

## 1. Ионосфера.

### 1.1. Области ионосферы.

В области, протягивающейся на высоту примерно от 50 км до более чем 500 км некоторые молекулы ионосферы ионизируются солнечной радиацией, вследствие чего они производят атмосферный газ. Данная область называется ионосферой, рис. 1.1.

Ионизация - это процесс, в котором отрицательно заряженные электроны "отнимаются" (или присоединяются) от нейтральных атомов или молекул для образования положительно (или отрицательно заряженных) ионов и свободных электронов. Из-за ионов и произошло название ионосфера, но она намного легче т.к. в ней свободно движутся электроны, которые очень важны, если говорить о прохождении радиоволн на высоких частотах (КВ: 3-30 МГц). В общем, чем больше количество электронов, тем более высокие частоты можно использовать.

В течение дня могут существовать 4 области, называемые D, E, F1 и F2. Они находятся на примерно таких высотах:

- область D: 50-90 км
- область E: 90-140 км
- область F1: 140-210 км
- область F2: более 210 км

В течение дневного времени, спорадический слой E (непостоянный) (смотри раздел 1.6) иногда можно наблюдать в области E, и в определенное время солнечного цикла область F1 не разделена с областью F2, а объединены в общую область F. В ночное время области D, E и F1 становятся очень бедными на свободные электроны, и только область F2 остаётся возможной для связи, хотя спорадический E-слой довольно редко встречается ночью.

Только слои E, F1, спорадический слой E (если присутствует) и область F2 преломляют высокочастотные волны. Область D также важна, хотя и не преломляет ВЧ радиоволны, поглощает и ослабляет их. (см. 1.5).

F2 является самой важной областью в распространении высокочастотных радиоволн так как:

- она присутствует в течение 24 суток в день;
- высокое расположение обеспечивает максимальную дальность связи
- она чаще всего отражает самые высокие частоты в высокочастотном диапазоне.

Существование электронов самое продолжительное в области F2, что и является одной из причин появления этой области в ночное время. Обычное время существования электронов в областях E, F1 и F2 около 20 секунд, 1 минуты и 20 минут соответственно.

