



**Международный союз электросвязи  
Центр повышения квалификации для  
стран Европы и СНГ, Киев, Украина**

**Управление использованием  
радиочастотного спектра на  
национальном уровне.**

**Роль и основные задачи радиоконтроля**

**Александр Васильевич Васильев**

**Советник Исследовательских комиссий 3 и 7**

**Телефон: +41 22 730 59 24 Факс: +41 22 730 57 85**

**Электронная почта: [alexandre.vassiliev@itu.int](mailto:alexandre.vassiliev@itu.int)**

**Международный союз электросвязи**

**Бюро радиосвязи**

**Департамент исследовательских комиссий**

Международная конференция «Мониторинг радиочастотного спектра», Киев 1-4 июня 2004 года



# Введение (1)



- **Радиочастотный спектр является доступным всем странам природным ресурсом, который при правильном использовании позволяет повысить продуктивность национальных производительных сил и улучшить качество жизни.**
- **В то же время этот ресурс не является бесконечным ресурсом и нуждается в оптимальном и эффективном регулировании и использовании.**



## Введение (2)



**Практическое управление использованием радиочастотного спектра производится на двух уровнях:**

- 1) на международном уровне – осуществляется Международным союзом электросвязи на основе решений принятых компетентными конференциями;**
- 2) на национальном уровне – каждой администрацией в соответствии с национальным законодательством и международными обязательствами.**



## Введение (3)



- **Международное сотрудничество в радиосвязи началось в 1903 году с созыва Международной конференции по телеграфии.**
- **Ограниченная природа радиочастотного спектра была впервые признана МСЭ первой Международной конференцией по радиотелеграфии в 1906 году.**
- **В этом же (1906) году было произведено первое распределение полос частот в диапазонах частот 500 – 1000 Гц для общественной корреспонденции в морской службе и 188 – 500 кГц для военных и военно-морских станций.**



## Введение (4)



- В 1927 году был создан Международный консультативный комитет по радио (МККР) и проведено распределение полос частот в диапазоне частот от 10 кГц до 60 МГц службам радиосвязи.
- В 1947 был создан Международный комитет регистрации частот (МКРЧ).
- В 1992 секретариаты МККР и МКРЧ были объединены в Бюро радиосвязи.

Доклад базируется на материалах и документах (справочниках, отчётах, рекомендациях), разработанных в МСЭ. В некоторых разделах также используются фрагменты презентаций, подготовленных другими сотрудниками МСЭ.



- **Разработка технических «стандартов» и большинства методических материалов по вопросам управления использованием спектра производится Исследовательскими комиссиями (ИК) МСЭ-Радио (в основном ИК 1).**
- **ИК МСЭ-Р также проводят исследования и подготавливают совместные публикации с Сектором стандартизации, Сектором развития и Генеральным секретариатом МСЭ.**



## Базовые документы (1)



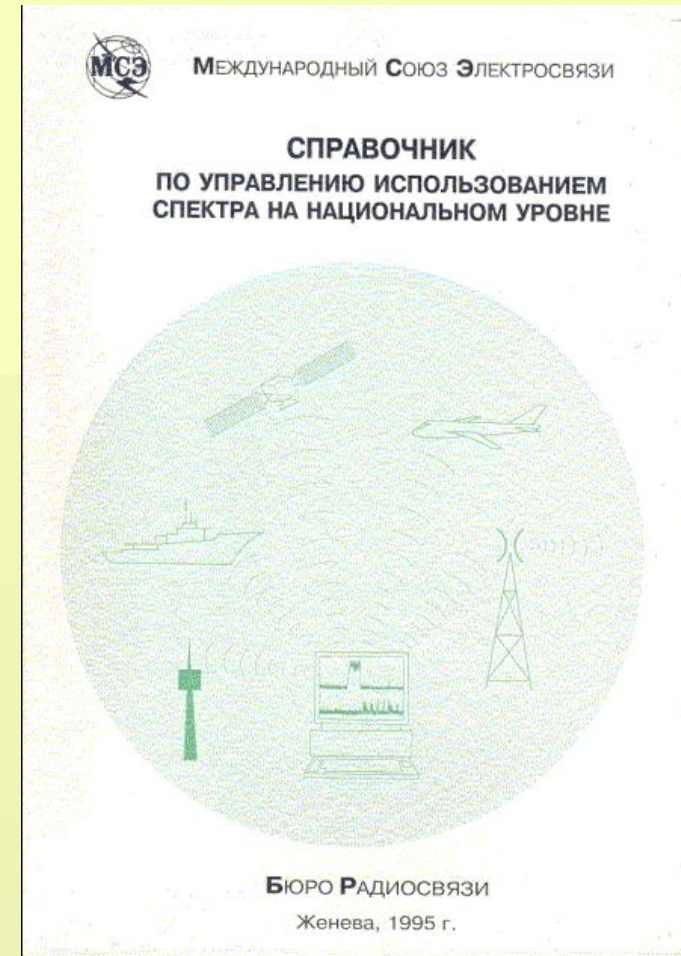
- **Collection of the basic texts of the International Telecommunication Union adopted by the Plenipotentiary Conference** (*Сборник основных документов Международного союза электросвязи утверждённых Полномочной конференцией*), **2003 Edition**
- **Radio Regulations** (*Регламент радиосвязи*), **2004 - готовится к публикации**
- **Финальные акты Региональных конференций радиосвязи, подписанных администрацией**
- **Recommendation ITU-R SM.1047-1 National spectrum management** (*Управление использованием радиочастотного спектра на национальном уровне*)





