

## ОТЧЕТ МСЭ-R М.2080

**Анализ условий совместного использования частот и их применения  
в диапазоне 4–10 МГц**

(2007)

**Область действия**

Подготовка материалов для проекта Отчета СПК-07 основывалась на ряде входных документов, содержащих сведения об условиях совместного использования частот диапазона 4–10 МГц. Хотя эти документы уже были учтены при пересмотре проекта Отчета СПК по пункту 1.13 повестки дня ВКР-07, содержащиеся в них сведения оказались полезными при проведении в рамках МСЭ-R исследований в полосах ВЧ и были использованы при подготовке нового Отчета.

**Введение**

В настоящем Отчете собраны вместе материалы, представленные в исследовательский период 2003–2007 годов. Если особо не оговаривается, то все исходные документы относятся к этому исследовательскому периоду. В этих материалах рассматриваются вопросы совместного использования частот различными службами, которым распределены те или иные полосы, а также другая информация по использованию полос ВЧ. В ходе обсуждения различных входных документов некоторыми администрациями были высказаны расходящиеся точки зрения относительно выводов по этим документам.

**Структура Отчета**

На следующих страницах дается краткое содержание каждого приложения. Затем приводятся две точки зрения по поводу этих резюме:

Точка зрения I представляет собой комментарии, которые поддерживают содержащиеся в данном приложении выводы по проведенным исследованиям.

Точка зрения II представляет собой комментарии, которые не поддерживают содержащиеся в данном приложении выводы по проведенным исследованиям.

Для того чтобы иметь полное представление о существе данного вопроса, следует прочесть обе точки зрения и соответствующие приложения.

## СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

Приложение 1 – Информация о возможности совместного использования частот различными службами радиосвязи в диапазоне 4–10 МГц .....	10
Приложение 2 – Спектрограммы, полученные при проведении кампаний мониторинга .....	27
Приложение 3 – Анализ особых условий совместного использования частот в диапазоне 4–10 МГц .....	44
Приложение 4 – Соображения по совместимости систем в диапазоне ВЧ .....	62
Приложение 5 – Рассмотрение вопросов совместного использования спектра в соответствии с пунктом 1.13 повестки дня ВКР-07 .....	71
Приложение 6 – Соображения относительно распределения одной и той же полосы частот фиксированной или подвижной службам на первичной основе и любительской службе на вторичной основе .....	76

## КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ

### Приложение 1

#### **Информация о возможности совместного использования частот различными службами радиосвязи в диапазоне 4–10 МГц**

Анализ показывает, что предлагаемое совместное использование частот адаптивными системами фиксированной службы (ФС) и морской подвижной службы (МПС) приведет к неприемлемым и опасным помехам между этими службами. Несмотря на то, что в фиксированной службе могут быть применены надлежащие ограничения для уменьшения таких помех, это будет препятствовать оптимальной работе данной службы. Анализ также показывает, что использование остронаправленных антенн в диапазоне частот 4–10 МГц в качестве средства обеспечения совместимости между этими службами нецелесообразно.

#### **Точка зрения I**

В данном Приложении рассматриваются результаты анализа систем дальней связи, использующих методы многоскачковой передачи. Полученные результаты убедительно показывают, что увеличение коэффициента усиления антенны или улучшение ее направленных свойств не являются ключевыми факторами, позволяющими улучшить условия совместного использования частот этими службами из-за многократного отражения от ионосферы.

В Приложении ясно показано, что реализация частотно-адаптивных систем при одновременном использовании одной и той же частоты в одной и той же зоне различными системами приведет к созданию вредных помех между соответствующими службами.

Таким образом, совместное использование частот этими службами может привести к возникновению неприемлемых и вредных помех.

Вот почему удовлетворение возрастающих потребностей любой службы должно реализовываться путем совершенствования существующих систем заинтересованной службы и без причинения вреда другим службам.

#### **Точка зрения II**

Принцип совместного использования частот разными службами уже включен в процедуры Регламента радиосвязи, установлены методики, разработанные в МСЭ-R через посредство различных Резолюций ВКР и Рекомендаций МСЭ-R. Принимая во внимание параметры частоты, времени и пространства при использовании служб на ВЧ, можно обеспечить их совместимость и более эффективную работу в полосах ВЧ, если эти полосы распределены для использования на совместной основе.

В данном Приложении просто констатируется тот очевидный факт, что попытка установления связи с одним и тем же общим пунктом при одновременном использовании разными службами одной и той же частоты потерпит неудачу. Эти соображения актуальны и при формулировке аргумента, подтверждающего использование частот на круглосуточной основе и невозможности совместного использования частот системами одной службы и системами разных служб.

В анализируемых типах линий применяются уровни мощности и зоны покрытия, которые не используются при планировании радиовещания и не типичны для линий связи "пункта с пунктом" небольшой протяженности, по которым в настоящее время осуществляется обмен данными. Этими же анализами также подтверждается невозможность многократного использования даже одной частоты диапазона ВЧ в одно и то же время, если не были приняты меры для обеспечения достаточной развязки с помощью комбинации методов пространственного разнесения и использования свойств направленности антенны.

Таким образом, хотя приведенные примеры убедительно показывают, что попытки многократного использования частоты в одном и том же месте в одно и то же время потерпят неудачу, этот вывод был сделан без учета ключевого фактора, позволяющего эффективно управлять ВЧ спектром для обеспечения многократного использования частот в пределах одной и той же полосы или повторного использования отдельных частот в различных местоположениях или в разное время.

Поскольку спектр частот ограничен, то единственным путем для размещения дополнительных заявок является увеличение количество соглашений между разными службами о совместном использовании частот.

## Приложение 2

### Спектрограммы, полученные при проведении кампаний мониторинга

Для обеспечения работ, связанных с подготовкой предложений по п. 1.13 повестки дня ВКР-07 контрольными станциями в отдельных частях Района 1 проводились кампании мониторинга (2 раза в год начиная с 2004 года) по сбору данных о фактическом использовании спектра в полосах диапазона 4–10 МГц. Результаты мониторинга были проанализированы совместно с экспертами задействованных контрольных станций и представителями всех служб, имеющих отношение к данному пункту повестки дня. В настоящем Приложении представлены обобщенные данные анализа по частотам, выраженным в МГц.

#### Точка зрения I

При проведении кампаний мониторинга были тщательно рассмотрены все проблемы для обеспечения возможностей обнаружения максимального количества излучений, принимая во внимание наличие оборудования, фактор времени и зону покрытия.

До начала кампании мониторинга необходимо было определить общий набор параметров, которые будут использоваться при автоматических измерениях. Принимая во внимание современное измерительное оборудование, а также имеющееся оборудование на контрольных станциях, эксперты пришли к заключению, что хорошим компромиссным значением времени развертки для частотного диапазона шириной 200 кГц является 10 с. Несмотря на то, что излучения длительностью менее 10 с, могут быть частично пропущены, вероятность этого события была уменьшена при помощи использования нескольких контрольных станций, одновременно осуществляющих мониторинг одной и той же полосы. Осуществление мониторинга одних и тех же полос частот в 4 местах позволило минимизировать влияние отказов оборудования и намного увеличить охват зоны СЕРТ.

Хотя кампании мониторинга проводились в Районе 1, условия распространения радиоволн позволяют учитывать и сигналы, излучаемые в других Районах, если они были приняты задействованными контрольными станциями с достаточным уровнем. База данных результатов визуального наблюдения подтверждает наличие принятых сигналов, излучаемых за пределами Района 1. Результаты этих кампаний мониторинга должны быть объединены с результатами аналогичных кампаний, проводившихся в Районе 1 вне зоны СЕРТ (Европейской конференции Администраций почт и связи), Районе 2 и Районе 3 (если таковые результаты имеются) для получения полных сведений об использовании частот, которые могут быть полезны при любых обсуждениях касательно изменений в Статье 5 Регламента радиосвязи.

Не представляется возможным контролировать все излучения, особенно адаптивные кратковременные излучения, которые принимаются на уровне собственных шумов в пределах диапазона шириной 6 МГц (4–10 МГц). Количество пропущенных сигналов может быть уменьшено посредством мониторинга очень узких полос с использованием большого числа контрольных станций, оснащенных быстродействующим оборудованием.

Сравнение полученных спектрограмм с данными, собранными при визуальном мониторинге, подтверждает наличие кратковременных излучений и сигналов с уровнем больше уровня собственных шумов.

Администрации, обеспокоенные возможностью пропуска излучений, приглашаются принять участие в кампаниях мониторинга и внести свой вклад для получения обзорных сведений о всемирном использовании частот.

## Точка зрения II

В ходе таких кампаний мониторинга были упущены из вида многие проблемы, что привело к заниженной оценке количества передач в сетях фиксированной и подвижной связи. Результаты относятся только к одному Району и не учитывают влияние на другие Районы в отношении выявленных ситуаций совместного использования частот. Посредством использования полос шириной 200 кГц и времени сканирования 10 с для анализируемых передач, а также графика с целью распределения контролируемых полос частот между группами, состоящими из 3–4 контрольных станций, велика вероятность того, что большинство передач от сетей фиксированной и подвижной связи будет потеряно. Применяемые в настоящее время адаптивные системы в большинстве случаев вместо речевых сигналов передают данные, и длительность большинства передач в направлении конкретного местоположения очень мала. Обычно в течение часа ведется множество передач, но любая из этих отдельных передач может быть потеряна в широкой полосе частот и в моменты сканирования передач. Кроме того, эти сигналы принимаются адаптивной системой на уровне собственных шумов приемной станции при наличии необходимости поддерживать большой объем сетевой связи. Такие передачи, включая речевые, при проведении данной кампании мониторинга могут быть потеряны.

## Приложение 3

### Анализ особых условий совместного использования частот в диапазоне 4–10 МГц

Ситуации совместного использования частот различными службами определяются местоположением приемника и в крайне редких случаях местоположением передатчика. Зона охвата передач на ВЧ может иметь ширину и длину в тысячи километров. Ситуации совместного использования частот возникают, вероятно, в тех случаях, когда полосы частот распределены разным службам. Для адаптивных систем увеличение количества общих частот в резерве для группы пользователей позволяет увеличить размер этой группы, но при этом остается меньше спектра, не используемого одновременно группами пользователей, и, следовательно, возрастает вероятность перегрузки.

#### Точка зрения I

Распределение дополнительных полос частот для совместного использования частот различными службами проблематично. Адаптивные системы также могут испытывать трудности при совместном использовании частот. Если Регламентом радиосвязи предусматривается подобное распределение частот, то в результате распространения радиоволн могут появиться вредные помехи при работе служб на одной частоте или в одной зоне покрытия.

#### Точка зрения II

Распределение полос частот для совместного использования фиксированной, подвижной и радиовещательной службами рассматривается в качестве способа доступа к спектру всех этих служб в совместном режиме. При этом следует учитывать, что:

- полоса 3950–4000 кГц (P1 и P3) распределена фиксированной и радиовещательной службам без каких-либо особых условий совместного использования частот;
- уже имеются примеры совместного функционирования фиксированной и радиовещательной служб на основе географического разделения; например, совместное функционирование фиксированной, подвижной и радиовещательной служб, работающих в соответствии с п. 4.113 РР в полосах 4850–4995 кГц, 4995–5005 кГц и 5060–5250 кГц, общепринято и, как правило, является успешным вследствие преимущественного использования технологии почти вертикального падения пространственных волн (NVIS) в системах радиовещательной службы, которые передают сигналы в направлении одного и того же общего местоположения/зоны (или в обратном направлении) естественно на более низких частотах, чем системы фиксированной и подвижной служб, которые используют технологию наклонного падения пространственных волн при работе на более длинные расстояния;
- уже имеются примеры совместного использования частот на основе временного разделения между морской подвижной службой и радиовещательной службой; обе эти службы работают по временному расписанию с высокой регулярностью, и такие примеры в дальнейшем могут быть расширены;

- во избежание коллизий с передачами систем радиовещания на основе расписания могут организовываться линии фиксированной и подвижной связи с быстрой перестройкой частоты;
- уже имеются примеры совместного функционирования фиксированной и радиовещательной служб на основе географического разделения.

## Приложение 4

### Соображения по совместимости систем в диапазоне ВЧ

Рассмотрение Отчета Объединенной временной рабочей группы (ОВРГ) для ВАРК-92 с учетом последних разработок и исследований ВЧ-систем, особенно в отношении методов повышения эффективности использования спектра, показало реализуемость некоторых видов сценариев совместного использования частот, включая возможности совместного использования частот радиовещательной службы непосредственно с другими службами. Конвергенция методов модуляции и управления приводит к похожим рабочим характеристикам. Как только принципы планирования каналов связи, рабочие функции и характеристики станут близкими и будут различаться незначительно, то задействованные системы смогут совместно функционировать, поскольку критерии их совместимости будут практически одинаковыми.

#### Точка зрения I

Распределение полос частот для общего совместного использования фиксированной и подвижной службами рассматривается в качестве способа совместимого и более эффективного использования полос ВЧ. При этом следует учитывать, что:

- некоторые полосы частот между 4 и 30 МГц уже распределены для совместного использования различным радиослужбам, включая фиксированную и подвижную службы, а после 29 марта 2009 года большинство полос между 4 и 10 МГц будут использоваться многими службами, и что адаптивным системам для оптимальной работы требуется доступ к широкому по возможности спектру (см. п. а) раздела *учитывая* Резолюции 729 (ВКР-97));
- различия между фиксированной и подвижной службами становятся менее заметными по мере развития и развертывания новых систем и технологий.

Совместное использование частот или совместное функционирование систем фиксированной и подвижной связи может осуществляться в реальном времени путем использования:

- комбинации методов автоматического избежания внутриканальных конфликтов согласно положениям пп. 2 и 3 раздела *решает* Резолюции 729 (ВКР-97);
- схемы цифровой модуляции, совместимой с адаптируемой полосой пропускания канала и пропускной способностью трафика передачи данных; и
- возможности совместной работы с естественным разделением во времени разных моделей использования различных служб и относительно короткого времени передачи основанных на пакетах протоколов новых систем обмена цифровыми данными.

О возрастающем сближении рабочих характеристик современных систем обмена данными, разработанных для использования в сетях фиксированной и подвижной связи в полосах ВЧ, дополнительно свидетельствует тот факт, что в большинстве этих новых систем в качестве обычного стандарта передачи в настоящее время применяется метод мультиплексирования с ортогональным частотным разделением сигналов (OFDM). Имеет место даже конвергенция с ВЧ радиовещанием, поскольку система цифрового всемирного радио (DRM), разработанная для замены аналоговых СЧ/ВЧ систем звукового радиовещания, работает в рамках конфигурации OFDM. Характерной особенностью систем на основе OFDM является возможность изменения характеристик кодирования передачи в целях наилучшего соответствия требованиям службы и условиям распространения радиоволн во время передачи.

Конвергенция методов модуляции и управления в современных системах фиксированной и подвижной связи означает, что их работа все больше и больше будет осуществляться с близкими по значению характеристиками, включая маску спектра. Как только принципы планирования каналов связи, рабочие функции и характеристики станут близкими и будут различаться незначительно, то задействованные системы смогут совместно функционировать, поскольку критерии их совместимости будут практически одинаковыми.

## Точка зрения II

Данное Приложение основано на информации, содержащейся в материалах группы ОВРГ 10-6-8-9/1 МККР, которая была образована до ВКР-92. Информация, представленная в этом документе, касается только регламентарных вопросов и не относится к вопросам реальной технической возможности дополнительного совместного использования спектра в диапазоне 4–10 МГц.

Во время написания этого документа использование полос ВЧ фиксированной и подвижной службами в любое время было на постоянно низком уровне, поскольку изучались технологии применения альтернативных служб, например, спутниковых систем. Эти альтернативные методы обслуживания не отвечали поставленным требованиям, и начиная примерно с 2000 года снова происходит увеличение использования полос ВЧ в фиксированной и подвижной службах. На основании решений ВАРК-92 во всем мире полоса шириной 200 кГц была присвоена радиовещательной службе на первичной основе.

Как показано в Приложениях 1 и 3, в ситуациях совместного использования одной частоты в одной зоне обычно появляются вредные помехи, и поэтому дополнительное совместное использование невозможно. В РР приведены типичные случаи совместного использования частот, в которых радиовещательной службе частоты распределяются на первичной основе, а другим службам – на вторичной (п. 5.147 РР), а также определены реальные технические возможности дополнительного совместного использования частот в диапазоне 4–10 МГц. В качестве примера приведены сложные и неработоспособные сценарии совместного использования одной и той же частоты в одной зоне охвата фиксированной и подвижной службами. В настоящем Приложении упоминается также о совместном использовании частот в рамках радиовещательной службы, которое планируется и координируется на основе процедур Статьи 12 РР.

Такие координирующие процедуры не будут удовлетворять требованиям и не будут применимы для фиксированной и подвижной служб из-за большого количества вовлеченных станций и администраций. По некоторым причинам, включая недостаток времени, сопутствующие затраты на регистрацию частот, а также рост числа фиксированных ВЧ-систем, Международный справочный регистр частот (МСРЧ) после 1995 года регулярно не обновлялся, и внесенные в него данные не отражают реальных условий использования. Хорошо известно, что многие присвоенные фиксированной службе частоты не были включены в Международный справочный регистр частот (МСРЧ), а отдельные администрации отслеживают собственные присвоения и при необходимости координируют свои действия с другими администрациями.

В этом Приложении приведен также пример совместного использования частот системами одной службы в целях устранения ограничений использования, налагаемых Приложениями 17 и 25 Регламента радиосвязи. Некоторые администрации считают, что вопрос о Приложениях 17 и 25 выходит за рамки пункта 1.13 повестки дня ВКР-07.

В Приложении делается неверный вывод о том, что конвергенция системных параметров различных служб автоматически приводит к расширению возможностей для совместного функционирования служб.

В настоящее время метод OFDM не является стандартом для систем модуляции фиксированной службы.

В данном Приложении не содержится технический анализ, подтверждающий возможность дополнительного совместного использования частот в диапазоне 4–10 МГц.

В данном Приложении также делается предположение о том, что применение почти вертикального падения пространственных волн (NVIS) для пользователей фиксированной/сухопутной подвижной служб сделает возможным совместную работу с пользователями морской подвижной службы. Однако при этом не учитывается тот факт, что многие администрации не могут использовать режим NVIS для связи в фиксированной и подвижной службах из-за того, что эти администрации должны обеспечивать охват больших и протяженных зон обслуживания. Кроме того, не принимается во внимание тот факт, что в морской подвижной службе режим NVIS не применяется.

Режим NVIS имеет отношение к режиму распространения радиоволн, в котором используются антенны с очень высоким углом излучения, приближающимся или достигающим  $90^\circ$ , для организации радиоканалов вне пределов прямой видимости на расстояниях в несколько сотен километров. Используемая полоса частот изменяется в соответствии с длиной трассы. Чем короче трасса, тем ниже максимальная применимая частота (МПЧ) и тем меньше полоса частот. На практике это ограничивает режим NVIS работой в полосе от 2 до 4 МГц в ночное время и в полосе от 4 до 8 МГц в дневное время. Эти номинальные пределы будут изменяться в соответствии с 11-летним циклом солнечной активности и будут снижаться при минимальной солнечной активности. Данные ограничения полос частот связаны с физическими законами распространения радиоволн и с ними нельзя не считаться. При работе в режиме NVIS в этой части спектра ВЧ могут возникнуть некоторые проблемы. Для генерирования излучения, близкого к вертикальному, должны быть тщательно подобраны антенны и их местоположение, для того чтобы минимизировать излучение поверхностной волны и максимизировать мощность, излучаемую в направлении зенита. Для базовых систем подвижной связи достижение очень высокого угла излучения может создать практические проблемы. В этом Приложении такие проблемы не рассматриваются.

## Приложение 5

### Рассмотрение вопросов совместного использования спектра в соответствии с пунктом 1.13 повестки дня ВКР-07

В этом Приложении подтверждаются результаты анализа, показывающие, что совместное использование частот – это подходящий способ решения данного вопроса повестки дня. Надежность любой сети связи на ВЧ повышается по мере того, как становятся доступными более широкие полосы частот. Тем самым предоставляется больше возможностей для выбора оптимальной частоты, которая соответствовала бы постоянно изменяющимся условиям распространения, что связано с естественными суточными и сезонными изменениями свойств ионосферы.

#### Точка зрения I

Совместное использование частот базируется на процедурах Регламента радиосвязи, в которых устанавливаются методики, разработанные в МСЭ-R через посредство различных Резолюций ВКР и Рекомендаций МСЭ-R. Принимая во внимание параметры частоты, времени и пространства при использовании служб на ВЧ, можно обеспечить их совместимость и более эффективную работу в полосах ВЧ, если эти полосы распределены для использования на совместной основе.

#### Точка зрения II

В данном Приложении сделано ошибочное заключение, что если имеет место совместное использование частот системами внутри службы, то возможно и совместное использование частот системами разных служб. В данном Приложении предполагается, что при совместном использовании частот дополнительный спектр будет доступен обеим службам, но, если совместное использование одной частоты в одной зоне покрытия невозможно, то это фактически ограничивает доступный спектр для действующей службы. Это приведет к увеличению перегрузки в части спектра, доступной для действующей службы, и тем самым к уменьшению эксплуатационной пригодности доступного спектра.

С помощью критериев защиты, приведенных в Приложениях 1 и 3, ясно показано, что работа на одной частоте и в одной зоне покрытия невозможна. В Приложениях 1 и 3 говорится о том, что если в РР будет предусмотрено дополнительное совместное использование, то это станет обычным явлением.



## Приложение 6

### Соображения относительно распределения одной и той же полосы частот фиксированной или подвижной службам на первичной основе и любительской службе на вторичной основе

В данном Приложении излагаются в общих чертах проблемы действующих служб с введением распределения для любительской службы в той же полосе на вторичной основе.

#### Точка зрения I

В настоящее время неизвестны примеры распределений частот любительской службе на вторичной основе и фиксированной службе на первичной основе в тех же полосах, в которых интенсивно используются ВЧ адаптивные системы.

Распределение частот любительской службе на вторичной основе в той же полосе, где имеются распределения фиксированной или подвижной службам на первичной основе, может привести к увеличению перегрузки и к возникновению помех соответствующей первичной службе. Кроме того, для частотно-адаптивных систем невозможно разграничить первичные и вторичные присвоения, поэтому отдельные присвоения из резерва частот системы фиксированной связи могут стать недоступными. Изоляция источника помех может быть также затруднена, поскольку любительским станциям не требуются для работы скоординированные лицензируемые частоты.

#### Точка зрения II

Многие утверждения в разделе "Общие соображения" данного Приложения относительно возможности появления помех первичной фиксированной службе со стороны вторичной любительской службы являются некорректными или вводящими в заблуждение.

В полосе 10 100–10 150 кГц (фиксированная первичная служба, любительская вторичная служба) не было зарегистрировано никаких сообщений о помехах фиксированной службе в течение 25 лет, когда это распределение было доступно любительской службе.

Операторы любительских станций были среди первых, кто использовал возможности современных методов цифровой обработки сигналов для борьбы с потенциальными помехами, и можно прогнозировать дальнейшее усовершенствование этих методов, что позволит решить проблемы совместного функционирования с адаптивными системами фиксированной службы.

## Приложение 1

### Информация о возможности совместного использования частот различными службами радиосвязи в диапазоне 4–10 МГц

#### Введение

Пункт 1.13 повестки дня ВКР-07 посвящен рассмотрению возможности распределения дополнительного спектра шириной от 250 кГц до 800 кГц радиовещательной службе (РС). В Резолюции 544 (ВКР-03) определены предпочтительные полосы частот, в которых может быть произведено распределение дополнительного частотного ресурса радиовещательной службе. Некоторые администрации придерживаются мнения, что потери частотных ресурсов, распределенных фиксированной службе (ФС) и подвижной службе (ПС), ожидаемые вследствие перераспределения спектра радиовещательной службе, могут быть компенсированы путем совместного использования частот фиксированной/сухопутной подвижной службой и морской подвижной службой (МПС) и внедрением частотно-адаптивных систем.

Однако оценки экономии потенциального спектра, получаемой от применения частотно-адаптивных систем и от совместного функционирования фиксированной и морской подвижной служб в диапазоне частот 4–10 МГц в настоящее время отсутствуют.

Для облегчения анализа возможности высвобождения частот для радиовещания посредством интеграции фиксированной и подвижной служб в диапазоне частот 4–10 МГц в новом Отчете МСЭ-R рассматриваются следующие аспекты:

- анализ существующих и возможных сценариев совместного использования частот фиксированной и подвижной службами;
- сценарий возникновения помех между фиксированной и морской подвижной службами;
- оценки уровня помех между фиксированной и морской подвижной службами;
- оценки возможности совместного использования частот радиовещательной и другими службами на основе географического разнесения.

#### **1 Анализ существующих и возможных сценариев совместного использования частот фиксированной и подвижной службами в диапазоне 4–10 МГц**

На нескольких собраниях Рабочей группы (РГ) МСЭ-R обсуждался вопрос возможности предоставления дополнительного спектра для радиовещательной службы в результате объединения частотных распределений фиксированной и подвижной службам.

Анализ Таблицы распределения частот РР показывает следующие типы частотных распределений для фиксированной и подвижной служб в диапазоне частот 4–10 МГц:

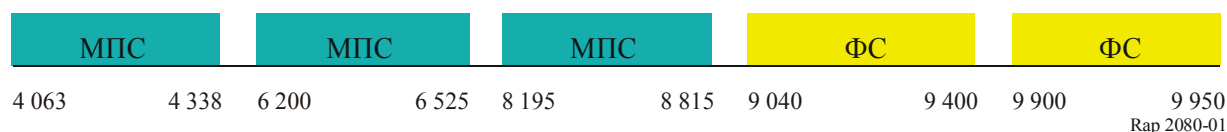
- полосы частот 9040–9400 кГц и 9900–9950 кГц распределены исключительно фиксированной службе на первичной основе;
- полосы частот 4063–4438 кГц, 6200–6525 кГц, 8195–8815 кГц распределены исключительно морской подвижной службе на первичной основе;
- другие полосы в диапазоне 4–10 МГц распределены фиксированной и другим службам (сухопутной подвижной службе (СПС), морской подвижной службе, подвижной службе, радиовещательной службе и т. д.) на равной первичной основе.

Результаты приведенного выше анализа показывают, что дополнительный спектр может быть предоставлен только в результате объединения распределений для фиксированной и подвижной служб в полосах частот, в настоящее время используемых этими службами на исключительной основе. Такое объединенное распределение может быть обеспечено путем перевода распределений фиксированной службе в полосы частот, распределенные морской подвижной службе на исключительной первичной основе, а также путем перевода распределений МПС в полосы частот,

распределенные на исключительной первичной основе фиксированной службе. Другие полосы могут быть исключены из рассмотрения, поскольку в них уже были объединены распределения фиксированной и подвижной службам.

В связи с этим некоторые администрации проводят исследования возможности обеспечения комбинированных распределений в полосах частот, в настоящее время распределенных МПС на исключительной первичной основе (см. рис. 1).

РИСУНОК 1  
Существующие распределения фиксированной и морской подвижной службам  
в диапазоне частот 4–10 МГц



Технические, процедурные и экономические трудности, которые могут возникнуть в результате изменения частотных распределений в диапазоне 4–10 МГц, уже были рассмотрены. Кроме того, такая модификация потребует пересмотра Приложения 25, содержащего План выделения частот для береговых радиотелефонных станций, работающих в полосах частот между 4000 кГц и 27 500 кГц, распределенных исключительно морской подвижной службе. Также следует отметить, что в Статье 31 запрещаются любые излучения, которые могут причинить вредные помехи связи в случае бедствия и для обеспечения безопасности на любой частоте, определенной в Приложениях 13 и 15, включая частоты в диапазоне 4–10 МГц.

В дополнение к изложенным выше вопросам, составление объединенного распределения может столкнуться с дополнительными проблемами электромагнитной совместимости. Они могут быть решены путем введения более строгих ограничений для фиксированной службы или путем координации.

В Регламенте радиосвязи отражен накопленный опыт по совместному использованию частот фиксированной и морской подвижной службами в полосах частот, распределенных исключительно морской подвижной службе. Работа фиксированных станций в полосах частот 4063–4123 кГц и 4130–4438 кГц согласно п. 5.129 РР является примером такого совместного использования частот. При этом станции фиксированной службы, работающие в соответствии с примечаниями, могут в исключительных случаях устанавливать связь со средней мощностью, не превышающей 50 Вт, в пределах границ страны, в которой они размещены, при условии непричинения вредных помех работе морской подвижной службы.

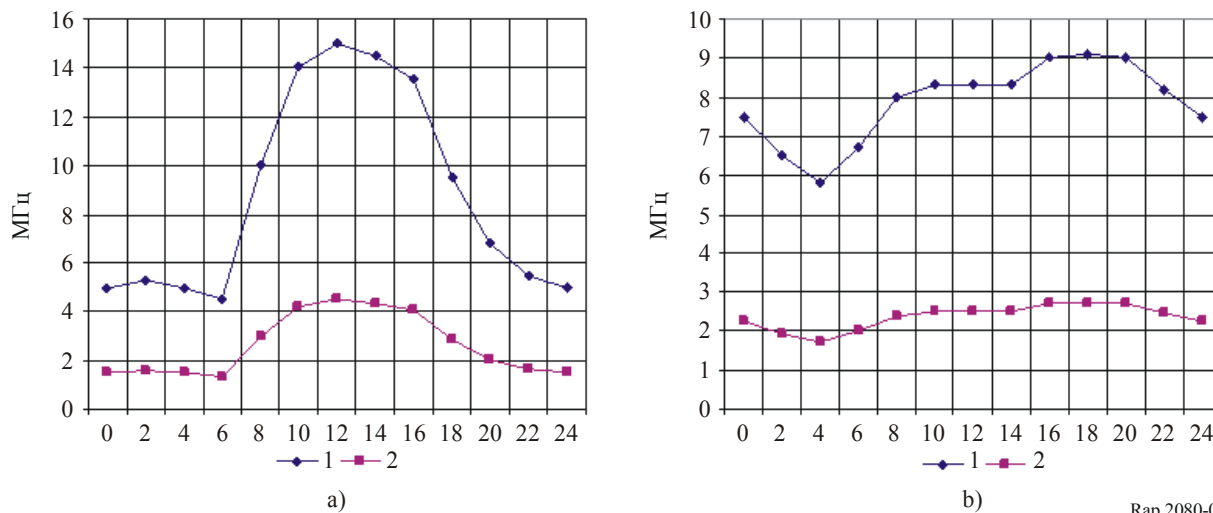
Использование полос частот 4063–4123 кГц, 4130–4133 кГц и 4408–4438 кГц согласно п. 5.128 в ряде стран Районов 1 и 3 является другим примером совместного использования частот фиксированной и морской подвижной службами. Морская подвижная служба работает в этих полосах, и они могут также использоваться станциями фиксированной службы с ограниченной мощностью, расположенными на расстоянии, по крайней мере, 600 км от берега, при условии непричинения вредных помех работе морской подвижной службы (ВКР-97).

Анализ распространения радиоволн показывает, что указанные выше полосы частот характеризуются большим затуханием в каналах на первом скачке, тем самым реализуется возможность совместного использования частот разными службами.

Следует отметить, что при оценке возможности совместного использования полос частот ФС и МПС некоторые администрации поддерживают такой подход. В частности, совместное использование полос частот линиями дальней связи в МПС и короткими линиями в ФС (до 200–300 км) будет возможно при условии ограничения мощности передатчиков ФС и работы морской подвижной службы в полосе частот, которая на 10% выше ионосферной критической частоты, а также работы ФС в полосе частот, которая на 20% ниже ионосферной критической частоты. Поэтому на рис. 2 показано среднее отношение суточных изменений критической частоты ионосферного слоя F2 в зимнее время (см. рис. 2 а)) и в летнее время (см. рис. 2 б)) (кривая 1).