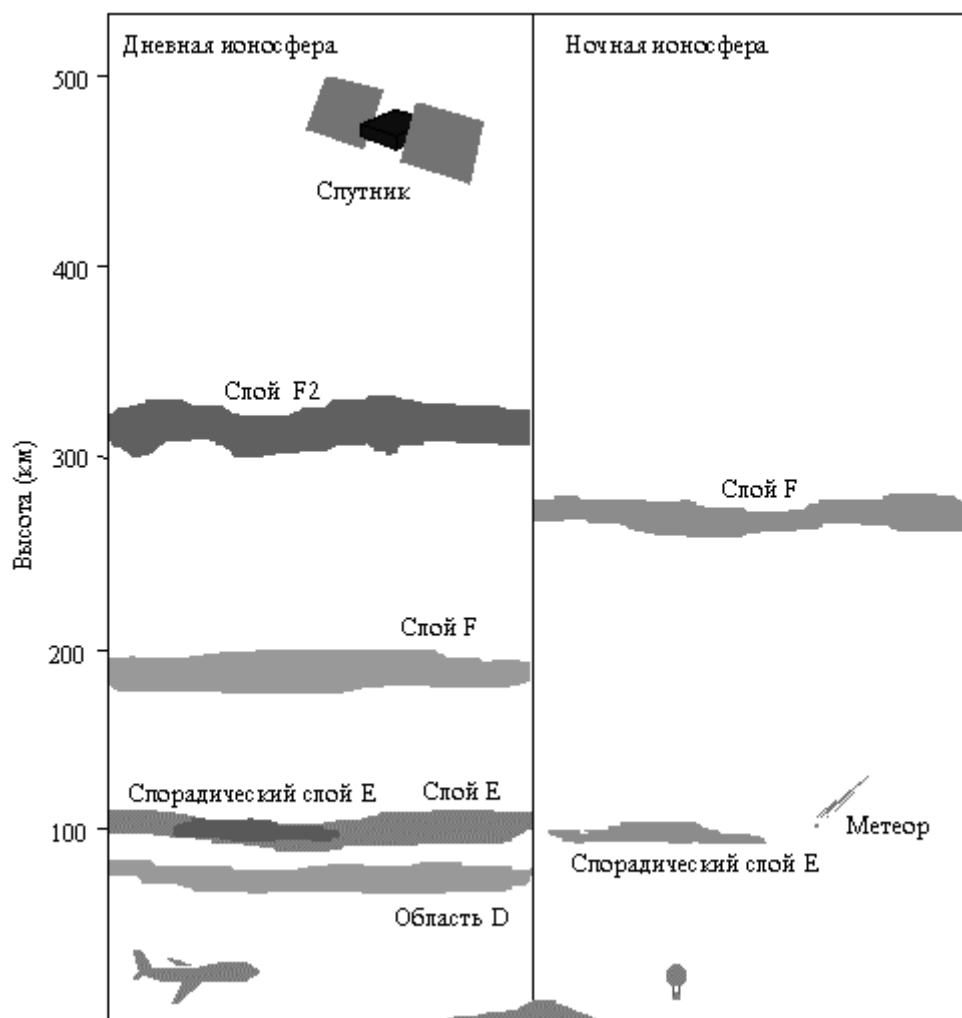


Рис.1.1 Дневная и ночная структура ионосферы

## 1.2 Возникновение и исчезновение электронов в ионосфере

Солнечная радиация является причиной ионизации в ионосфере. Электроны возникают при её столкновении с незаряженными атомами и молекулами, рис. 1.2. Так как этот процесс требует солнечной радиации, возникновение электронов происходит только в солнечной части полусферы ионосферы.

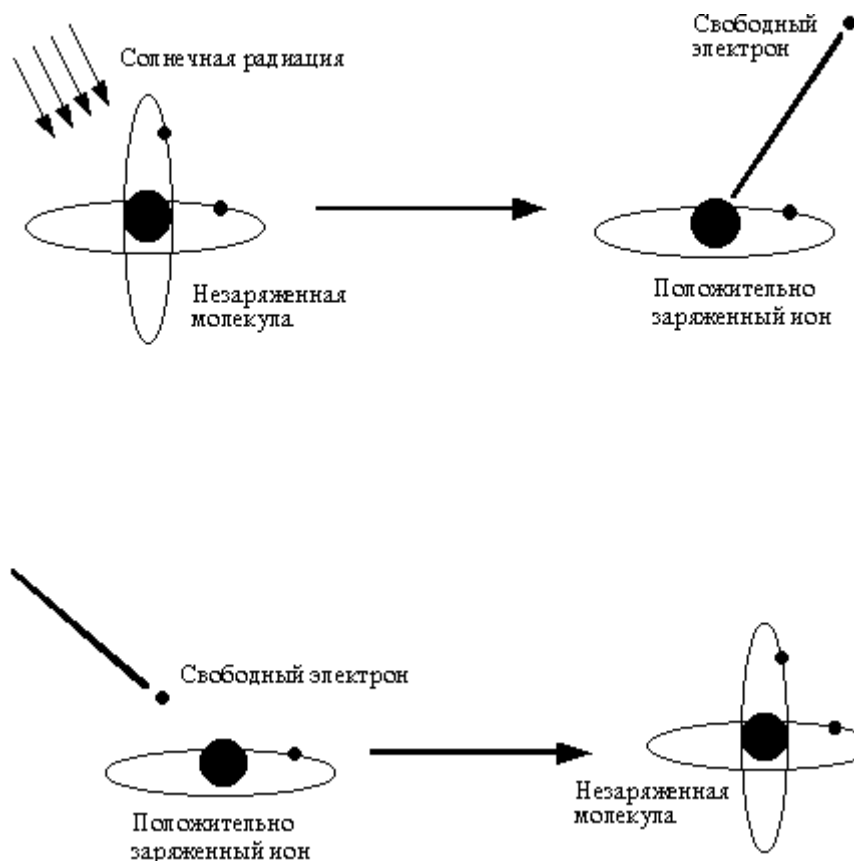


Рис. 1.2 Ионизация частиц

Когда свободный электрон связывается с заряженным ионом, обычно формируется нейтрально заряженная частица. По существу, исчезновение является процессом, противоположным возникновению. Возникновение и исчезновение - это постоянный процесс, который происходит как днем так и ночью.

