



**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

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)



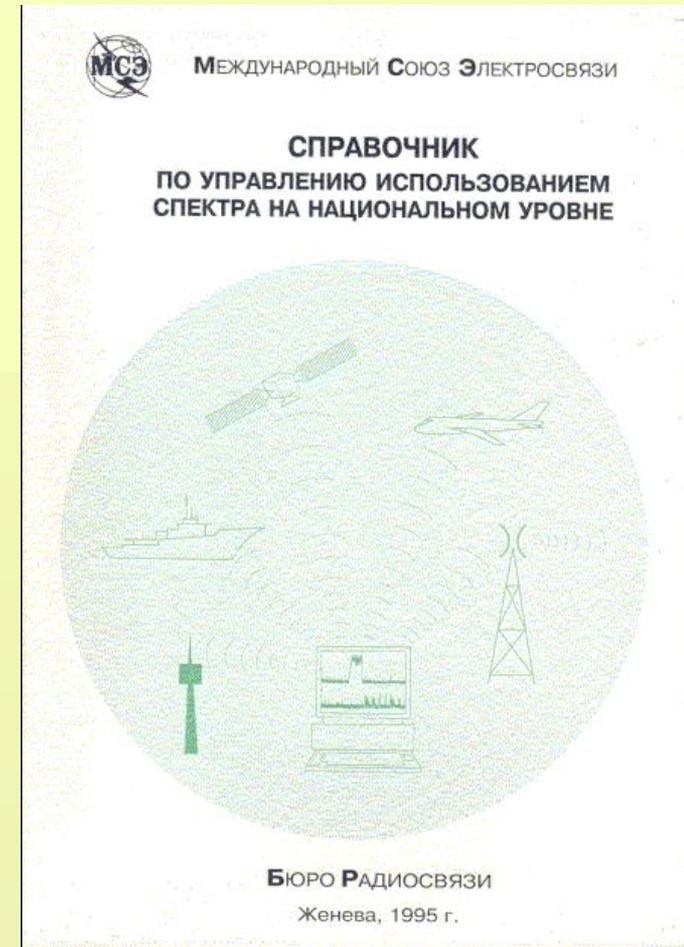
- **Collection of the basic texts of the International Telecommunication Union adopted by the Plenipotentiary Conference** (*Сборник основных документов Международного союза электросвязи утверждённых Полномочной конференцией*), **2003 Edition**
- **Radio Regulations** (*Регламент радиосвязи*), **2004 - 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.**