# Базовые документы (2)

- **Вопросы управления использованием радиочастотного спектра на национальном уровне наиболее полно освещаются МСЭ-Радио «Справочнике по управлению спектра на национальном уровне» , разработанном ИК 1.**
- **В настоящее время завершается подготовка к публикации новой версии справочника для замены предыдущей изданной в 1995 году.**







# Система управления использованием спектра



**При создании системы управления  
использованием спектра необходимо  
определить:**

- Цели и задачи системы управления  
использованием спектра**
- Основные руководящие принципы,  
устанавливающие ответственность  
организации по управлению спектром**
- Организационная структура и процедуры**
- Функциональные обязанности структуры  
(организации), осуществляющей управление  
использованием спектра**



# Функциональная структура национальной системы



**Считается, что национальная система управления использованием радиочастотного спектра должна осуществлять выполнение основных функций показанных на следующем слайде.**





# Создание системы управления использованием спектра



- **Определить национальные приоритеты в использовании радиочастотного спектра**
- **Разработать законодательную базу, определяющую порядок использования спектра**
- **Разработать национальную таблицу частот (учитывая международную таблицу частот)**
- **Разработать подходы (включая экономические) и положения регламентирующих присвоение частот и лицензирование**
- **Разработать стандарты и ТУ на использование оборудования**
- **Создать систему регулирования и контроля за использованием спектра (включая материально-техническую базу) *и так далее***

# Планирование использования спектра



**Задача – исходя из национальных приоритетов обеспечить оптимальное размещение (*большого числа*) пользователей спектра. Достигается путём:**

- ❖ **создания эффективно функционирующей структуры (организации) управления спектром;**
- ❖ **разработки и реализации законодательной и инструктивной базы по управлению использованием спектра;**
- ❖ **создания условий, поощряющих эффективное использование спектра;**
- ❖ **оптимизации национальной таблицы частот**
- ❖ **оптимизации структуры конкретных радиосистем и служб.**



# Факторы влияющие на процесс планирования (1)



- **Основные политические и юридические факторы:**
  - национальный закон о связи и национальная таблица распределения частот;
  - международные соглашения (включая соглашения в рамках МСЭ – например таблица распределения частот, Региональных организаций и т.п.);
  - национальная таблица распределения частот;
  - политика в области стандартизации;
  - существующая инфраструктура связи;
  - национальная промышленная политика;
  - потребители услуг связи.





# Факторы влияющие на процесс планирования (2)



- **Основные экономические факторы:**
  - подвижность потребителей услуг связи;
  - глобализация;
  - уровень экономического развития страны;
  - структура цен и тарифов на оборудование и услуги;
  - потребности и проблемы национального рынка услуг;
  - процедуры и практические методы, используемые поставщиками услуг связи;
  - аукционы частот и плата за частоты;
  - новые технологии (службы и услуги).



# Факторы влияющие на процесс планирования (3)



- **Основные социальные и экологические факторы:**
  - изменение потребностей в услугах связи как результат изменений в обществе;
  - изменение потребностей в услугах связи в результате изменения ежедневной жизни людей и рабочего времени;
  - требования общественной безопасности;
  - восприятие обществом беспроводных служб связи;
  - отношение к электромагнитному загрязнению, загрязнению космоса и помехам;
  - общественное восприятие антенн;
  - рост городов.



