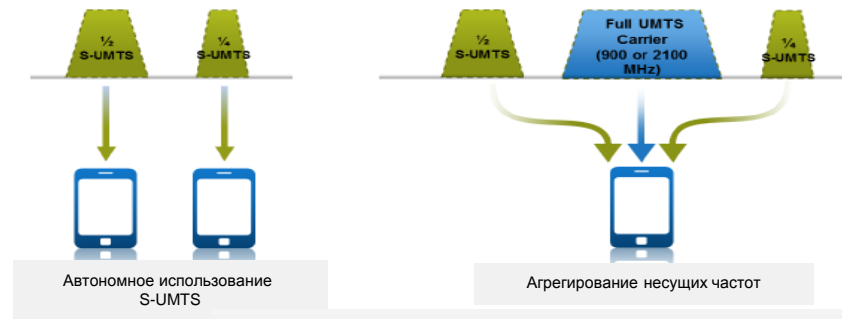


WCDMA+ (S-UMTS – Scalable UMTS)

### Механизм масштабируемости каналов UMTS

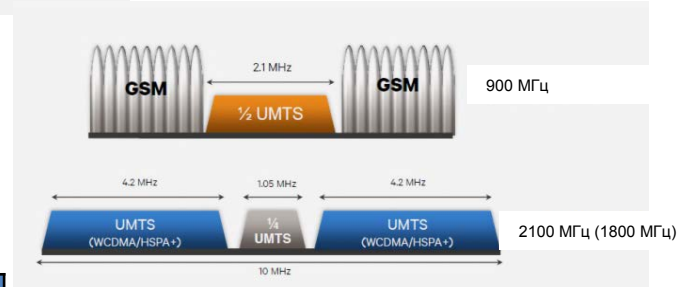


### Практическое применение



Временное расширение

S-UMTS	Полоса (эффективная полоса) канала	Суммарная теоретическая скорость ПД	
		UMTS	GSM (GPRS)
UMTS (1)	5 (4,2) МГц	21 Мбит/с	3,6 Мбит/с
UMTS (1/2)	2,5 (2,1) МГц	≈10 Мбит/с	1,9 Мбит/с
UMTS (1/4)	1,25 (1,05) МГц	≈5 Мбит/с	≈1 Мбит/с