РИСУНОК 2

## Суточные изменения критической частоты ионосферного слоя F2



Rap 2080-02

Очевидно, что критическая частота слоя F2 в течение года изменяется от 4 МГц до 15 МГц. Это означает, что с учетом вышеизложенных рекомендаций по выбору рабочих полос частот, разница между полосами частот, используемыми в фиксированной и морской подвижной службах, изменяется от 1,2 МГц до 4,5 МГц (кривая 2 на рис. 2). Кроме того, выбор полосы частот будет также зависеть от ряда других факторов, включая местную широту, солнечный цикл и т. д. Анализ полученных результатов показывает, что совместное использование полос частот этими службами обеспечивается разносом частот, а не ограничением мощности передатчика и комбинированным использованием режимов почти вертикального и наклонного падения электромагнитных волн в ионосфере.

При анализе возможности составления комбинированного распределения из полос частот, распределенных исключительно для МПС, необходимо учитывать то, что некоторые администрации предполагают освободить часть спектра путем внедрения частотно-адаптивных систем в фиксированной и морской подвижной службах. Ожидается, что такие системы будут работать в перекрывающихся полосах частот, и выбор рабочей частоты будет основываться на анализе условий распространения радиоволн и занятости доступных каналов связи.

Однако анализ имеющейся информации показывает, что, несмотря на успешное длительное применение частотно-адаптивных систем, отсутствуют данные об экономии ресурсов спектра, полученной в результате их применения. Кроме того, учитывая ряд особенностей работы систем морской подвижной службы, можно предположить ситуацию, когда станции фиксированной и морской подвижной служб будут одновременно использовать одни и те же частоты, что может привести к недопустимым помехам.

Таким образом, анализ показывает, что:

- В диапазоне 4–10 МГц дополнительный ресурс спектра может быть предоставлен только в результате полного или частичного переноса распределений ФС из полос 9040–9400 кГц и 9900–9950 кГц в полосы 4063–4438 кГц, 6200–6525 кГц, 8195–8815 кГц, которые в настоящее время распределены МПС, и наоборот, то есть переноса части распределений МПС из полос 4063–4438 кГц, 6200–6525 кГц и 8195–8815 кГц в полосы 9040–9400 кГц и 9900–9950 кГц, распределенные ФС. Другие полосы могут быть исключены из рассмотрения, поскольку в них распределения фиксированной и подвижной службам уже объединены.
- Опыт совместного использования частот морской подвижной и фиксированной службам подтверждает необходимость наложения серьезных ограничений для их работы на одной частоте, что нецелесообразно с учетом сложившейся практики использования этих радиослужб.

- Мнение, что проблемы совместного использования полос частот фиксированной и морской подвижной службами могут быть решены путем применения частотно-адаптивных систем, является неоднозначным и требует всестороннего исследования и подтверждения.
- Совместное использование полос частот короткими линиями связи в ФС, использующих главным образом технологию NVIS, и линиями дальней связи МПС будет возможно главным образом на основе разнесения частот, используемых станциями ФС и МПС, но не ограничения мощности излучения станций ФС.

Кроме того, следует отметить, что перераспределение этих полос потребует пересмотра Приложения 17 РР, которое в настоящее время изучается согласно Резолюции 351 (ВКР-03). Однако Резолюция 351 (ВКР-03) определяет, что любые изменения Приложения 17 должны быть направлены на улучшение работы морской подвижной службы:

"что по завершении исследований МСЭ-R будущая компетентная конференция должна рассмотреть изменения, которые необходимо внести в Приложение 17, чтобы обеспечить возможность использования новых технологий в МПС".

Предполагается, что пересмотр Приложения 17 не должен ухудшить рабочие характеристики МПС и наложить дополнительные ограничения из-за проблем совместного использования частот с новой (фиксированной) службой.

Чтобы оценить последствия предполагаемой интеграции морской подвижной и фиксированной служб в диапазоне 4–10 МГц, проводятся исследования возникающих помех между этими службами. Результаты таких исследований приводятся ниже.

## 2 Сценарии помех между ФС и МПС

Системы морской подвижной службы обеспечивают связь между судовыми и береговыми станциями по радиоканалам длиной до 8000–10 000 км. Как правило, мощность судового передатчика ограничена и уровень мощности сигнала на входе наземного приемника МПС невелик. Чтобы уменьшить возможные помехи от передающих антенн, используется географическое разнесение приемных и передающих станций МПС.

Передающие станции, в зависимости от их назначения, могут быть расположены вблизи соответствующих зон обслуживания (например, Калининград, Мурманск) и вблизи административных центров, расположенных на большом расстоянии от береговой зоны (например, Якутск, Москва). В зависимости от расположения передающей станции и ее зоны обслуживания могут использоваться направленные и однонаправленные антенны.

Приемные станции предназначены для приема сигналов от судов, местоположение которых в зоне обслуживания заранее неизвестно. Поэтому в них используются однонаправленные антенны или комбинация направленных антенн с перекрывающимися диаграммами направленности. Такой подход позволяет устанавливать псевдооднаправленные антенны с высоким коэффициентом усиления в определенном угловом секторе. Такие рабочие характеристики станций морской подвижной службы используются в одном из следующих сценариев помех.

### Сценарий 1 – Помехи судовым станциям МПС

Этот сценарий предполагает, что передающая фиксированная станция расположена в некоторой точке (точка Afs, рис. 3) зоны обслуживания. В радиотракте используется ионосферная волна. Эта станция работает в заданном азимутальном направлении главного лепестка. Поскольку в радиотракте используется ионосферная волна, то на поверхности Земли формируется зона вдоль азимута диаграммы направленности антенны для обеспечения приема передаваемых сигналов. На рис. 3 эта зона показана штриховой линией. Форма этой зоны определяется диаграммой направленности антенны и состоянием ионосферы. Данный сценарий также предполагает наличие приемной бортовой судовой станции МПС в точке Dmms, рис. 3 и фиксированной станции – в точке Bfs, рис. 3. Они используют частотно-адаптивные системы в перекрывающихся полосах частот. Станции расположены в двух точках внутри зоны потенциального приема сигнала. Направления от приемных станций Cmms и Bfs на передающие станции фиксированной (Afs) и морской подвижной (Cmms) служб не совпадают. В определенный момент времени судовая станция МПС принимает сигнал

запроса от передающей станции (точка Cmms, рис. 3) на частоте  $f_1$ , которая близка к оптимальной. Если качество принимаемого сигнала удовлетворительное, то судовая станция передает подтверждающий сигнал, и затем начинается сеанс связи между судовой и береговой радиостанциями. В это же время фиксированная станция в точке Bfs принимает запрос на начало сеанса связи с фиксированной станцией.

Поскольку направленные антенны обычно используются в фиксированной службе для дальней связи и поскольку направление на передающую станцию МПС обычно не совпадает с направлением на фиксированную станцию, то частотно-адаптивные системы, работающие в фиксированной службе, в большинстве случаев не могут определить, что частота  $f_1$  занята.

Так как точки Dmms и Bfs расположены близко друг к другу, условия распространения радиоволн для этих станций будут одинаковыми. Поэтому высока вероятность того, что частотно-адаптивная система фиксированной службы выберет частоту  $f_1$  в качестве рабочей частоты, создавая таким образом недопустимые помехи станциям МПС, которые начнут поиск другой рабочей частоты.

Если другие частоты-кандидаты недоступны из-за условий распространения радиоволн, то системы связи МПС могут быть временно неработоспособны.

РИСУНОК 3

Сценарий 1 – Помехи судовым станциям МПС от станций ФС



Rap 2080-03

### Сценарий 2 – Помехи станциям фиксированной службы от судовых станций МПС

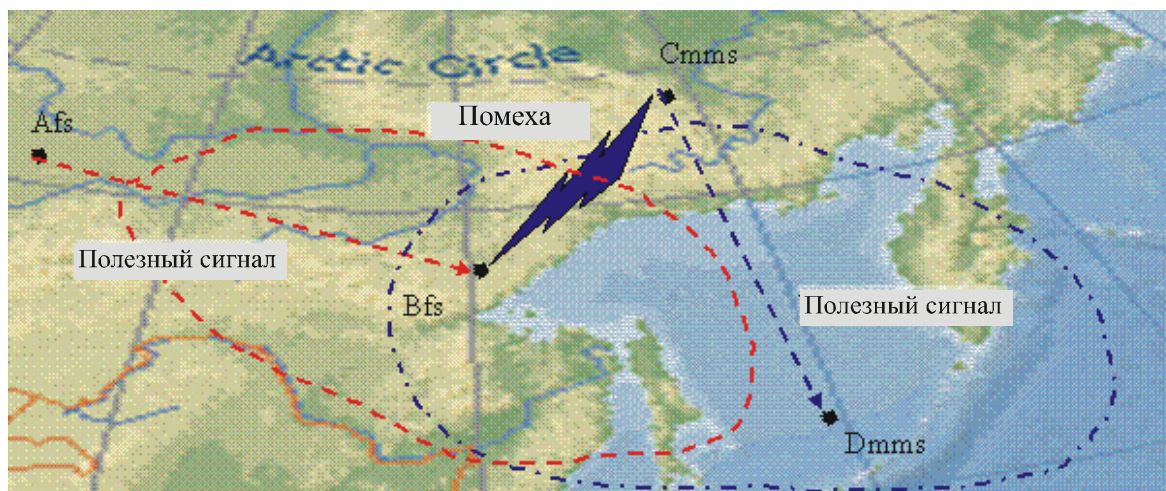
Этот сценарий предполагает, что фиксированная станция расположена в точке  $A_{fs}$  в зоне обслуживания, показанной на рис. 4 красной штриховой линией. Станция работает на частоте  $f_1$ , выбранной исходя из условий распространения в зоне обслуживания. Другая фиксированная станция расположена в точке  $B_{fs}$  в той же зоне обслуживания. Антенна последней станции направлена на точку  $A_{fs}$ .

Данный сценарий также предполагает, что передающая станция МПС расположена в точке  $C_{mms}$ . Зона обслуживания станции, показанная на рис. 4 синей штрих-пунктирной линией, частично перекрывает зону обслуживания станции ФС. Предполагается, что она будет поддерживать связь с судном в точке  $D_{mms}$ . Если станция  $B_{fs}$  расположена на пересечении двух перекрывающихся зон обслуживания, то станция  $C_{mms}$  может стать источником вредных помех фиксированной станции ( $B_{fs}$ ). С уменьшением угла  $\varphi$  между направлениями на передающие станции ФС и МПС уровень потенциальных помех будет увеличиваться.

Так как качество канала связи МПС зависит от уровня сигнала, принимаемого судовой станцией, а приемные и передающие станции географически разнесены на большое расстояние, то частотно-адаптивная система МПС не сможет идентифицировать канал, работающий на частоте  $f_1$  как занятый, и может выбрать его для работы. Таким образом, передающая станция МПС может создать недопустимые помехи системе связи фиксированной службы, что заставит частотно-адаптивную систему изменить ее рабочую частоту или временно приостановить сеанс передачи.

РИСУНОК 4

Сценарий 2 – Помехи станциям ФС от судовых станций МПС



Rap 2080-04

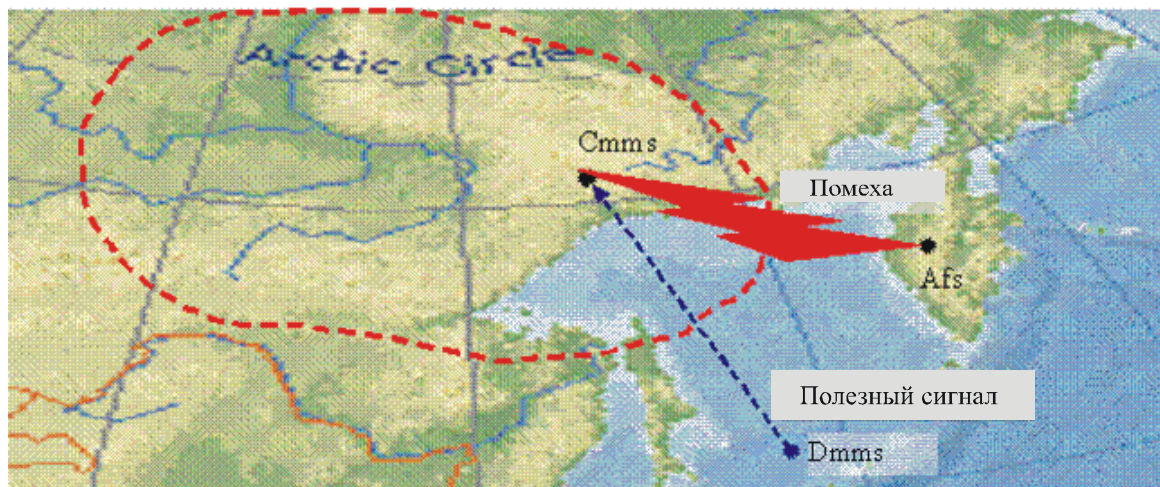
### Сценарий 3 – Помехи береговым станциям МПС

Этот сценарий предполагает, что фиксированная станция расположена в точке  $A_{fs}$  в зоне обслуживания, показанной на рис. 5 красной штриховой линией. В зону обслуживания входит береговая зона, в точке  $C_{mms}$  которой разворачивается приемная береговая станция МПС. Станция  $C_{mms}$  предназначена для приема сигналов от судовых бортовых станций.

Местоположение передающей судовой станции заранее неизвестно, поэтому приемная станция МПС может использовать однонаправленные или псевдооднонаправленные антенны. Поскольку мощность сигналов судовой станции в точке приема невелика, то частотно-адаптивная система фиксированной службы не идентифицирует используемый МПС канал как занятый и может начать использовать его в качестве рабочего канала, создавая таким образом помехи береговой станции МПС. Степень влияния помех будет зависеть от типа антенны, используемой на приемной станции МПС.

РИСУНОК 5

## Сценарий 3 – Помехи береговым станциям МПС от станций ФС



Rap 2080-05

## Сценарий 4 – Помехи станциям ФС от судовых станций МПС

Этот сценарий предполагает, что фиксированная станция расположена в точке Bfs в зоне обслуживания судовой станции МПС. Сигнал судовой станции МПС может попасть в главный лепесток антенны фиксированной станции, что приведет к созданию помех станции ФС. Однако вероятность такого сценария помех очень низка из-за небольшой мощности судовых передатчиков. В данной статье этот сценарий не анализируется.

### 3 Критерии защиты

#### 3.1 Критерии защиты станции ФС

Анализ систем фиксированной службы, работающих в диапазоне частот 4–10 МГц, показывает, что они предназначены для передачи цифровой или аналоговой информации и сигналов разных классов излучения. При этом требования к защите систем с цифровой модуляцией значительно менее жесткие, чем для аналоговых систем. Анализ Рекомендаций МСЭ-R, относящихся к фиксированной службе, показывает, что для систем ФС, работающих в диапазоне ВЧ, нет специальных Рекомендаций, определяющих критерии их защиты. Вместе с тем, в Рекомендации МСЭ-R F.1610 указано, что для систем, работающих в фиксированной службе, в качестве критерия защиты следует использовать отношение сигнал/шум ( $S/N$ ). В ней определяется, что пороговые значения ( $S/N$ ) для разных классов излучения приведены в Рекомендации МСЭ-R F. 339-6. Анализ Рекомендации МСЭ-R F. 339-6 показывает, что требуемое значение  $C/N$  в зависимости от класса излучения может изменяться от –4 до 33 дБ.

#### 3.2 Критерии защиты для станций МПС

Международная морская организация (ИМО) предложила, что согласно Положению о радиослужбах ГМСББ Резолюции А.801(19) ИМО в качестве одного из критериев обеспечения надежной связи с береговыми станциями МПС, работающими в системе ГМСББ в Районе А2 (морской зоне А2), должно использоваться отношение сигнал/помеха 9 дБ. Для некоторых режимов работы в диапазоне частот 4–10 МГц могут применяться более жесткие критерии защиты.

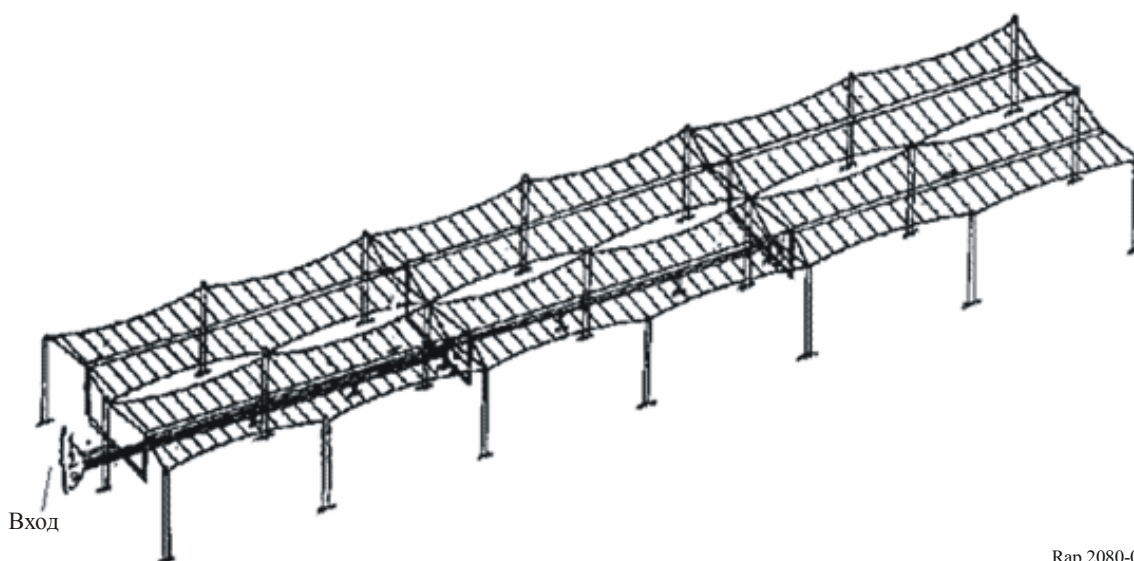


#### 4 Анализ конструкций передающих антенн, используемых в службах ФС, МПС и РС

Системы ФС и МПС организуют линии дальней связи протяженностью до 10 000 км и должны работать в режимах перестройки частоты в пределах заданного спектра. Для функционирования таких систем требуются широкополосные антенны с высоким коэффициентом усиления. Эти антенны могут быть сконструированы на базе антенных решеток из модулей со слабой направленностью. В качестве компонентов таких решеток могут использоваться антенны бегущей волны и широкополосные антенны типа симметричного вибратора с параллельным питанием. На рисунке 6 представлена двухэлементная линейная антенная решетка, сконструированная на базе трехэлементных антенн бегущей волны.

РИСУНОК 6

Горизонтальная двухэлементная антенная решетка, построенная на базе трехэлементных антенн бегущей волны



Rap 2080-06

Основная проблема, связанная с работой таких антенн, – это их геометрические размеры и невозможность изменения пространственной ориентации. Размеры антенны зависят от длины волны и требуемого коэффициента усиления, который определяет количество используемых элементов. ВЧ антенны могут иметь длину в десятки и сотни метров. Невозможность механически изменить ориентацию антенны диктует необходимость использования особого метода конструирования антенн МПС, предназначенных для связи с судами. Этот метод заключается в использовании нескольких антенн, расположенных таким образом, чтобы обеспечить перекрытие главных лепестков диаграммы на определенном уровне. Усиление антенны может быть увеличено либо путем добавления элементов в антенну бегущей волны, либо путем увеличения числа антенн бегущей волны, установленных в данной антенной решетке. В любом случае это повлечет за собой увеличение геометрических размеров антенны, усложнение ее регулировки и удорожание эксплуатации.

Использование пространственных решеток, конфигурация которых показана на рис. 7 а), позволяет уменьшить длину антенны. Использование экрана приводит к уменьшению заднего лепестка диаграммы. Полоса рабочих частот таких антенн может быть расширена путем использования в качестве элементов решетки нескольких биконических симметричных вибраторов с параллельным питанием. Внешний вид таких диполей и способ их установки показаны на рис. 7 б).

На рис. 7 а) изображена антенна, представляющая собой решетку из элементов со слабой направленностью. Поэтому для повышения усиления такой антенны необходимо увеличить количество элементов антенной решетки. Это приведет к увеличению размеров антенны, ее массы и ветровой нагрузки на конструкцию, а также к уменьшению полосы рабочих частот. Кроме того, могут потребоваться специальные меры для управления ее пространственным положением. По этой

причине на практике используются антенны с относительно небольшим усилением. Это антенны ВНД<sup>1</sup>, состоящие из 8 элементов, которые образуют два яруса по 4 горизонтальных диполя в каждом, и антенны ВНД-4/4, состоящие из 4 элементов, которые образуют четыре яруса по 4 горизонтальных диполя в каждом. На рисунке 8 показана антенна ВНД-4/4.

РИСУНОК 7

Горизонтальная синфазная антенная решетка

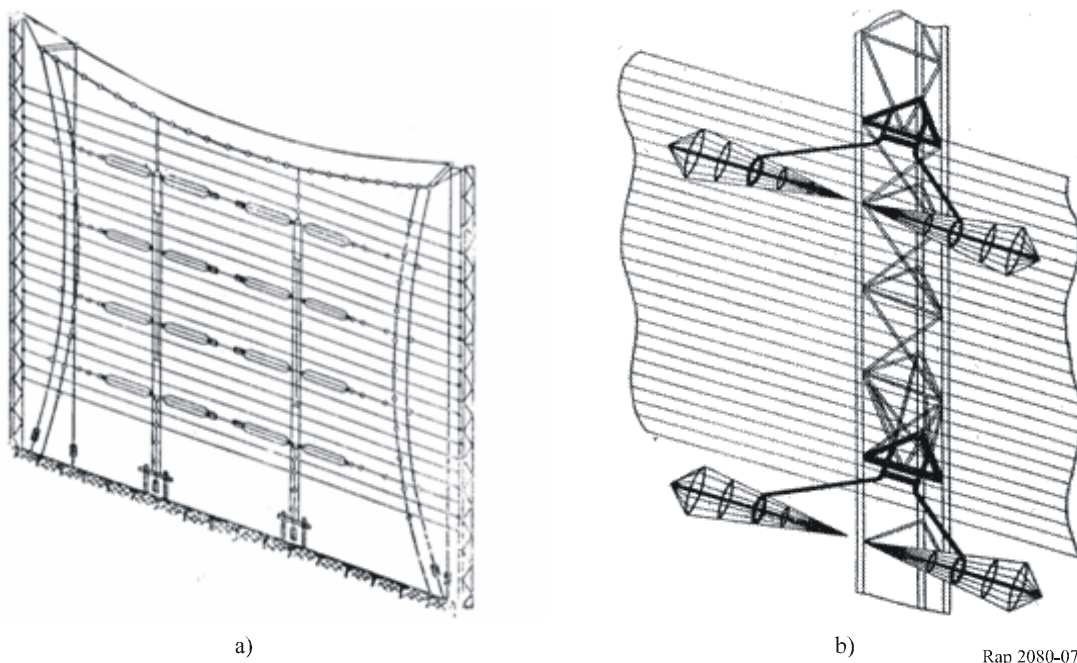
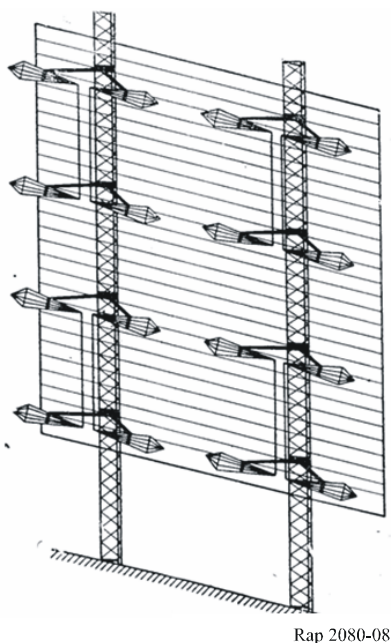


РИСУНОК 8

Антенна ВНД-4/4



<sup>1</sup> Антенна ВНД – Горизонтальная дипольная антенна бокового излучения.

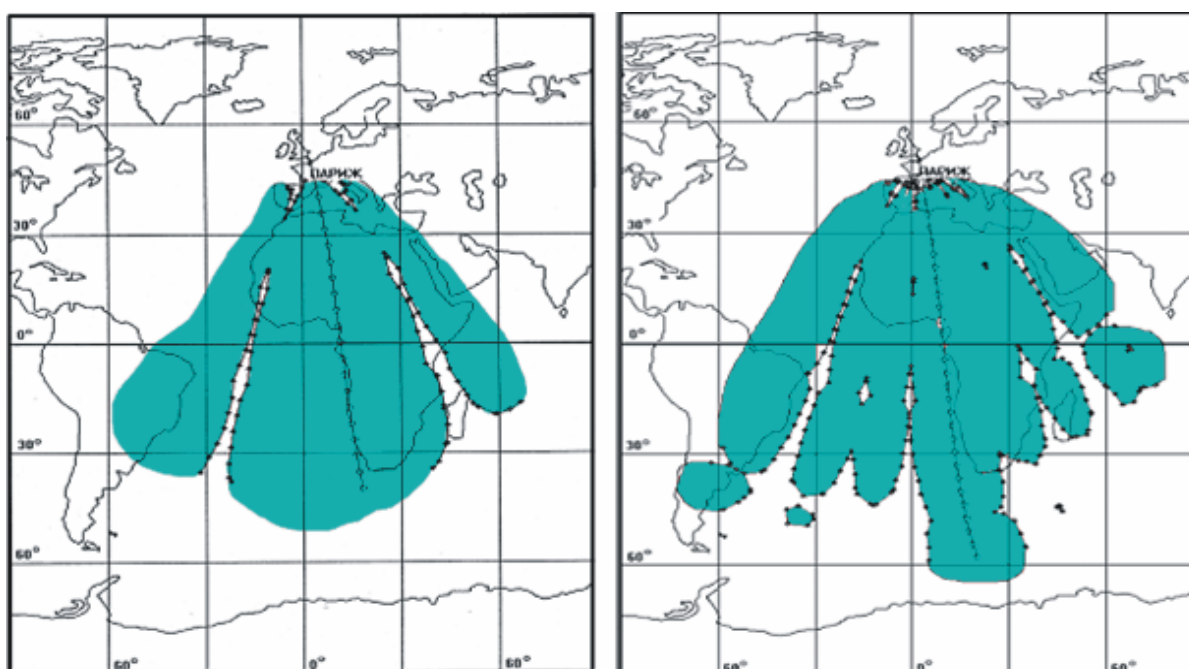
Анализ конструкции антенны типа ВНД-4/4 показывает, что сканирование основным лепестком антенны путем изменения ее пространственной ориентации нецелесообразно. Поэтому при установке однонаправленных антенн с высоким коэффициентом усиления, используемых в морской подвижной службе, применяются несколько антенн ВНД с перекрывающимися на определенном уровне главными лепестками, аналогично вышеописанному случаю. Объединение в одну решетку нескольких антенн значительно повышает стоимость ее монтажа, регулировки и эксплуатации, и, таким образом, с экономической точки зрения неприемлемо. Поскольку линии связи на ВЧ обеспечивают доставку сигналов к точке назначения путем распространения волн в ионосфере, то было бы некорректным однозначное утверждение, что увеличение усиления приведет к уменьшению зоны, в которой излучения от данной станции создадут вредные помехи. Потому для фиксированной и морской подвижной служб антенны с высоким коэффициентом усиления используются только после подтверждения их технической и экономической обоснованности.

## 5 Расчет взаимных помех, создаваемых станциями фиксированной и морской подвижной служб, в которых используются остронаправленные передающие антенны

Сценарий расчета потенциальных помех может включать определение зоны, в которой системы фиксированной и морской подвижной служб создают неприемлемые помехи. Сначала рассмотрим пример, соответствующий сценарию 1 взаимных помех. В этом примере предполагается, что фиксированная передающая станция размещена в точке с координатами 48°50' с. ш. и 2°20' в. д. (Париж). Азимут главного лепестка антенны станции составляет 170°. Станция может работать с антеннами ВНД-2/4 и ВНД-4/8 (4-ярусная структура с 8 горизонтальными диполями в каждом). Передающая мощность станции на рабочей частоте 9100 кГц составляет 15 кВт. Оценки производились применительно к 2 часам ночи по московскому времени в июне при минимальном уровне солнечной активности (предполагалось наличие 20 солнечных пятен). Оценки выполнялись для углового сектора ±40° относительно расположения оси главного лепестка антенны. На рис. 9 показаны результаты оценки для потенциальной зоны обслуживания с уровнем напряженности поля не менее 20 дБ(мкВ/м). На рис. 9 а) представлены результаты оценки для станции, работающей с передающей антенной типа ВНД-2/4, а на рис. 9 б) – результаты оценки для антенны типа ВНД-4/8. Потенциальные зоны обслуживания для фиксированной станции показаны голубым цветом.

РИСУНОК 9

Потенциальная зона обслуживания для фиксированной передающей станции



а)

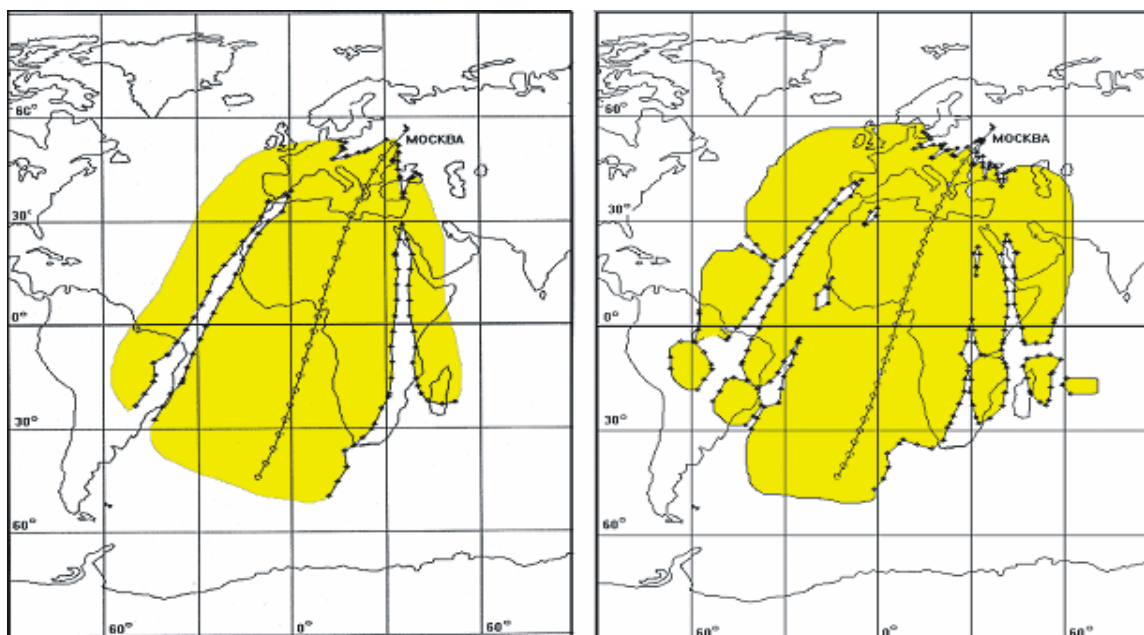
б)

Анализ результатов, полученных для антенны VHD 2/4, показывает, что фиксированные станции с такой антенной должны не только обеспечивать связь со станциями, развернутыми практически по всему Африканскому континенту, но и создавать электромагнитные поля с напряженностью не менее 20 дБ(мкВ/м) над обширными зонами Индийского и Атлантического океанов. Попытки уменьшения зон потенциальных взаимных помех посредством использования антенны VHD-4/8, имеющей более высокий коэффициент усиления, не дали положительных результатов. Переход с антенны VHD-2/4 на антенну VHD-4/8 привел к изменению формы и размеров потенциальной зоны обслуживания для фиксированной передающей станции, однако не обеспечил значительного уменьшения размеров антенны.