# Факторы влияющие на процесс планирования (4)



- **Основные технические факторы:**
  - используемые базовые технологии радиосвязи;
  - достижения в области микроэлектроники;
  - доступность оборудования радиосвязи;
  - достижения в области обработки сигналов и данных;
  - кодирования сигналов и виды модуляции;
  - источники питания и батареи;
  - технологии доступа к каналам и виды излучений;
  - характеристики антенного оборудования (направленность, адаптивность и т.п.);
  - технологии расширения спектра.

# Назначение частот и лицензирование



- С одной стороны при назначении частот необходимо обеспечивать работу как существующих так и новых систем радиосвязи.
- С другой стороны процедура назначения частот должна минимизировать уровень вредных помех между службами радиосвязи и обеспечивать эффективное использование радиочастотного спектра и геостационарной орбиты.
- Национальные методы присвоения частот должны исключать возможность возникновения неприемлемых помех от новых частотных присвоений потребителям услуг связи как внутри страны так и за её пределами.



# Контроль за использованием спектра



**В отношении других участников системы управления использованием спектра можно отметить, что контроль использования спектра – это "глаза и уши" процесса управления использованием спектра. Такой контроль необходим на практике, поскольку в реальной жизни санкционированное использование спектра не гарантирует его соответствия запланированному использованию.**

**... Цель радиоконтроля – поддержать в целом процесс управления использованием спектра, а также функции присвоения частот и планирования.**



# Основные цели радиоконтроля (1)



- **содействие в решении проблем электромагнитных радиочастотных помех в местном, региональном или глобальном масштабе таким образом, чтобы обеспечить одновременную совместимую работу радиослужб и станций, уменьшая и сводя к минимуму использование ресурсов;**
- **содействие в обеспечении допустимого качества приема населением звуковых и телевизионных вещательных передач;**
- **обеспечение необходимых данных контроля для процесса управления использованием электромагнитного спектра со стороны администрации, касающегося фактического использования частот и полос частот;**





## Основные цели радиоконтроля (2)



- **обеспечение необходимых данных контроля для программ, организуемых Бюро радиосвязи МСЭ (Бюро), например, при подготовке отчетов для конференций радиосвязи, при обращении к администрациям за конкретной помощью по вопросу устранения вредных помех, при устранении внеполосных излучений или при оказании помощи администрациям в нахождении подходящих частот;**
- **и другие...**



## Другие задачи радиоконтроля (2)



**На службу контроля зачастую также возлагаются задачи, непосредственно не вытекающие из Регламента радиосвязи:**

- оказание помощи в особых случаях, таких как проведение больших спортивных мероприятий и государственные визиты;**
- измерения зон радиопокрытия;**
- исследования радио совместимости и ЭМС;**
- технические и научные исследования;**
- и другие...**



# Контроль за использованием спектра



**Эффективное управление использованием спектра базируется на:**

- точном знании ситуации в использовании частот;**
- контроле использования спектра и соблюдения регламентарных положений;**
- наличии «инструментария» для обнаружения и устранения вредных помех;**
- возможности устранения нарушений в использовании радиочастотного спектра (в том числе с использованием административных методов и средств);**
- ...**



# Взаимосвязь между контролем использования спектра и управлением использованием спектра

- **Функции контроля использования спектра и управления использованием спектра тесно связаны.**
- **Объединение этих функций в интегрированной компьютерной системе может привести к существенному повышению эффективности и рентабельности обеих систем.**
- **Крайне важно вначале разработать структуру системы управления использованием спектра, обеспечивающую целостность процесса и базу данных, содержащую всю необходимую информацию для поддержки процесса.**



# Базовые материалы МСЭ-Р по контролю за использованием спектра



- **Резолюция Ассамблеи радиосвязи ITU-R 23-1 Extension of the International Monitoring System to a worldwide scale** (*Расширение международной системы радиоконтроля до всемирного масштаба*)
- **МСЭ-Р Справочник по радио-контролю, 2002**
- **Recommendation ITU-R SM.1139 International monitoring system** (*Международная система радиоконтроля*)
- **Recommendation ITU-R SM.1050-2 Tasks of a monitoring service** (*Задачи службы контроля*)

Международная конференция «Мониторинг радиочастотного спектра».