### 1.3 Обзор ионосферы

Одна из самых важных характеристик ионосферы с точки зрения радио связи, это её способность преломлять радио волны. Хотя они преломляются только в пределах определенного частотного диапазона. Частотный диапазон зависит отряда факторов (см. раздел 1.4). Было применено несколько методов исследования ионосферы и наиболее часто используемым инструментом для этих целей является ионозонд, рис. 1.3. Нужно отметить, что много ссылок на ионосферную связь говорит о преломлении.

Ионозонд - это высокочастотный радар, который посылает очень короткие радио импульсы вертикально в ионосферу. Если радиочастоты не очень высокие то они отражаются назад на землю. Ионозонд фиксирует время задержки между передачей и приемом импульса. По разности частотных колебаний определяется время задержки разных частот.

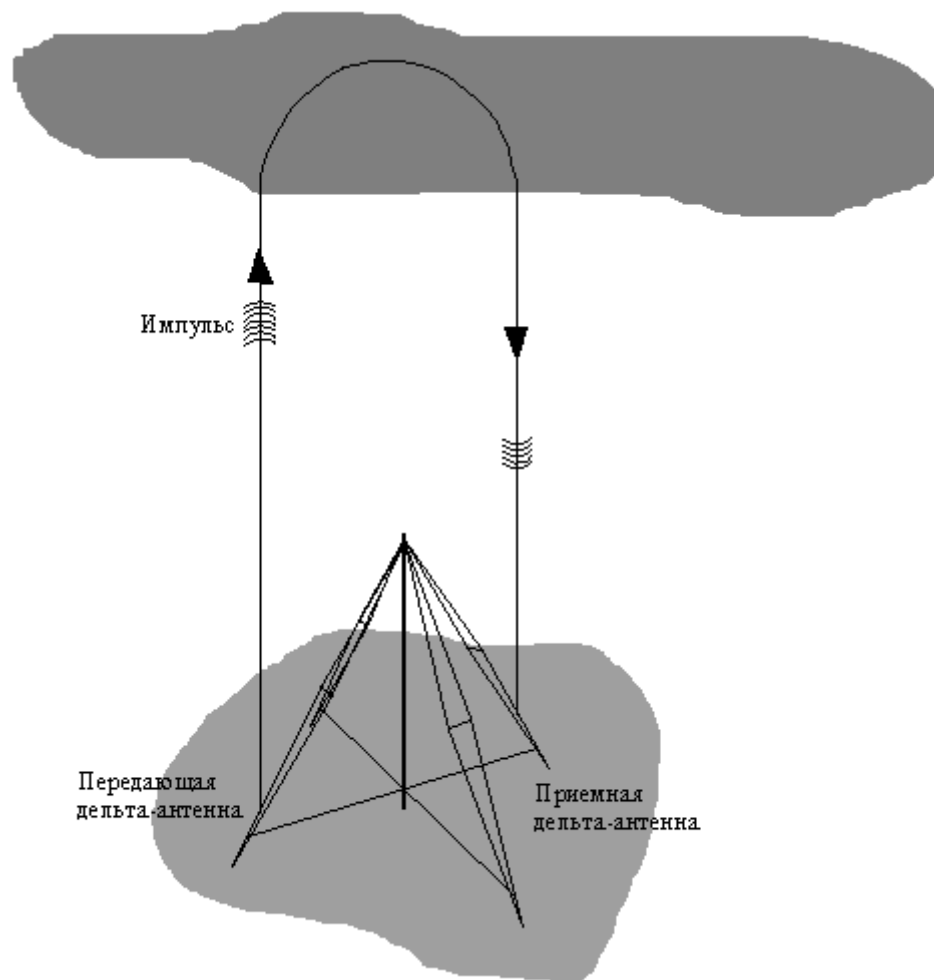


Рис.1.3 Работа ионозонда

Частоты ниже 1.6 МГц вызывают взаимные помехи с передающими станциями частотной модуляции. С ростом частоты появляется отражение от нижней области E и соответственно, с большей временной задержкой, от областей F1 и F2. Конечно, в ночное время отражение возвращается только от области F2 и возможно от спорадической области E, в тот момент как большинство других областей теряют свои свободные электроны.