При выполнении оценки предполагается, что передающая станция МПС расположена в точке с координатами 55°45' с. ш. и 37°37' в. д. (Москва). Она обеспечивает связь с судами в Южной Атлантике, используя антенны VHD-2/4 и VHD-4/8, работающие на частоте 9100 кГц. Азимут главных лепестков антенны составляет 216°. Мощность излучения передатчика равна 15 кВт. Эти оценки предполагали минимальный уровень солнечной активности и другие условия, аналогичные варианту с фиксированной станцией. Результаты оценки приведены на рис. 10. На рис. 10 а) представлены результаты для станции, работающей с передающей антенной VHD-2/4, а на рис. 10 б) – для станции с антенной VHD-4/8. Зона, в которой напряженность электромагнитного поля составляет не менее 20 дБ(мкВ/м), выделена желтым цветом.

РИСУНОК 10

**Потенциальная зона обслуживания для передающей станции МПС**



a)

b)

Rap 2080-10

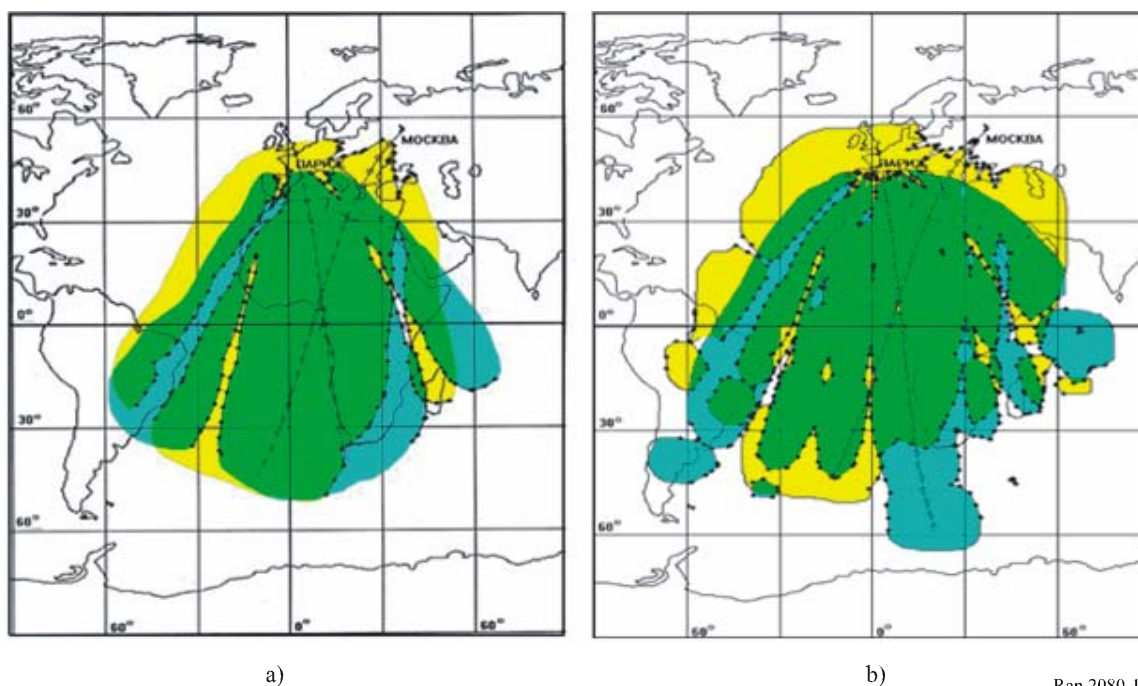
Анализ полученных результатов показывает, что такая передающая станция с любыми из предложенных антенн может не только обеспечивать связь с судовыми станциями, расположенными в большинстве секторов Атлантики, но и создавать электромагнитные поля с напряженностью не менее 20 дБ(мкВ/м), над обширными территориями Африки, большей части Мадагаскара, Аравийского полуострова и части Южной Америки.

На рис. 11 представлены результаты оценки для обеих рассматриваемых служб. На рис. 11а даны результаты для случая, когда обе станции работают с передающей антенной VHD-2/4, а на рис. 11 б) – с антеннами VHD-4/8 на обеих станциях. Зона, в которой отношение сигнал/шум будет близко к 0 дБ, выделена зеленым цветом.

Анализ полученных результатов показывает, что фиксированная передающая станция может создавать вредные помехи работе морской подвижной службы в значительной части Атлантики. Кроме того, отношение сигнал/шум будет близким к 0 дБ для фиксированных станций на большей части Африки. Это позволяет сделать вывод о том, что согласно Рекомендации МСЭ-R F.339-6, будут создаваться вредные помехи станциям фиксированной службы. Использование на станциях обеих служб антенн с более высоким коэффициентом усиления не приведет ни к уменьшению зон обслуживания обеих станций, ни к существенному сокращению зоны, в которой возможны вредные помехи. Это дает основания сделать вывод о том, что использование частотно-адаптивных станций для указанных служб может оказаться невозможным вследствие их высокой стоимости, больших размеров и наличия неразрешимых проблем по уменьшению зон взаимных вредных помех.

РИСУНОК 11

## Зона потенциальных вредных помех работе судовых станций МПС



Rap 2080-11

Выполняемая далее оценка ситуации, относящейся ко второму сценарию взаимных помех предполагает, что передающая фиксированная станция находится в точке с координатами  $53^{\circ}13'$  с. ш. и  $50^{\circ}10'$  в. д. (Самара). Станция может быть оснащена антеннами ВНД-2/4 и ВНД-4/8 с азимутом их главного лепестка  $66^{\circ}$ . Кроме того, предполагается, что оценка выполняется в феврале в 8 часов вечера по московскому времени при минимальном уровне солнечной активности. Число солнечных пятен предполагается равным 20. На рис. 12 а) представлены результаты оценки для случая установки на обеих станциях антенн ВНД-2/4, работающих в режиме передачи, а на рис. 12 б) – результаты для антенн ВНД-4/8. Потенциальная зона обслуживания для фиксированной передающей станции выделена желтым цветом.

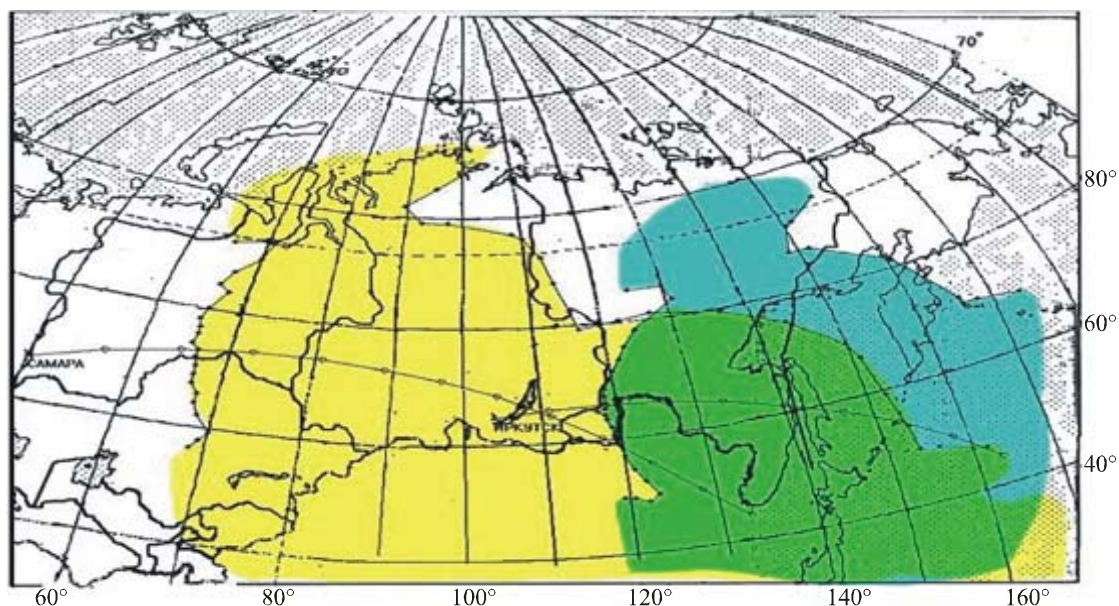
При выполнении оценки предполагается также, что передающая станция МПС расположена в точке с координатами  $52^{\circ}19'$  с. ш. и  $104^{\circ}14'$  в. д. (Иркутск). Станция устанавливает связь с судами, расположенными в юго-восточной части Тихого океана. Станция МПС также оснащена антеннами ВНД-2/4 и ВНД-4/8 с азимутом их главного лепестка  $80^{\circ}$ . На рис. 12 потенциальная зона обслуживания станции МПС выделена голубым цветом.

Зеленым цветом обозначены зоны, в которых отношение сигнал/шум для обеих рассматриваемых станций составляет примерно 0 дБ. Анализ полученных результатов показывает, что на основе положений Рекомендации МСЭ-R F.339-6, в этой зоне могут создаваться вредные помехи работе фиксированных станций. Кроме того, вредные помехи могут создаваться судовым станциям МПС,

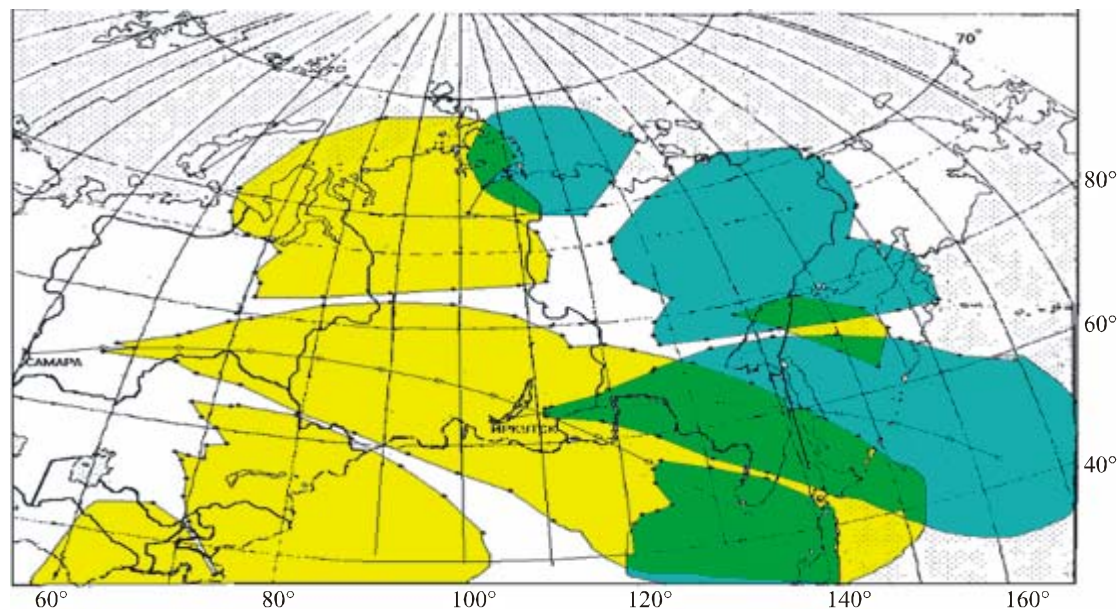
расположенным в части Тихого океана, закрашенной зеленым цветом. Использование антенн с более высоким коэффициентом усиления повлечет за собой как изменение конфигурации, так и сокращение потенциальной зоны взаимных вредных помех по сравнению со случаем использования на станциях ФС и МПС антенн ВНД-2/4. Однако изменение ориентации главного лепестка антенны станции ФС, либо изменение расстояния между передающими станциями ФС и МПС может повлечь за собой значительное расширение зоны потенциальных взаимных вредных помех.

РИСУНОК 12

## Зоны взаимных вредных помех



a)

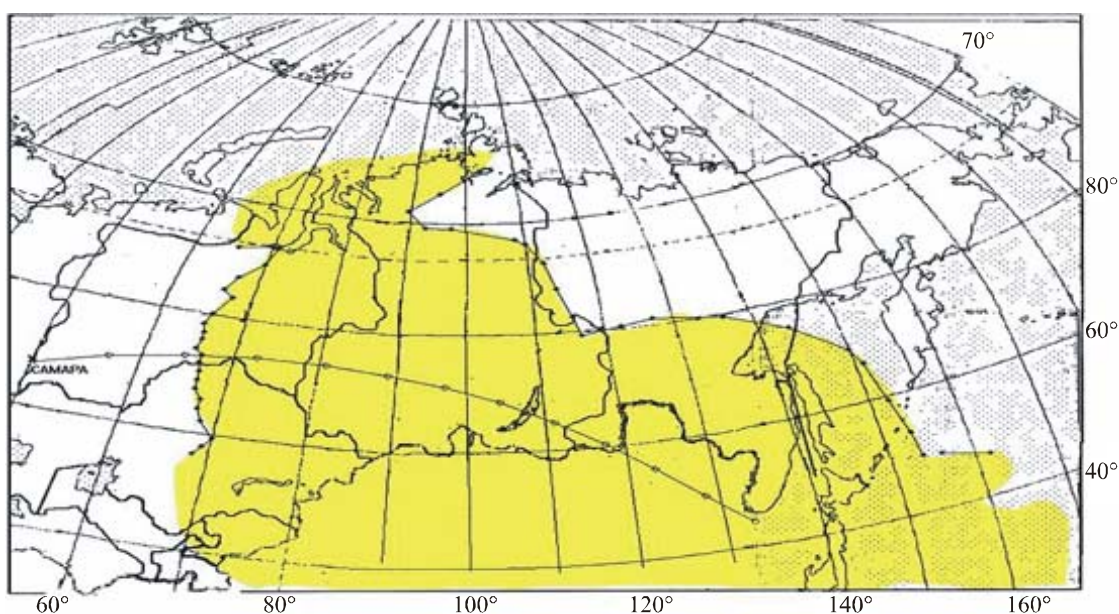


b)

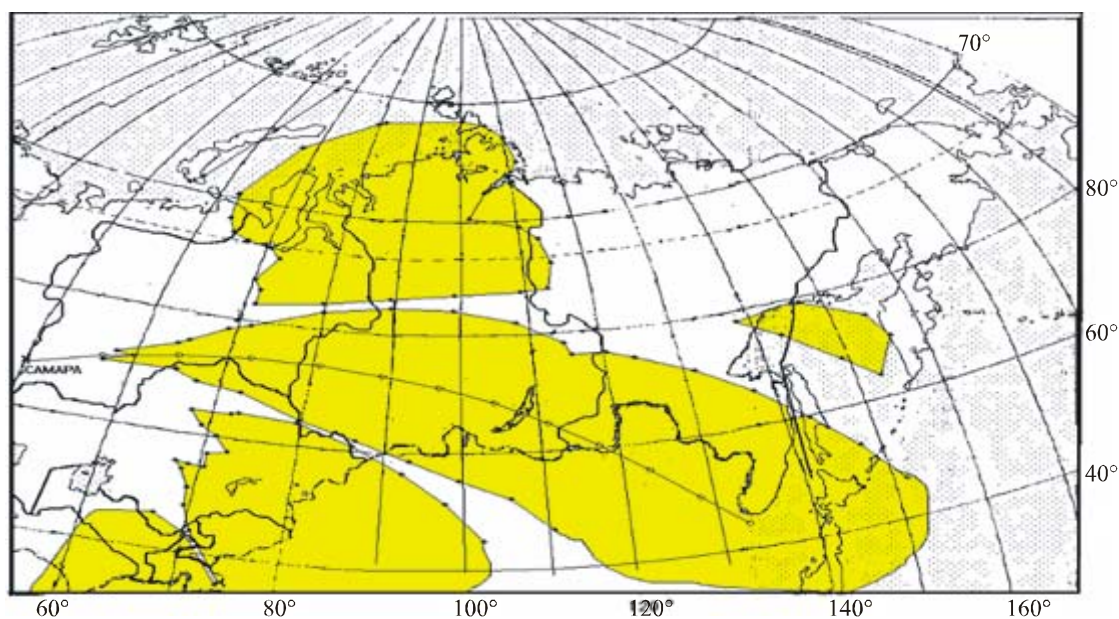
Последующий анализ ситуации, относящейся ко второму сценарию, предполагает, что передающая фиксированная станция находится в точке с координатами  $53^{\circ}13'$  с. ш. и  $50^{\circ}10'$  в. д. (Самара). Станция оснащена передающими антеннами ВНД-2/4 и ВНД-4/8 с азимутом их главного лепестка  $66^{\circ}$ . Кроме того, предполагается, что оценка выполнена в феврале в 8 часов вечера по московскому времени и при минимальном уровне солнечной активности. Число солнечных пятен предполагается равным 20. На рис. 13 желтым цветом обозначена зона, в которой передающая фиксированная станция создает электромагнитное поле напряженностью не менее 20 дБ(мкВ/м). На рис. 13 а) представлены результаты оценки для случая использования антенны ВНД-2/4, а на рис. 13 б) – для антенны ВНД-4/8.

РИСУНОК 13

Потенциальные зоны обслуживания для фиксированной станции, оснащенной различными передающими антеннами



а)



б)

Анализ полученных результатов показывает, что фиксированная станция может создавать вредные помехи работе станций МПС на значительной части российского и китайского побережья Тихого океана, на Сахалине и в Японии, а также в определенной части Северного Ледовитого океана, независимо от типа передающих антенн, используемых на этой станции.

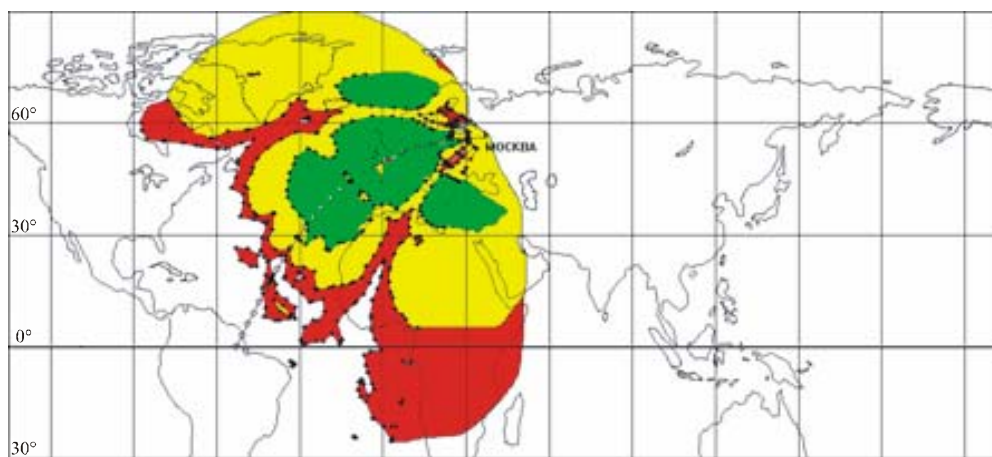
Кроме того, полученные оценки свидетельствуют о том, что в случае равной излучаемой мощности системы, работающие в ФС и МПС, будут создавать взаимные вредные помехи. Если мощность передающей станции МПС уменьшится до 5 кВт при мощности передающей станции ФС 15 кВт, то станции ФС будут создавать вредные помехи системам МПС. Так как мощность передающих фиксированных станций может достигать 80 кВт, в то время как мощность передающих станций МПС не может превышать 15 кВт (см. пп. 52.56, 52.104 и 52.143 РР), то станции ФС будут создавать вредные помехи работе систем МПС даже в том случае, если передающая мощность станций МПС будет составлять 15 кВт.

## 6 Анализ возможности совместного использования частот станциями фиксированной/подвижной и радиовещательной служб на основе их географического разнесения

Оценка возможности совместного использования частот фиксированной или подвижной и радиовещательной (РС) служб начинается с оценки размеров зон, в которых системы РС могли бы создавать вредные помехи работе других служб. При оценке предполагается наличие типовой передающей станции РС с передатчиком "Вьюга-2" (Snow storm-2), обеспечивающим выходную мощность 250 кВт, и с антенной типа ВНД-4/4. Станция расположена в точке с координатами 55°45' с. ш. и 37°37' в. д. (Москва). Станция предназначена для радиовещания на Калининградскую область и для российских посольств в странах Европы. Вследствие этого главный лепесток диаграммы направленности антенны ориентирован по азимуту 270°. Кроме того, предполагается, что оценка произведена в феврале, в 10 часов вечера по московскому времени и для частоты передачи, равной 6 МГц. Число солнечных пятен предполагается равным 70. Результаты оценки представлены на рис. 14.

РИСУНОК 14

Потенциальные зоны радиовещания и помех



Rap 2080-14

На рис. 14 показаны три зоны, отмеченные различным цветом. Зеленым цветом отмечена зона радиовещания с напряженностью поля 54 дБ(мкВ/м), желтым – зона радиовещания с напряженностью поля 40 дБ(мкВ/м), а красным – зона радиовещания с напряженностью электромагнитного поля, не меньшей, чем 30 дБ(мкВ/м).

Анализ полученных результатов показывает, что передача радиовещательных станций может создавать вредные помехи работе судовых станций, расположенных в тех областях северной и северо-восточной Атлантики, в которых уровень напряженности поля радиовещания будет составлять не менее 54 дБ(мкВ/м). Кроме того, существенные помехи могут создаваться вне этой зоны. Если принять во внимание зону радиовещания с уровнем напряженности поля не менее 30 дБ(мкВ/м), то можно сделать вывод о том, что такая радиовещательная станция может создавать

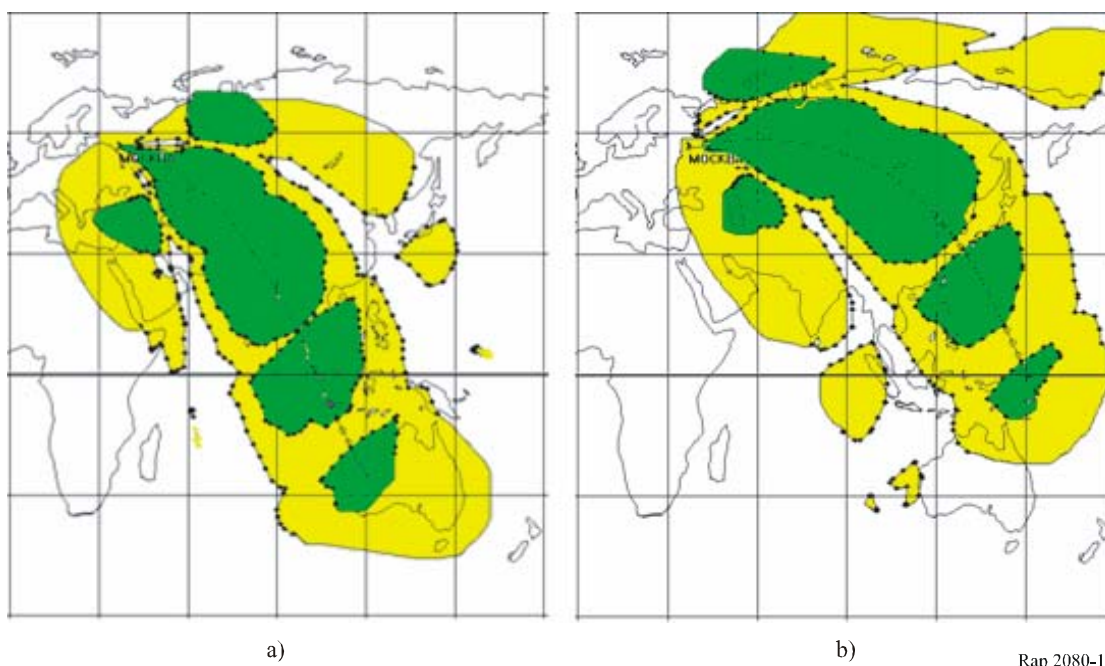


вредные помехи работе судовых станций МПС, расположенных в Атлантическом и Северном Ледовитом океанах, а также фиксированным и наземным станциям МПС, расположенным в Африке, Гренландии и в Европе.

При последующей оценке предполагается, что указанная выше радиостанция осуществляет вещание на некоторые регионы Сибири и Дальнего Востока с той же мощностью и на той же частоте. Для оценки размеров зон, связанных со станциями ФС и МПС, были выполнены расчеты по определению зоны потенциального охвата для передатчика, размещенного в той же географической точке и излучающего сигналы с такой же мощностью. Кроме того, предполагается, что оценка произведена в феврале в 10 часов вечера по московскому времени и для частоты передачи, равной 6 МГц. Число солнечных пятен предполагалось равным 70. Передающая станция была оснащена антенной типа ВНД-4/4 с ориентацией по азимутам ее главного лепестка  $110^\circ$  и  $70^\circ$ . Результаты оценки представлены, соответственно, на рис. 15 а) и 15 б).

РИСУНОК 15

**Потенциальные зоны радиовещания при использовании антенны типа ВНД-4/4**



На рис. 15 показаны две зоны, обозначенные различным цветом. Зеленым цветом отмечена зона радиовещания с напряженностью поля 54 дБ(мкВ/м), а желтым – зона радиовещания с напряженностью поля в 40 дБ(мкВ/м). Анализ полученных результатов показал, что в случае использования передающей антенны с ориентацией по азимуту ее главного лепестка  $110^\circ$ , передачи от радиовещательной станции могут приниматься не только в заданных районах, но также в Индии, Китае, Монголии, Пакистане, Австралии, на Аравийском полуострове и в некоторых частях Европы и Восточной Африки. Изменение азимута главного лепестка передающей антенны приведет к изменению расположения потенциальной зоны радиовещания и к ее расширению.

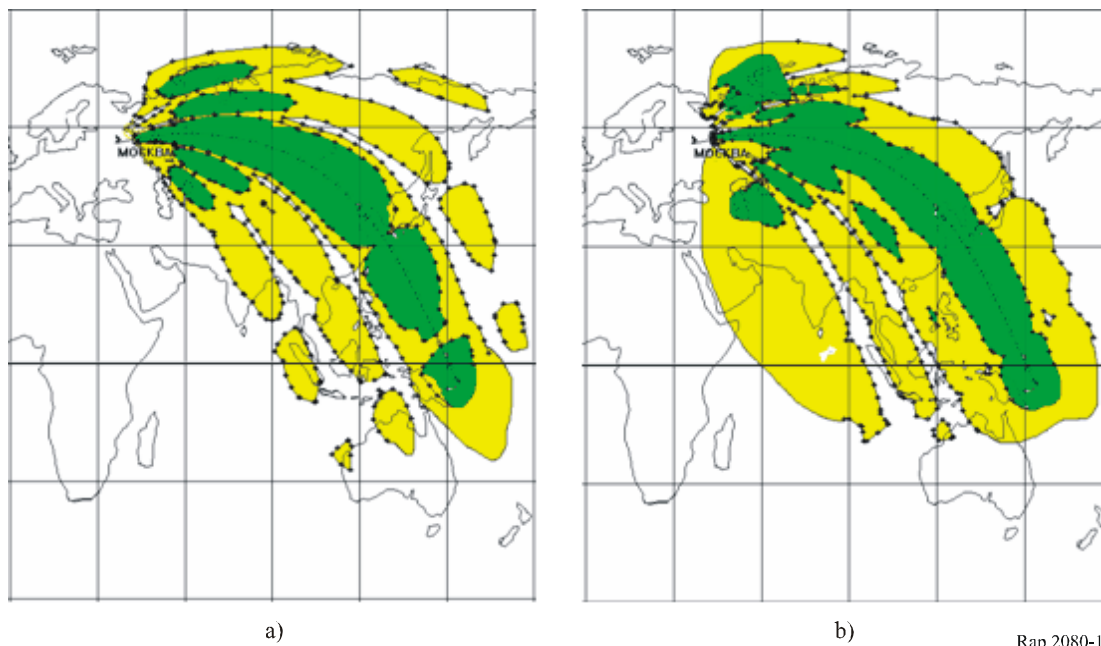
Анализ полученных результатов позволяет сделать вывод о том, что вследствие большой излучаемой мощности радиовещательные станции могут создавать вредные помехи работе фиксированных и подвижных станций, которые имеют значительно меньшую мощность передачи. Кроме того, помехи могут создаваться на территории, которая существенно превышает зону обслуживания радиовещательной станции. Поэтому концепция географического разнесения не может обеспечить совместное функционирование станций радиовещательной и фиксированной/морской подвижной служб на одной частоте.

Кроме того, была проанализирована возможность уменьшения потенциальной зоны обслуживания радиовещанием посредством использования антенн с высоким коэффициентом усиления. На рис. 16 а) представлены результаты оценки для антенны ВНД-4/8, работающей на частоте 6 МГц. Анализ полученных результатов показывает, что использование антенны ВНД-4/8 приведет к более

сложной конфигурации зоны, в которой обеспечивается прием радиовещательных программ, а не к уменьшению этой зоны. Поэтому попытки реализации совместной работы данной станции со станциями других служб на базе географического разнесения могут привести к возникновению серьезных проблем в районах, принадлежащих Индии, Китаю, Монголии, Японии, Австралии и в некоторых частях Индийского, Тихого и Северного Ледовитого океанов.

РИСУНОК 16

**Потенциальная зона радиовещания при использовании антенны типа ВНД-4/8**



Кроме того, изучался вопрос о влиянии изменения частоты на размеры зоны радиовещания. При этом была использована частота 9100 кГц и были приняты те же допущения об уровне солнечной активности, что и при выполнении оценки для антенны ВНД-4/8. На рис. 16 б) представлены результаты оценки. Анализ полученных результатов показывает, что увеличение частоты приведет к увеличению зоны охвата, в которой передачи радиовещательной станции будут создавать вредные помехи работе систем ФС и МС.

Проведенные исследования дают основания утверждать, что изменение направления радиовещания не обеспечивает возможности совместного функционирования радиовещательной службы и фиксированной/подвижной службы на базе географического и временного разделения. Использование антенн с более высоким коэффициентом усиления не обеспечивает значительного уменьшения зон потенциальных помех, но приведет к изменению уровней излучения на соответствующей территории.

### **Выводы**

Анализ результатов проведенной оценки показывает, что использование частотно-адаптивных систем для фиксированной и морской подвижной служб может привести к возникновению взаимных вредных помех, влияние которых можно ослабить за счет введения дополнительных ограничений в отношении фиксированной службы, препятствующих оптимальной работе в распределенном ресурсе частот. Таким образом, реализация сценария совместного использования частот радиовещательной и фиксированной морской подвижной службами в качестве потенциального метода выполнения требований, изложенных в п. 1.13 повестки дня ВКР-07 (Вопросы D и E), невозможна.

Условия распространения радиоволн в диапазоне частот 4–10 МГц практически не позволяют использовать антенны с узкой диаграммой направленности для решения проблемы электромагнитной совместимости между службами и могут повлечь за собой негативные последствия при реализации концепции географического разнесения.

## Приложение 2

### Спектрограммы, полученные при проведении кампаний мониторинга

#### Резюме

Группа администраций с помощью нескольких контрольных станций, расположенных в Европе, провела несколько кампаний мониторинга в диапазоне частот 4–10 МГц. Помимо автоматических сканирований полосы 200 кГц в день (спектрограммы), выполнялся также и визуальный контроль.

Сравнение результатов визуального мониторинга со спектрограммами показывает, что на записанных спектрограммах можно видеть практически все передачи в диапазоне 4–10 МГц. Однако следует отметить, что передачи с очень низким уровнем мощности или с очень короткой продолжительностью (менее 10 с) могут быть отображены не всегда.

Сравнение спектрограмм, записанных различными контрольными станциями, показывает, что различия в наблюдаемых случаях передачи невелики. Поэтому информацию, полученную на одной станции, можно рассматривать как репрезентативную для всех станций.

Несмотря на то, что дополнительные полосы частот, распределенные ВАРК-92 для радиовещательной службы, были недоступны вплоть до 1 апреля 2007 года, они уже широко используются этой службой. Кроме того, полосы-кандидаты с частотами выше 5840 кГц, определенные в Резолюции 544 (ВКР-03), также используются радиовещательной службой.

Занятость полос частот, распределенных фиксированной и подвижной службам, обычно сравнительно невысока, что предполагает возможность реализации их совместного использования с другими службами.