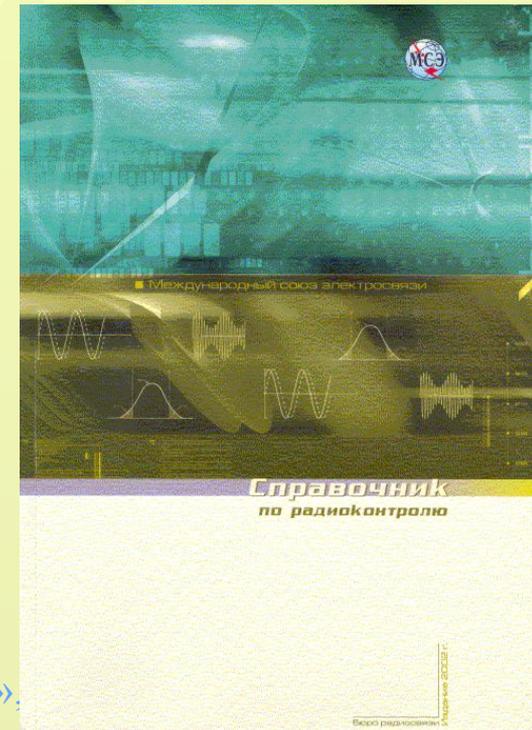


Базовые материалы МСЭ-Р по контролю за использованием спектра



- **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.**

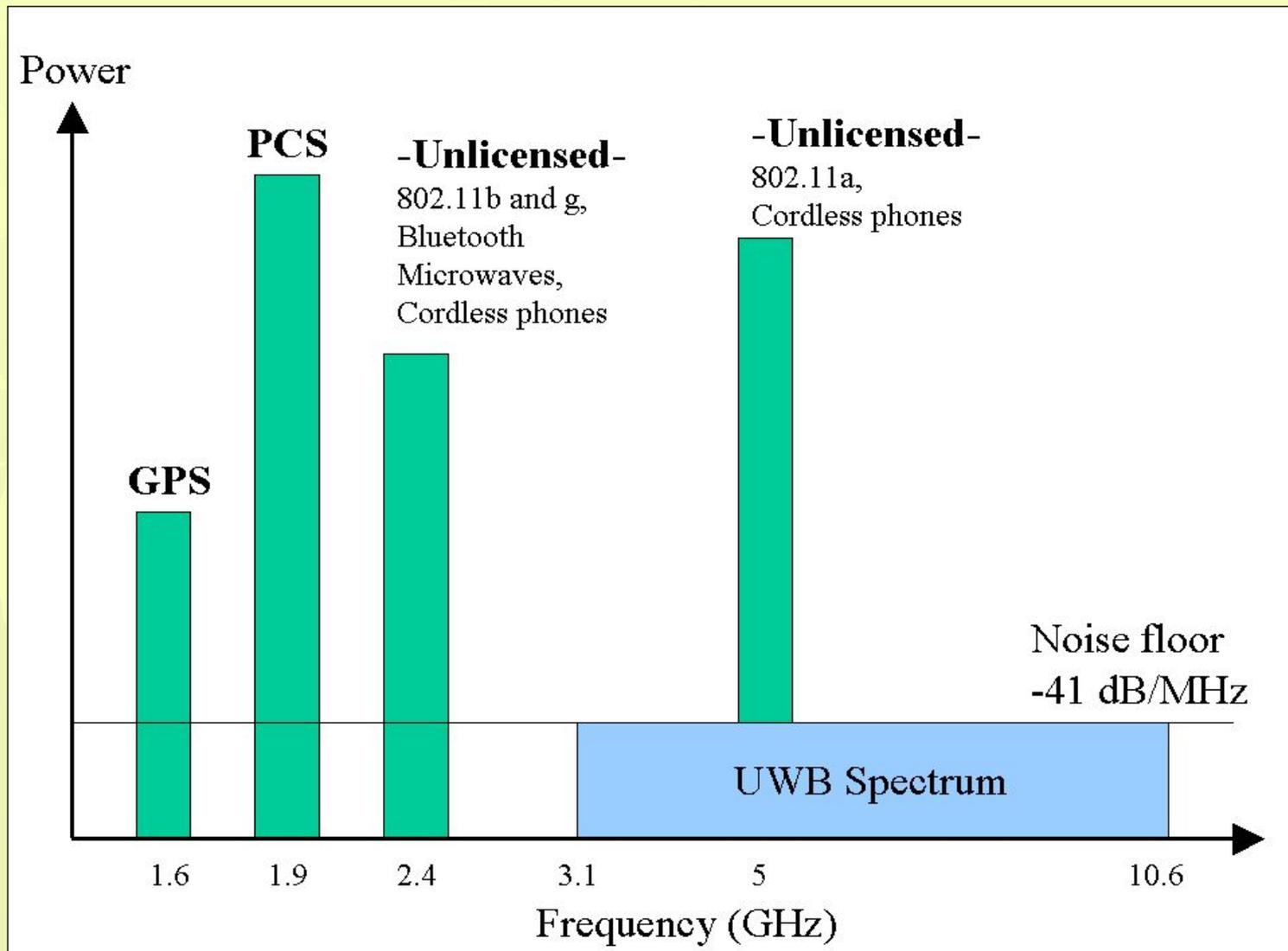


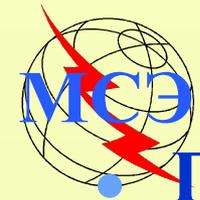
Использование

«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:

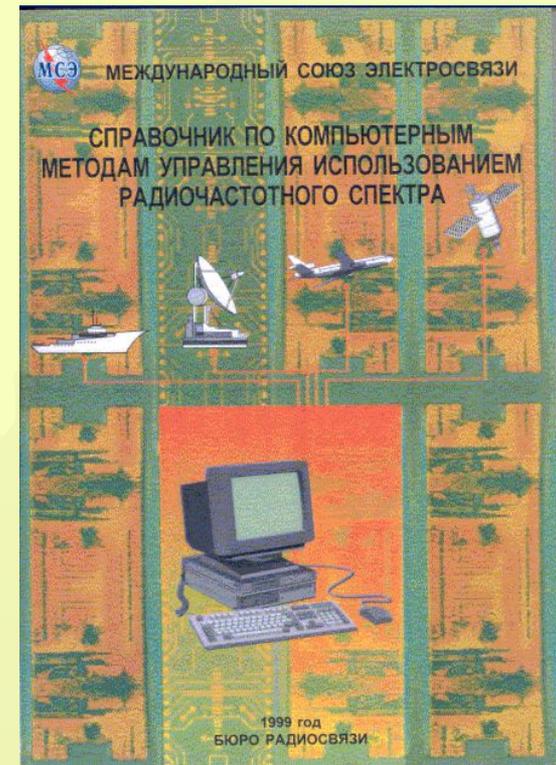
- международную и национальную таблицы частот;
- данные частотных присвоений;
- данные о выданных лицензиях;
- данные используемого и разрешённого к использованию оборудования;
- данные по оплате различного рода сборов;
- данные по координации присвоений;
- данные радиоконтроля
- *желательно наличие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