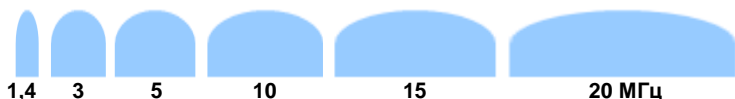




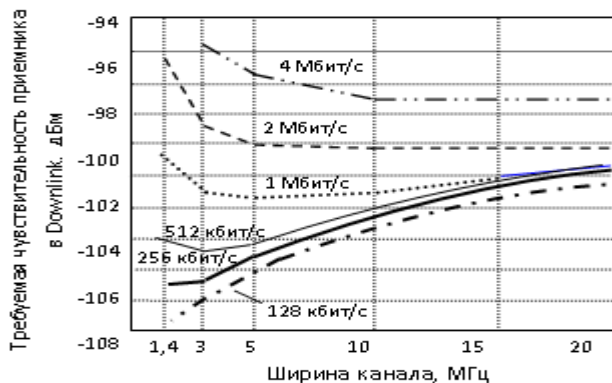
на шаг впереди

# ОБЩИЕ ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЧС В СЕТЯХ LTE

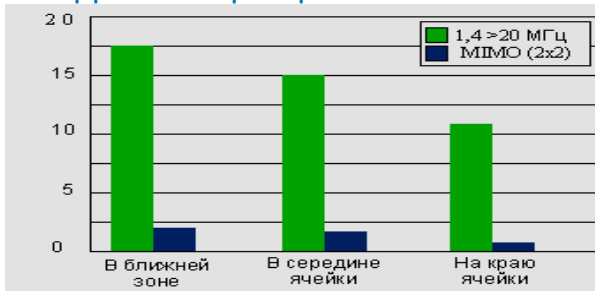
## 1. Масштабируемость каналов LTE



## 2. Оптимальность ширины канала



## 3. Эффективность расширения канала LTE



## 4. Применимость каналов LTE в разных диапазонах частот

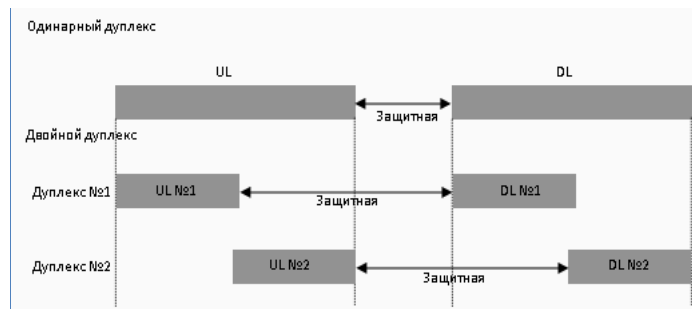
Номер полосы	Диапазон ЭСРР	Режим дуплекса	Применимость каналов LTE с разной шириной					
			1,4 МГц	3 МГц	5 МГц	10 МГц	15 МГц	20 МГц
1	2100	FDD						
2	1900	FDD	+	+	+	+	+	+
3	1800	FDD	+	+	+	+	+	+
4	1700/2100	FDD	+	+	+	+	+	+
5	830	FDD	+	+	+	+		
6	830	FDD			+	+		
7	2600	FDD			+	+	+	+
8	900	FDD	+	+	+	+		
9	1700	FDD			+	+	+	+
10	1700/2100	FDD			+	+	+	+
11	1500	FDD			+	+		
12	US 700	FDD	+	+				
13	US 700	FDD			+	+		
14	US 700	FDD			+	+		
15	-	FDD						
16	-	FDD			+	+		
17	US 700	FDD			+	+	+	
18	Japan 800	FDD			+	+	+	
19	Japan 800	FDD			+	+	+	
20	800	FDD			+	+	+	
21	1500	FDD			+	+	+	
22	3400	FDD						
33	UMTS TTD 1	TDD			+	+	+	+
34	UMTS TTD 2	TDD			+	+	+	+
35	US 1900 UL	TDD	+	+	+	+	+	+
36	US 1900 DL	TDD	+	+	+	+	+	+
37	US 1900	TDD			+	+	+	+
38	2600	TDD			+	+	+	+
39	UMTS TDD	TDD			+	+	+	+
40	2300	TDD			+	+	+	+
41	-	TDD			+	+	+	+
42	3400	TDD			+	+	+	+
43	3600	TDD			+	+	+	+

## 5. Виды дуплекса в LTE

FDD-FD - FDD Full Duplex – полный частотный дуплекс

FDD-HD - FDD Half Duplex - частотный полу-дуплекс

TDD – временной дуплекс



## 6. Потребность в радиочастотном спектре для LTE

Требуемый РЧС для IMT к 2020 году (Отчет МСЭ-Р)

