

## Мировой и отечественный опыт перехода на цифровое телерадиовещание

*Копылов А. М.*

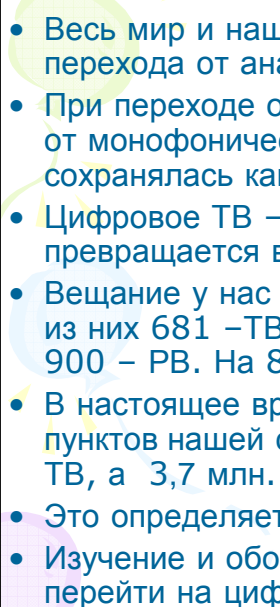
*Доцент кафедр «Инфокоммуникаций»  
и «Радиовещания и акустики» МТУСИ*

*E-mail: amkop@yandex.ru; mppk@mtuci2.ru*

*Т. +7-499-1916673*

*Семинар БРЭ МСЭ 16-18 июня 2009 г.*

*г. Саранск*

- 
- Весь мир и наша страна вступили в активный период перехода от аналогового к цифровому ТВ.
  - При переходе от чёрно-белого к цветному телевидению и от монофонического к стереофоническому вещанию сохранялась как прямая так и обратная совместимость.
  - Цифровое ТВ – это совершенно другая технология, ТВ превращается в мультисервисную систему
  - Вещание у нас осуществляют более 1,7 тысяч компаний, из них 681 –ТВ эфирные, 110 –ТВ кабельные и более 900 – РВ. На 80% выработан технический ресурс.
  - В настоящее время около 1,5 млн. жителей в 10 тыс. нас. пунктов нашей страны не имеют возможности принимать ТВ, а 3,7 млн. могут смотреть только одну программу.
  - Это определяет сложность решения задачи
  - Изучение и обобщение опыта внедрения ЦТВ позволит перейти на цифру более эффективно.

## Особенности перехода на ЦТРВ в РФ

- Во-первых, это огромная территория в нескольких часовых поясах с очень неравномерным распределением плотности населения; существенные различия социально-экономических условий в регионах.
- Во-вторых, наличие Правительственной задачи обеспечения всего населения обязательным пакетом социально значимых ТВ и РВ -каналов. Такая задача, – прецедент в мире.
- В-третьих, наличие государственной инфраструктуры телерадиовещания, охватывающей все аспекты подготовки и распространения программ (ВГТРК, РТРС, ГПКС, ТТЦ).
- И, наконец, последняя особенность – это сложившаяся система преимущественного распределения ТВ-каналов с помощью эфирного вещания, 78%.
- В связи с этим одна из первостепенных задач для нас – обеспечить 100% населения страны через сети эфирного наземного ТВ.

## Сроки перехода на цифровое ТВ

- Внедрение цифрового ТВ началось в 1997 г в Англии и Австралии. Люксембург и Нидерланды первые перешли на ЦТВ
- В 1999 г. введено цифровое непосредственное спутниковое вещание в нашей стране.
- В 2005 г. завершён перевод на цифру всех станций спутниковой связи "Орбита", "Москва", "Экран".
- Япония - 20011 г.
- Великобритания - 2010 г.
- В Берлине прекращено аналоговое ТВ в 2003 г.
- Региональная конференция радиосвязи (РКР-06) установила срок (и для России) 17.06.2015 г.
- Для некоторых стран (в основном африканских и арабских), срок может быть продлён (в сноске Статьи 12 Соглашения GE06, для которых переходный период до 17 июня 2020 года).