Использование спектра, распределенного морской службе, как правило, концентрируется в какой-то части выделенной полосы. Существуют определенные возможности для реорганизации использования этого спектра частот, особенно в полосах 8200–8350 и 8700–8815 кГц, и их совместного использования с другими службами.

Полоса 8815–9000 кГц, выделенная воздушной службе, кажется весьма недоиспользованной.

#### Введение

Для поддержки работы вышеуказанной группы администраций по подготовке материалов для п. 1.13 повестки дня ВКР-07 были организованы кампании мониторинга. Назначением данного документа является обеспечение независимой и объективной информации по использованию спектра ВЧ в полосах 4–10 МГц.

#### Контрольные станции

Расположение участвующих в мониторинге станций показано на рис. 17.

Каждая контрольная станция может принимать передачи на ВЧ с помощью земных и пространственных волн. Расстояние, на которое передаваемый ВЧ сигнал распространяется с помощью земных волн, приведено в Рекомендации МСЭ-R P.368. В ней показано, что максимальное расстояние зависит от типа почвы или земной поверхности (соленая вода, полусухая почва) и, кроме того, изменяется обратно пропорционально частоте, причем для частот диапазона 4–10 МГц оно может составлять несколько десятков километров. Прием пространственных волн зависит от ряда параметров, таких как время суток, время года, уровень солнечной активности и частота. Как правило, возможен прием сигналов, источник которых находится на расстоянии от нескольких десятков до тысяч километров от места нахождения приемника.

Таким образом, в дневное время возможен прием передач в диапазоне 4–10 МГц посредством распространения либо земных, либо пространственных радиоволн, источник которых находится на расстоянии не менее 1500 км от приемной станции. В ночное время возможен прием сигналов, источник которых может находиться как в европейском регионе, так и вне его.

РИСУНОК 17

## Расположение станций, участвующих в мониторинге



Rap 2080-17

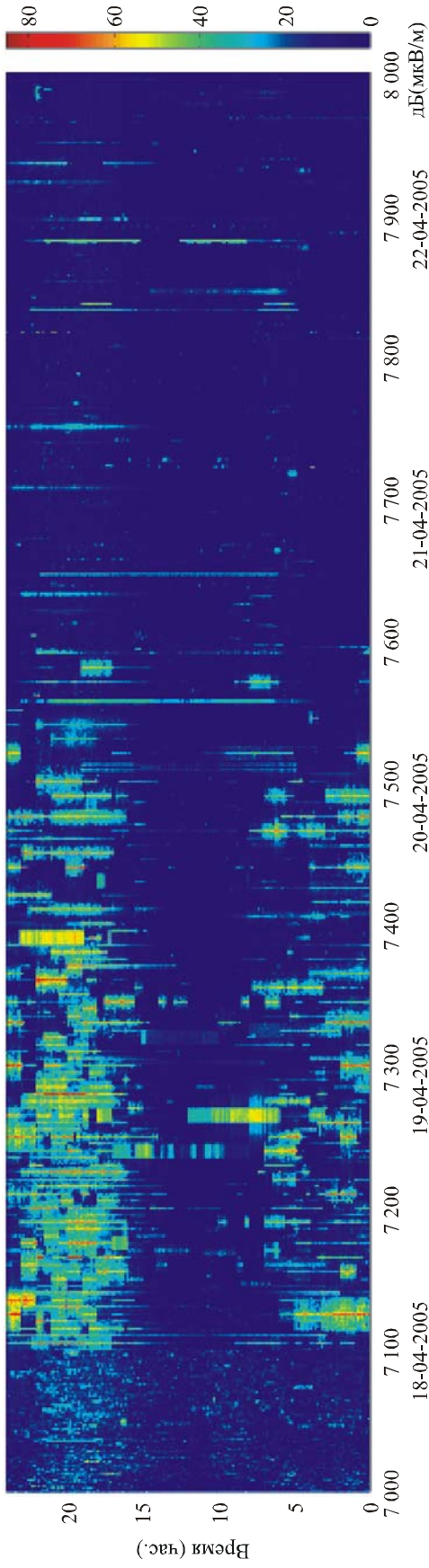
Способность обнаружения слабых сигналов зависит от чувствительности используемой приемной системы. Сравнение спектрограмм с результатами визуального мониторинга показывает, что на спектрограмме можно увидеть любой передаваемый сигнал, уровень которого превышает порог шума на приемной станции.

С учетом всех описанных выше факторов можно сделать вывод о том, что на записанной спектрограмме отображаются практически все сигналы, передаваемые в диапазоне 4–10 МГц. Однако следует заметить, что передачи с очень низким уровнем мощности или очень короткие по продолжительности (менее 10 с) не всегда могут быть видимы.

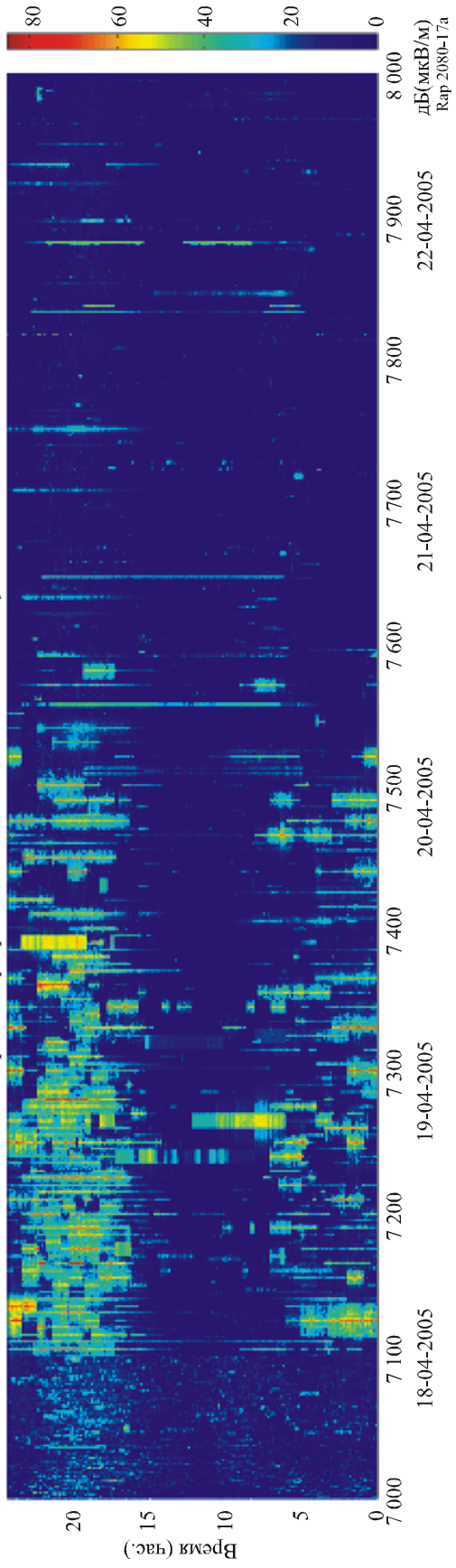
Поскольку измерения в рамках мониторинга выполнялись только на территории Европы, очевидно, что его данные не могут отражать ситуацию во всем мире. Однако в определенные часы суток при существующей низкой солнечной активности сигналы в диапазоне 6–10 МГц могут распространяться и между регионами, поэтому на спектрограмме могут быть представлены и сигналы, передаваемые из других частей мира.

Сравнение спектрограмм, записанных различными контрольными станциями, показывает, что различие в наблюдаемых передачах незначительно. Поэтому информацию, полученную на одной станции, можно рассматривать как репрезентативную для всех станций. Этот вывод иллюстрируют спектрограммы для диапазона 7–8 МГц, записанные в трех различных точках: Нера (Нидерланды), Клагенфурт (Австрия) и Бэлдок (Германия). Несмотря на то, что разница в уровне сигналов принимаемых передач безусловно имеется, общая картина различается незначительно.

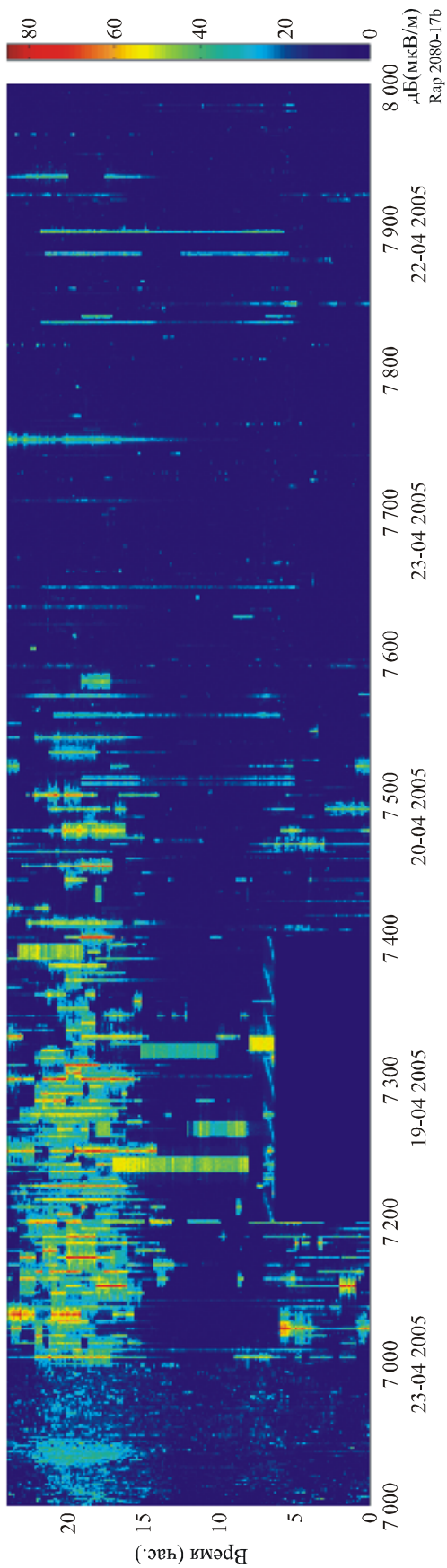
© TSO Бэлдэг, спектрограмма, дата: 18-04-2005–22-04-2005  $\Delta f = 0,4$  кГц  $\Delta t = 10$  с



© TSO Нера, спектрограмма, дата: 18-04-2005–22-04-2005  $\Delta f = 0,4$  кГц  $\Delta t = 10$  с



© TSO Клагенфурт, спектрограмма, дата: 18-04-2005-22-04-2005  $\Delta f = 0,5$  кГц  $\Delta t = 10$  с



dB(мкВ/м)  
Rep: 2080-17b

## Кампании мониторинга

Принимая во внимание различия в условиях распространения ВЧ сигналов в северном полушарии между летним и зимним периодами, было решено провести несколько кампаний мониторинга.

- Первая: 14–26 апреля 2004 г.
- Вторая: 1–13 ноября 2004 г.
- Третья: 17–27 мая 2005 г.
- Четвертая: 7–16 ноября 2005 г.
- Пятая: 15–19 мая 2006 г.

Поскольку полосы в диапазоне 4–10 МГц сканировались автоматически в сегментах по 200 кГц ежедневно, то потребовалось бы 30 дней для охвата всего диапазона с помощью одной контрольной станции. Поэтому для завершения мониторинга в приемлемые сроки, было составлено расписание по разделению контролируемых полос между группами, состоящими из 3–4 контрольных станций. В дополнение к автоматическим измерениям спектра в диапазоне 4–10 МГц производилась визуальная идентификация наблюдаемых передач в том же диапазоне частот.

Было получено и записано на CD-ROM большое количество полезных данных о занятости полос частот. Это было сделано для того, чтобы рабочие группы специалистов, как со стороны пользователей спектра, так и со стороны организаций, выполнявших мониторинг, могли и далее анализировать полученную информацию. С помощью информации, полученной при визуальном мониторинге, и измеренных спектрограмм тщательно изучаются отдельные полосы частот, которые могли быть частью решения по п. 1.13 повестки дня. В дальнейшем доступ к полной информации можно будет получить через web-сайт ERO ([www.ero.dk](http://www.ero.dk)).

Цель данного документа – обеспечить возможность предварительного просмотра некоторых измеренных спектрограмм. Предполагается, что эти спектрограммы позволят быстро и легко получить общее представление о текущей занятости полос частот для ситуации, наблюдаемой в Европе.

## Спектрограммы

Приведены спектрограммы для полосы шириной 1 МГц для диапазона 4–10 МГц. Каждая спектрограмма имеет временную шкалу 0–24 час. (вертикальная ось) и измеряется в течение 5 дней по 200 кГц в день. Дополнительная информация о методе измерения и установочных параметрах оборудования указана в Приложении 1. Следует отметить, что данные, полученные разными контрольными станциями, задействованными в кампаниях мониторинга, могут несколько отличаться из-за различий в чувствительности и динамическом диапазоне. Такие расхождения неизбежны вследствие наличия разных местных условий в местах размещения станций и использования различных типов антенн и оборудования.

Исключив ряд явно ошибочных спектрограмм, можно сделать основные выводы, не зависящие от указанных выше различий.

Поскольку кампании мониторинга проводились только с целью получения информации об использовании частот, то никаких измерений напряженности поля, требующих точного калибрования, не производилось. Однако с помощью цвета на спектрограммах отображаются уровни принимаемых сигналов начиная от темно-синего  $\approx 0$  дБ(мкВ/м) и заканчивая темно-красным  $\approx 85$  дБ(мкВ/м), что соответствует динамическому диапазону около 85 дБ. Предполагается, что при правильной установке входной чувствительности измерительного оборудования такой диапазон позволит отображать как очень слабые, так и очень сильные сигналы: например, будут четко видны как несущие некоторых очень мощных передатчиков радиовещательных станций, так и несущие маломощных передатчиков в режиме SSB и A1A, работающих в любительской службе.

Это особенно заметно на спектрограмме для диапазона 7–8 МГц, на которой могут быть четко идентифицированы сигналы от передатчиков любительской службы в полосе 7000–7100 кГц и сигналы от передатчиков РС на частотах выше 7100 кГц. Как уже отмечалось, передачи с очень низким уровнем мощности или с очень малой продолжительностью (менее 10 с) на спектрограмме не всегда отображаются.

### Результаты мониторинга

На каждой спектрограмме полосой 1 МГц в диапазоне 4–10 МГц распределения для различных служб, приведенные в Статье 5 Регламента радиосвязи, показаны вместе с основными комментариями и заключениями о занятости частот.

#### Диапазон 4–5 МГц

Участок 4200–4350 кГц этого диапазона интенсивно используется морской подвижной службой, хотя ей распределена на исключительной основе полоса 4063–4438 кГц.

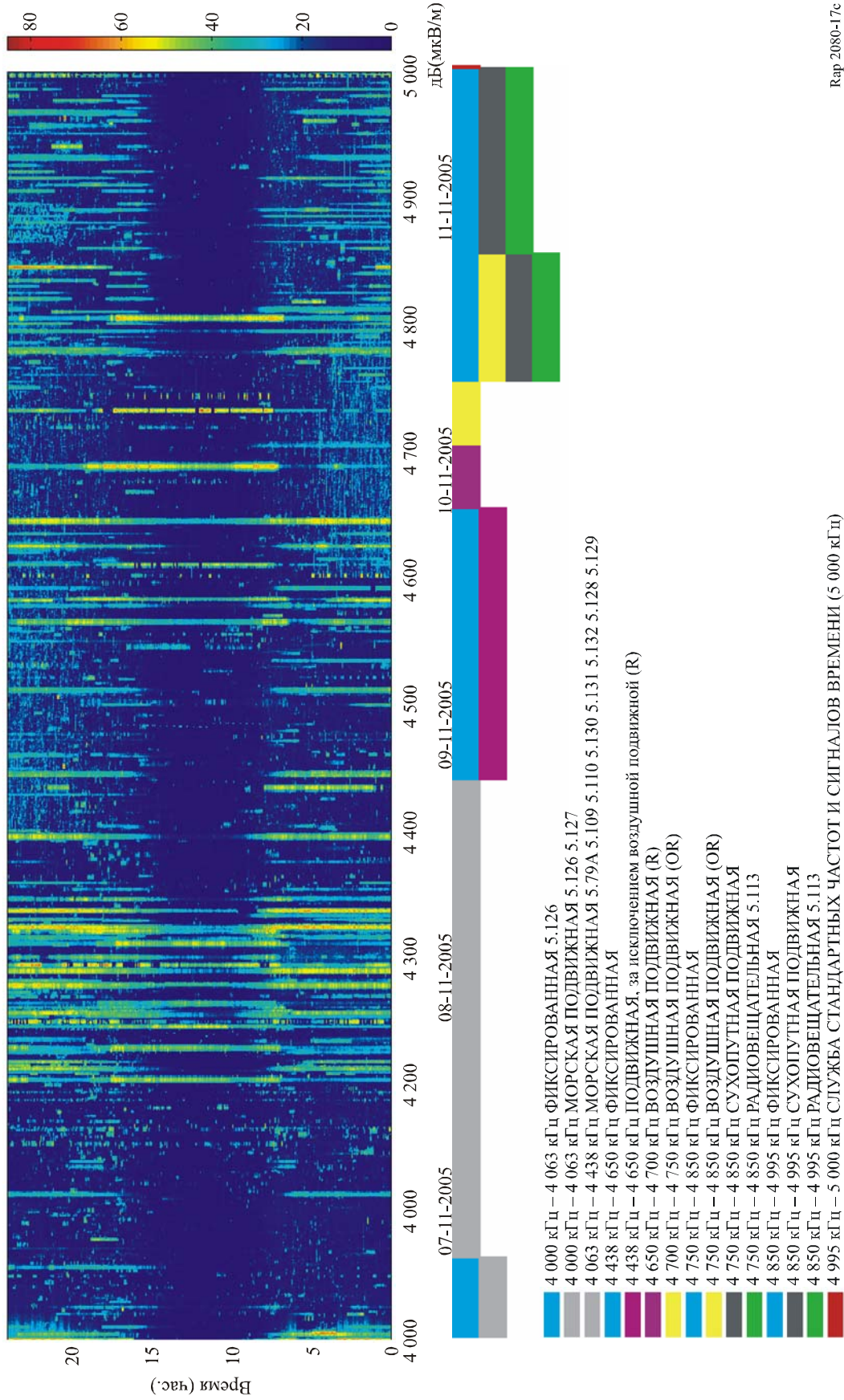
Что касается полосы-кандидата (4500–4650 кГц), определенной в Резолюции 544 (ВКР-03), то следует отметить то, что она довольно интенсивно используется фиксированной и подвижной службами. Поэтому внедрение радиовещания в этой полосе представляется затруднительным. Необходимо рассмотреть альтернативные варианты. Следует отметить, что в Районе 1 диапазон 4–5 МГц непосредственно примыкает к радиовещательной полосе 3950–4000 кГц.

Занятость данного диапазона в дневное время довольно низкая, хотя в этот период и наблюдаются случаи его использования, например, для ряда круглосуточных передач и передач малой длительности. Это соответствует теории распространения радиоволн, поскольку сигналы от сильно удаленных источников на низких частотах, ослабляются слоем D и слишком слабы, чтобы можно было их принять. Это позволяет сделать предположение о возможности применения некоторой формы повторного использования частот в одной географической зоне и/или совместного использования частот.

Однако при этом необходимо учитывать требования, предъявляемые некоторыми службами при их использовании во время кризисных ситуаций.



© FM22 Бэлок, спектрограмма, дата: 07-11-2005–11-11-2005  $\Delta f = 0,4$  кГц  $\Delta t = 10$  с



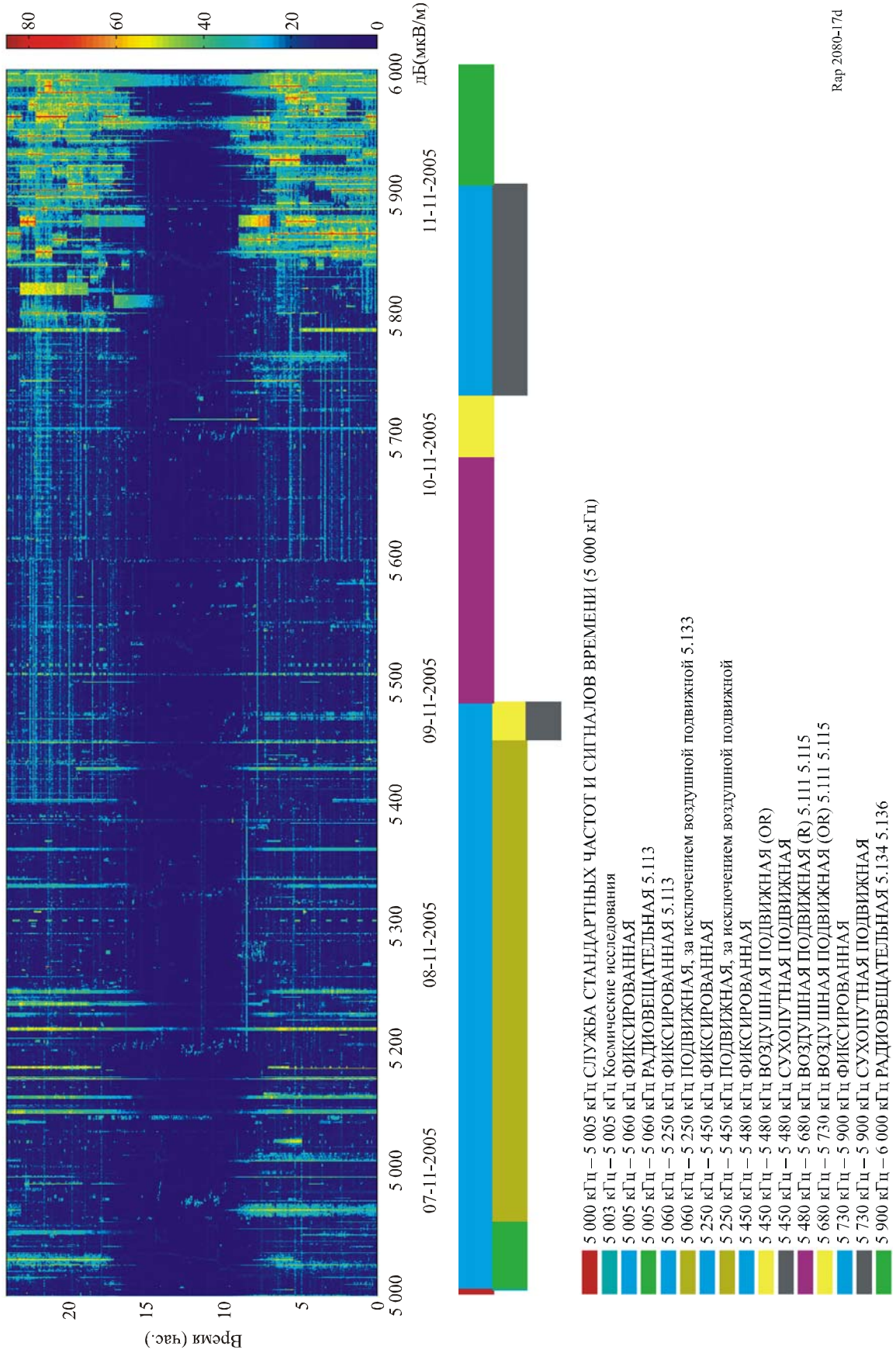
### Диапазон 5–6 МГц

Как показывают общие наблюдения, занятость полос ниже частоты 5800 кГц очень низкая. В дневное время эта небольшая занятость записывается во всей полосе. Это предполагает возможность повторного использования частот на географической основе и совместного использования частот.

В полосе-кандидате 5840–5900 кГц, определенной в Резолюции 544 (ВКР-03), уже наблюдается значительная занятость радиовещательной службой, хотя она и выходит за пределы полосы, распределенной для этой службы. В другой полосе-кандидате, 5060–5250 кГц этого диапазона, как отмечалось ранее, наблюдается определенная занятость, хотя ее общий уровень невелик.

На спектрограммах просматриваются отдельные узкополосные и очень узкополосные системы, работающие круглосуточно. Кроме того, можно идентифицировать и некоторые другие случаи использования с очень малой длительностью. В радиовещательной полосе 5950–6000 кГц, также как и в радиовещательной полосе 5900–5950 кГц, определенной на ВАРК-92, легко распознаются радиовещательные передачи с шириной полос 10 кГц. Радиовещательные передачи в режиме DRM также могут быть легко идентифицированы по признаку отсутствия центральной несущей. Они наблюдаются в основном в часы лучшего эфирного времени в утренние и вечерние часы и ночью.

© FM22 Баркана, спектрограмма, дата: 07-11-2005–11-11-2005  $\Delta f = 0,2$  кГц  $\Delta t = 10$  с



Rep 2080-17d

### Диапазон 6–7 МГц

Диапазон частот 6–7 МГц в основном занят достаточно эффективно, за исключением распределения для воздушной службы и нижней части полосы, распределенной для морской службы. Поэтому в данном диапазоне имеется немного возможностей для перераспределения частот. Однако можно рассмотреть возможность некоторых улучшений в использовании полосы морской службы.

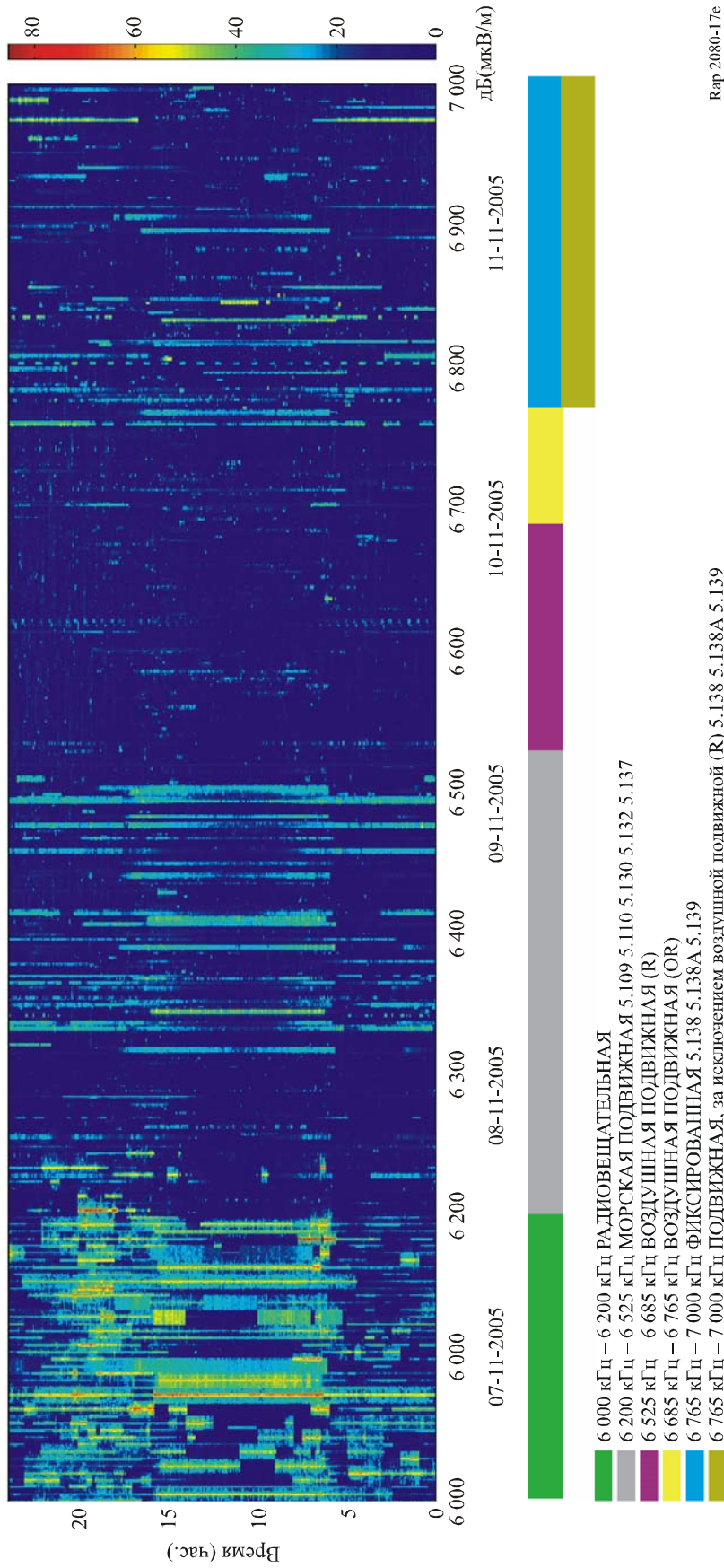
Участок 6000–6200 кГц этой полосы, распределенный радиовещательной службе, пользуется весьма интенсивно, особенно вечером и ранним утром, что соответствует лучшему эфирному времени для радиовещания. В это время на спектрограмме отчетливо просматривается перегрузка.

Полоса 6200–6525 кГц распределена морской подвижной службе, и в ней просматриваются несколько систем, работающих круглосуточно. Однако степень ее занятости не слишком высока, что предполагает возможность рассмотрения дополнительных распределений частот для совместного использования.

Полоса воздушной службы 6525–6765 кГц выглядит не очень загруженной. Полоса 6765–7000 кГц используется более интенсивно, однако и она по-видимому, загружена не полностью. И снова имеется возможность рассмотрения вопросов дополнительных распределений частот для совместного использования.

Однако при рассмотрении любых новых распределений частот для совместного использования необходимо учитывать требования, предъявляемые некоторыми службами во время маневров и во время кризисных ситуаций.

© FM22 Вена, спектрограмма, дата: 07-11-2005–11-11-2005  $\Delta f = 0,5$  кГц  $\Delta t = 10$  с



Rep 2080-17e

### Диапазон 7–8 МГц

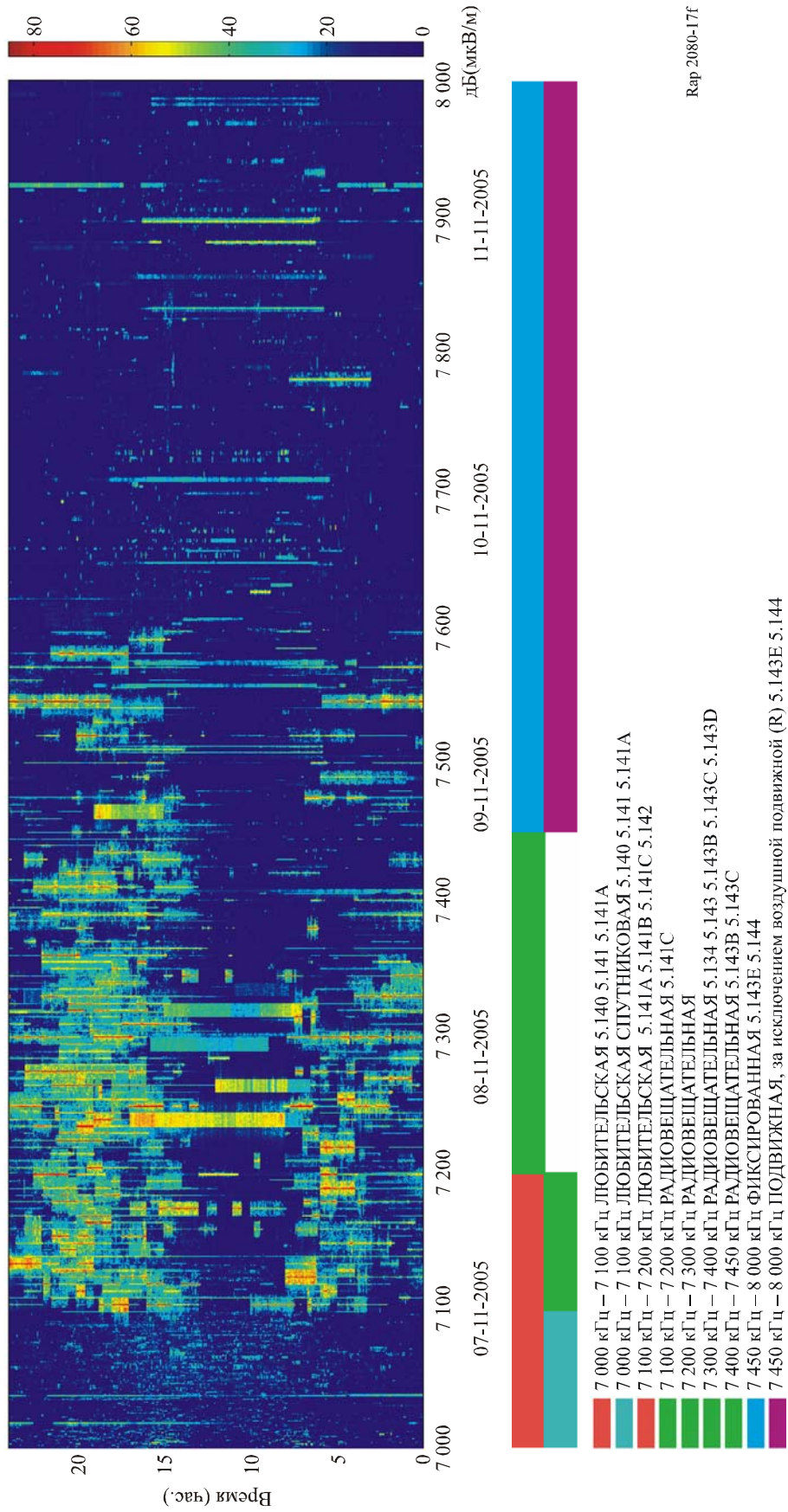
Высокая активность наблюдается в полосе 7000–7100 кГц, распределенной для любительской службы.