На сегодня, ионосфера зондируется не только сигналами направленными вертикально. Наклонные клопферы посылают радиосигналы под углом к ионосфере (передатчик и приёмник находятся на удаленном расстоянии. ) Клопферы такого типа могут отслеживать распространения по определенным потокам на основе чего могут быть сделаны выводы. Ионозонды обратного излучения принимают отраженный сигнал от земли и пришедший в приёмник, который может быть или не быть передатчиком в тот же момент. Такой тип клопферов используется в надгоризонтных радарх.

## 1.4 Вариации в ионосфере

Ионосфера не является стабильным средством передачи одной и той же частоты в течении года или даже суток. Ионосфера изменяется в зависимости от солнечного цикла, сезона. Таким образом, частота которая успешно распространяется в данный момент, через какой-то час может быть утеряна.

### 1.4.1 Вариации в зависимости от солнечного цикла

Солнце проходит через фазы восхода и заката которые влияют на высокочастотную связь, солнечные циклы имеют продолжительность от 9 до 14 лет. При большем количестве радиации излученной солнцем в периоды максимальной солнечной активности возникает большее количество электронов в ионосфере, что и позволяет использовать высокие частоты, рис.1.4.

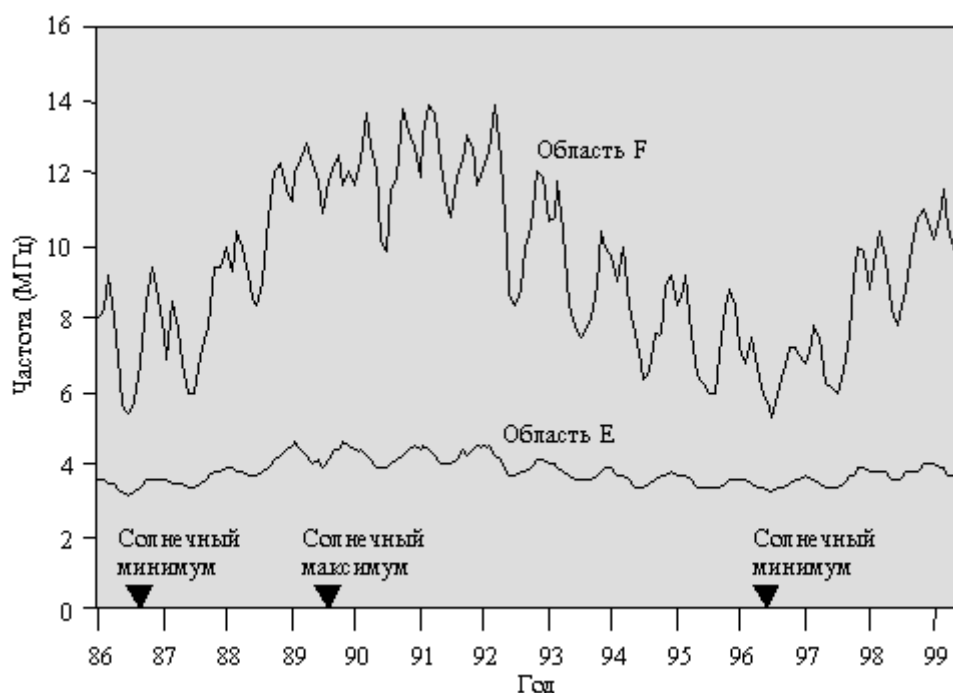


Рис.1.4 Солнечные циклы и сезонная зависимость областей E и F.