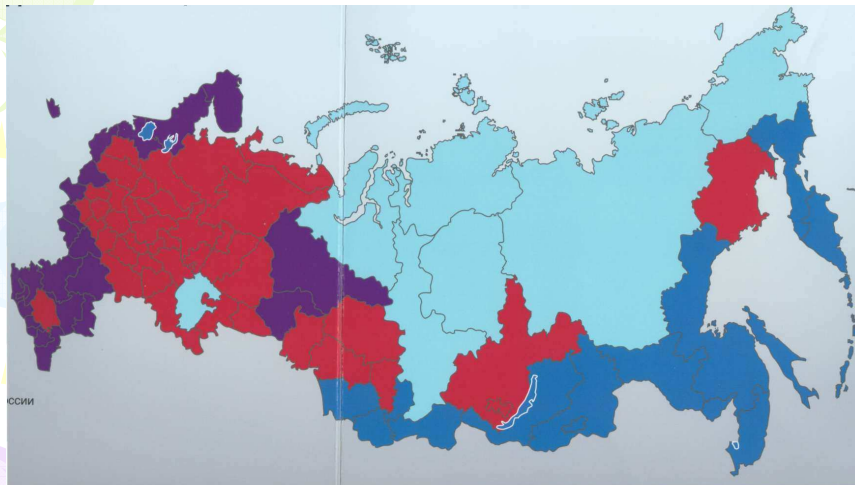
## Сроки перехода на цифровое ТВ

- Однако установленные сроки могут корректироваться.
- В 2006 г. Конгресс США принял закон о прекращении в феврале 2009 аналогового ТВ вещания. Однако перейти на ЦТВ не удалось, так как аналоговым ТВ пользуется около 20 млн. домохозяйств.
- Для малоимущих граждан были введены скидки в \$40 на общую сумму \$1,34 млрд. Стоимость приставок \$40-80.
- Принят законопроект о переносе даты перехода на ЦТВ на 12 июня 2009 г.
- Вносят коррективы и другие страны.
- В 2008 г. разработана ФЦП «Развитие цифрового ТВ в РФ на 2009-2015 годы». Объём финансирования 127 млрд  
Из них 80 – частные инвестиции.

## Сроки перехода на цифровое ТВРС

- Предусматривается минимизация переходного периода, когда работают аналоговые цифровые передатчики.
- По рекомендациям Евросоюза полное отключение АТВ должно произойти с начала 2010 по начало 2012 г.
- В России созданы опытные зоны ЦТВ в Москве, С-Петербурге, Н-Новгороде и других городах. Запущена первая в России одночастотная сеть ЦТВ в Мордовии в 2006 г, охватывающая всю республику, внедрено ЦТВ в Ханты-Мансийском АО.
- Активно прорабатываются вопросы строительства ЦТВ в регионе г.Сочи.
- **Внедрение цифрового вещания начнётся с окраин РФ.**
- В цифровом виде ведётся Интернет вещание, работает бытовая техника.
- Сроков полного перехода на цифровое ТВ нет.

## Переход на цифровое телевидение.



<b>Фаза 1 (2009-2010 гг)</b> 12 регионов 2324 пункта вещания Охват 7,7% населения	<b>Фаза 2 (2011-2012 гг)</b> 39 регионов 3890 пунктов вещания Охват 39,4% населения	<b>Фаза 3(2012-2013гг)</b> 78 регионов 5442 пункта вещания Охват 94% населения	<b>Фаза 4 (2013-2015 гг)</b> 83 региона 6530 пунктов вещания Охват всего населения России
--	--	---	--

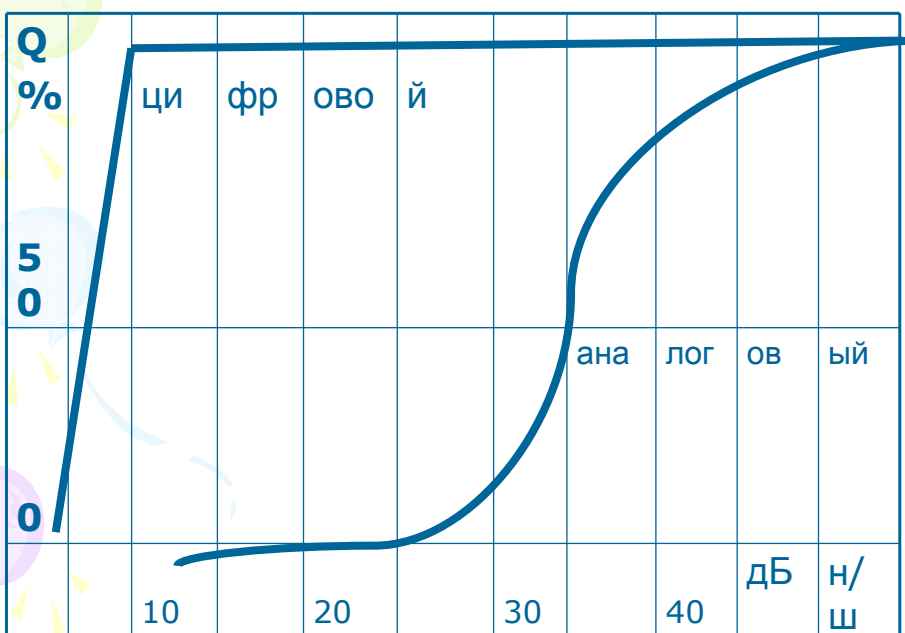
## Для чего нужен переход?