Радиовещательная полоса 7100–7350 кГц очень загружена в темное время суток, причем занимается не только каждый канал шириной 10 кГц, но кроме этого, в лучшие эфирные часы, утром и вечером почти каждый канал по сетке 5 кГц используется для передачи сигнала шириной 10 кГц. На спектрограмме также можно распознать несколько передач DRM (например, 7240, 7265, 7295 кГц). Следует отметить, что полоса 7100–7200 кГц в 2009 году будет распределена любительской службе, поэтому радиовещательная служба должна будет исключить свои передачи из этой полосы.

В настоящее время полоса 7350–7600 кГц присвоена фиксированной службе и сухопутной подвижной службе, однако спектрограмма показывает, что использование полосы этими службами незначительно. Очевидно, что по большей части она используется радиовещательной службой, поскольку некоторые администрации разрешают это в соответствии со Статьей 4.4 Регламента радиосвязи.

В полосе 7600–8000 кГц просматривается определенное использование со стороны фиксированной/подвижной служб. Большая доля занятости приходится на дневные часы, хотя и в ночные часы наблюдается некоторое использование. По-видимому в этой полосе можно будет разместить передачи фиксированной/подвижной служб после освобождения ими в 2009 году полосы 7350–7450 кГц в интересах радиовещательной службы.

© FM22 Клагенфурт, спектрограмма, дата: 07-11-2005–11-11-2005  $\Delta f = 0,4$  кГц  $\Delta t = 10$  с



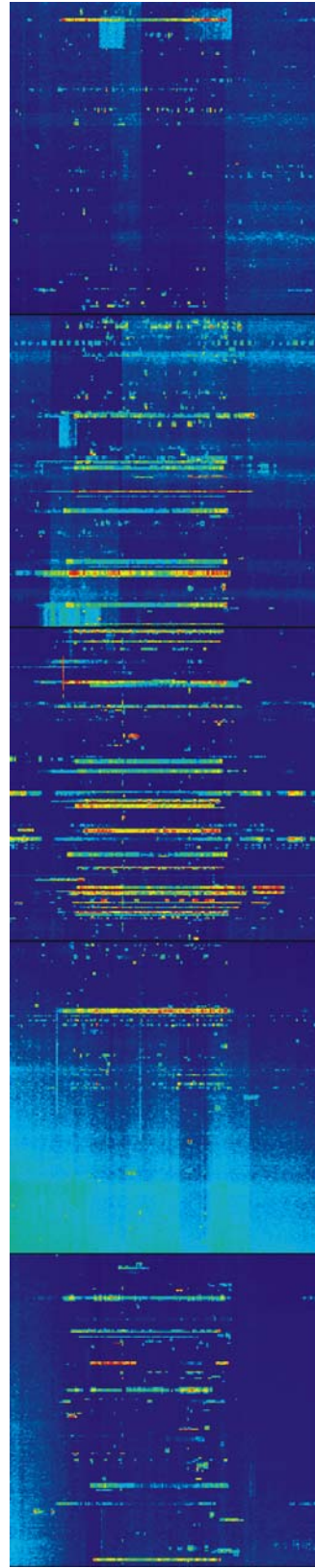
**Диапазон 8–9 МГц**

Следует отметить то, что использование спектра морской службой сконцентрировано в средней части их распределения на исключительной основе. Поэтому существует возможность перераспределения использования в этой полосе, например, полосы 8200–8350 кГц и 8700–8815 кГц могли бы использоваться другими системами морской службы.

Похоже, что полоса воздушной службы 8815–9000 используется очень неэффективно.

Так как оказалось, что основная занятость этой полосы наблюдается в дневное время, а ее общее использование невелико, имеются основания для рассмотрения предоставления ее дополнительным службам, возможно на основе разделения по времени.





Каловише, 8–9 МГц



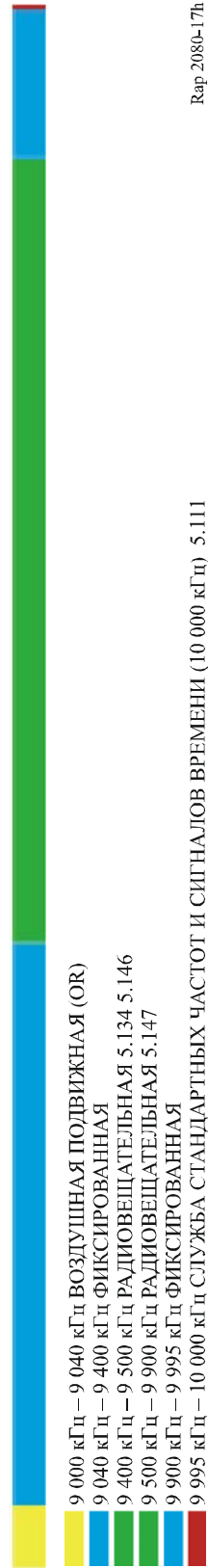
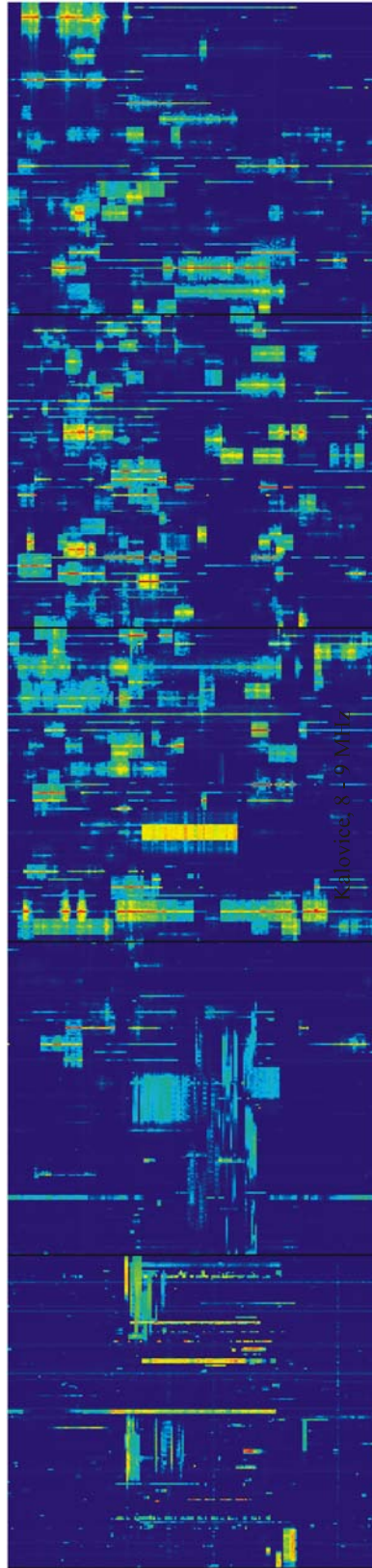
- 8 000 кГц – 8 100 кГц ФИКСИРОВАННАЯ 5.143E 5.144
- 8 000 кГц – 8 100 кГц ПОДВИЖНАЯ, за исключением воздушной подвижной (R) 5.143E 5.144
- 8 100 кГц – 8 195 кГц ФИКСИРОВАННАЯ
- 8 100 кГц – 8 195 кГц МОРСКАЯ ПОДВИЖНАЯ
- 8 195 кГц – 8 815 кГц МОРСКАЯ ПОДВИЖНАЯ 5.109 5.110 5.132 5.145 5.111
- 8 815 кГц – 8 965 кГц ВОЗДУШНАЯ ПОДВИЖНАЯ (R)
- 8 965 кГц – 9 000 кГц ВОЗДУШНАЯ ПОДВИЖНАЯ (OR)

Rep 2080-17g

**Диапазон 9–10 МГц**

Полосы, распределенные радиовещательной службе, то есть вся полоса 9400–9900 кГц, интенсивно используется в течение всего дня, однако наибольшая интенсивность приходится на вечерние часы наилучшего эфирного времени. Несколько радиовещательных передач также отмечено в кандидатной полосе 9900–9940 кГц.

Кандидатная полоса 9290–9400 кГц, определенная в Резолюции 544 (ВКР-03), частично занята отдельными системами, однако представляется возможным перевести их в другую часть спектра, распределенного для фиксированной службы. Широкополосные излучения принадлежат радиолокационной службе, которая должна вывести их из этой полосы.



- 9 000 кГц – 9 040 кГц ВОЗДУШНАЯ ПОДВИЖНАЯ (ОР)
- 9 040 кГц – 9 400 кГц ФИКСИРОВАННАЯ
- 9 400 кГц – 9 500 кГц РАДИОВЕЩАТЕЛЬНАЯ 5.134 5.146
- 9 500 кГц – 9 900 кГц РАДИОВЕЩАТЕЛЬНАЯ 5.147
- 9 900 кГц – 9 995 кГц ФИКСИРОВАННАЯ
- 9 995 кГц – 10 000 кГц СЛУЖБА СТАНДАРТНЫХ ЧАСТОТ И СИГНАЛОВ ВРЕМЕНИ (10 000 кГц) 5.111

Rep 2080-17h

### Методика измерений

Было согласовано, что при сборе необходимых данных будут использоваться различные оборудование и антенны.

Проводилось обсуждение касательно точности измерения напряженности поля и необходимости использования калиброванных антенн. Было решено, что основным требованием в этой связи должно быть установление факта использования частоты, а не необходимость точных измерений уровня напряженности поля до тех пор, пока результаты измерений имеют приемлемую точность, позволяющую предоставить требуемую информацию в течение достаточно короткого периода времени.

Значения установочных параметров должны быть по возможности ближе к значениям, определяемым общими стандартами и указанным ниже:

Параметр	Идеальные установки	Комментарии
Полоса просмотра	200 кГц	При необходимости значение может быть уменьшено до 100 кГц или менее
Количество шагов	500 (или 1 000)	> 400 значений
Размер шага или единичный шаг	400 (или 200) Гц	200 кГц/500 шагов
Полоса пропускания фильтра	500 (или 250) Гц	Просто должна быть больше размера шага
Время развертки	10 с	Минимум 10 с для ограничения количества получаемых данных.
Антенна	Всенаправленная	
Ослабление	0 или 10 дБ	В зависимости от местных условий
Уровень РЧ	В соответствии с требованиями	Учитывает максимальный ожидаемый уровень сигнала
Детектор	Детектор средних значений	

Для проведения измерений спектра могут использоваться анализаторы спектра или приемники, а значения установочных параметров необходимо настроить в соответствии с требуемыми условиями.

## Приложение 3

### Анализ особых условий совместного использования частот в диапазоне 4–10 МГц

#### Предисловие

Существует множество документов, посвященных особым условиям совместного использования частот в диапазоне 4–10 МГц. Был проведен большой объем инициированных регламентарными органами работ, целью которых являлись анализ существующих условий совместного использования частот, определенных в Регламенте радиосвязи, и попытки применить их для дополнительного использования частот на совместной основе. Кроме того, была проведена дискуссия по основным методам совместного использования частот и критериям защиты с анализом конкретных потребностей служб.

Этот анализ учитывает конкретные технические ситуации, характеризующиеся долгосрочным конфликтом между действующими службами в части потребностей в спектре в диапазоне 4–10 МГц. Анализ был направлен на расширение совместного использования частот на равной первичной основе фиксированной и подвижной службами наряду с совместным использованием имеющихся распределений морской подвижной и радиовещательной служб. Кроме того, исследовался вопрос использования метода почти вертикального падения пространственной волны (NVIS) одной службой для обеспечения ее совместного функционирования с другой службой.

В процессе анализа тщательно исследовались методы частотной адаптации. Примеры совместного функционирования служб, имеющиеся в этом документе, представляют информацию об условиях совместного использования частот в ситуациях, когда перегрузка по числу пользователей снижает выигрыш от использования методов частотной адаптации или неадаптивных ВЧ систем. Хотя администрации развитых стран активно применяют адаптивные ВЧ системы, некоторые из них продолжают широко использовать неадаптивные системы, а администрации развивающихся стран используют почти исключительно их.

Перегрузка по числу пользователей в типовой сети с частотной адаптацией имеет место в том случае, когда число пользователей в сети превышает возможности резерва частот сети по обеспечению необходимыми для передачи в данное время суток спектральными ресурсами. Кроме того, она наблюдается в случае наличия конкуренции между пользователями адаптивных и неадаптивных систем, между адаптивными и неадаптивными сетями, в которых используется оборудование различных поколений, а также адаптивными и неадаптивными сетями с различными системными характеристиками (например, между различными службами). Из указанных выше четырех причин первые две (перегрузка сети по числу пользователей и конкуренция между пользователями адаптивных и неадаптивных систем) создают наибольшие проблемы, однако общая перегрузка по частоте усугубляется последними двумя причинами (адаптивные системы различных поколений и использование различных системных характеристик (особенно ширины полосы, больших различий в требуемом отношении сигнал/шум и в уровнях сигнала)). Следствием перегрузки сети является работа групп пользователей на одной частоте в одной зоне охвата из-за недоступности индивидуальных частот для исключительного использования отдельными службами в любое время суток. В данном документе анализируются подобные случаи.

### **Введение**

Использование адаптивных ВЧ систем обеспечивает преимущества двух типов:

Преимущество первого типа имеет место в том случае, когда линия связи между двумя станциями, образуемая за счет отражения от ионосферы, имеет протяженность от небольшой до средней (один скачок) и однородные условия распространения. В такой ситуации адаптивные ВЧ системы обеспечивают наивысшую частоту из максимальных применимых частот (МПЧ) (называемую оптимальной частотой); при этом система настраивается на использование самой низкой из возможных мощностей. Это позволяет получить наиболее эффективный канал передачи и, как правило, достичь очень высокого качества приема.

Преимущество второго типа имеет место в том случае, когда линия связи между двумя станциями, образуемая за счет отражения от ионосферы, имеет протяженность от большой до очень большой (два-три скачка) и разнородные условия распространения, что обусловлено относительными различиями во времени суток, атмосферных условиях и т. п. В такой ситуации адаптивные ВЧ системы находят частоту, которая имеет наилучшие условия распространения и нередко обеспечивает более высокую мощность в канале. Несмотря на меньшую по сравнению с регламентируемой обычными стандартами эффективность, это позволяет установить ВЧ канал в ситуациях, при которых данная задача обычно невыполнима ни согласно моделям прогнозирования ВЧ, ни с любой другой технологией использования одной радиочастоты. Кроме того, адаптивная ВЧ система позволяет реализовать сети межконтинентальной связи, которые нереализуемы с помощью других средств.

Очень важно понимать, что условия совместного использования частот разными службами определяются местоположением приемников и в крайне редких случаях – местоположением передатчиков. Если составляющая земной волны от передатчика не попадает в точку нахождения приемника другой службы (как правило, так оно и есть), совместное использование частот определяется только местоположением приемника. В чрезвычайно больших зонах охвата (охват растет экспоненциально с каждым скачком), которые обеспечиваются ВЧ системами, использующими технологию отражения от ионосферы, условия совместного использования одной частоты являются общими для смешанных служб, поскольку зона покрытия даже хороших (направленных) антенн по ширине может составлять от сотен до тысяч километров (в зависимости от числа анализируемых скачков). Хотя, например, радиовещательная служба может обеспечить покрытие для своих пользователей с помощью только одного скачка (для обеспечения требуемого качества), сигнал будет продолжать распространяться и дальше, сделав несколько скачков с таким уровнем сигнала, который может создать значительные помехи работе других служб, если они работают на той же частоте.

Чтобы лучше понять, что показывает кривая эффективности в случае использования адаптивных сетей, рассмотрим пример типовой сети 2G ALE.

## Сеть 2G ALE

В данном примере приводятся характеристики типовой сети 2G ALE (группа пользователей) и анализируется степень занятости пользователей, которая позволяет определить максимально допустимое число пользователей, превышение которого приведет к потере эффективности.

### Резерв частот

Резерв из 10 частот, разбросанных по спектру ВЧ, совместно используется различным количеством станций 2G ALE. Для упрощения допустим, что 10 выбранных частот находятся в полосах, распределенных воздушной подвижной службе, и представляют собой возможный набор частот для комбинации длинных и коротких трасс во время низкой солнечной активности: 3,1; 4,7; 5,7; 6,7; 7,3; 9,0; 11,2; 13,2; 15,0 и 18,0 МГц.

### Передачи

Данные о трафике и статистика служебных передач сети ALE приведены ниже:

- 1 Каждый радиопередатчик ALE излучает сигналы в каждом канале в течение 10 с, один раз в час.
- 2 В среднем каждая станция производит один вызов в час:
  - a) Продолжительность каждой попытки вызова ALE составляет 10 с.
  - b) Каналы испытываются согласно измеренному качеству линии связи.
  - c) Вызовы не направляются по каналам, которые были идентифицированы как занятые; такие каналы маркируются для повторной попытки, если вызов в любом другом канале завершить не удалось. Если при повторной попытке канал опять оказался занятым, то вызов не выполняется.
  - d) Средняя длительность речевого трафика после установления соединения составляет 73 с (типичное значение для большой речевой сети ALE).

### Анализ распространения радиоволн

Анализ распространения по этим трассам проводился с использованием программы ICERAC в июле при усредненном числе солнечных пятен, равном 10. Время анализа ограничивалось 20.00–22.00 часами UTC.

Были заявлены частоты, которые можно было использовать для передачи речевого трафика при условиях, когда медианное значение отношения сигнал/шум (SNR) составило не менее 10 дБ в полосе 3 кГц. На рис. 18 для каждого примера линии связи указаны частоты, используемые на линиях такой длины и направления.

### Анализ занятости каналов

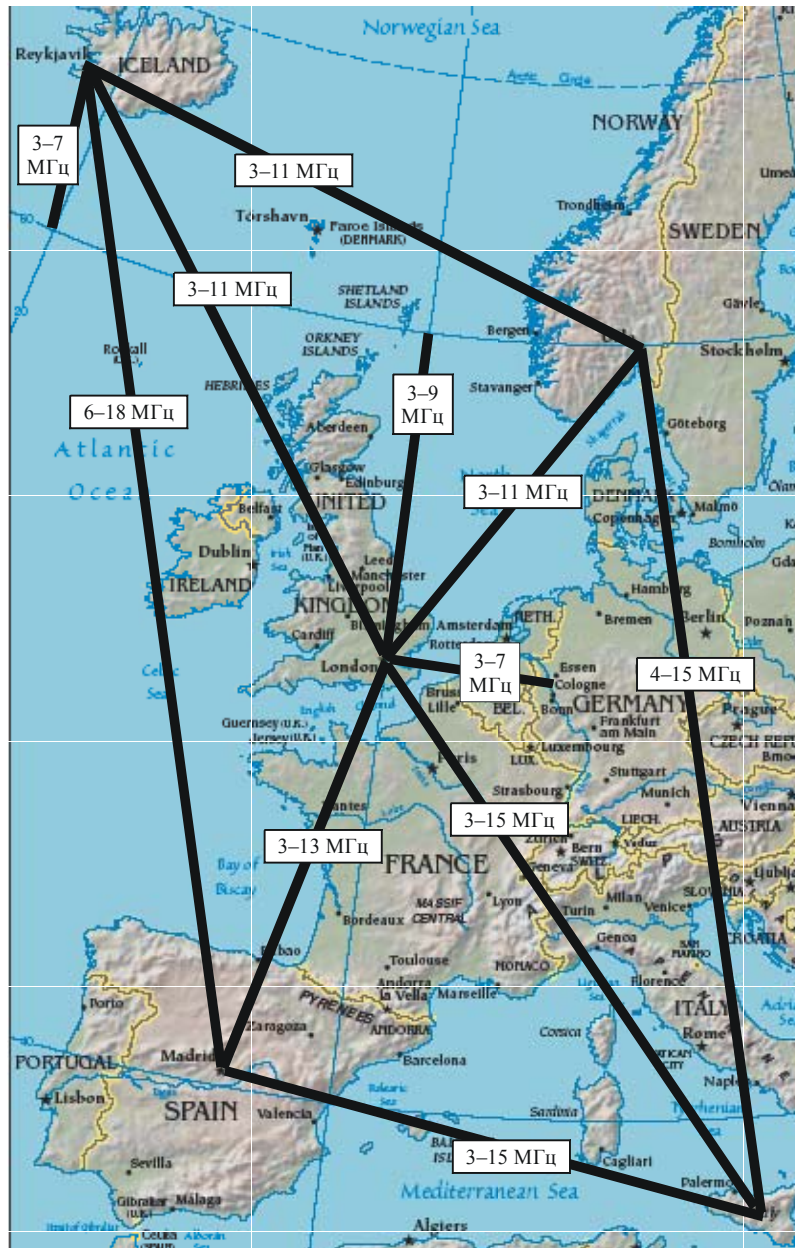
Каждой излучающей станции ALE в каждом канале будет соответствовать нагрузка, равная 10 с/ч (0,28%).

Нагрузка трафика для каждой станции включает два компонента: установление канала связи и речевой трафик. Если для исключения попыток вызовов в занятых каналах эффективно используется функция "прослушивание перед передачей" (и игнорирование вызовов потенциально скрытых станций), то каждый речевой вызов обеспечит один успешный вызов ALE (возможно через несколько секунд прослушивания занятых каналов), за которым последует обмен речевой информацией. Это будет соответствовать нагрузке трафика порядка 83 канало-секунд в час (2,31% для одного канала) на активную станцию.

Если для каждого вызова доступны 11 видов трасс (длина и ориентация) и если все они равновероятны, то вероятность выбора каждого из них составляет 9,1%. Среди этих видов трасс к наиболее ограниченной категории относятся самые короткие трассы, для которых могут использоваться только пять частот. Таким образом, пять самых низких частот окажутся наиболее перегруженными, поэтому именно они будут ограничивать полезный размер сети.

РИСУНОК 18

Примеры линий связи и используемые частоты  
(июль, SSN 10, 20.00–22.00 час.)



Rap 2080-18

Если мы сначала будем рассматривать размещение вызовов только одной станции, то простейшая модель занятости канала предполагает равную вероятность выбора каждого вида линии связи и равную вероятность выбора любой из частот, которые могут использоваться для этой трассы. Полученные при этом значения вероятностей выбора канала и общих коэффициентов использования каналов приведены в таблице, ниже:

ТАБЛИЦА 1

Вероятность выбора частоты и коэффициент использования каналов

Частота (МГц)	3,14	4,72	5,71	6,72	7,33	9,02	11,23	13,22	15,04	18,00
Вероятность выбора канала	9,6%	10,7%	15,2%	15,2%	15,2%	11,6%	10,1%	6,9%	4,3%	1,1%
Коэффициент использования канала	0,50%	0,53%	0,63%	0,63%	0,63%	0,54%	0,51%	0,44%	0,38%	0,30%

При увеличении числа активных станций коэффициент использования каналов сначала будет возрастать по линейному закону, пока на заметном временном интервале вызывающие станции не начнут сталкиваться со случаями занятости каналов. Как только это произойдет, станции, которые первоначально для первой попытки вызова выбирают более популярную частоту, выберут для установления вызова менее популярную частоту, что приведет к постепенному распределению трафика по всем рабочим частотам. Верхний предел коэффициента использования канала можно определить, предположив, что подобного распределения трафика не происходит. При таком консервативном предположении мы получим, что в отдельной пользовательской сети перегрузка на частотах от 5 до 7 МГц:

- незначительная для 10 станций (коэффициент использования каналов составляет 6%);
- заметная для 20 станций (коэффициент использования каналов достигает 13%);
- значительная для 50 станций (коэффициент использования каналов достигает 31%).

Как видно из результатов данного анализа, группа пользователей из 50 или более станций создает значительную перегрузку. Поэтому типовая группа пользователей должна быть ограничена 20 или меньшим числом станций. Однако это может привести к общей перегрузке, поскольку в таком случае создается больше групп пользователей и возникает конкуренция в части использования одних и тех же спектральных ресурсов всякий раз, когда для дополнительных служб требуются определенные участки спектра для совместного использования. Если новые службы (например, радиовещательная служба) реализованы на базе адаптивных методов другого поколения, то это обычно приводит к принятию в более совершенных системах ложного решения о перегрузке, так как в них используется моделирование с предсказанием вместо активных измерений на основе трафика. Это означает, что более совершенные системы не конкурируют в отношении каналов, помеченных как активные (коэффициент использования которых превышает 20%). Увеличение числа частот в резерве частот для группы пользователей позволяет увеличить ее размер, однако при этом уменьшается спектр, что при наличии конкуренции между несколькими группами пользователей также приводит к увеличению перегрузки.

#### **Предлагаемые условия совместного использования частот**

Было высказано предположение о том, что возможно увеличение числа случаев совместного использования частот системами фиксированной/подвижной служб, а также внедрение в фиксированную и/или подвижную службы режима совместного использования частот с радиовещательной службой. В настоящее время известны примеры совместного использования частот различными службами, однако при этом следует учитывать реальное использование этих полос частот:

#### **Совместное использование частот с радиовещательной службой**

Фиксированная и подвижная службы согласно Регламенту радиосвязи используют спектр на совместной основе с радиовещательной службой. На практике в примечаниях, относящихся к совместному использованию частот этими службами, фиксированной и/или подвижной службам полосы в диапазоне 4–10 МГц выделены на вторичной основе по отношению к радиовещательной службе. Большинство случаев совместного использования частот с радиовещательной службой, разрешенных в Регламенте радиосвязи, относится к экваториальным полосам с жесткими ограничениями на работу фиксированной и/или подвижной служб. Вне экваториальных полос имеются случаи некоторого ограниченного совместного использования частот, однако почти во всех из них определенные жесткие ограничения налагаются на работу фиксированной/подвижной служб. В некоторых районах имеется несколько примеров, когда радиовещательная служба и фиксированная/подвижная службы используют общий спектр на равной первичной основе, однако это скорее исключение из правил, определенных в Регламенте радиосвязи. В Районе 2 нет случаев совместного использования частот радиовещательной и фиксированной/подвижной службами на равной первичной основе.

#### **Совместное использование частот фиксированной и подвижной службами**

В Регламенте радиосвязи имеется множество примеров распределения частот для фиксированной и подвижной служб на равной первичной основе. Однако на практике, если только системы не предназначены для поддержки работы друг друга (весьма редкая ситуация), администрации должны принимать меры для предотвращения совместного использования одной частоты. Такая структура приводит к разбиению спектра между службами на отдельные части, занимаемые только станциями либо фиксированной, либо подвижной служб. Это имеет место и при применении адаптивных методов, поскольку разница в относительной мощности делает почти невозможным совместное использование частот станциями подвижной и фиксированной служб в одной и той же зоне приема.



## Анализ

С помощью программы VOACAP был проведен анализ различных ситуаций совместного использования частот. Эта программа была разработана с использованием данных мониторинга и является развитием и модификацией программы ICESAP, на базе которой 3-й Исследовательской комиссией радиосвязи была создана используемая в настоящее время модель распространения. Программа VOACAP служит основой для взаимодействия между РГ 9С и 3L, осуществляющими разработку рекомендации по более совершенной модели распространения.

Проведенный ниже анализ отношения сигнал/помеха по программе VOACAP учитывает сглаженное число солнечных пятен (10) и позволяет получить данные о средней вероятности распространения для любого времени суток и по всем месяцам (365 дней, все часы каждого дня). Это позволяет гарантировать, что сценарий наихудших условий использоваться не будет и что можно получить информацию о возможной ситуации помех в зависимости от месяца года, времени суток или аномальности солнечной активности. Однако этот метод дает реалистичную картину потенциальных помех между службами в тех случаях, когда используется одна частота и перекрытие зон охвата в месте приема.

При анализе различных случаев использовалось минимальное требуемое отношение сигнал/шум. В частности, в случае фиксированной службы имеются каналы со значительно более высоким требуемым отношением сигнал/шум, которые, по расчетам, имеют место в то время, когда атмосферные условия позволяют обеспечить вероятность установления соединения порядка 80% или 90% при коэффициенте надежности не менее 50%. В таких случаях мешающие сигналы от другой службы будут особенно заметны, поскольку подобные условия обычно имеют место не чаще, чем раз в месяц и не каждый месяц.

### **1 Помехи, создаваемые фиксированной службой работе морской подвижной службы на частоте 4,3 МГц**

Потенциальные помехи от линии фиксированной связи между Норфолком, VA, и Сан-Диего, CA  
Полезная линия связи из Гонолулу, HI, на платформу морской службы в 20 км от Сан-Диего, CA

#### **Полезный передатчик:**

Мощность 10 кВт подается в несимметричный четвертьволновый вибратор, установленный на площадке с почвой плохой проводимости (антенна типа SAMPLE.32, почва с диэлектрической постоянной = 4 и проводимостью = 1 мСм)

#### **Мешающий передатчик:**

Мощность 5 кВт подается в горизонтальную лог-периодическую антенну, установленную на площадке с почвой средней проводимости (антенна типа SAMPLE.05, почва с диэлектрической постоянной = 13 и проводимостью = 5 мСм)

#### **Приемник:**

Четвертьволновый несимметричный вибратор над морской поверхностью (антенна типа SAMPLE.32, почва с диэлектрической постоянной = 80 и проводимостью = 5000 мСм)

#### **Внешние условия:**

7,5 МГц, промышленные помехи  $-164$  дБ(Вт/Гц) на частоте 3 МГц (уровень шумов, соответствующий сельской местности) в месте приема

#### **Канал связи морской подвижной службы**

Готовность канала передачи данных – требуемое отношение сигнал/шум 18 дБ

Готовность аналогового канала – требуемое отношение сигнал/шум 15 дБ

Готовность цифрового канала – требуемое отношение сигнал/шум 9 дБ

В таблице 2 представлены выраженные в процентах значения вероятности установления полезного канала в заданный месяц при конкретном требуемом отношении сигнал/шум и для конкретного уровня надежности. Предполагается, что наименьший уровень надежности в данный месяц составляет 50%, в противном случае нельзя гарантировать возможность обеспечения надежного канала между станциями. Как видно из таблицы 2, если во внимание принимаются все часы суток и

все месяцы года, то вероятность установления канала невелика. Однако в некоторые отдельные часы суток или в отдельные месяцы надежность выше, при этом имеет место соответствующее снижение готовности канала. Таким образом, данные, представленные в таблице 2, хорошо отражают вероятность поддержания канала при данном требуемом отношении сигнал/шум. Естественно, что выбор частоты также играет важную роль, поэтому данные, приведенные в таблицах 2 и 3, представляют собой усредненные значения вероятностей, относящиеся к данной полосе частот. В определенные часы суток значения вероятностей могут варьироваться в широких пределах, однако имеется корреляционная зависимость между полезным и мешающим сигналами.