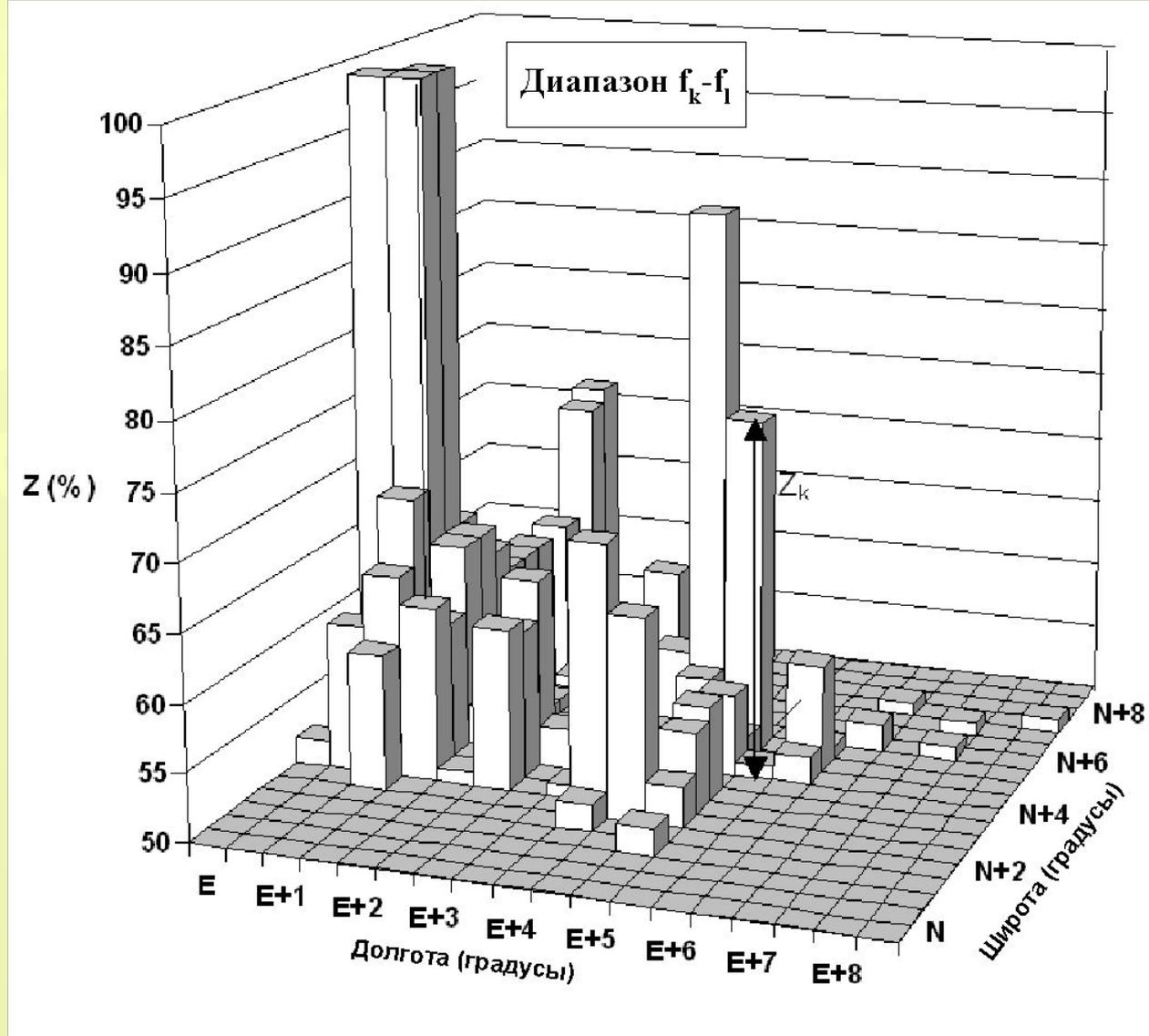
Рекомендации МСЭ-Р по эффективности использования радиочастотного спектра



- **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.....