- Во первых, для наиболее полного удовлетворения постоянно растущих потребностей населения.
- Люди получают больше программ более высокого качества.
- Возможность передачи стереофонических программ 3В и дополнительной информации.
- Возможность вещательного приёма в движении, мобильный приём, ТВЧ.
- Многоканальное (3/2) и многоязычное звуковое сопровождение (до7)
- Интерактивное телевидение и видео по запросу. Возможность работать в Интернете (даже при отсутствии обратного канала)
- Оплата услуг по трансляции на всей территории РФ одной программы в цифровом формате сокращается ориентировочно в 4 раза по сравнению с аналоговым.

## Достоинства цифровых методов

- Высокая помехоустойчивость при использовании каналов с высоким уровнем помех и искажений. Качество практически не зависит от расстояния (от числа перезаписи сигналов).
- Совместимость каналов, предназначенных для передачи различной информации, новые мультимедийные услуги.
- Возможность цифровой обработки, в том числе цифровой компрессии, удобство создания спецэффектов.
- Большая эффективность использования РЧС, в полосе частот аналогового ТВ канала (8 МГц) - 4...6 (8...12) цифровых ТВ программ, 4..5 стереофонических РВ программ и дополнительную информацию.
- Меньшие мощности передатчиков при той же зоне обслуживания. Меньше (на порядок) соответственно и мощности потребляемые за счёт многопрограммности.

## Зависимость качества от отношения С/Ш



## Унификация и стандартизация оборудования

- Согласно Постановлению Правительства РФ № 380 от 28 апреля 2000 г. при внедрении перспективных радио технологий приоритетом обладают технологии общеевропейских стандартов.
- В мае 2004 г. принято Постановление Правительства РФ о преимущественном внедрении системы цифрового вещания стандарта DVB.
- Перспективно применение ПК, чтобы новые технологии внедрялись модернизацией ПО.
- Большинство стран (преимущественно и в РФ) используют стандарт MPEG-2.
- Новой перспективной технологией является стандарт MPEG-4.10, особенно для стран, начавших переход на цифру недавно. В «Концепции» планируется использовать MPEG-4.
- Однако приставки к ТВ дороже примерно в 2-3 раза

## Модификации системы DVB

В связи с разными характеристиками цифровых каналов - спутникового (Satellite), наземного (Terrestrial) и кабельного (Cable) система DVB имеет три модификации:

- Спутниковая система вещания - DVB-S;
- Система наземного вещания DVB-T;
- Кабельная система вещания DVB-C;
- для приёма на переносные приёмники DVB-H.

Для управления процедурой выбора программ используют интерактивные телевизионные системы.

Интерактивные каналы могут быть созданы на базе существующих или вновь создаваемых линий связи:

Сети КТ, радиоканалы, сети Интернет, ТФСОП, спутниковые терминалы. Можно и без обратного канала, если есть в приёмнике достаточно большая память.

## Характеристики стандарта DVB (Digital Video Broadcasting)

- Частота полукадров 50 Гц, число строк – 625.
- Предусмотрено ТВЧ с удвоенным разрешением по вертикали и горизонтали.
- Поддерживается звук в формате Dolby AC-3.
- Предусматривается три варианта ширины канала 8,7,6 МГц.
- Модуляция COFDM, как и в стандарте DAB, для борьбы с многолучевым приёмом.
- Устойчивый приём в движении до ск.300 км/ч
- Стандарты DVB-T, DVB-S, DVB-C максимально унифицированы. Можно использовать один и тот же пакет программ.