# Технические основы использования спектра



- **Физические законы распространения радиоволн и технические характеристики оборудования в значительной степени ограничивают возможности системы управления использованием радиочастотного спектра.**
- **Не имея возможности изменять физические законы тем не менее можно регулировать:**
  - **технические параметры применяемого оборудования и систем радиосвязи;**
  - **средства и методы инженерного синтеза;**
  - **методы анализа электромагнитной совместимости;**
  - **использование различными системами одних и тех же полос частот.**





# Технические параметры



**Одной из составляющих процесса оптимизации использования спектра является задание приемлемых характеристик оборудования таких как:**

- несущие частоты;**
- излучаемая мощность;**
- разброс частот;**
- ширина полосы;**
- уровень нежелательных излучений;**
- характеристики интермодуляционных излучений.**



# Средства и методы инженерного синтеза



**В методических материалах МСЭ для оценки возможности реализации нового частотного присвоения (системы радиосвязи) рекомендуется использовать:**

- модели распространения радиоволн – существуют Рекомендации МСЭ-Р практически для всех диапазонов частот и для большинства радиослужб;**
- топографические данные – ЭТИХ ДАННЫХ В МСЭ-Р нет.**



# Анализ помех



**При анализе электромагнитной совместимости рекомендуется производить оценку (расчёт):**

- помех по совмещённому каналу;**
- помех по соседним каналам;**
- уменьшения восприимчивости приёмников вследствие воздействия мощных помех (эффекта блокирования);**
- вероятности возникновения помех.**



# Совместное использование полос частот



**В соответствии с исследованиями МСЭ-Р совместное использование частотных полос службами радиосвязи возможно на базе:**

- частотно-территориального разнеса радиосредств;**
- модуляционных характеристик;**
- ограничения мощности излучения, плотности потока мощности, углов излучения антенны и т. п.;**
- использования передачи точка-точка;**
- использования направленных и адаптивных антенн;**
- известных параметров помех;**
- использования технически-обоснованных критериев совмещения служб.**