ТАБЛИЦА 2

## Надежность канала для заданного месяца

Надежность канала для заданного месяца									
Требуемое значение сигнал/шум	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%
18 дБ	0,00%	0,00%	0,58%	6,48%	18,17%	28,82%	42,48%	47,80%	50,46%
15 дБ	0,00%	0,35%	7,18%	21,30%	38,19%	46,18%	48,61%	50,46%	51,62%
9 дБ	1,27%	24,19%	45,02%	48,38%	49,88%	51,04%	51,62%	52,78%	54,40%

ТАБЛИЦА 3

## Среднее снижение готовности канала

	Требуемое значение сигнал/шум	Снижение готовности (%)
Среднее снижение готовности канала передачи данных	18 дБ (C/I+N)	28,41
Среднее снижение готовности аналогового канала	15 дБ (C/I+N)	36,37
Среднее снижение готовности цифрового канала	9 дБ (C/I+N)	44,08

## 2 Помехи, создаваемые морской подвижной службой работе фиксированной службы на частоте 5,8 МГц

Потенциальные помехи от судовой станции в Гонолулу, HI, на платформу морской службы в 20 км от Сан-Диего, CA

Полезная линия фиксированной связи из Норфолка, VA, в Сан-Диего, CA

### Полезный передатчик:

Мощность 5 кВт подается в горизонтальную лог-периодическую антенну, установленную на площадке с почвой средней проводимости (антенна типа SAMPLE.05, почва с диэлектрической постоянной = 13 и проводимостью = 5 мСм)

### Мешающий передатчик:

Мощность 10 кВт подается в несимметричный четвертьволновый вибратор, установленный на площадке с почвой плохой проводимости (антенна типа SAMPLE.32, почва с диэлектрической постоянной = 4 и проводимостью = 1 мСм)

### Приемник:

Горизонтальная лог-периодическая антенна, установленная на площадке с почвой средней проводимости (антенна типа SAMPLE.05, почва с диэлектрической постоянной = 13 и проводимостью = 8 мСм)

**Внешние условия:**

5,8 МГц, промышленные помехи  $-144$  дБ(Вт/Гц) на частоте 3 МГц (уровень шумов, соответствующий жилому району) в месте приема

**Канал связи фиксированной службы**

Готовность канала передачи данных – требуемое отношение сигнал/шум 18 дБ

Готовность аналогового канала – требуемое отношение сигнал/шум 15 дБ

Готовность цифрового канала – требуемое отношение сигнал/шум 9 дБ

В таблице 4 представлены выраженные в процентах значения вероятности установления полезного канала в заданный месяц при конкретном требуемом отношении сигнал/шум и для конкретного уровня надежности. Предполагается, что наименьший уровень надежности в данный месяц составляет 50%, в противном случае нельзя гарантировать возможность обеспечения надежного канала между станциями. Как видно из таблицы 4, если во внимание принимаются все часы суток и все месяцы года, то вероятность установления канала является средней. Однако в некоторые отдельные часы суток или в отдельные месяцы надежность выше, при этом имеет место соответствующее снижение готовности канала. Таким образом, данные, представленные в таблице 4, хорошо отражают вероятность поддержания канала при данном требуемом отношении сигнал/шум. Естественно, что выбор частоты также играет важную роль, поэтому данные, приведенные в таблицах 4 и 5, представляют собой усредненные значения вероятностей, относящиеся к данной полосе частот. В определенные часы суток значения вероятностей могут варьироваться в широких пределах, однако имеется корреляционная зависимость между полезным и мешающим сигналами.

ТАБЛИЦА 4

**Надежность канала для заданного месяца**

Надежность канала для заданного месяца									
Требуемое значение сигнал/шум	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%
18 дБ	0,00%	0,00%	2,20%	28,82%	45,60%	49,42%	51,50%	53,59%	56,13%
15 дБ	0,00%	1,04%	25,46%	45,95%	50,93%	52,55%	54,28%	56,25%	58,45%
9 дБ	2,78%	41,32%	50,58%	54,05%	56,48%	58,33%	59,26%	59,95%	60,53%

ТАБЛИЦА 5

**Среднее снижение готовности канала**

	Требуемое значение сигнал/шум	Снижение готовности (%)
Среднее снижение готовности канала передачи данных	18 дБ ( $C/I+N$ )	1,43
Среднее снижение готовности аналогового канала	15 дБ ( $C/I+N$ )	1,19
Среднее снижение готовности цифрового канала	9 дБ ( $C/I+N$ )	0,73

### 3 Помехи, создаваемые сухопутной подвижной службой работе морской подвижной службы на частоте 6,4 МГц

Потенциальные помехи от канала сухопутной подвижной службы между Норфолком, VA, и Сан-Диего, CA

Полезная линия связи из Гонолулу, HI, на платформу морской службы в 20 км от Сан-Диего, CA

**Полезный передатчик:**

Мощность 10 кВт подается в четвертьволновый несимметричный вибратор, установленный на площадке с почвой плохой проводимости (антенна типа SAMPLE.32, почва с диэлектрической постоянной = 4 и проводимостью = 1 мСм)

**Мешающий передатчик:**

Мощность 500 Вт подается в 3,5-м несимметричный вибратор (антенна типа SAMPLE.32, почва с диэлектрической постоянной = 13 и проводимостью = 5 мСм)

**Приемник:**

Четвертьволновый несимметричный вибратор над морской поверхностью (антенна типа SAMPLE.32, почва с диэлектрической постоянной = 80 и проводимостью = 5000 мСм)

**Внешние условия:**

6,4 МГц, промышленные помехи -164 дБ(Вт/Гц) на частоте 3 МГц (уровень шумов, соответствующий сельской местности) в месте приема

**Канал связи морской подвижной службы**

Готовность канала передачи данных – требуемое отношение сигнал/шум 18 дБ

Готовность аналогового канала – требуемое отношение сигнал/шум 15 дБ

Готовность цифрового канала – требуемое отношение сигнал/шум 9 дБ

В таблице 6 представлены выраженные в процентах значения вероятности установления полезного канала в заданный месяц при конкретном требуемом отношении сигнал/шум и для конкретного уровня надежности. Предполагается, что наименьший уровень надежности в данный месяц составляет 50%, в противном случае нельзя гарантировать возможность обеспечения надежного канала между станциями. Как видно из таблицы 6, если во внимание принимаются все часы суток и все месяцы года, то вероятность установления канала довольно велика. Однако в некоторые отдельные часы суток или в отдельные месяцы надежность выше, при этом имеет место соответствующее снижение готовности. Таким образом, данные, представленные в таблице 6, хорошо отражают вероятность поддержания канала при данном требуемом соотношении сигнал/шум. Естественно, что выбор частоты также играет важную роль, поэтому данные, приведенные в таблицах 6 и 7, представляют собой усредненные значения вероятностей, относящиеся к данной полосе частот. В определенные часы суток значения вероятностей могут изменяться в широких пределах, однако имеется корреляционная зависимость между полезным и мешающим сигналами.

ТАБЛИЦА 6

**Надежность канала для заданного месяца**

Надежность канала для заданного месяца									
Требуемое значение сигнал/шум	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%
18 дБ	0,00%	6,37%	28,24%	46,99%	52,78%	54,40%	56,60%	57,87%	59,49%
15 дБ	1,16%	27,08%	46,76%	53,36%	56,02%	57,06%	58,45%	59,49%	61,57%
9 дБ	34,49%	51,62%	56,48%	58,45%	59,49%	61,00%	61,92%	62,73%	64,58%

ТАБЛИЦА 7

## Среднее снижение готовности канала

	Требуемое отношение сигнал/шум	Снижение готовности (%)
Среднее снижение готовности канала передачи данных	18 дБ ( $C/I+N$ )	61,02
Среднее снижение готовности аналогового канала	15 дБ ( $C/I+N$ )	67,31
Среднее снижение готовности цифрового канала	9 дБ ( $C/I+N$ )	71,95

#### 4 Помехи, создаваемые морской подвижной службой работе сухопутной подвижной службы на частоте 8,6 МГц

Потенциальные помехи от станции морской службы в Гонолулу, HI, на платформу морской службы в 20 км от Сан-Диего, CA

Полезная линия сухопутной подвижной связи из Норфолка, VA, в Сан-Диего, CA

##### Полезный передатчик:

Мощность 500 Вт подается в 3,5-м несимметричный вибратор (антенна типа SAMPLE.32, почва с диэлектрической постоянной = 13 и проводимостью = 5 мСм)

##### Мешающий передатчик:

Мощность 10 кВт подается в несимметричный четвертьволновой вибратор, установленный на площадке с почвой плохой проводимости (антенна типа SAMPLE.32, почва с диэлектрической постоянной = 4 и проводимостью = 1 мСм)

##### Приемник:

Горизонтальная лог-периодическая антенна, установленная на площадке с почвой средней проводимости (антенна типа SAMPLE.05, почва с диэлектрической постоянной = 13 и проводимостью = 8 мСм)

##### Внешние условия:

8,6 МГц, промышленные помехи  $-144$  дБ(Вт/Гц) на частоте 3 МГц (уровень шумов, соответствующий жилому району) в месте приема

##### Канал связи сухопутной подвижной службы

Готовность канала передачи данных – требуемое отношение сигнал/шум 18 дБ

Готовность аналогового канала – требуемое отношение сигнал/шум 15 дБ

Готовность цифрового канала – требуемое отношение сигнал/шум 9 дБ

В таблице 8 представлены выраженные в процентах значения вероятности установления полезного канала в заданный месяц при конкретном требуемом отношении сигнал/шум и для конкретного уровня надежности. Предполагается, что наименьший уровень надежности в данный месяц составляет 50%, в противном случае нельзя гарантировать возможность обеспечения надежного канала между станциями. Как видно из таблицы 8, если во внимание принимаются все часы суток и все месяцы года, то вероятность установления канала велика. Данные, представленные в таблице 7, хорошо отражают вероятность поддержания канала при данном требуемом отношении сигнал/шум. Естественно, что выбор частоты также играет важную роль, поэтому данные, приведенные в таблицах 8 и 9, представляют собой усредненные значения вероятностей, относящиеся к данной полосе частот. В определенные часы суток вероятность может варьироваться в широких пределах, однако имеется корреляционная зависимость между полезным и мешающим сигналами.

ТАБЛИЦА 8

## Надежность канала для заданного месяца

Надежность канала для заданного месяца									
Требуемое значение сигнал/шум	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%
18 дБ	32,18%	45,95%	61,23%	75,35%	82,75%	86,00%	89,12%	93,06%	96,99%
15 дБ	40,51%	55,56%	71,18%	80,09%	85,42%	88,31%	91,32%	95,14%	97,22%
9 дБ	55,56%	72,92%	81,25%	85,76%	89,12%	91,55%	95,02%	96,99%	97,69%

ТАБЛИЦА 9

## Среднее снижение готовности канала

	Требуемое значение сигнал/шум	Снижение готовности (%)
Среднее снижение готовности канала передачи данных	18 дБ (C/I+N)	2,62
Среднее снижение готовности аналогового канала	15 дБ (C/I+N)	2,25
Среднее снижение готовности цифрового канала	9 дБ (C/I+N)	1,69

## 5 Помехи, создаваемые фиксированной службой работе радиовещательной службы на частоте 4,6 МГц

Потенциальные помехи от канала станции фиксированной службы между Кабулом, Афганистан, и Каиром, Египет

Полезный канал радиовещательной службы между Флоренцией, Италия, и Каиром, Египет

### Полезный передатчик:

Мощность 250 кВт подается в многовibratorную синфазную антенну 4×4, установленную на площадке с почвой средней проводимости (антенна типа SAMPLE.12, почва с диэлектрической постоянной = 15 и проводимостью = 50 мСм)

### Мешающий передатчик:

Мощность 5 кВт подается в горизонтальную лог-периодическую антенну, установленную на площадке с песчаной почвой плохой проводимости (антенна типа SAMPLE.05, почва с диэлектрической постоянной = 3 и проводимостью = 1 мСм)

### Приемник:

Укороченный вертикальный коротковолновый приемный штырь (антенна типа SWWHip.VOA)

### Внешние условия:

4,6 МГц, промышленные помехи -150 дБ(Вт/Гц) на частоте 3 МГц (уровень шумов, соответствующий сельской местности) в месте приема

### Канал радиовещательной службы

Требуемое значение готовности при отношении сигнал/шум 17 дБ

В таблице 10 представлены выраженные в процентах значения вероятности установления полезного канала в заданный месяц при конкретном требуемом отношении сигнал/шум и для конкретного уровня надежности. Предполагается, что наименьший уровень надежности в данный месяц составляет 80%, в противном случае нельзя гарантировать возможность обеспечения надежного

канала между станциями. Как видно из таблицы 10, если во внимание принимаются все часы суток и все месяцы года, то вероятность установления канала велика. Данные, представленные в таблице 10, хорошо отражают вероятность поддержания канала при данном требуемом отношении сигнал/шум. Естественно, что выбор частоты также играет важную роль, поэтому данные, приведенные в таблицах 10 и 11, представляют собой усредненные значения вероятностей, относящиеся к данной полосе частот. В определенные часы суток значения вероятностей могут изменяться в широких пределах, однако имеется корреляционная зависимость между полезным и мешающим сигналами.

ТАБЛИЦА 10

## Надежность канала для заданного месяца

Надежность канала для заданного месяца									
Требуемое значение сигнал/шум	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%
17 дБ	63,08%	64,00%	65,34%	66,20%	66,90%	67,30%	67,59%	68,29%	68,92%

ТАБЛИЦА 11

## Среднее снижение готовности канала

	Требуемое отношение сигнал/шум	Снижение готовности (%)
Среднее снижение готовности канала передачи данных	17 дБ (C/I+N)	67,06

## 6 Помехи, создаваемые радиовещательной службой работе фиксированной службы на частоте 5,1 МГц

Потенциальные помехи от канала радиовещательной станции между Флоренцией, Италия, и Каиром, Египет

Полезный канал фиксированной службы между Кабулом, Афганистан, и Каиром, Египет

### Полезный передатчик:

Мощность 5 кВт подается в горизонтальную лог-периодическую антенну, установленную на площадке с песчаной почвой плохой проводимости (антенна типа SAMPLE.05, почва с диэлектрической постоянной = 3 и проводимостью = 1 мСм)

### Мешающий передатчик:

Мощность 250 кВт подается в многовibratorную синфазную антенну 4×4, установленную на площадке с почвой средней проводимости (антенна типа SAMPLE.12, почва с диэлектрической постоянной = 15 и проводимостью = 50 мСм)

### Приемник:

Горизонтальная лог-периодическая антенна, установленная на площадке с песчаной почвой плохой проводимости (антенна типа SAMPLE.05, почва с диэлектрической постоянной = 3 и проводимостью = 1 мСм)

### Внешние условия:

5,1 МГц, промышленные помехи  $-150$  дБ(Вт/Гц) на частоте 3 МГц (уровень шумов, соответствующий сельской местности) в месте приема

### Канал связи фиксированной службы

Готовность канала передачи данных – требуемое отношение сигнал/шум 18 дБ

Готовность аналогового канала – требуемое отношение сигнал/шум 15 дБ

Готовность цифрового канала – требуемое отношение сигнал/шум 9 дБ

В таблице 12 представлены выраженные в процентах значения вероятности установления полезного канала в заданный месяц при конкретном требуемом отношении сигнал/шум и для конкретного уровня надежности. Предполагается, что наименьший уровень надежности в данный месяц составляет 50%, в противном случае нельзя гарантировать возможность обеспечения надежного канала между станциями. Как видно из таблицы 12, если во внимание принимаются все часы суток и все месяцы года, то вероятность установления канала невелика. Однако в некоторые отдельные часы суток или в отдельные месяцы надежность выше, при этом имеет место соответствующее снижение готовности. Таким образом, данные, представленные в таблице 12, хорошо отражают вероятность поддержания канала при данном требуемом отношении сигнал/шум. Естественно, что выбор частоты также играет важную роль, поэтому данные, приведенные в таблицах 12 и 13, представляют собой усредненные значения вероятностей, относящиеся к данной полосе частот. В определенные часы суток значения вероятностей могут изменяться в широких пределах, однако имеется корреляционная зависимость между полезным и мешающим сигналами.

ТАБЛИЦА 12

**Надежность канала для заданного месяца**

Надежность канала для заданного месяца									
Требуемое значение сигнал/шум	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%
18 дБ	0,00%	0,00%	0,69%	15,28%	25,35%	34,95%	44,91%	49,42%	51,85%
15 дБ	0,00%	0,46%	17,71%	28,24%	41,90%	48,03%	49,77%	51,16%	53,13%
9 дБ	8,22%	30,44%	46,64%	49,77%	50,93%	51,50%	52,55%	53,01%	55,67%

ТАБЛИЦА 13

**Среднее снижение готовности канала**

	Требуемое отношение сигнал/шум	Снижение готовности (%)
Среднее снижение готовности канала передачи данных	18 дБ (C/I+N)	47,88
Среднее снижение готовности аналогового канала	15 дБ (C/I+N)	58,84
Среднее снижение готовности цифрового канала	9 дБ (C/I+N)	73,03

## 7 Помехи, создаваемые сухопутной подвижной службой работе радиовещательной службы на частоте 4,6 МГц

Потенциальные помехи от канала станции сухопутной подвижной связи между Аль-Наджафом, Ирак, и Каиром, Египет

Полезный канал радиовещательной службы между Флоренцией, Италия, и Каиром, Египет

### Полезный передатчик:

250 кВт подаются в плоскую антенную решетку 4×4, установленной на площадке с почвой, имеющей средние показатели (антенна типа SAMPLE.12, почва с диэлектрической постоянной = 15 и проводимостью = 50 мСм)

### Мешающий передатчик:

500 Вт подаются в 3,5-метровый несимметричный вибратор, установленный на площадке с сухой песчаной почвой (антенна типа SAMPLE.32, почва с диэлектрической постоянной = 3 и проводимостью = 1 мСм)

### Приемник:

Укороченный вертикальный коротковолновый приемный штырь (антенна типа SWWHip.VOA)



**Внешние условия:**

4,6 МГц, промышленные помехи  $-150$  дБ(Вт/Гц) на частоте 3 МГц (уровень шумов, соответствующий сельской местности) в месте приема

**Канал радиовещательной службы**

Требуемое значение готовности при отношении сигнал/шум 17 дБ

В таблице 14 представлены выраженные в процентах значения вероятности установления в заданный месяц полезного канала при конкретном требуемом отношении сигнал/шум и для конкретного уровня надежности. Предполагается, что наименьший уровень надежности в данный месяц составляет 80%, в противном случае, нельзя гарантировать возможность обеспечения надежного канала для радиовещательной службы. Как видно из таблицы 14, если во внимание принимаются все часы суток и все месяцы года, то вероятность установления канала велика. Данные, представленные в таблице 14, хорошо отражают вероятность поддержания канала при данном требуемом отношении сигнал/шум. Естественно, что выбор частоты также играет важную роль, поэтому данные, приведенные в таблицах 14 и 15, представляют собой усредненные значения вероятностей, относящиеся к данной полосе частот. В определенные часы суток вероятность может варьироваться в широких пределах, однако имеется корреляционная зависимость между полезным и мешающим сигналами.

ТАБЛИЦА 14

**Надежность канала для заданного месяца**

Надежность канала для заданного месяца									
Требуемое значение сигнал/шум	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%
17 дБ	63,08%	64,00%	65,34%	66,20%	66,90%	67,30%	67,59%	68,29%	68,92%

ТАБЛИЦА 15

**Среднее снижение готовности канала**

	Требуемое отношение сигнал/шум	Снижение готовности (%)
Среднее снижение готовности канала передачи данных	17 дБ (C/I+N)	21,86

**8 Помехи, создаваемые радиовещательной службой работе сухопутной подвижной службы на частоте 5,1 МГц**

Потенциальные помехи от канала радиовещательной станции между Флоренцией, Италия, и Каиром, Египет

Полезный канал сухопутной подвижной службы между Аль-Наджафом, Ирак, и Каиром, Египет

**Полезный передатчик:**

Мощность 500 Вт подается в 3,5-м несимметричный вибратор, установленный на площадке с песчаной почвой плохой проводимости (антенна типа SAMPLE.32, почва с диэлектрической постоянной = 3 и проводимостью = 1 мСм)

**Мешающий передатчик:**

Мощность 250 кВт подается в плоскую антенную решетку 4×4, установленную на площадке с почвой, имеющей средние показатели (антенна типа SAMPLE.12, почва с диэлектрической постоянной = 15 и проводимостью = 50 мСм)

**Приемник:**

Горизонтальная лог-периодическая антенна, установленная на площадке с сухой песчаной почвой (антенна типа SAMPLE.05, почва с диэлектрической постоянной = 3 и проводимостью = 1 мСм)

**Внешние условия:**

5,1 МГц, промышленные помехи  $-150$  дБ(Вт/Гц) на частоте 3 МГц (уровень шумов, соответствующий сельской местности) в месте приема

**Канал сухопутной подвижной службы**

Готовность канала передачи данных – требуемое отношение сигнал/шум 18 дБ

Готовность аналогового канала – требуемое отношение сигнал/шум 15 дБ

Готовность цифрового канала – требуемое отношение сигнал/шум 9 дБ

В таблице 16 представлены выраженные в процентах значения вероятности установления полезного канала в заданный месяц при конкретном требуемом отношении сигнал/шум и для определенного уровня надежности. Предполагается, что наименьший уровень надежности в данный месяц составляет 50%, в противном случае нельзя гарантировать возможность обеспечения надежного канала между станциями. Как видно из таблицы 16, если во внимание принимаются все часы суток и все месяцы года, то вероятность установления канала невелика. Однако в некоторые отдельные часы суток или в отдельные месяцы надежность выше, при этом имеет место соответствующее снижение готовности. Таким образом данные, представленные в таблице 16, хорошо отражают вероятность поддержания канала при данном требуемом отношении сигнал/шум. Естественно, что выбор частоты также играет важную роль, поэтому данные, приведенные в таблицах 16 и 17, представляют собой усредненные значения вероятностей, относящиеся к данной полосе частот. В определенные часы суток вероятность может варьироваться в широких пределах, однако имеется корреляционная зависимость между полезным и мешающим сигналами.

ТАБЛИЦА 16

**Надежность канала для заданного месяца**

Надежность канала для заданного месяца									
Требуемое значение сигнал/шум	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%
18 дБ	0,00%	0,00%	6,71%	18,06%	36,86%	45,95%	53,13%	57,23%	60,19%
15 дБ	0,00%	6,31%	20,60%	38,95%	50,46%	55,09%	58,16%	58,91%	62,73%
9 дБ	12,79%	40,45%	53,53%	58,10%	59,14%	60,42%	61,69%	63,48%	67,59%

ТАБЛИЦА 17

**Среднее снижение готовности канала**

	Требуемое отношение сигнал/шум	Снижение готовности (%)
Среднее снижение готовности канала передачи данных	18 дБ (C/I+N)	49,67
Среднее снижение готовности аналогового канала	15 дБ (C/I+N)	59,01
Среднее снижение готовности цифрового канала	9 дБ (C/I+N)	70,71

## 9 Помехи, создаваемые морской подвижной службой работе радиовещательной службы на частоте 4,6 МГц

Потенциальные помехи от канала станции морской подвижной службы между Персидским заливом и Каиром, Египет

Полезный канал радиовещательной службы между Флоренцией, Италия, и Каиром, Египет

### Полезный передатчик:

Мощность 250 кВт подается в многовibratorную синфазную антенну 4×4, установленную на площадке с почвой средней проводимости (антенна типа SAMPLE.12, почва с диэлектрической постоянной = 15 и проводимостью = 50 мСм)

### Мешающий передатчик:

Мощность 1 кВт подается в несимметричный четвертьволновый вибратор, находящийся над морской поверхностью (антенна типа SAMPLE.32, почва с диэлектрической постоянной = 80 и проводимостью = 50 мСм)

### Приемник:

Укороченный вертикальный коротковолновый приемный штырь (антенна типа SWWHip.VOA)

### Внешние условия:

4,6 МГц, промышленные помехи  $-150$  дБ (Вт/Гц) на частоте 3 МГц (уровень шумов, соответствующий сельской местности) в месте приема

### Канал сухопутной подвижной службы

Требуемое значение готовности при отношении сигнал/шум 17 дБ

В таблице 18 представлены выраженные в процентах значения вероятности установления полезного канала в заданный месяц при конкретном требуемом отношении сигнал/шум и для определенного уровня надежности. Предполагается, что наименьший уровень надежности в данный месяц составляет 80%, в противном случае нельзя гарантировать возможность обеспечения надежного канала для радиовещательной службы. Как видно из таблицы 18, если во внимание принимаются все часы суток и все месяцы года, то вероятность установления канала велика. Данные, представленные в таблице 18, хорошо отражают вероятность поддержания канала при данном требуемом отношении сигнал/шум. Естественно, что выбор частоты также играет важную роль, поэтому данные, приведенные в таблицах 18 и 19, представляют собой усредненные значения вероятностей, относящиеся к данной полосе частот. В определенные часы суток значения вероятностей могут изменяться в широких пределах, однако имеется корреляционная зависимость между полезным и мешающим сигналами.

ТАБЛИЦА 18

### Надежность канала для заданного месяца

Надежность канала для заданного месяца									
Требуемое значение сигнал/шум	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%
17 дБ	63,08%	64,00%	65,34%	66,20%	66,90%	67,30%	67,59%	68,29%	68,92%

ТАБЛИЦА 19

### Среднее снижение готовности канала

	Требуемое отношение сигнал/шум	Снижение готовности (%)
Среднее снижение готовности канала передачи данных	17 дБ (C/I+N)	23,28

## 10 Помехи, создаваемые радиовещательной службой работе морской подвижной службы на частоте 5,1 МГц

Потенциальные помехи от канала радиовещательной станции между Флоренцией, Италия, и Каиром, Египет

Полезный канал морской подвижной службы между Персидским заливом и Каиром, Египет

### Полезный передатчик:

Мощность 1 кВт подается в несимметричный четвертьволновый вибратор, расположенный над морской поверхностью (антенна типа SAMPLE.32, почва с диэлектрической постоянной = 80 и проводимостью = 50 мСм)

### Мешающий передатчик:

250 кВт подается в многовибраторную синфазную антенну 4×4, установленную на площадке с почвой средней проводимости (антенна типа SAMPLE.12, почва с диэлектрической постоянной = 15 и проводимостью = 50 мСм)

### Приемник:

Горизонтальная лог-периодическая антенна, установленная на площадке с песчаной почвой плохой проводимости (антенна типа SAMPLE.05, почва с диэлектрической постоянной = 3 и проводимостью = 1 мСм)

### Внешние условия:

5,1 МГц, индустриальные помехи –150 дБ(Вт/Гц) на частоте 3 МГц (уровень шумов, соответствующий сельской местности) в месте приема

### Канал сухопутной подвижной службы

Готовность канала передачи данных – требуемое отношение сигнал/шум 18 дБ

Готовность аналогового канала – требуемое отношение сигнал/шум 15 дБ

Готовность цифрового канала – требуемое отношение сигнал/шум 9 дБ

В таблице 20 представлены выраженные в процентах значения вероятности установления полезного канала в заданный месяц при конкретном требуемом отношении сигнал/шум и для определенного уровня надежности. Предполагается, что наименьший уровень надежности в данный месяц составляет 50%, в противном случае нельзя гарантировать возможность обеспечения надежного канала между станциями. Как видно из таблицы 20, если во внимание принимаются все часы суток и все месяцы года, то вероятность установления канала велика. Данные, представленные в таблице 20, хорошо отражают вероятность поддержания канала при данном требуемом отношении сигнал/шум. Естественно, что выбор частоты также играет важную роль, поэтому данные, приведенные в таблицах 20 и 21, представляют собой усредненные значения вероятностей, относящиеся к данной полосе частот. В определенные часы суток значения вероятностей могут изменяться в широких пределах, однако имеется корреляционная зависимость между полезным и мешающим сигналами.

ТАБЛИЦА 20

### Надежность канала для заданного месяца

Надежность канала для заданного месяца									
Требуемое значение сигнал/шум	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%
18 дБ	49,88%	58,16%	59,49%	61,46%	63,08%	64,41%	65,45%	66,78%	68,75%
15 дБ	57,52%	59,38%	61,69%	63,72%	64,99%	66,44%	67,36%	68,92%	70,54%
9 дБ	60,65%	63,77%	65,74%	67,77%	69,21%	70,20%	71,41%	72,51%	73,96%

ТАБЛИЦА 21

**Среднее снижение готовности канала**

	Требуемое отношение сигнал/шум	Снижение готовности
Среднее снижение готовности канала передачи данных	18 дБ ( $C/I+N$ )	76,67%
Среднее снижение готовности аналогового канала	15 дБ ( $C/I+N$ )	76,26%
Среднее снижение готовности цифрового канала	9 дБ ( $C/I+N$ )	73,77%

**Выводы**

Получено несколько важных результатов, представленных в настоящем Приложении. Хотя распределение спектральных ресурсов в нашем случае осуществлялось на основе полос, а не индивидуальных частот, как это делается в МСЭ, при присвоении этих полос необходимо учитывать условия использования отдельных частот, а также потенциальное воздействие на все задействованные службы. С учетом размера зон охвата передачей на ВЧ (от нескольких сотен до нескольких тысяч километров в длину и ширину) даже в случае использования остронаправленных антенн и при успешных "скачках" отражения от ионосферы существует вероятность возникновения ситуаций совместной работы в одной и той же зоне на одной и той же частоте, когда полосы частот распределены различным службам. Поэтому дополнительное использование полос частот на совместной основе может губительно сказаться на работе действующих служб при существующих требованиях фиксированной и подвижной служб. Ниже, в настоящем Приложении приводятся результаты анализа, сгруппированные таким образом, чтобы показать влияние дополнительных распределений радиовещательной службе в полосах частот, которые на данный момент распределены фиксированной и подвижной службам. Эти результаты могут также использоваться при рассмотрении вопроса о добавлении общих распределений фиксированной и подвижной службам.

**Перегрузка**

Уменьшение объема спектра, доступного в настоящее время для фиксированной и подвижной служб, оказывает значительное влияние на перегрузку и возможности использования частот. Имеется большая вероятность повышения перегрузки, когда число пользователей в рамках одной сети превышает возможности резерва частот сети по обеспечению требуемых спектральных ресурсов. Увеличение размера резерва частот не обязательно ведет к снижению перегрузки, поскольку устранение перекрытия ресурсов между группами пользователей также приводит к увеличению перегрузки. Кроме того, перегрузка может иметь место в случае использования адаптивными и неадаптивными системами одних и тех же частотных ресурсов. Использование частотно-адаптивных методов позволяет улучшить ситуацию с совместным использованием частот и в обычных условиях может снизить перегрузку. Однако это может привести и к ухудшению ситуации в тех случаях, когда частотные ресурсы становятся слишком ограниченными, когда одни и те же частотные ресурсы используются частотно-адаптивными системами разных поколений или когда одни и те же частотные ресурсы пытаются использовать различные службы.

**Совместное использование частот фиксированной и морской подвижной службами**

Как показывает анализ, приведенный в данном документе, более широкое совместное использование частот фиксированной и морской подвижной службами невозможно. Учитывая характер шумовой обстановки, в которой работают системы морской подвижной службы, на их работу значительное влияние оказывает перекрытие зон обслуживания в том случае, если фиксированная служба использует те же самые частотные ресурсы. Обратная ситуация не столь проблематична и характеризуется только незначительным снижением готовности каналов фиксированной службы из-за единичной передачи морской подвижной службы. Однако с учетом объема трафика морской подвижной службы существует вероятность того, что суммарные помехи будут причинять значительный вред фиксированной службе.