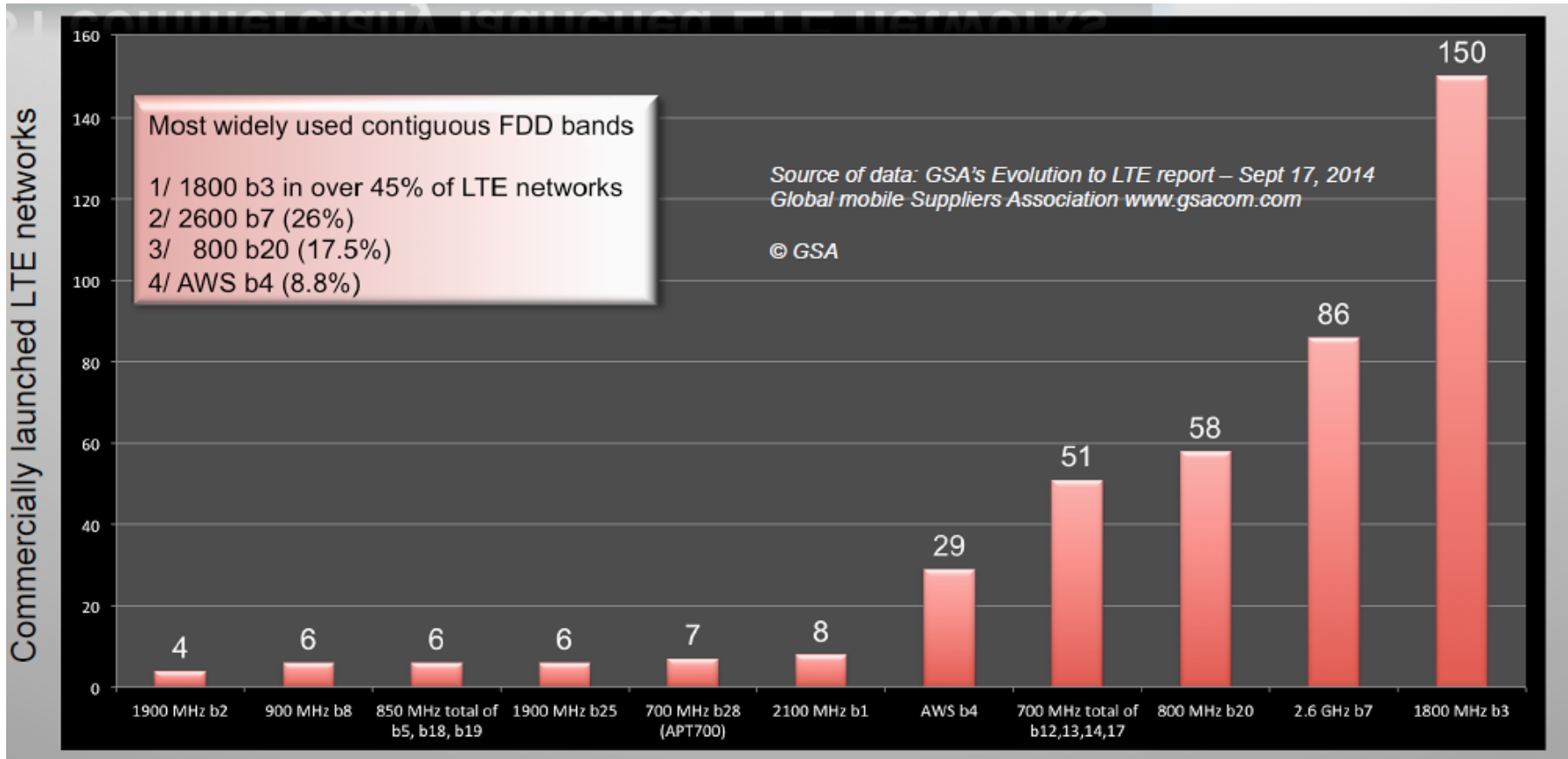
	3G/IMT-2000, LTE, МГц	IMT-Advanced (LTE-Advanced), МГц	Полный спектр, МГц
Рынки с низкой плотностью абонентов	800	480	1280
Рынки с высокой плотностью абонентов	880	840	1720

Требуемый РЧС для IMT к 2020 году (оценки в рамках подготовки к ВКР-15)

	3G/IMT-2000, LTE, МГц	IMT-Advanced (LTE-Advanced), МГц	Полный спектр, МГц
Рынки с низкой плотностью абонентов	440	900	1340
Рынки с высокой плотностью абонентов	540	1 420	1960



LTE-FDD



LTE-TDD

3GPP band	Frequency	Number of networks
40	2.3 GHz	19
38	2.6 GHz	10
41	2.6 GHz	8
42	3.5 GHz	6
39	1.9 GHz	1



## На основе распределения идентификаторов PCI

PCI - идентификаторы физических ячеек (сот). Распределение PCI в сети LTE схоже с процедурой планирования кодов скремблирования в UMTS, поскольку идентификаторы PCI однозначно определяют смежные ячейки в определенной географической области.

### Особенности:

- ❖ Необходимость строгого выравнивания или согласования центральных частот в сопредельных сетях независимо от используемой ширины канала.
- ❖ В отличие от кодов скремблирования в UMTS распределение идентификаторов PCI между сопредельными сетями не устраняет полную их ортогональность и, как следствие – взаимное воздействие помех.

Тем не менее, координация приграничных сетей LTE на основе распределения идентификаторов PCI позволяет различать сети (соты) на границе государств по принципу «своя-чужая», препятствуя тем самым неконтролируемые и нежелательные роуминговые соединения в приграничной области.

Стандартами 3GPP (TS 36.211) определено 168 уникальных групп идентификаторов (0...167), именуемых PCI-группами. Каждая такая группа содержит по 3 идентификатора PCI. Таким образом, общее количество идентификаторов PCI, которые могут быть использованы при координации сетей LTE, составляет 504 идентификатора.