## Стандарты DVB-T

- Стандарт DVB-T для ЦТВ в диапазоне ДМВ для Европы и других стран был принят позднее, в 1999 г. Задержка вызвана необходимостью принятия более сложных методов передачи цифровых сигналов при приемлемой стоимости цифрового ТВ с учётом многолучёвости.
- Стандарте DVB-T предусмотрено два режима модуляции:  
Общепринятый режим 8К (6817 несущих) – с длительностью импульсов 896 мкс и 2К (1705 несущих) – длительность импульсов 224 мкс, этим длительностям соответствуют значения разноса несущих  $1/869=1116$  Гц и  $1/224=4464$  Гц.
- Ширина спектра группового сигнала равна 7,61 МГц.
- Спецификация 2К использовалась на начальном этапе внедрения ЦВ, спецификация 8К после разработки процессора. 2К – на транспорте (эффект Доплера)
- Разнос между передатчиками с режимом 8К – до 67 км, с режимом 2К – до 16,8 км.

- В DVB-T можно выбирать вид модуляции, кодовую скорость, длительность защитного интервала. Всего 60 вариантов, отличающихся помехоустойчивостью и скоростью передачи данных.
- Защитные интервалы:  $1/4$ ,  $1/8$ ,  $1/16$  и  $1/32$ . Наиболее распространённые защитные интервалы  $1/8$  длительности активной части символа T. Позволяет создавать зоны вещания с радиусом до 35 км
- Модуляция 64-QAM преобладает над 16-QAM.
- Модуляция QPSK используется только для приёма на подвижных средствах.
- Наиболее популярна кодовая скорость  $2/3$ , на втором месте  $3/4$ . Отношение информационных символов к общему числу символов.

- Хорошее качество телевизионных программ с высокой помехозащищённостью достигается применением 16-QAM вместо 64-QAM.  
(например в Германии применяется 6 мультиплексов по 4 программы)
- При 6 программах – 64-QAM,  $2/3$ .
- В зависимости от длины защитного интервала скорости передачи равны: 13-16 и 20-24 Мбит/с.
- С-Петербург – 64-QAM,  $2/3$ ,  $1/32$ , 24,13 Мбит/с – европейский вариант.
- Владивосток – 64-QAM,  $7/8$ ,  $1/32$ , 31,67 Мбит/с – максимум возможного.
- Москва – QPSK,  $2/3$ ,  $1/4$ , 6,64 Мбит/с – скорость близка к минимальной, высокая помехоустойчивость при приёме в движении.
- Параметры российских схем модуляции соответствует зарубежным.