**Совместное использование частот сухопутной подвижной и морской подвижной службами**

Как показывает анализ, приведенный в данном документе, более широкое совместное использование частот сухопутной подвижной и морской подвижной службами невозможно. Учитывая характер шумовой обстановки, в которой работают системы морской подвижной службы, на их работу

значительное влияние оказывает перекрытие зон обслуживания в том случае, когда сухопутная подвижная служба использует те же самые частотные ресурсы. Обратная ситуация не столь проблематична и характеризуется только незначительным снижением готовности каналов для сухопутной подвижной службы при наличии единичной передачи морской подвижной службы. Однако с учетом объема трафика морской подвижной службы существует вероятность того, что суммарные помехи будут причинять вред сухопутной подвижной службе.

#### **Совместное использование частот фиксированной и радиовещательной службами**

Анализ, приведенный в настоящем Приложении, показывает, что, учитывая характер передач фиксированной и радиовещательной служб (высокий уровень мощности), более широкое совместное использование частот на равной первичной основе фиксированной и радиовещательной службами невозможно. При перекрытии зон обслуживания приемников фиксированной и радиовещательной служб будет наблюдаться значительное взаимное мешающее воздействие на обе службы.

#### **Совместное использование частот сухопутной подвижной и радиовещательной службами**

Анализ, приведенный в настоящем Приложении, показывает, что, учитывая значительное превышение уровня сигналов передатчиков радиовещательной службы по сравнению с уровнем сигналов передатчиков сухопутной подвижной службы, более широкое совместное использование частот сухопутной подвижной и радиовещательной службами на равной первичной основе невозможно. Если зона обслуживания сухопутной подвижной службы частично накладывается на зону обслуживания радиовещательной службы, то на работу радиовещательной службы будет оказываться воздействие. Если зона обслуживания радиовещательной службы частично накладывается на зону обслуживания сухопутной подвижной службы, то на работу сухопутной подвижной службы будет оказываться значительное воздействие.

#### **Совместное использование частот морской подвижной и радиовещательной службами**

Анализ, приведенный в настоящем Приложении, показывает, что, учитывая значительное превышение уровня сигналов передатчиков радиовещательных служб по сравнению с уровнем сигналов передатчиков морской подвижной службы, более широкое совместное использование частот на равной первичной основе подвижной и радиовещательной службами невозможно. Если зона обслуживания морской подвижной службы частично накладывается на зону обслуживания радиовещательной службы, то на работу радиовещательной службы будет оказываться воздействие. Если зона обслуживания радиовещательной службы частично накладывается на зону обслуживания морской подвижной службы, то на работу морской подвижной службы будет оказываться значительное воздействие.

## **Приложение 4**

### **Соображения по совместимости систем в диапазоне ВЧ**

#### **Введение**

Спектр ВЧ используется несколькими радиослужбами. Исследования по п. 1.13 повестки дня подтвердили вывод предыдущих исследований и конференций о том, что большинство из этих служб не могут обеспечить выполнение всех предъявляемых к ним требований, а также испытывают проблемы, обусловленные перегрузкой полос ВЧ. Вследствие ограниченности доступного ВЧ-спектра необходимы обоснованные заключения по наиболее эффективному их использованию.

В пункте 1.13 повестки дня ВКР-07 предлагается оптимизировать частотные распределения для служб в полосах ВЧ между 4 и 10 МГц, с тем чтобы обеспечить соответствие изменившимся требованиям и условиям использования. Во многих отношениях это можно рассматривать как продолжение работы, которая была начата на ВАРК-92 в соответствии с пунктом 2.2.2 повестки дня. Кроме того, на ВКР-03 в пунктах 1.23 и 1.36 повестки получили дальнейшее развитие некоторые аспекты исследований в отношении выравнивания распределений в полосах вокруг частоты 7 МГц и потребностей радиовещательной службы в спектральных ресурсах между 4 и 10 МГц, что повлекло за собой разработку Резолюции 544 ВКР-03 и принятие настоящего пункта повестки дня.

Хотя работа ВАРК-92 была в основном направлена на возможное расширение ВЧ полос для радиовещания, а в повестке дня ВКР-07 вопрос о распределении дополнительного спектра для радиовещательной службы согласно Резолюции 544 ВКР-03 был лишь одним из аспектов пункта 1.13 повестки дня, сходство между этими конференциями является более глубоким.

В дополнение к необходимости принятия шагов в связи с дефицитом спектра для радиовещательной службы, определенного Рекомендацией 511 (ВЧРВ-87), было признано, что ВАРК-92 должна была рассмотреть долговременные потребности существующих ВЧ служб как важную составляющую часть своей работы. В связи с этим в ходе подготовки к ВАРК-92 было проведено всестороннее исследование совместного использования частот, касающееся ВЧ служб. С этой целью была организована ОВРГ 10-3-6-8/1 МККР, которой было поручено:

- 1) разработать более четкие критерии совместного использования частот радиовещательной, фиксированной и любительской службами в полосе 2–30 МГц, и
- 2) подготовить Отчет для ОВРГ ВАРК-92.

Были проанализированы Общеввропейские предложения к ВАРК-92 (док. SAMR-92/20) о возможных способах перераспределения спектра.

Этот анализ касается нескольких потенциальных методов более эффективного использования спектра ВЧ за счет расширения доступа нескольких служб и предназначен для обеспечения информационной поддержки при разработке текста СПК по пункту 1.13 повестки дня. Он учитывает вопросы совместимости систем, которые, вероятно, возникнут в случае предоставления дополнительных спектральных ресурсов для использования фиксированной, подвижной и радиовещательной службами, что, как ожидается, будет осуществлено на ВКР-07.

### **Информация о совместном использовании частот службами в полосах ВЧ**

Подготовительные исследования по диапазону ВЧ, проведенные во время работы ВАРК-92, ВКР-95, ВКР-97, ВКР-03, а также на ВКР-07 в связи с пунктом 1.13 повестки дня, касались степени повторного использования ВЧ спектра как в рамках одной службы, так и между службами в совместно используемых полосах, особенно степени, в которой динамическое управление частотами может улучшить их совместное использование. Поэтому, как и на предыдущих конференциях, на ВКР-07 важное значение для направления дискуссий будет иметь информация о совместном использовании частот и о методах, используемых для достижения совместимости систем в полосах ВЧ как в рамках одной службы, так и между службами.

Работу нескольких служб в совместно используемых полосах ВЧ нередко правильнее описывать как сосуществование служб, при котором не применяются формальные процедуры координации. В самом деле, ВКР-95 в своей Резолюции 23 решила, что изучение присвоений частот в полосах ниже 28 МГц более не требуется. Поэтому Бюро не проводит никаких исследований в отношении возможности вредных помех и не дает никаких указаний в отношении того, должны ли новые присвоения частот использоваться, не создавая помех.

На первый взгляд, проблема совместного использования частот службами или сосуществования служб в диапазоне ВЧ кажется сложной, так как сигналы должны передаваться на большие расстояния путем отражения от ионосферы. В случае односкачковой трассы, при котором сигнал отражается от ионосферы один раз, можно легко обеспечить связь на расстояние в несколько тысяч километров. В случае нескольких скачков, когда условия распространения позволяют осуществить несколько последовательных отражений от земной поверхности и ионосферы, возможна связь на большие расстояния. Однако при рассмотрении совместимости на ВЧ необходимо принимать во внимание дополнительные аспекты географического и временного разделения, обусловленные теми же характеристиками ионосферы, которые в первую очередь определяют возможность ВЧ радиосвязи на дальние расстояния.

Эта информация, которую можно найти в Отчете ОВРГ 10-6-8-9/1 (25 октября 1990 г.), касающемся "Вопросам совместимости, обусловленным распределением спектра ВЧ радиовещанию", остается основной справочной информацией МСЭ-R. Данное исследование, на котором базируется раздел 5 Отчета МККР для ВАРК-92, было повторно использовано для Отчета Директора на ВКР-2000 в соответствии с Резолюцией 29 (ВКР-97) (см. Присоединение 1 к док. SMR-2000/5), и на него была дана ссылка в § 5.6.1 Отчета СПК для ВКР-03 (см. главу 5 док. SMR03/3) как на основной источник результатов исследований ("Итоги технических и эксплуатационных исследований") по пункту 1.23 повестки дня ВКР-03.

Вследствие наличия жестких параллелей между проблемами и потенциальными решениями, определенными во время подготовки информации по повторному распределению полос ВЧ к ВКР-07 и ВАРК-92, Отчет ОВРГ для ВАРК-92 по-прежнему является существенным элементом исследования возможностей совместного использования частот всеми ВЧ службами. В качестве готового справочного материала и для формального размещения материала в рамках результатов исследований для ВКР-07 Отчет ОВРГ приведен в Приложении к данному документу.

После ВАРК-92 изменения и обновления, внесенные в тексты МСЭ-R, относящиеся к совместному использованию частот службами в полосах ВЧ, были включены в следующие пересмотренные документы:

- a) Рекомендация МСЭ-R P.1060 – Факторы распространения, влияющие на разделение частот наземными ВЧ системами. Этот документ определяет факторы и условия распространения, которые могут способствовать совместному использованию частот в полосах ВЧ.
- b) Рекомендация МСЭ-R BS.1514 – Системы цифрового звукового радиовещания в радиовещательных полосах на частотах ниже 30 МГц. Документ содержит описание рекомендуемой системы DRM для цифрового звукового радиовещания на частотах ниже 30 МГц наряду с рассмотрением вопросов совместимости систем, относящихся к совместному использованию частот системами одной службы, а именно системами аналогового и цифрового радиовещания.
- c) Рекомендация МСЭ-R BS.1615 – "Параметры планирования" для цифрового звукового радиовещания на частотах ниже 30 МГц. Документ содержит подробные таблицы защитных отношений между различными режимами цифровой работы, а также между цифровой и аналоговой работой.
- d) Рекомендация МСЭ-R BS.560-4 – Защитные отношения по радиочастоте в НЧ, СЧ и ВЧ радиовещании. Приложение 4 к данной Рекомендации было обновлено, и в него были включены параметры планирования, принятые на ВЧРВ-87.
- e) Рекомендация МСЭ-R F.240-6 – Защитные отношения сигнал/помеха для различных классов излучения в фиксированной службе на частотах ниже примерно 30 МГц. В таблицу 1, содержащуюся в этой Рекомендации, были внесены дополнения и изменения. В Отчете МККР для ВАРК-92 эта информация была отмечена как наиболее подходящая для обеспечения достаточного набора критериев защиты, которые могут использоваться для совместного использования частот станциями фиксированной и подвижной служб.

Дополнительную полезную информацию, касающуюся условий, обеспечивающих поддержку совместного использования частот, можно найти в следующих документах:

- f) Рекомендация МСЭ-R P.372-8 – Радиопомехи.
- g) Рекомендация МСЭ-R BS.216-2 – Защитное отношение для звукового радиовещания в Тропической зоне.
- h) Рекомендация МСЭ-R BS.48-2 – Выбор частоты для звукового радиовещания в Тропической зоне.
- i) Отчет МСЭ-R BS.302-1 – Помехи, создаваемые звуковому радиовещанию в совместно используемых полосах частот в Тропической зоне.

Совместное использование спектра в рамках одной службы является обычной практикой и, как правило, реализуется в соответствии с положениями Регламента радиосвязи, применимыми для каждой из радиослужб. В частности, подходящим примером, относящимся к пункту 1.13 повестки дня, является Резолюция 543 (ВКР-03), касающаяся временных значений защитных отношений по радиочастоте для излучений сигналов с аналоговой и цифровой модуляцией в ВЧ радиовещательной службе, в которой приведены относительные защитные отношения (базирующиеся на абсолютных значениях, указанных в Рекомендации МСЭ-R BS.1615) для DRM по отношению к излучениям с аналоговой модуляцией (АЗЕ) с защитными отношениями в совмещенном канале, которые должны использоваться при планировании служб ВЧРВ.

Совместное использование частот разными службами обеспечить гораздо труднее, но оно нередко реализуется при определенных условиях, обычно на базе технических или эксплуатационных условий, при которых можно избежать вредных помех. Совместное использование частот фактически имеет место во многих ВЧ полосах, которые распределены нескольким службам радиосвязи. Методы для разных видов совместного использования частот зачастую включают применение управления



использованием частот в режиме реального времени с учетом характеристик распространения, направленности антенны, мощности передатчика, времени и географической ситуации.

В деятельности МСЭ-R в качестве факторов, имеющих отношение к совместному использованию частот разными службами, признается:

- a) что несколько частотных полос между 4 и 30 МГц распределены на совместной основе различным радиослужбам, включая подвижные службы;
- b) что эффективность использования спектра может быть повышена за счет использования частотно-адаптивных систем в СЧ и ВЧ полосах, которые совместно используются фиксированной и подвижной службами;
- c) что при использовании радиочастотного спектра должны учитываться аспекты частоты, времени и пространства;
- d) что методы динамического управления использованием спектра в режиме реального времени могут облегчить совместное использование частот различными службами;
- e) что фиксированные и подвижные службы в настоящее время используют значительное число одних и тех же частот между 4 и 30 МГц.

Эти важнейшие факторы, особенно широкие возможности сочетания географического, временного и частотного разделения, имеющие место в диапазоне ВЧ, являются контраргументами, которые заставляют с сомнением смотреть на возможность расширения совместного использования частот в ВЧ полосах в качестве средства выполнения соответствующего пункта повестки дня.

Такая пессимистическая точка зрения противоречит исследованиям, проведенным в ходе подготовки к ВАРК-92, и более поздним исследованиям. Вероятно, это результат снижения квалификации в области ВЧ связи, использования устаревших технологий и условий. Очень важно отметить, что использование ВЧ диапазона фиксированной службой является гораздо более однородным, чем в то время, когда проводились исследования для ВАРК-92. Частотные полосы фиксированной службы обеспечивали весьма широкий круг применений для коммерческих целей (например, линии связи общего пользования и частные линии, службы передачи новостей и высокоомощные ретрансляционные системы с независимой боковой полосой (ISB) для передатчиков радиовещательной службы) в дополнение к применениям для правительственных целей, которые тогда включали широкую сеть дипломатических беспроводных линий связи с посольствами, а в настоящее время эти полосы в основном применяются для связи, относящейся к обороне.

### **Влияние адаптивных систем**

К существенным изменениям в условиях совместного использования частот относятся развитие и использование в фиксированной и подвижной службах после ВАРК-92 методов динамического выбора частоты. Совместное использование частот на базе динамического выбора частоты или управления с использованием частот в режиме реального времени оказалось очень полезным средством обеспечения каналов связи, организация которых в противном случае была бы невозможной вследствие ограничений, обусловленных помехами.

В целях полного признания систем с быстрой перестройкой частоты на ВКР-95 и ВКР-97 были приняты регламентарные изменения и введены модифицированные процедуры заявления частот, что облегчает использование интеллектуальных систем радиосвязи и обеспечивает более эффективное использование радиочастотного спектра. Одновременно была разработана для принятия в 1997 году регулирующая Рекомендация МСЭ-R SM.1266 по адаптивным системам СЧ/ВЧ. Совсем недавно РГ 9С разработала Справочник по частотно-адаптивным сетям и системам связи в полосах СЧ/ВЧ, чем внесла неоценимый вклад в процесс внедрения и развертывания таких систем.

Работа по внедрению частотно-адаптивных систем была начата с целью преодоления трудностей, обусловленных фиксированной структурой распределения полос в изменяющихся условиях распространения, и обеспечения тем самым более эффективного использования доступного спектра. Системы с быстрой перестройкой частоты определяют в режиме реального времени качество конкретного канала в группе частот и обеспечивают средства согласования текущих условий распространения в каналах с доступными частотами.

Одно из предполагавшихся преимуществ состояло в том, что благодаря возможности быстрого реагирования на изменяющиеся условия распространения адаптивные системы могут оказаться идеальным средством для передачи коротких пакетов данных. После передачи каналы должны быть как можно скорее освобождены для других потенциальных пользователей. Кроме того, это может позволить преодолеть основную причину беспокойства, связанного с блокированием каналов.

Распространенность случаев занятия каналов холостыми сигналами в течение длительного времени была признана серьезным препятствием для устранения перегруженности спектра; в фиксированной службе было общепринято постоянно передавать сигналы с "бесконечной" ленты или модуляцию для резервирования доступа к частотным каналам. Отчеты о мониторинге с середины 1990-х годов показали, что более половины идентифицируемых передач не содержат трафика данных.

Эта вызывающая беспокойство проблема отражена в пунктах *d)–f)* раздела *учитывая* Рекомендации МСЭ-R SM.1266 по адаптивным СЧ/ВЧ системам, в которых, в частности, говорится:

"d) что в полосах СЧ/ВЧ голосовой обмен все больше заменяется обменом данных, который имеет тенденцию к требованию высокого качества канала на короткий период;

e) что использование адаптивных систем, которые освобождают канал, когда по нему не ведется обмен, улучшит эффективность использования спектра, допуская совместное использование частот.

f) что использование адаптивных систем, которые контролируют условия распространения в реальном времени и освобождают канал для других пользователей при изменении во времени условий распространения, повысит эффективность использования спектра".

Хотя более поздние технические исследования частотно-адаптивных систем, проведенные МСЭ-R, и последующее развертывание этих систем были, по-видимому, связаны с введением цифровой модуляции в рамках общего процесса перехода от аналоговых к цифровым системам, базовая работа и исследования эффективности использования спектра и совместимости систем, совместно использующих частоты, были выполнены до проведения ВАРК-92.

В нескольких технических исследованиях, проведенных до ВАРК-92, было признано, что эти системы могли бы в будущем помочь в разрешении проблем перегруженности спектра ВЧ, хотя в тот момент они были представлены на рынке в небольшом количестве.

В одном из вкладов в работу ОВРГ 10-3-6-8/1 было отмечено, что испытание в реальных условиях, проведенное соответствующей администрацией, показало, что фиксированная, подвижная и радиовещательная службы могут эффективно использовать одни и те же частотные полосы при осуществлении управления использованием частот в режиме реального времени и процедур присвоения. В нескольких Отчетах МККР (911, 859 и 658), подкрепленных опытом реальной работы, было предложено распределение некоторых частотных полос радиовещательной службе с условием, что доступ к тому же спектру ВЧ могут иметь фиксированная и подвижная службы. Этот доступ мог бы базироваться на временном и географическом разделении плюс изменение рабочих характеристик этих трех радиослужб. Было сделано следующее заключение: "... опыт работы свидетельствует о том, что можно достигнуть такой степени совместимости систем фиксированной, подвижной и радиовещательной служб в одной и той же полосе спектра ВЧ, что ее можно будет легко обеспечить без какого-либо ущерба для радиовещательной службы со стороны других радиослужб".

### **Рассмотрение вопросов совместного использования частот различными службами и совместимости служб**

В выводах, содержащихся в Отчете ОВРГ по вопросам совместного использования частот разными службами и совместимости систем в диапазоне ВЧ, поддерживаются несколько сценариев такого использования, включая возможности совместного использования частот фиксированной и радиовещательной службами. Ниже приводится анализ различных сценариев совместного использования частот на основе опыта, полученного в период между ВАРК-92 и ВКР-03.

#### *Совместимость систем любительской, фиксированной, подвижной и радиовещательной служб*

Любительская служба имеет частотные распределения в полосе 3500–4000 кГц, которые варьируются в зависимости от Района. В этой полосе осуществляется совместное использование частот любительской и фиксированной службами, а также отдельными подвижными службами. Его нельзя назвать идеальным, но оно со временем стало общепринятым. Кроме того, реализовано совместное использование частот системами разных Районов, обусловленное различиями в частотных распределениях в трех Районах: любительская служба Районов 2 и 3 использует частоты совместно с радиовещательной, фиксированной и подвижной службами Районов 1 и 3. Помехи между этими службами минимизированы за счет характеристик распространения в данной полосе. В дневное время для многих трасс полоса оказывается ниже наименьшей применимой частоты (НПЧ). Использование в дневное время ограничено только передачей на короткие расстояния порядка 500 км или меньше. Однако в ночное время характеристики внутриконтинентального распространения являются отличными, а характеристики межконтинентального распространения – от критических до хороших в зависимости от времени года, широты и прочих факторов. Для любительской службы возможность разумного выбора оператором частот является еще одним средством минимизации помех со стороны других служб.

Полоса 10 100–10 150 кГц была распределена на ВАРК-79 на первичной основе фиксированной службе, а на вторичной основе – любительской службе. Распределение на вторичной основе разрешает ограниченный доступ к полосе станциям любительских служб при условии отсутствия помех станциям фиксированной службы. Такой доступ позволяет любительской службе успешно использовать эту полосу уже более 20 лет.

#### *Совместимость систем фиксированной, подвижной и радиовещательной служб*

Включение группы Резолюций 729 (ВКР-97), 351 (ВКР-03) и 544 (ВКР-03) в пункте 1.13 повестки дня означает, что вопросы совместимости, подлежащие рассмотрению на ВКР-07, должны охватывать совместное использование частот разными службами – фиксированной, подвижной и радиовещательной, а также совместное использование частот в рамках одной службы системами морской подвижной службы и общими системами подвижной службы.

Может оказаться, что совместное использование частот фиксированной, радиовещательной и подвижной службами будет иметь ограниченные возможности из-за несоответствия в уровнях напряженности поля и значениях отношений сигнал/помеха (S/I), необходимых для обеспечения надлежащего приема. На практике существует много примеров, когда эти службы имеют доступ к одним и тем же частотным распределениям и могут эффективно функционировать и обеспечивать эффективное использование спектра ВЧ.

Во многих частях мира возможным средством обеспечения совместного функционирования фиксированной и радиовещательной служб является географическое и временное разделение. Трасса распространения радиоволн и эксплуатационные характеристики – главные факторы, влияющие на такое разделение, которые при должном их учете могут обеспечить совместное функционирование служб. Это особенно справедливо по отношению к передатчикам с быстрой перестройкой частоты фиксированной службы.

В Статье 5 Регламента радиосвязи содержатся распределения, которые обеспечивают доступ фиксированной, подвижной и радиовещательной служб ко множеству одних и тех же полос ВЧ. Следует отметить, что в п. 5.147 разрешены передачи фиксированной службы в пределах границ любой страны, если они не причиняют вредных помех радиовещательной службе в полосах 9775–9900 кГц, 11 650–11 700 кГц и 11 975–12 050 кГц и если их общая излучаемая мощность не превышает 24 дБВт.

#### *Трассы с повторным использованием полос ВЧ на базе технологии почти вертикального падения пространственной волны (NVIS)*

Еще в одном признанном сценарии совместного использования частот применяются возможности естественного временного разделения между передачами при задействовании трасс с наклонным падением пространственной волны и трасс с почти вертикальным падением пространственной волны (NVIS). Успешное функционирование трасс NVIS обычно ограничивается значением не более 80% от критической<sup>2</sup> частоты, что позволяет избежать проблем, вызванных кратковременными колебаниями характеристик ионосферы. В случае же использования режима отражения обычной наклонной пространственной волны значение оптимальной частоты варьируется от величины, которая на 10% больше критической частоты для минимального стабильного расстояния порядка 200 км, до величины, примерно втрое превышающей критическую частоту для самой длинной стабильной односкачковой трассы.

В связи с этим имеется возможность обеспечить связь на короткие расстояния на частотах ниже критической частоты одновременно со связью на длинные или средние расстояния на частоте выше критической в направлении одного и того же общего места/зоны или в обратном направлении. Пример такого совместного использования частот можно найти в полосах 2300–2495 кГц (2498 кГц в Районе 1), 3200–3400 кГц, 4750–4995 кГц и 5005–5060 кГц, охватываемых п. 5.113 Регламента радиосвязи, где радиовещательная служба имеет доступ к частотам на совместной основе с фиксированной службой в Тропической зоне и обычно работает с использованием режима NVIS, позволяющего обеспечить локализованное покрытие для радиовещательной службы. В Отчет СПК были добавлены дополнительные материалы относительно п. 1.13 повестки дня ВКР-07, в которых содержится похожий сценарий временного/географического разделения между системами морской подвижной службы и системами фиксированной и подвижной служб, использующими технологию NVIS в пределах суши.

---

<sup>2</sup> Наивысшая частота, которая будет вертикально отражаться от ионосферы обратно на землю в определенное время и в определенном месте.

Такой подход учитывает возможность совместного функционирования систем фиксированной службы и сухопутной подвижной службы в пределах суши (с использованием NVIS) и систем морской подвижной службы в отдельных участках диапазонов 4, 6 и 8 МГц Приложения 17 в соответствии с примечанием *p*). Этот режим совместного использования частот позволяет увеличить объем спектра для поддержки ВЧ связи в фиксированной и сухопутной подвижной службах на относительно короткие расстояния по относительно коротким сухопутным трассам. Кроме того, он обеспечивает лучший общий баланс между объемом и распределением доступного для фиксированной и подвижной служб спектра ВЧ. В Европе более чем в 70% случаев ВЧ связь в фиксированной и подвижной службах осуществляется по относительно коротким сухопутным трассам, обычно с излучаемой мощностью не более 1 кВт.

В таком сценарии совместное функционирование систем обеспечивается за счет свойств ионосферы, допускающих совместимую работу на базе естественного временного разделения между линиями связи морской службы на большие расстояния и линиями связи фиксированной/подвижной службы на короткие расстояния на сухопутных трассах с использованием метода почти вертикального падения пространственной волны (NVIS). Связь на короткие расстояния на частотах ниже критической частоты может осуществляться одновременно со связью на дальние и средние расстояния на частоте выше критической в направлении одного и того же общего места/зоны (или в обратном направлении). В частности, такая комбинация временного и географического разделения служит ограничением для любого неблагоприятного воздействия на морскую подвижную службу со стороны систем, использующих технологию NVIS на суше. Этот эффект иллюстрируется на рис. 19 и 20, где представлены два примера всемирной карты ионосферы, полученные в режиме реального времени.

РИСУНОК 19

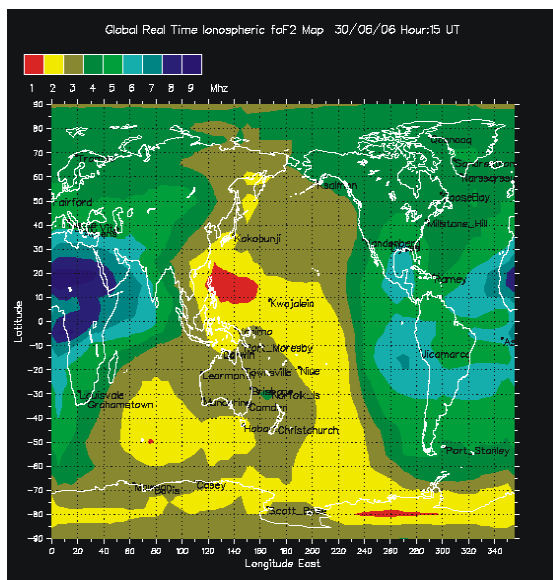
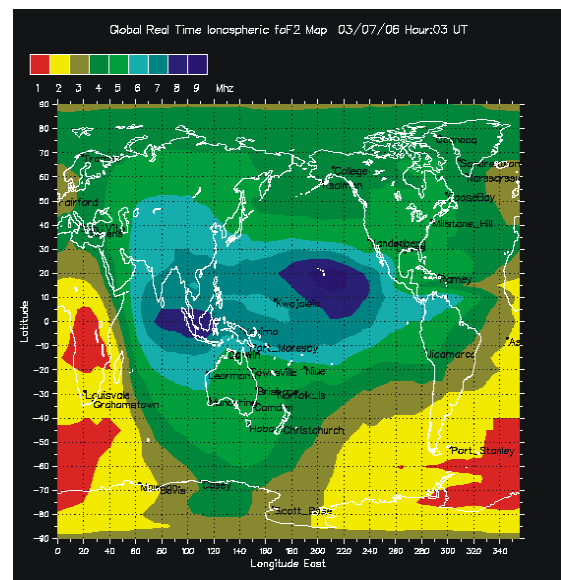


РИСУНОК 20



Для передач между ВЧ станциями морской службы на побережье или на территории, удаленной от моря, и станциями на судах, находящихся далеко в море, используется полоса частот морской службы вблизи частоты, равной примерно удвоенной критической частоте для наклонных трасс средней длины, например, порядка 6 МГц для Тихого океана или 12 МГц – для Атлантического океана в указанное время года и время дня, то есть 30 июня, 15.00Z.

Одновременно связь в режиме NVIS в пределах континентальной суши будет осуществляться на частотах ниже критической, например, < 3 МГц для Австралии, < 5 МГц для Европы, Азии и Северной Америки, < 6 МГц для Южной Америки и максимум 8 МГц для экваториальной Африки.

Это время дня соответствует наиболее высокой суточной ожидаемой активности ионосферы на долготе 0°–20° и одновременно наиболее низкой активности перед рассветом посредине Тихого океана.

Для передач между ВЧ станциями морской службы на побережье или на территории, удаленной от моря, и станциями на судах, находящихся далеко в море, используется полоса частот морской службы вблизи частоты, равной примерно удвоенной критической частоте для наклонных трасс средней длины, например, порядка 12 или 16 МГц для Тихого океана или порядка 6 или 8 МГц – для Атлантического океана в указанное время года и время дня, то есть 3 июля, 03.00Z.

Одновременно связь в режиме NVIS в пределах континентальной суши будет осуществляться на частотах ниже критической, например, < 5 МГц для Австралии, Европы и Северной Америки, < 6 МГц для Азии, 2–4 МГц для Южной Америки и не более 1–2 МГц для Африки.

Это время дня соответствует наиболее высокой суточной ожидаемой активности ионосферы на долготе 180°–200° и одновременно наиболее низкой активности перед рассветом посредине Атлантического океана.

**Пример совместного использования частоты в рамках одной службы для устранения ограничений на использование, определяемых в Приложениях 17 и 25 Регламента радиосвязи**

Системы обмена цифровыми данными для морской подвижной службы размещаются в участках полос, определенных в Приложении 17 РР, которые в настоящее время указаны в примечании р). Некоторые из используемых в настоящее время систем имеют возможность выбора частоты из резерва частот. Дальнейшее развитие систем обмена цифровыми данными для морской службы приведет к внедрению систем с возможностями динамического выбора частоты с полным адаптивным управлением. Однако Резолюция 729 (ВКР-97) не разрешает размещения частотно-адаптивных систем в полосах, распределенных исключительно морской или воздушной подвижной (R) службе.