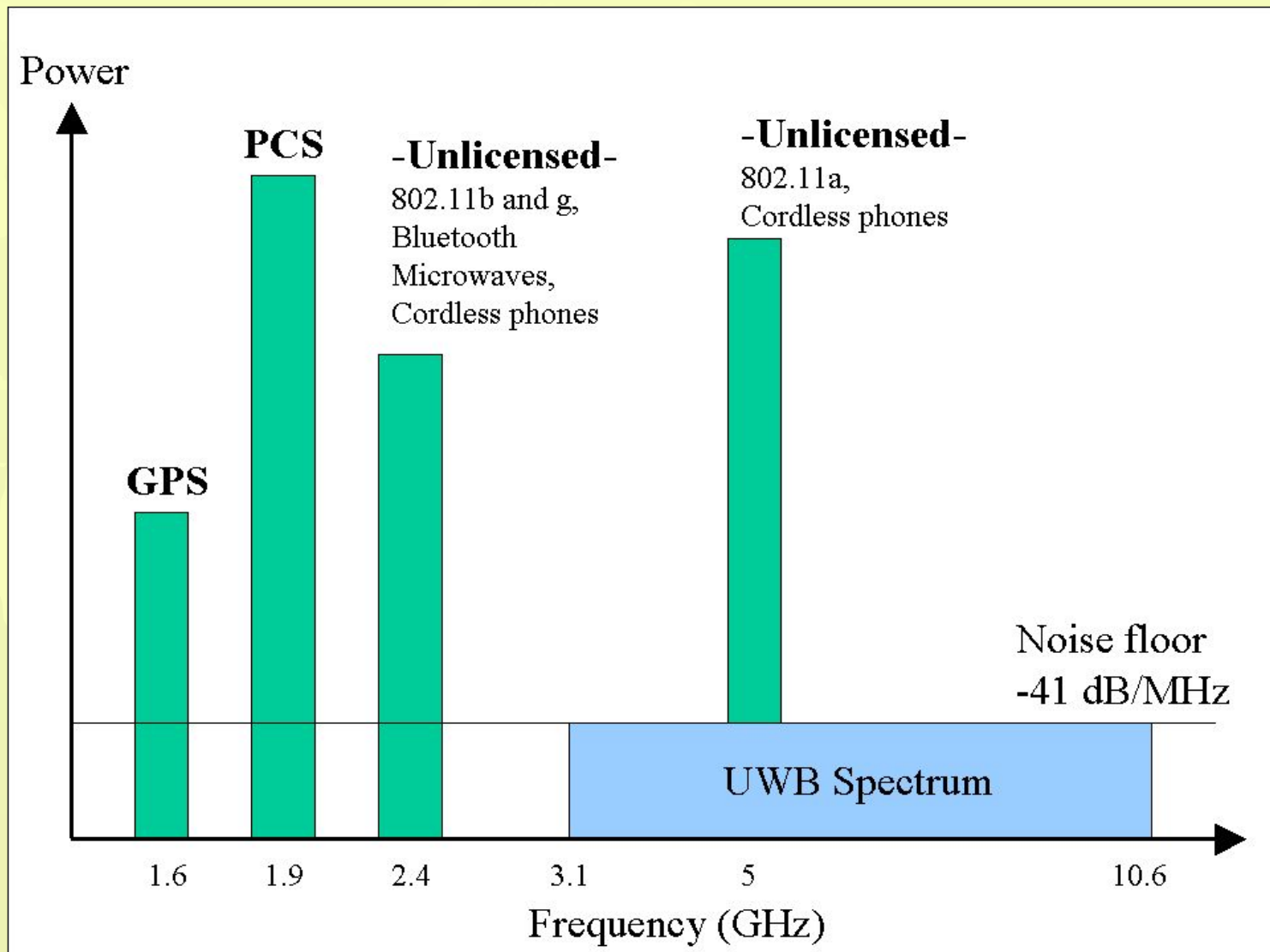


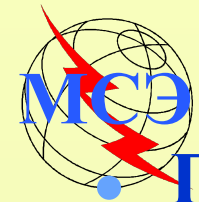
# Использование

## «недоиспользованного» спектра



Уровень сверх широкополосного сигнала ниже уровня шума других радиосистем





- По мнению многих специалистов дисбаланс между потребностями в спектре и наличным частотно-территориальным ресурсом может быть устранён с помощью экономических методов управления использованием спектра.
- Основные методы:
  - дерегулирование - изменение правил определяющих доступ к радиочастотному спектру;
  - делегирование - передача части функций по управлению РЧС от государства частному сектору;
  - использование платы за использование спектра (ценового механизма ).





# Цели внедрения экономических методов



- ◆ Стимулирование повышения эффективности использования радиочастотного спектра;
- ◆ присвоение радиочастотного спектра наиболее общественно ценным радиосистемам;
- ◆ удовлетворение наибольшего количества заявок
- ◆ обеспечение гибкости при коммерческих и технологических изменениях;
- ◆ изменение источника финансирования Государственной системы управления радиочастотным спектром.



# Материалы МСЭ-Р по экономическим методам



- **Report ITU-R SM.2012-1, Economic aspects of spectrum management** (*Экономические аспекты управления использованием радиочастотного спектра*)
- **Recommendation ITU-R SM.1603 Spectrum redeployment as a method of national spectrum management** (*Перераспределение частот как один из методов управления спектром на национальном уровне*)



# Автоматизация управления использованием спектра (1)



**Автоматизированная система может осуществлять поддержку следующих основных функций по управлению использованием спектра:**

- частотное планирование;**
- выделение частот службам радиосвязи;**
- присвоение частот и лицензирование;**
- координацию частотных присвоений;**
- международную нотификацию;**
- сопровождение стандартов, ТУ и разрешений на использование оборудования;**
- контроль за использованием радиочастотного спектра.**



# Автоматизация управления использованием спектра (2)



**При этом система должна обеспечивать:**

- хранение и сопровождение базы данных;**
- создание отчётов, связанных с функциями управления использованием спектра;**
- обработку запросов пользователей системы (как стандартных так и нестандартных);**
- расчёт различного рода оплат (за лицензии, спектр и т.п.);**
- расчёт электромагнитной совместимости радиосредств (моделирование отдельных компонентов и систем радиосвязи, потерь распространения и т.п.) *и так далее...***