## Стандарт мобильного ТВ DVB-H

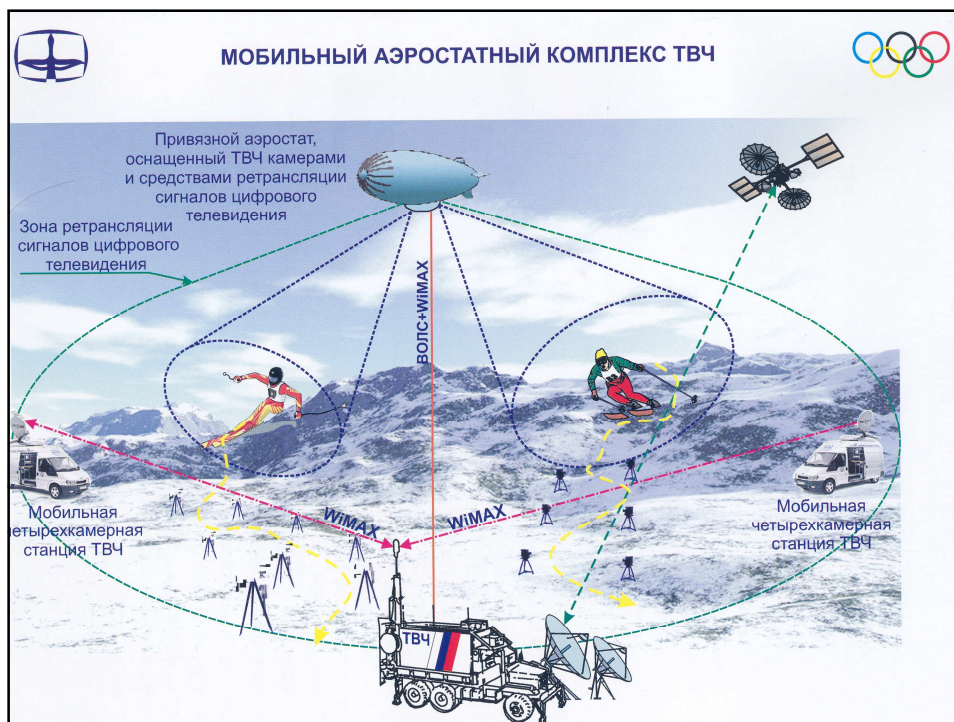
- В декабре 2004 г. Европейская Ассоциация по Телекоммуникационным стандартам (ETSI) окончательно утвердила стандарт DVB-H (Digital Video Broadcast Handheld, DVB «ручной – портативный»).
- DVB-H рассматривают как эволюцию DVB-T.
- Качество лучше, чем в сетях мобильной связи GPRS.
- Уменьшенная разрешающая способность (340x240) позволяет передавать в 10 -15 раз больше программ
- Программа передаётся пакетами с плотной упаковкой данных. Приёмник на время выключается, идёт воспроизведение сигнала из буфера. Экономия питания.
- Используется более помехоустойчивый код. Учитывается также эффект Доплера в движении.

## Стандарт мобильного ТВ DVB-H

- Сигнал DVB-H вводится в общий канал в режиме 4к дополнительно к 2к и 8к для DVB-T.
- Сигналу DVB-H присваивается высокий приоритет (HP) а DVB-T низкий приоритет (LP). Поток с HP идёт на мобильные терминалы, а поток с LP приоритетом и с дополнительными сведениями об изображении на стационарные приёмники с более качественным изображением и с хорошим разрешением.
- Составляющие DVB-H/DVB-T передаются через общий передатчик стандарта DVB-T.
- Обеспечиваются примерно равные зоны покрытия с учётом малых размеров приёмной антенны мобильных приёмников.

## Телевидение высокой чёткости (ТВЧ)

- В мае 2007 года компания «НТВ-ПЛЮС» приступила к коммерческому вещанию трёх HDTV (ТВЧ) каналов. Стандарт, 1080i, 25; звук Dolby Digital 5.1.
- Компания «Октод» экспериментирует в формате MPEG-4 с системой кодирования H.264/AVC.
- ТВЧ охвачено: - В Японии 20%.
  - В США 58% домохозяйств, почти 30 млн;
  - У нас в стране ТВЧ необходимо развивать, но пока только в кабеле и спутнике.
  - Разработано оборудование для трансляции Олимпийских игр 2014 г. в формате ТВЧ и показа на светодиодном дисплее (LED) 6x8 м. российской компании «Инкотекс».





## Стандарт **DVB-T2**

- Начата разработка нового стандарта **DVB-T2** для ТВЧ с более высокой спектральной эффективностью. На одну службу ТВЧ будет отводиться не более 6 Мбит/с.
- Возможно увеличение зоны покрытия в одночастотной сети для режима 32к в стандарте **DVB-T2**
- Предполагается использовать статистическое мультиплицирование.
- Развёртывание планируется после 2012г, когда освободится спектр от аналогового.
- Система может не иметь обратной совместимости.

## Стандарт *DVB-S2*

- В принятом в 2005 г. стандарте *DVB-S2* применяются новые методы модуляции и кодирования. Он позволяет в полосе 36 МГц передавать 26 каналов ТВ стандартного разрешения или 6 ТВЧ – каналов (скорости индивидуальных *MPEG-4* пакетов равны 2,2 и 9 Мбит/с соответственно).
- В апреле 2008 г. введён в эксплуатацию новый КА «Экспресс-АМЗЗ» в орбитальной позиции 96,5° в.д
- На спутнике проведены испытания технологии *DVB-S2* для телерадиовещания и высокоскоростной передачи данных, позволяет экономить до 59% спутникового ресурса.