Распределение PCI между затронутыми сторонами осуществляется на основе определения предпочтительных (Preferential) и неpreferential (non-Preferential) PCI идентификаторов. В целях приграничной координации все идентификаторы PCI делятся на 6 доступных наборов (подмножеств Set), которые распределяются между сторонами.

PCI	Set A	Set B	Set C	Set D	Set E	Set F
Страна 1	0...83	84...	168...	252...	336...	420...
Граница 1-2	■	■				■
Зона 1-2-3	■	■				
Граница 1-3			■			
Зона 1-2-4		■	■			■
Граница 1-4	■		■			
Зона 1-3-4						

PCI	Set A	Set B	Set C	Set D	Set E	Set F
Страна 2	0...83	84...	168...	252...	336...	420...
Граница 2-1			■	■	■	■
Зона 2-3-1			■	■	■	
Граница 2-3		■	■			
Зона 2-1-4						■
Граница 2-4			■			
Зона 2-3-4						

PCI	Set A	Set B	Set C	Set D	Set E	Set F
Страна 3	0...83	84...	168...	252...	336...	420...
Граница 3-2	■				■	■
Зона 3-1-2					■	■
Граница 3-1			■			
Зона 3-1-4				■		
Граница 3-4			■			
Зона 3-2-4					■	■

PCI	Set A	Set B	Set C	Set D	Set E	Set F
Страна 4	0...83	84...	168...	252...	336...	420...
Граница 4-1		■		■	■	■
Зона 4-1-2		■		■	■	
Граница 4-2	■				■	
Зона 4-2-3					■	
Граница 4-3			■			
Зона 4-3-1		■				



на шаг впереди

**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!**

**E-mail:** [skvg@mts.ru](mailto:skvg@mts.ru)  
**моб.:** +7 (916) 641 3517



на шаг впереди

# ПРИЛОЖЕНИЕ GSM/ППРЧ



на шаг впереди **ПРОГРАММНАЯ (ПСЕВДОСЛУЧАЙНАЯ) ПЕРЕСТРОЙКА РАБОЧЕЙ ЧАСТОТЫ (ППРЧ). Общая характеристика**

**3GPP: SFH - Slow Frequency Hopping (медленная ППРЧ)**

**Основное  
предназначение  
(стандарты)**

Уменьшение влияния  
многолучевости (переотражений)  
в «мобильном» радиоканале

**Другие (практические)  
применения**

снижение влияния базовых станций сети GSM на другие РЭС, работающие в смежных полосах радиочастот (в диапазоне 900 МГц – РЭС радиотехнических систем ближней навигации и посадки, в диапазоне 1800 МГц – РЭС радиорелейных линий)

повышение эффективности использования выделенного радиочастотного ресурса за счет снятия ограничений, обусловленных повторным использованием частот в сотах

частотная координация сетей GSM в приграничных областях без ограничений имеющегося радиочастотного ресурса (без деления его на предпочтительные полосы и радиочастоты)

снижение возможного влияния сетей GSM, создаваемых на борту пассажирских самолетов, на наземные сети

обеспечение информационной безопасности сетей GSM при предоставлении абонентам услуг электронной коммерции







на шаг вперед

## ПРАКТИКА ПРИМЕНЕНИЯ ППРЧ

### Перечень радиочастот в разрешительных документах (РИЧ)

3.2. Рекомендации по частотным назначениям РЭС пользователя.

3.2.1. Для антенн базовых станций с вертикальной (V) поляризацией.

Номер БС	Разрешенные для использования частотные каналы	
	ЭИИМ БС до 28 дБВт	ЭИИМ БС до 25 дБВт
4007	1 - 23, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124	82, 83
4008	1 - 23, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124	82, 83
4010	1 - 23, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 116, 117, 118, 119, 123, 124	81, 82, 120, 121, 122
4012	1 - 23, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 116, 117, 118, 119, 123, 124	81, 82, 120, 121, 122
4013	1 - 23, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 116, 117, 118, 119, 123, 124	81, 82, 120, 121, 122
4014	1 - 23, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 116, 117, 118, 119, 123, 124	81, 82, 120, 121, 122
4501	1 - 23, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 116, 117, 118, 124	82, 83, 119, 123
4502	1 - 23, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 116, 117, 118, 119, 123, 124	120, 121, 122