# Состав базы данных системы



**Минимально база данных должна включать:**

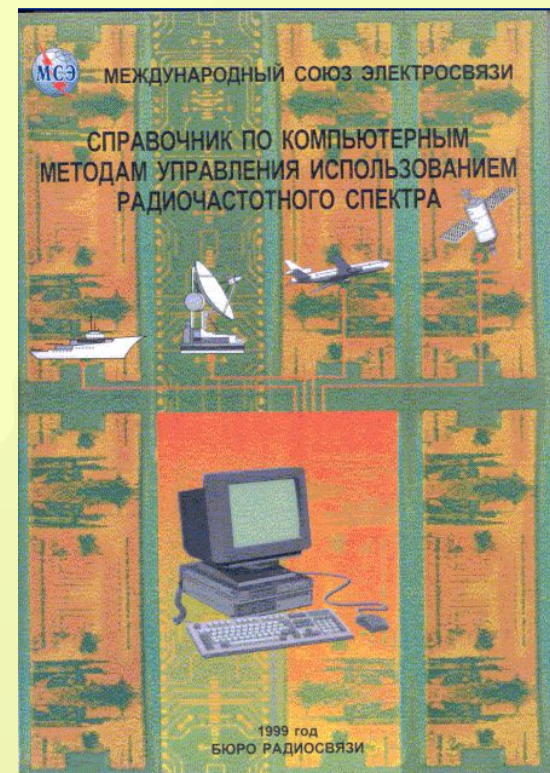
- международную и национальную таблицы частот;
- данные частотных присвоений;
- данные о выданных лицензиях;
- данные используемого и разрешённого к использованию оборудования;
- данные по оплате различного рода сборов;
- данные по координации присвоений;
- данные радиоконтроля
- *желательно наличие цифровых карт.*

***Без точных записей в БД может быть нарушена целостность процесса управления использованием спектра.***



# Материалы МСЭ-Р по автоматизации

- **МСЭ-Р Справочник по компьютерным методам управления использованием радиочастотного спектра, 1999, Женева**  
*(начата подготовка новой версии)*
- **Recommendation ITU-R SM.667 National spectrum management data**  
*(Данные национальной системы управления использованием радиочастотного спектра)*
- **Recommendation ITU-R SM.1413 Radiocommunication Data Dictionary for notification and coordination purposes**  
*(Словарь данных, используемых для нотификации и координации)*





# Оценка эффективности использования радиочастотного спектра



- Исходя из ограниченной природы радиочастотного спектра мера эффективности использования спектра является одним из решающих критериев при выделении частот службам радиосвязи и при присвоении частот отдельным системам радиосвязи.
- В тоже время для различных служб радиосвязи используются различные методики и критерии оценки эффективности использования радиочастотного спектра.





# Оценка эффективности использования спектра

Определение меры эффективности использования спектра *SUE* (*Spectrum utilization efficiency*) -  
Рекомендация МСЭ-Р SM.1046:

$$U = B \times S \times T$$

где:

*U* – «объём» используемого спектра;  
*B* – используемая полоса частот;  
*S* – обслуживаемое пространство;  
*T* – время функционирования.

$$SUE = \frac{M}{U} = \frac{M}{B \cdot S \cdot T}$$

где:

*M* – объём передаваемой информации



# Сравнение систем радиосвязи



**Коэффициент относительной эффективности:**

$$RSE = SUE_{\text{исследуемой системы}} / SUE_{\text{эталонной системы}}$$

**В качестве «эталонной» может использоваться:**

- теоретически реализуемая система;
- широко используемая система, являющаяся «de facto» промышленным стандартом.

- **Сравнивать можно только системы обеспечивающие одинаковые (однотипные) услуги**



# Пример расчёта эффективности использования спектра системой сотовой связи

Базируясь на упомянутой ранее методике можно рассчитать эффективность системы сотовой связи:

$$\text{Эффективность} = \frac{\text{Erlangs}}{BW * \text{Area}}$$

где:

*Erlangs* – общий трафик передаваемый системой;

*BW* – ширина полосы частот системы;

*Area* – общая площадь зоны обслуживания.