## Система узкополосного мультимедийного вещания AVIS (Audiovisual information system)

- Система включена в Отчёт МСЭ-Р ВТ.2049 и в новую рекомендацию «Вещание мультимедиа и данных для мобильного приёма. НИИР.
- В канале 200 кГц в диапазоне 87...108 и 66...74 МГц можно передавать либо до 10 стереопрограмм ЗВ, либо ТВ изображение размера CIF (352X288), 25 к/с со стереозвуком.
- Используются стандарты сжатия *MPEG-4.10*.
- Количество несущих OFDM – 279, модуляция 16QAM, защитный интервал – 1/8, скорость цифрового потока – 560кбит/с. При P=200 Вт приём с антенной 43см на крыше автомобиля был до 21,5 км.

## **Одночастотная сеть цифрового ТВ Мордовии**

- Впервые в России там организована распределенная сеть эфирного вещания, охватывающая территорию целой автономной республики – 2006 г.
- Передаются программы со спутников, местная программа (24 ТВ и 4 РВ данные 2009 г.)
- В каждом из 38 пунктов установлено по два 100 ваттных передатчика, на которые программы подаются по ВОЛС. В Саранске два передатчика по 1 кВт (37 канал).
- Абонентская плата 100 руб. стоим. прист – 1800 руб. Плата за подключение 200 руб.
- Срок окупаемости – 6 лет, при 62 тыс. абонентов.

## **Внедрение цифрового ТВ в Свердловской области (2007...2008 г.г.).**

- В Екатеринбурге формируется 3 пакета по 10 программ DVB-T. Кодирование в формате MPEG-2.
- Мобильный приём до 10 каналов (DVB-H).
- 5 стереофонических программ радиовещания.
- По ВОЛС программы распределяются в 59 пунктов, охват территории области – 98%. Проще врезка местных программ. 57 тыс. семей смотрят ЦТВ.
- Возможна передача телевидения высокой чёткости. Возможна работа в Интернете.
- Стоимость приставок – 2000 рублей, с обратным каналом – 3200, с жёстким диском – 170 долларов
- Стоимость мобильных ТВ – 2000 р. Мобильных телефонов с ТВ – 600 ... 700 долларов США.

## Эфирное цифровое вещание в Ханты-Мансийске (ноябрь 2006г):

Оборудование головной станции эфирного ЦТВ DVB-T, кодирование в формате MPEG-4, переход на ЦТВ на всей территории Ханты-Мансийского АО.

## Телерадиовещание

- Охват радиовещанием:
  - "Радио России" -93%,
  - "Маяк" - 85,4% ,
  - "Юность" - 27,3%,
  - коммерческими - 56,2%
  - Сеть ПВ в городах - 20 млн. РТ, на селе - 2,5 млн.
  - Стереорадиовещание охватывает 57% населения.
  - ТВ -станций с перед. 1 кВт и выше-375(1059 передатчиков), менее 1кВт - 6497 станций (11521 передатчик).
  - 2825 радиовещательных передатчиков мощностью от единиц до сотен киловатт и даже единиц МВт.
  - 1,5 млн. человек в 10 тыс населённых пунктов не охвачены ТВ, 3,7 млн. принимают только одну ТВ программу.
- | Охват радиовещанием:  | Охват населения ТВ:           |
|-----------------------|-------------------------------|
| "Радио России" -93%,  | - 99% одной программой,       |
| "Маяк" - 85,4% ,      | -96,2 двумя программами,      |
| "Юность" - 27,3%,     | - 73,2% тремя программами,    |
| коммерческими - 56,2% | - 56,1% четырьмя программами, |
|                       | - 43,2% пятью и более.        |



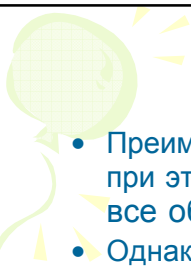
## Концепция развития ТРВ в РФ на 2008 – 2015 годы

- Одобрена распоряжением Правительства РФ от 29.11.07 № 1700-Р.
- В эпоху перехода развитых стран к построению информационного общества ТРВ стало важнейшим средством массовой информации, влияющим на духовное развитие общества, экономический рост, социальную стабильность и развитие институтов гражданского общества.
- ТРВ необходимо рассматривать в первую очередь с точки зрения обеспечения конституционных прав и свобод человека, доступа к массовой информации, использования духовного и культурного наследия, исторических традиций, соблюдения норм общественной жизни, защиты нравственных ценностей, воспитания патриотизма.