Есть и другие последствия солнечных циклов. В период максимальной солнечной активности есть вероятность огромных солнечных вспышек. Вспышки - это гигантские взрывы на солнце которые излучают радиацию ионизирующую область D, что является причиной поглощения высокочастотных волн. Но так как область D существует только в дневное время, подвергается влиянию та связь, которая проходит в дневное время. Поглощение волн высокой частоты проходящих через ионосферу после таких вспышек называется коротковолновым затуханием (раздел 3.1) Такие затухания возникают мгновенно и особенно влияют на более низкие частоты. Более низкие частоты также так же хуже восстанавливаются. И если есть подобное затухание имеет смысл перейти на более высокие частоты. Однако, если вспышка достаточно большая, весь спектр высокой частоты может быть вне использования. Продолжительность затуханий может длиться в течении 10 минут до более часового периода в зависимости от интенсивности и продолжительности вспышки

#### 1.4.2 Сезонные вариации

Частоты области E находятся выше летом чем зимой. Однако, вариация в частотах F области более усложнена. В обоих полушариях, частоты F области в полдень вообще достигают максимума в момент равноденствий (март и сентябрь). В момент солнечного минимума полуденные летние частоты, как ожидается, в основном выше чем зимние, но в момент солнечного максимума, зимние частоты в некоторых местоположениях, могут быть выше чем те летом. Кроме того, частоты в момент равноденствий (март и сентябрь) выше чем те летом или зимой как для солнечного максимума так и минимума. Наблюдение полуденных, зимних частот, часто более высоких чем летом называется сезонной аномалией (такого не наблюдается на рис. 1.4).

#### 1.4.3 Вариации с широтой

В течение дня и с увеличением широты, солнечное радиация облучает атмосферу по большим углом, таким образом интенсивность радиации и плотность электронов уменьшается к полюсам.