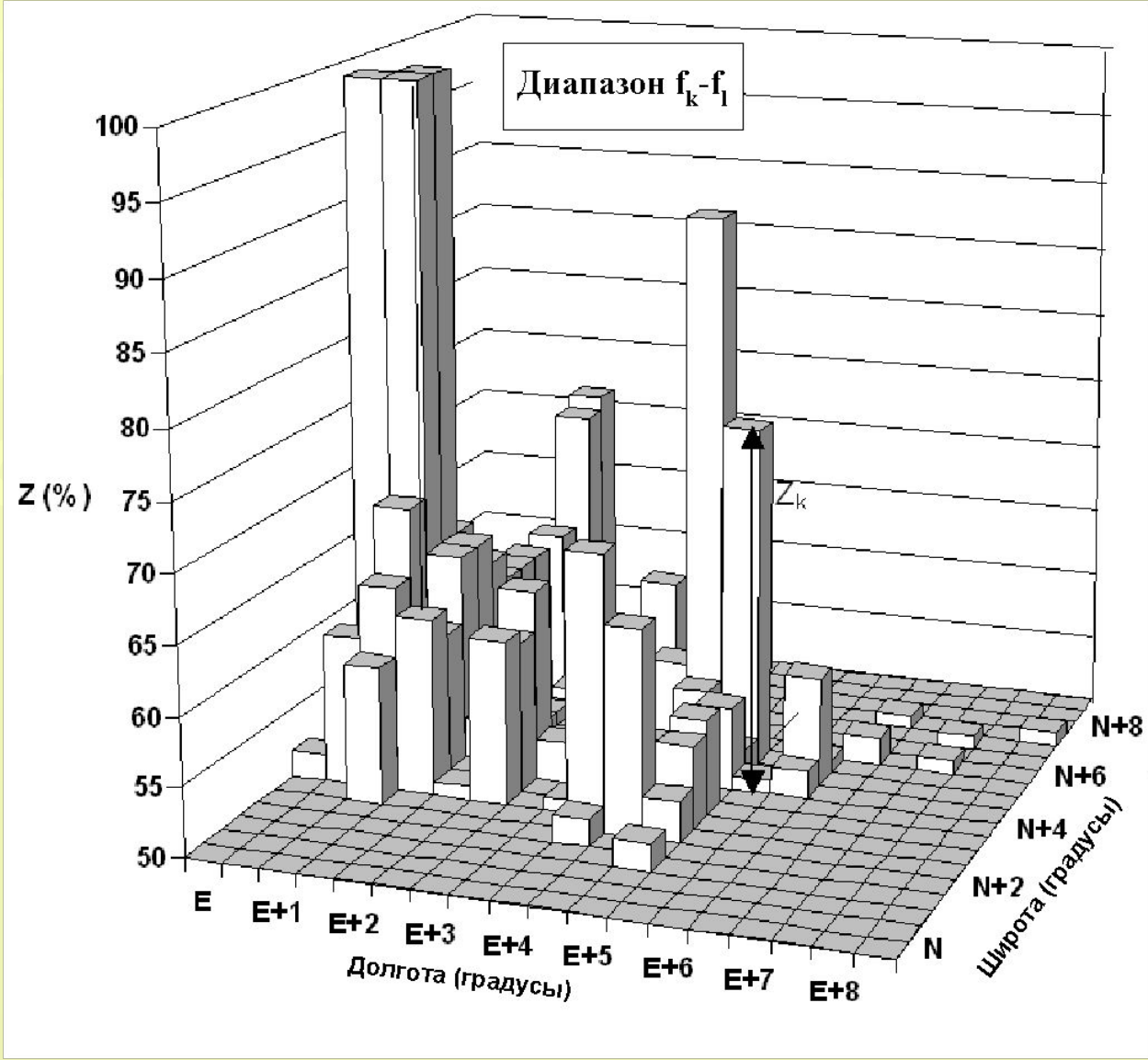
# Рекомендации МСЭ-Р по эффективности использования радиочастотного спектра



- **Recommendation ITU-R SM.1046-1 Definition of spectrum use and efficiency of radio system**  
*(Определение использования спектра и эффективности систем радиосвязи)*
- **Recommendation ITU-R SM.855-1 Multi-service telecommunication systems**  
*(Многофункциональные системы электросвязи)*
- **Recommendation ITU-R SM.1055 The use of spread spectrum techniques**  
*(Использование методов расширения спектра)*



# Пример оценки использования спектра





# Где и как получить материалы МСЭ?



- приобрести через ИНТЕРНЕТ используя «электронный киоск»:  
<http://www.itu.int/publications/index.html>
- заказать по почте
- взять со страниц Исследовательских комиссий:  
<http://www.itu.int/ITU-R/study-groups/index.asp>
- получить через ИНТЕРНЕТ 3 рекомендации в год бесплатно. Как получить на:  
<http://www.itu.int/publications/bookshop/how-to-buy.html#free>
- многие программы и данные доступны со страниц Управлений космических и наземных служб:  
<http://www.itu.int/ITU-R/space/index.html>,  
<http://www.itu.int/ITU-R/terrestrial/index.html>



**А главное не забывайте:**

**<http://www.itu.int>!!!**

**Вопросы.....**