## Задачи концепции

- Обеспечение конституционного права на получение социально значимой информации
- Обеспечение возможности приёма населением страны пакета общедоступных каналов ЦТВ и РВ, выбора других пакетов программ.
- В декабре 2008 г. Правительственной комиссией утверждён состав 1-го мультиплекса:
  - - 8 ТВ программ:
    - («Первый», «Россия», «Вести Плюс», «Культура», «Спорт», «НТВ», «Пятый канал» и детский).
  - – 3 радиoproграммы:
    - («Радио России», «Маяк» и «Вести FM»).

- 
- Преимуществом такого состава пакета является то, что при этом зритель видит привычный набор каналов. что все общероссийские каналы войдут в первый пакет.
  - Однако есть и ряд недостатков:
    - - нет отдельного регионального канала, предусмотрены только региональные информационно-аналитические блоки в составе телеканала «Вести + »;
    - - из-за большого количества телевизионных и радиоканалов (8+3) требования к обеспечению высокого качества ТВ изображения находятся на пределе возможностей формата сжатия MPEG-4;
    - - из средств государственного бюджета финансируется переход на цифровые технологии нескольких негосударственных каналов («Первый канал», «НТВ», «Петербург-5 канал»).



## Оценка частотного ресурса

- В соответствии со Стокгольмским планом 1961 г. в Европе для ТВ вещания используются следующие диапазоны частот:
- I (47-68 МГц) – 1 и 2 каналы;
- II(76-100 МГц) – 3... 5 каналы;
- III (174-230 МГц) – 6...12 каналы;
- IV (470-582 МГц) – 21...38 каналы;
- V (582-862МГц) – 39...69 каналы.
- В диапазоне 1 уровни промышленных помех выше, чем в других диапазонах. Кроме того отражения от спорадического слоя E могут вызывать в течение небольших процентов времени внезапные отказы в цифровых системах.
- 1-й диапазон целесообразно использовать для аналогового ТВ.
- 2-й диапазон в восточно-европейских странах отводится для звукового вещания (87,5-199 МГц), а участок 76-87,5 МГц для ТВ, подвижной и фиксированной связи.

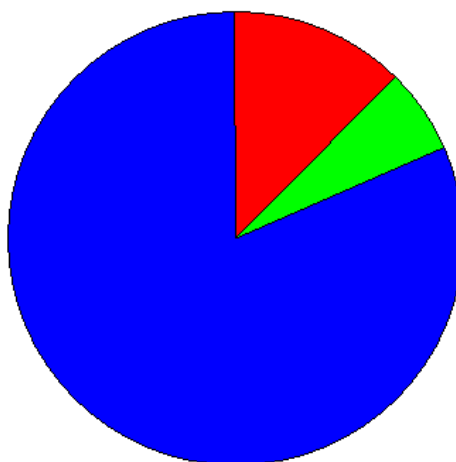


## Диапазоны частот для ЦТВ

- МСЭ (ITU) провёл Региональную конференцию РКР-06 по разработке международных частотных планов цифрового ТВ и ЗВ в Регионе 1.
- Диапазон III планируется использовать для организации цифрового звукового (T-DAB) и телевизионного (DVB-T) вещания. Пропорции между этими видами вещания определяются на национальном уровне.
- Диапазоны IV и V отведены только для цифрового ТВ вещания.
- Внедрение цифрового вещания предполагает наличие переходного периода, когда будут работать аналоговые и цифровые передатчики. Аналоговое ТВ вещание будет действовать, пока население не будет обеспечено цифровыми телевизорами или

- Более 30% спектра используются совместно РЭС гражданского и военного назначения.
- 35% спектра преимущественно РЭС военного назначения.
- Требуется конверсия спектра.