Кроме того, имеются дополнительные возможности повышения эффективности использования диапазонов, определенных в Приложении 17, путем разрешения системам обмена данными использовать спектральные ресурсы тех подполос, к которым также применяется План для аналоговых речевых каналов, приведенный в Приложении 25 РР. Возможность повторного использования речевых каналов, указанных в Приложении 25, для передачи данных можно продемонстрировать с помощью результатов мониторинга полосы. Проектная группа FM22 СЕРТ провела несколько кампаний мониторинга, относящихся к этому пункту повестки дня. На рис. 21 представлены спектрограммы третьей кампании мониторинга, проведенной FM22 в мае 2005 года, которые включают следующие сегменты полос ВЧ морской подвижной службы, регламентируемые Приложением 25:

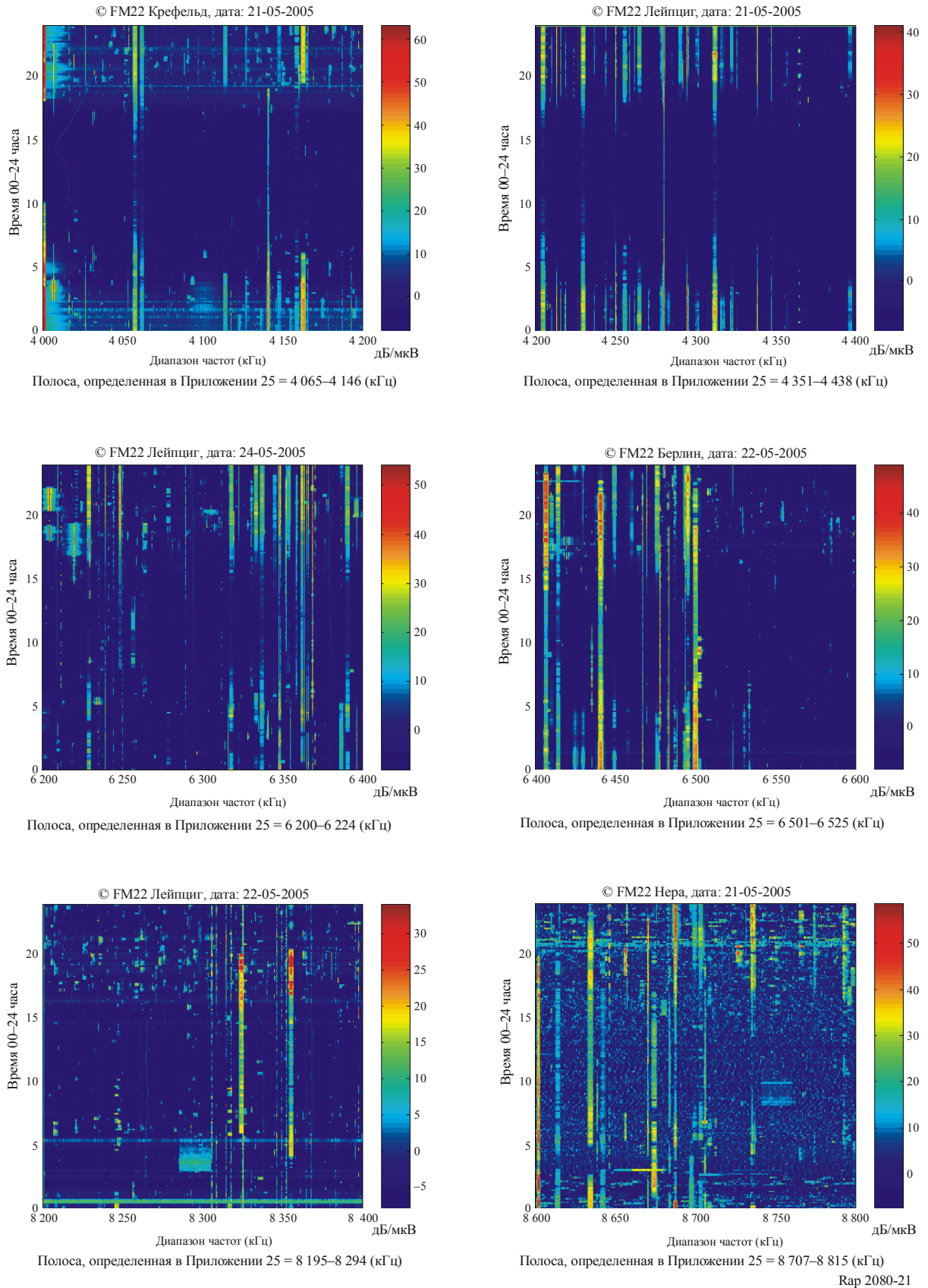
4065–4146 кГц;	4351–4438 кГц;
6200–6224 кГц;	6501–6525 кГц;
8195–8294 кГц;	8707–8815 кГц.

Эти репрезентативные результаты показывают, что в речевых каналах, определенных в Приложении 25, наблюдается меньшая активность, чем в других участках полос морской подвижной службы, определенных в Приложении 17. В некоторых случаях коэффициент усиления записывающего оборудования пришлось увеличить настолько, что оборудование срабатывало от шумов. Следует также отметить, что некоторые самые сильные сигналы, отраженные на спектрограммах (представленные в виде широких линий наибольшей напряженности поля), явились результатом передач систем фиксированной и радиовещательной служб. Анализ позволяет сделать заключение о том, что новые службы обмена данными проще разместить в тех участках полос, определенных в Приложении 17, которые регламентируются Планом Приложения 25, чем в тех, которые не регламентируются этим Планом.

Для того чтобы обеспечить использование частотно-адаптивных систем обмена данными для морской подвижной службы во всех полосах частот, определенных в Приложении 17, которые не должны быть зарезервированы для связи в случае бедствия и для обеспечения безопасности, а также для устаревшей связи УПП, включая передачи MSI, необходимо устранить ограничения, приведенные в Резолюции 729 (ВКР-97). Пункт 1.2 раздела *решает* этой Резолюции не допускает размещение частотно-адаптивных систем для использования системами морской подвижной службы в полосах, распределенных на исключительной основе морской подвижной службе. То же ограничение налагается на полосы, указанные в Приложении 27 РР для воздушной подвижной (R) службы.

РИСУНОК 21

## Спектрограммы для диапазонов 4, 6 и 8 МГц морской подвижной службы



## Приложение 5

### Рассмотрение вопросов совместного использования спектра в соответствии с пунктом 1.13 повестки дня ВКР-07

#### Совместное использование спектра

Поскольку первоначально этот текст должен был отражать ситуацию в полосах ВЧ ниже 10 МГц, выдвигаемые в нем аргументы носят более общий характер и применимы ко всем полосам частот.

К сожалению, в настоящее время ресурсов радиоспектра недостаточно для того, чтобы каждый пользователь мог получить свободный выделенный канал. Частоты или "каналы" должны использоваться снова и снова, либо использоваться на совместной основе, с тем чтобы перенести максимально возможный трафик в условиях ограниченного доступного спектра. Все службы должны (либо будут должны) совместно использовать спектральные ресурсы в рамках своего распределения. Это практикуется уже в течение нескольких десятков лет. Иллюстрации способов совместного использования каналов радиовещательной службой даны в примерах 2 и 3.

Существуют два<sup>3</sup> основных способа совместного использования каналов. Каналы могут использоваться совместно с разделением по времени, когда один пользователь имеет к нему доступ в определенные временные интервалы, а другие – в иные временные интервалы. Кроме того, может использоваться пространственное разделение каналов. Если между задействованными пользователями траектории передачи имеют достаточное географическое разнесение, то, если уровни принимаемых сигналов существенно различаются, любой из каналов, то есть полезный, может, как правило, игнорировать другие. Критерии успешного совместного функционирования называются "критериями защиты". Была проведена большая работа по этому вопросу, которая позволила получить множество данных и соответствующие руководства.

На интуитивном уровне понятно, что различные пользователи могут совместно использовать тот или иной конкретный канал с разделением по времени при условии, что каждый из них может скоординировать с другими пользователями те временные интервалы, в которые он хотел бы использовать этот канал. Хотя, пусть и не интуитивно, но также ясно, что правильно построенные системы с адекватной защитой могут совместно работать при условии наличия надлежащего расстояния между ними. Термин "адекватная защита" означает, что пространственное ослабление сигнала достаточно велико, чтобы можно было беспрепятственно принять полезный сигнал. Не существует никаких технических причин невозможности реализации совместного использования частот; вопросом, скорее, является "как", а не "если". Это предмет координации, управления и администрирования.

Очевидно, что если передачи от одной и той же "службы" могут использовать спектр совместно, то не существует никаких технических причин, исключающих эту возможность для передатчиков разных служб. Если характеристики излучений различных служб совпадают, либо соизмеримы, то критериями защиты для них будут те, которые они уже используют. Эта проблема решается легко. Там, где имеются существенные технические различия в характеристиках излучения различных служб, как например, между передачами радиовещательной и любительской служб, то можно установить подходящие критерии защиты. Важно отметить, что ключевыми условиями совместного использования частот остаются такие, как координация и управление и общее желание служб администрировать определенный участок спектра. Пока различие в технических характеристиках не вышло за рамки существующих критериев защиты, исследование возможностей совместного использования частот будет преимущественно касаться этих административных соображений. Там, где имеются технические различия, которые не укладываются в эти рамки, при изучении вопроса о совместном использовании спектра возможно потребуется сформулировать соответствующие критерии защиты.

Пример совместного функционирования двух радикально различающихся служб в одной и той же части спектра можно в настоящее время наблюдать в полосе 7,100–7,200 МГц, в которой любительская служба может легко получить доступ к спектральным ресурсам, занимаемых радиовещательной службой. Компании мониторинга, проведенные РГ FM RT22, показали, что и радиовещательная и любительская службы фактически используют эту полосу. Кроме того,

---

<sup>3</sup> Возможен еще третий способ, при котором используются значительно различающиеся типы схем модуляции и сложные схемы защиты и исправления ошибок, которые позволяют двум сигналам иметь "перекрытие", если любой из них можно отличить от шумоподобных эффектов другого.

радиовещательная служба осуществляет внедрение цифровых систем передачи в ВЧ вещательные полосы. Технические характеристики цифровых передач довольно сильно отличаются от характеристик "обычных" аналоговых систем. Для того чтобы согласовать эту проблему, существующие критерии защиты, используемые для координации служб в рамках радиовещательной службы, были расширены с учетом цифровых передач и их различных технических характеристик.

### **Факторы, поддерживающие совместное использование групповой полосы/полосы частот**

Имеются несколько примеров управляемого повторного использования частот в полосе или на "почастотной" основе, реализованных в рамках МСЭ-R. Главное место среди них занимает пример применения процедуры составления расписаний для радиовещательной службы в соответствии со Статьей 12. Методы управления, поддерживающие процедуру Статьи 12, предусматривают совместное использование радиовещателями вещательных частот на основе их временного и географического разделения. Результатом этого является высокая степень повторного использования частот, которые координируются между самими радиовещателями. В конце анализа приводятся несколько конкретных примеров, касающихся способов координации вещательных передач, позволяющих многократное использование одного и того же канала.

Другой пример повторного использования частоты можно найти в Приложении 26 Регламента радиосвязи, в котором содержится план выделения частот для воздушной подвижной (ОР) службы, в котором каждая частота может быть выделена нескольким администрациям. Изучение современных систем обмена данными для систем морской подвижной службы в ИМО и РГ 8V также показало, что большая часть трафика морской службы, использующей эти системы, передается на частотах, находящихся вне полос ВЧ, распределенных морской службе на исключительной основе, главным образом в полосах фиксированной службы. Регламентарная эквивалентность сетей фиксированной и подвижной служб, когда дополнительные терминалы работают "под прикрытием" защиты соответствующей базовой станции, еще более подкрепляет ту мысль, что с эксплуатационной точки зрения многие сети фиксированной и подвижной службы трудно отличить друг от друга. Кроме того, были приведены примеры частотно-временного совместного функционирования новых линий обмена данными в морской службе и радиовещательной службы на основе совместного с радиовещанием использования частот с контролем по времени.

Конференция ВАРК-92 определила степень возможного повторного использования частот ВЧ как внутри службы, так и между службами путем совместного функционирования в общих полосах. Перемещение к распределению в более широко определенной полосе можно рассматривать как обеспечение максимальной гибкости в использовании спектра. После ВАРК-92 стало также понятно, что такие усовершенствования будут зависеть от реализации адаптивных методов связи, использующих методы динамического выбора частот, включающих в себя автоматическое избежание конфликтов в каналах (пп. 2 и 3 раздела *решиает* Резолюции 729 (ВКР-97)) и быстрое высвобождение каналов после использования для обеспечения большей вероятности обнаружения среди конкурирующих пользователей трассы с надежным распространением радиоволн (Рекомендация МСЭ-R SM.1266).

В настоящее время ситуация характеризуется возрастающим сближением эксплуатационных характеристик современных систем обмена данными, разработанных для использования фиксированной и подвижной службами в полосах ВЧ. Это иллюстрируется тем фактом, что в большинстве этих новых систем применяется сейчас система мультиплексирования с ортогональным частотным разделением сигналов (OFDM) в качестве общего стандарта передачи. Имеет место даже конвергенция с радиовещанием на ВЧ, поскольку система всемирного цифрового радио (DRM), разработанная для замены аналоговой модуляции в СЧ/ВЧ системах звукового вещания, работает в рамках конфигурации системы OFDM.

Характерной особенностью систем на основе OFDM является возможность изменения во время передачи характеристик кодирования для лучшего согласования с требованиями службы и с факторами распространения радиоволн. Конвергенция методов модуляции и управления в современных системах фиксированной и подвижной служб означает, что их работа будет происходить все больше и больше в рамках схожей области характеристик. Когда принципы планирования каналов связи, эксплуатационных функций и характеристик станут настолько близкими, что их будет трудно различать, задействованные системы смогут совместно функционировать, поскольку критерии их совместимости естественно будут почти те же самые. При рассмотрении работы сетей фиксированной и подвижной связи уже наблюдается высокая степень регламентарной эквивалентности.

Эти соображения дополняют концепцию п.1 раздела *рекомендует* Рекомендации 34 (ВКР-95) о том, чтобы будущие всемирные конференции радиосвязи по возможности распределяли полосы частот наиболее широко определенным службам для предоставления администрациям



максимальной гибкости в использовании спектра, учитывая вопросы безопасности, технические, эксплуатационные, экономические и другие соответствующие факторы.

ВКР-03 отметила преимущества продвижения в направлении согласования совместных распределений в полосах ВЧ для обеспечения работы фиксированной и подвижной служб, за исключением зарезервированных функций обеспечения безопасности в авиации и судоходстве. 29 марта 2009 года вступят в силу первые изменения в распределениях по этому принципу как следствие действий по выполнению требований п. 1.23 повестки дня ВКР-03 по выравниванию распределений полос в районе 7 МГц. После этой даты полосы 6765–7000 кГц, 7400–7450 кГц (Район 2) и 7450–8100 кГц станут доступны для общего использования фиксированной и подвижной службами, за исключением воздушной подвижной (R) службы.

Принципиальным достоинством совместного использования спектра различными службами является доступность для обеих служб более широкой полосы частот и, следовательно, большего числа каналов. Это обеспечит большие возможности для поиска лучших каналов в определенное время. При этом повышается надежность любой сети связи на ВЧ, так как станет доступным более широкая полоса частот, что, в свою очередь, повысит вероятность выбора оптимальной частоты для конкретной цели и для реагирования на постоянно меняющиеся условия распространения вследствие естественных суточных и сезонных изменений свойств ионосферы. Увеличение набора доступных частот не приводит к снижению эффективности использования спектра. Действительно, Рекомендация МСЭ-R SM.1266 по адаптивным СЧ/ВЧ системам базируется на признании того, что системы связи, контролирующие условия распространения в режиме реального времени и освобождающие каналы для других пользователей в условиях изменяющихся во времени характеристик распространения, обеспечивают лучшее использование спектра. Однако следует помнить, что перегрузка обуславливается, главным образом, интенсивностью трафика и относительной срочностью каждого отдельного сообщения.

Адаптивные системы постоянно развиваются в направлении "автоматизации" процесса координации (в режиме реального времени), повышения эффективности и, следовательно, постепенного снижения потребности в административной работе человека. Действительно, Резолюция 729 (ВРК-97) решает, что:

- частотно-адаптивные системы должны автоматически ограничивать количество одновременно используемых частот минимумом, необходимым с точки зрения потребностей связи, и
- с целью избежания вредных помех система должна оценивать занятость каналов как до начала, так и во время работы.

Под адаптивностью здесь понимается управление частотой и изменения технических и эксплуатационных характеристик передатчиков, приемников, антенн и т. д. для оптимизации использования доступных ресурсов.

В настоящее время трудно обеспечить широкое использование радиовещательными службами адаптивных методов, поскольку обычно никакого управления в приемнике не осуществляется. Однако радиовещатели широко используют остронаправленные антенны и широкий диапазон потенциальных трасс передачи<sup>4</sup> для минимизации помех, создаваемых другим передатчикам и от них. Кроме того, сторонники цифрового радиовещания обещают реализовать ограниченную адаптивность в самом приемнике.

Может иметь место ситуация, когда множество современных версий адаптивных систем будут не в состоянии правильно реализовать автономное динамическое совместное использование частот. С точки зрения статистики более широкая групповая полоса, охватывающая несколько более узких полос, распределенных службе на исключительной основе, позволит предложить каждому пользователю со стороны участвующих служб больше возможностей для выбора одной или нескольких частот для немедленного использования. В этих случаях неудовлетворительно составленные протоколы выбора частоты могут привести к проблемам при введении совместного использования групповой полосы/полосы частот. Чтобы избежать постоянных и неразрешимых коллизий, процесс выбора частоты должен осуществляться по случайному закону, даже вплоть до разрешения производить маловероятный выбор с точки зрения распространения. Это объясняется тем, что как и в любой лотерее (в данном случае цель – это выбор "выигрышных" частот путем большого числа попыток), предопределенный выбор окажется менее эффективным со временем.

---

<sup>4</sup> Распределение радиовещательных программ на ВЧ от их источника (в студийном центре) к конкретному передатчику обычно выполняется с помощью спутника. Программа может быть практически в любой точке получена из спутниковой системы распределения.

Итак, чтобы не следовать далее лотерейной аналогии, стратегия "выигрыша" будет выбирать частоты, которые устанавливают функциональный канал без коллизий с другими пользователями. Это намного более открытая ситуация, чем выигрыш в реальной лотерее. Важными факторами являются пределы выбора частоты и вероятность нахождения подходящего канала. Многообразие адаптивных каналов (с различными эксплуатационными требованиями), обеспечивающее выбор частоты из более широкой групповой полосы, увеличивает вероятность нахождения функциональных каналов по сравнению с ситуацией, когда несколько пользователей (одной и той же службы) пытаются достичь аналогичной цели в узкой полосе. Однако необходимой частью данной стратегии является то, что пользователи не должны оставаться на выбранной частоте дольше, чем это необходимо. Если же они остаются дольше, то выбор доступных частот для остальных пользователей будет ограничен, поскольку преимущества выборки по случайному закону будет утеряно.

Статистический анализ результатов лотереи и стратегий показывает, что неслучайный предопределенный выбор может легко привести к неудаче, либо к выбору частоты, которая популярна и у других участников выбора, что создаст ситуацию совместного использования любой выигрышной частоты – в этом случае будут иметь место повторяющиеся коллизии из-за выбора "популярной" частоты. Таким образом, если различные группы пользователей пытаются получить преимущественное право на выбор частоты, то для установления новой линии может вообще не остаться подходящего выбора. Точно такой же эффект будет иметь место в случае, когда несколько каналов объединяются в один широкополосный канал – это другая форма возможного более длительного времени использования преимущественного выбора частот. Кроме того, если два или более пользователей все время пытаются получить доступ к одним и тем же частотам из резерва предопределенных частот, а в системе отсутствует возможность перераспределять их выбор в режиме реального времени, то это приведет к постоянным конфликтам. Естественная реакция пользователей оставаться в течение длительного времени на "своих" частотах, пытаясь их защитить, еще более обострит ситуацию.

Ощутимые проблемы, связанные с подходом к ситуации совместного использования полосы частот при решении задач по п. 1.13 повестки дня, являются фактически результатом концентрации внимания на неэффективных стратегиях управления использованием спектра. Коррекция этой ситуации будет полезна для всех пользователей.

Правильная стратегия должна основываться на методе псевдо-случайного выбора в режиме реального времени, которая позволяет передатчикам и приемникам работать синхронно и осуществлять выбор без конфликтов. Кроме того, передача никогда не должна занимать канал дольше, чем необходимо, поскольку это уменьшает выбор для других пользователей. Данный факт подтверждается и в руководстве по своевременному освобождению каналов для других пользователей, приведенном в Рекомендации МСЭ-R SM.1266. Как было сообщено на 10-й Международной конференции по ионосферным радиосистемам и методам, состоявшейся в Лондоне 18–21 июля 2006 года, такие системы в настоящее время уже проходят тестирование. Другие аспекты адаптивности, такие как адаптивное управление мощностью, адаптивное управление положением нуля в диаграммах направленности антенн и адаптация скорости передачи данных и протоколов модуляции к требованиям трафика, а также условия распространения радиоволн еще больше увеличивают гибкость для обеспечения наиболее эффективного использования доступного спектра.

Остается одна область, в которой совместное использование частот, которое хотя все еще технически возможно, однако не рекомендуется, это когда существует фактор "обеспечения безопасности человеческой жизни". Крайне важный характер передач таких служб и невозможность их предварительной координации с другими передачами означает, что некоторые каналы должны постоянно оставаться незанятыми для трафика связи по оказанию помощи при бедствиях.

### **Повторное использование частот в радиовещательной службе**

*Пример 1: Аналоговое радиовещание, защищаемое от аналогового радиовещания*

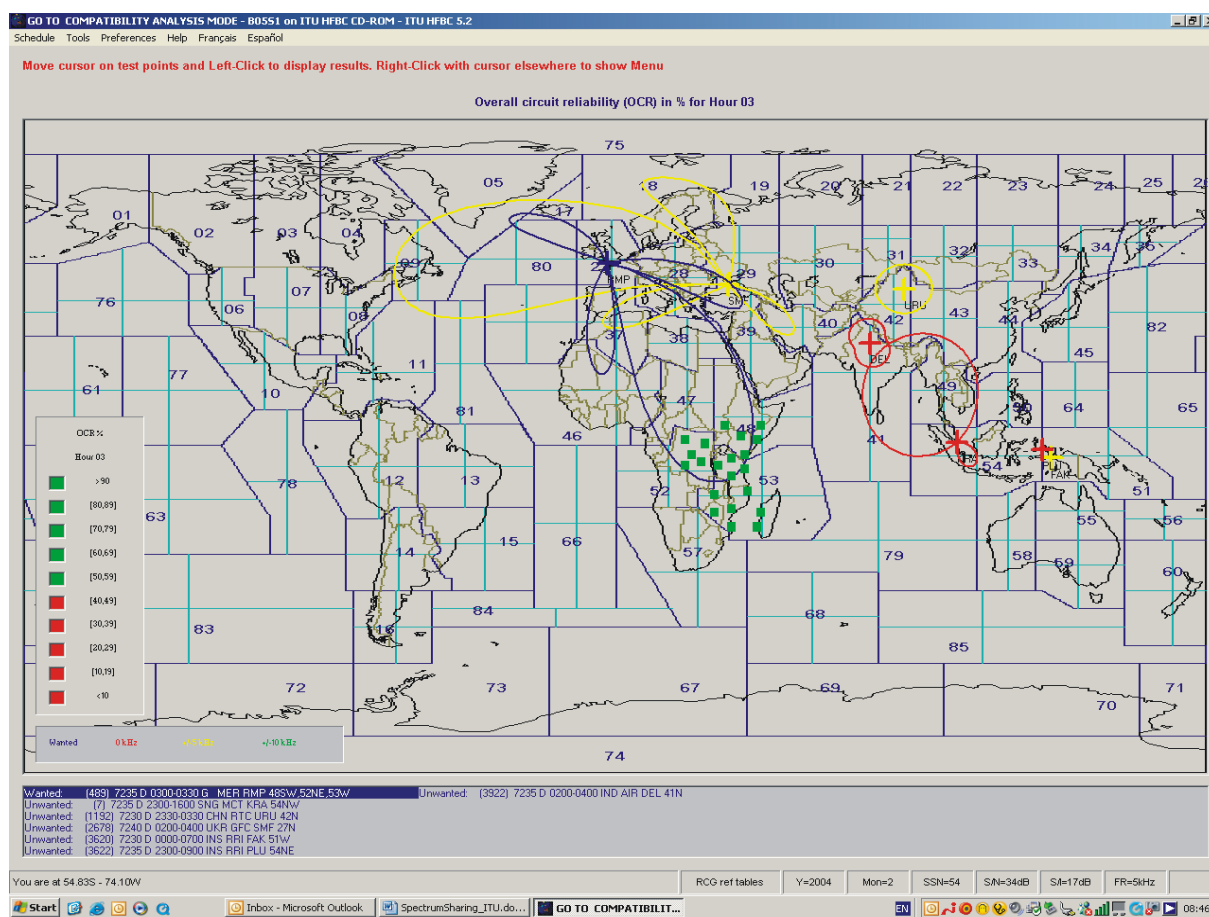
Критерии защиты между аналоговыми передачами для радиовещательной службы на ВЧ приведен в Рекомендации МСЭ-R BS.560. В ней предлагается, чтобы для обеспечения общего качества приема, равного оценке 4 по пятибалльной шкале, величина защитного отношения по РЧ в совмещенном канале для радиовещательных передач составляла 27 дБ. Опыт, полученный в течение многих десятков лет, показал, что для обеспечения возможности большему количеству передач совместно использовать доступный спектр без значительного ухудшения разборчивости принимаемых сигналов это значение в 27 дБ можно уменьшить. При применении Статьи 12 Регламента радиосвязи

используется защитное отношение в совмещенном канале, равное 17 дБ. Это значение может изменяться пользователем для оценки влияния других передач на его собственную передачу.

Радиовещание является службой связи "пункта с зоной", поэтому зачастую трудно отчетливо увидеть влияние одной передачи на другую во всей полезной зоне обслуживания. К счастью, в настоящее время существует немало средств, которые могут помочь в этом. Как часть реализации положений Статьи 12, в Бюро радиосвязи МСЭ разработаны графические средства, позволяющие отображать зону полезной заявки наряду со всеми нежелательными заявками. Приведенная ниже карта на рис. 22 иллюстрирует пример такого графического отображения. Она показывает зону полезной передачи сигнала из Рэмпишама (Соединенное Королевство) на Африку, а также другие передачи в совмещенном и соседнем каналах. Контрольные точки в полезной зоне окрашены в зависимости от рассчитанного значения общей надежности радиовещания, которая включает влияние возможных помех от всех отмеченных других передач. В данном случае показано, что уровень OBR превышает 50% во всей полезной зоне обслуживания, отмечая приемлемый уровень приема.

РИСУНОК 22

### Пример графического представления по данным ВЧРВ МСЭ на CD-ROM



Rap 2080-22

### Пример 2: Аналоговое радиовещание, защищаемое от цифрового радиовещания

С введением в радиовещательную службу на ВЧ цифровой модуляции потребовались дополнительные критерии защиты. Они были разработаны Целевой группой 6/7 и приведены в Рекомендации МСЭ-R BS.1615. Однако после принятия этой Рекомендации было обнаружено, что защитные отношения в Рекомендации МСЭ-R BS.1615 не могут быть применены для всех случаев аналоговых передач, защищаемых от цифровых передач. В такой ситуации ВКР-03 разработала Резолюцию 543, содержащую временные значения защитных отношений, которые должны применяться к радиовещательной службе на ВЧ, а также величины поправок, которые следует использовать для различных значений параметров как аналоговых, так и цифровых передач,

указанных в Рекомендации МСЭ-R BS.1615. В предварительную повестку дня ВКР-10 включен п. 2.6, касающийся проверки защитных отношений, которые должны использоваться в радиовещательной службе. Бюро радиосвязи МСЭ уже включила соответствующие критерии защиты для цифровых передач при применении Статьи 12.

### **Заключение**

Таким образом можно сделать вывод о том, что совместное использование полос и совместное функционирование систем фиксированной и подвижной служб приведет к более гибкому и эффективному использованию спектра. Однако, как всегда предполагалось, это произойдет не внезапно и потребует эффективного управления использованием спектра посредством методов динамического выбора частот в режиме реального времени и быстрого освобождения каналов по окончании их использования. Эти меры обеспечат большую вероятность обнаружения надежной трассы распространения радиоволн в условиях конкуренции между пользователями. Переход к совместимым схемам цифровой модуляции и пакетным протоколам в новых системах обмена цифровой информацией в дальнейшем повысит возможности оптимального использования полос частот на совместной основе.

## **Приложение 6**

### **Соображения относительно распределения одной и той же полосы частот фиксированной или подвижной службам на первичной основе и любительской службе на вторичной основе**

#### **1 Введение**

В данном Приложении рассматриваются соображения относительно распределений фиксированной или подвижной службам на первичной основе и любительской службе на вторичной основе в пределах одной и той же полосы частот.

#### **2 Базовая информация**

В Регламенте радиосвязи отсутствуют распределения на всемирной основе для любительской службы на частотах между 3,8 МГц и 7 МГц. В зависимости от времени суток, времени года и других факторов, влияющих на распространение, максимальная применимая частота (МПЧ) часто оказывается такой, что станциям любительской службы для выполнения ими своих функций будет крайне необходим доступ к спектру в районе 5 МГц. В соответствии с п. 4.4 РР некоторые администрации на основе непричинения помех сделали доступными для трафика радиосвязи любительской службы по оказанию помощи при бедствиях и связанной с этим подготовительной работы частоты (каналы) фиксированной службы в диапазоне 5 МГц.

Резолюцией 544 (ВКР-03) участки диапазона 5 МГц (5060–5250 кГц и 5730–5900 кГц) рассматриваются на предмет использования для радиовещательных служб. Кроме того, полоса 5900–5950 кГц распределена фиксированной службе на первичной основе только до 2007 года; после этого она будет распределена радиовещательной службе на первичной основе. Свободный доступ к спектру в диапазоне 5 МГц адаптивными системами фиксированной службы очень важен с точки зрения поддержания работы систем дальней связи.

На ВКР-03 фиксированная служба также утратила на всемирной основе 50 кГц спектра в полосе 7350–7400 кГц и дополнительные 50 кГц в полосе 7400–7450 кГц в Районах 1 и 3 в пользу радиовещательной службы для обеспечения гармонизации радилюбительской службы в полосе 7100–7200 кГц (что сделало невозможным для фиксированной службы организацию ионосферных межконтинентальных линий дальней связи в этой части полосы).

### **3 Общие соображения**

#### **3.1 Распределение частот любительской службе на вторичной основе**

Полоса 10 100–10 150 кГц распределена фиксированной службе на первичной основе, а любительской – на вторичной основе, однако в некоторых странах эта полоса распределена любительской службе на исключительной основе.

Операторы любительской службы в большинстве администраций должны получить сертификат оператора, однако они не должны обращаться в свои администрации за получением свободной (без помех) частоты и лицензии на работу на определенной частоте в полосах любительской службы. Операторы любительской службы просматривают и используют доступные частоты, если по ним не передается информация трафика. В случаях появления помех администрации окажутся в весьма затруднительном положении при попытке быстрой изоляции и устранения помех.

При проектировании фиксированных систем ВЧ разработчики сети обычно пытаются избежать использования соседних каналов. Если оператор любительской службы обнаруживает свободный канал, соседний по отношению к существующему каналу фиксированной или подвижной службы, то их внеполосные излучения могут привести к появлению вредных помех.

#### **3.2 Слабые сигналы фиксированной службы**

Станция любительской службы, расположенная рядом со станцией фиксированной службы, принимающей слабый сигнал, возможно, не будет способна обнаружить слабый сигнал фиксированной службы, для приема которого предназначены антенные системы этой службы, создавая таким образом помехи фиксированной службе.

#### **3.3 Передача высокоскоростных данных воспринимается как шум**

Отмечаются трудности обнаружения высокоскоростных передач данных на фоне звучания демодулированных аудиосигналов, в отличие от случаев передачи речи.

#### **3.4 Низкая мощность в режиме почти вертикального падения пространственной волны (NVIS)**

Перед передачей операторы любительской службы могут не обнаружить систем фиксированной и подвижной служб, использующих каналы с малой мощностью (25–250 Вт) для работ на коротких линиях с применением земных волн или на линиях с большими препятствиями в режиме NVIS.

#### **3.5 Передача в режиме "пункта со многими пунктами"**

В фиксированной службе часто используется однонаправленная передача данных в режиме "пункта со многими пунктами". Если вторичный пользователь любительской службы не обнаружит занятия канала, он может осуществить передачу и, соответственно, создать вредные помехи для приемников фиксированной службы. Однако ответственные операторы любительской службы, использующие ВЧ передачу на дальние расстояния, редко слышат оба конца канала связи и поэтому перед передачей осуществляют прослушивание в течение длительного времени.

#### **3.6 Частотно-адаптивные системы**

Адаптивные системы обычно не имеют каналов операторского контроля, предназначенных для идентификации источников помех, и они не могут различить в полосе частот ее первичных и вторичных пользователей. Если частота, занимаемая передачей любительской службы выбирается адаптивной системой, которая выполняет положения Рекомендации МСЭ-R F.1778 – Требования по доступу к каналу для адаптивных ВЧ систем в фиксированной службе (Channel access requirements for HF adaptive systems in the fixed service), то адаптивная система сделает попытку изменить частоту установленной линии, в результате чего может быть снижена ее пропускная способность, понизится эффективность использования спектра и уменьшится резерв частот, что в свою очередь, может привести к потенциальной утере канала ФС.

---