■ СИ  
■ ГР  
■ ПР



## Цифровое радиовещание (DRM)

- Внедрение цифровых технологий в области радиовещания предполагает постепенный переход на вещание в стандарте DRM в диапазонах ДВ, СВ, КВ.
- Качество сравнимое с УКВ-ЧМ - вещанием.
- Ширина полосы цифрового сигнала эквивалентна ширине полосы аналогового сигнала и не требуется выделения дополнительных участков частотного спектра для организации цифрового радиовещания.
- Переход планируется при параллельной работе как в аналоговом, так и в цифровом формате с учетом постепенного наполнения рынка оборудованием нового поколения в разных регионах РФ. Система стандарта DRM пригодна как для местного, регионального, так и для общероссийского и международного вещания.

## Цифровое РВ в УКВ диапазонах

- В перспективе предполагается перевод существующего аналогового УКВ-ЧМ вещания на цифровые технологии.
- В целях расширения охвата населения качественным РВ в УКВ-диапазоне в крупных городах РФ планируется создание многопрограммных сетей РВ.
- В связи с размещением РВ оборудования, телевизионных передатчиков и совместных антенно-фидерных устройств, как правило, на одних и тех же антенно-мачтовых сооружениях при определении сроков и этапов замены и строительства новых объектов сети РВ в УКВ-диапазоне необходимо учитывать сроки модернизации и строительства объектов сетей телевещания.

## Система DRM+

- **DRM+** разрабатывается международным DRM-консорциумом и
- будет принята ITU и ETSI в 2008 году
- **DRM+** предназначена для цифрового радиовещания в УКВ-диапазоне (Band I and Band II)
- **DRM+** в полосе частот 96 кГц даёт возможность передавать:
  - до четырёх звуковых программ
  - мультимедийные данные (audio, video, data)
- Скорость цифрового потока 40-186 КБИТ/С, модуляция OFDM, число несущих 213, модуляция поднесущих 4 или 16 КАМ.
- 28.03.2008. Dipl.-Ing. A. Waal (IKT Leibniz Universität Hannover) DSPA 2008 3

## Производство цифрового ТВ оборудования

- Работы по созданию средств ЦТВ начались в РФ с конца 1998 г. Начиная с 2002 г в рамках программы «Национальная технологическая база»
- В создании аппаратуры участвуют более 20 исследовательских предприятий: ОАО «Телеком», ЗАО «МНИТИ», ФГПУ НИИТ, ФГПУ НИИ Радио, ФГУП НИИМА «Прогресс», ОАО «МАРТ», «Триада», «Иртыш», МТУСИ, ГУП «Дальняя связь», ГУП «СупертелДАЛС» и др.



## Литература

- 1. Локшин Б.А. Цифровое вещание: от студии к телезрителю – М.: Компания САЙРУС СИСТЕМС, 2001. - 285 с.
- 2. Зубарев Ю.Б., Кривошеев И.Н., Красносельский И.Н. Цифровое телевизионное вещание. Основы, методы системы. – М.: Научно-исследовательский институт радио (НИИР), 2001.- 568 с.
- 3. Кривошеев М.И. Международная стандартизация цифрового телевизионного вещания.- М.: Научно-исследовательский институт радио (НИИР).2006-928с.
- 4. Красносельский И.Н. Анализ зарубежного опыта и тенденций перехода на цифровое ТВ вещание // Электросвязь.- 2007.- №3.

5. Вилкова Н.Н., Зубарев Ю.Б. Состояние и перспективы развития цифрового телевизионного вещания в России//

Электросвязь.- 2008.- №1.

6. Концепция развития телерадиовещания в Российской Федерации на 2008 - 2015 годы.

7. Кабельщик №6 (31), 2008.

8. Тюхтин М. Ф. Системы Интернет-телевидения.-М.: Горячая линия-Телеком,2008.-320 с.

9. Радиочастотный центр. Главный радиочастотный центр. № 1, 2009 г.

Благодарю за внимание!