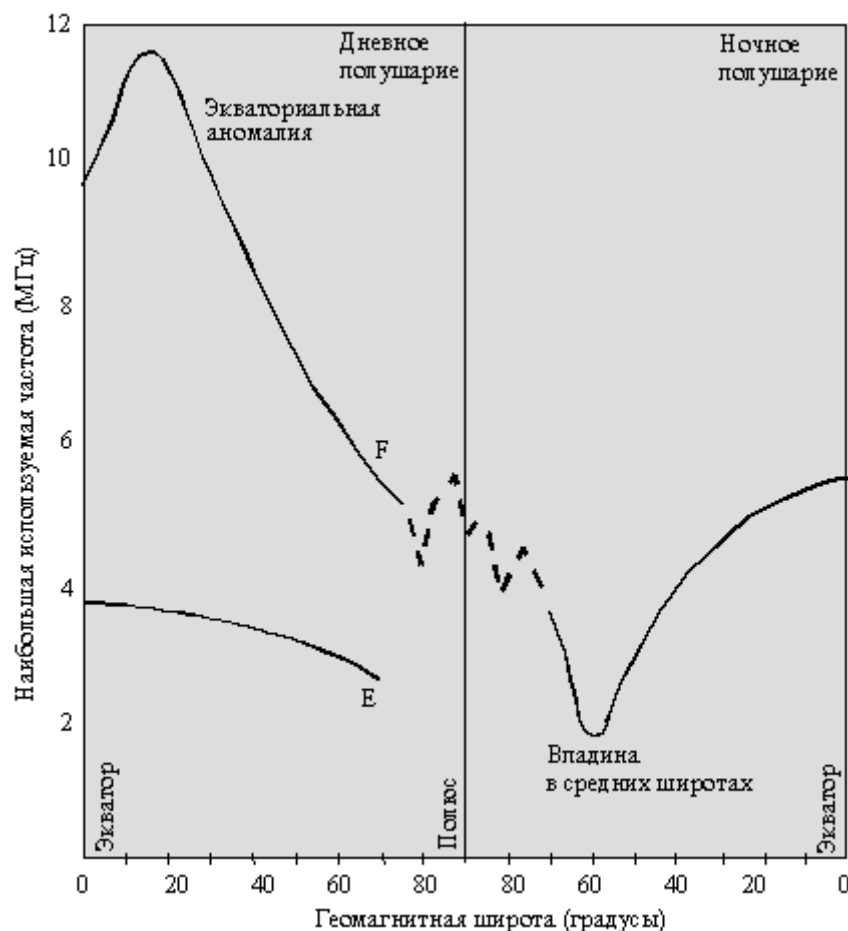


Рис.1.5 График широтных вариаций

Нужно отметить на рис. 1.5, что дневные частоты области F имеют свой пик не на магнитном экваторе, а в районе от 15 до 20 градусов к северу и к югу от него. Это называется экваториальной аномалией. Ночью, частоты достигают минимума в районе 60 широты к северу и к югу от геомагнитного экватора. Это называется впадиной в средних широтах. Большие отклонения могут происходить около этих районов, что может приводить к вариациям в диапазоне(дальности) ионосферных волн, которые имеют точки отражения вблизи этих районов.

#### 1.4.4 Суточные вариации

Рабочие частоты обычно выше в течение дня и ниже ночью, рис. 1.6. С рассветом, солнечная радиация порождает электроны в ионосфере а частота увеличивается, достигая своего максимума к полудню. В течение полудня, частоты начинают уменьшаться из-за электронной потери и с вечером, области D, E, и F1 становятся мало значащими. Ионосферная ВЧ Связь в течение более низкое из-за недостатка в области D. В течении ночи, частоты уменьшаются, достигая своего минимума как раз перед рассветом.

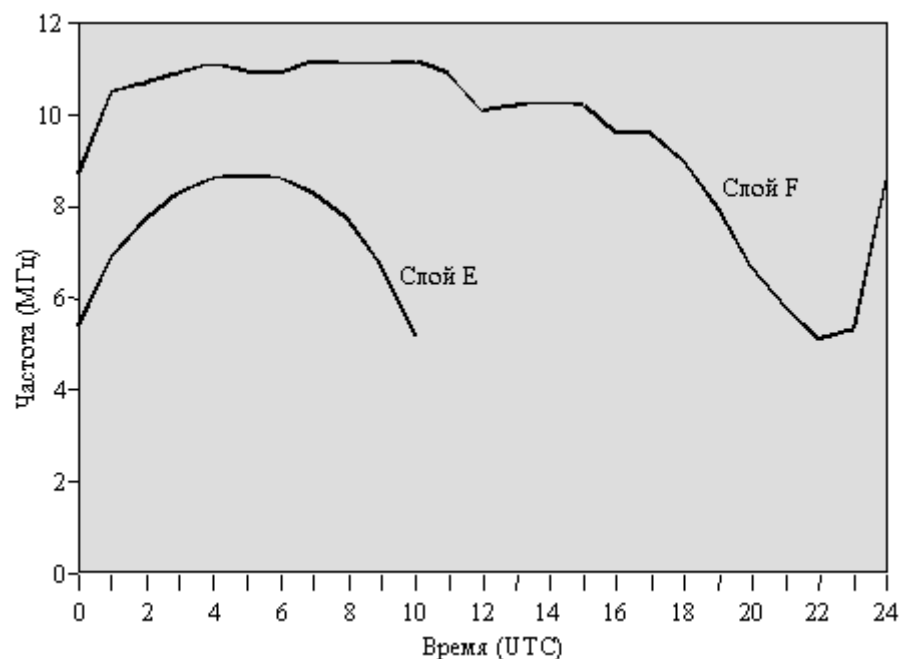


Рис.1.6 Частоты слоев E и F для трассы Сингапур - Хо-ши-Мин

## 1.5 Вариации в поглощении

D область, которая становится мало значащей ночью, уменьшает волны, поскольку они проходят через нее. Поглощение было описано в пункте 1.4.1 при описании, как солнечные вспышки могут причинять перебои или снижения производительности каналов связи, которые проходят через дневной свет.. Поглощение в области D также изменяется с солнечным циклом, являющимся наибольшим в период солнечного максимума. Поглощение сигнала больше летом и в течение середины дня, рис. 1.7. Существует вариация в поглощении в зависимости от широты с большим количеством поглощения, около экватора и уменьшающимся поглощением к полюсам, хотя некоторая солнечная активность значительно увеличивает поглощение на полюсах. Более низкие частоты поглощаются в большей степени, так что желательно использовать высокие частоты насколько это возможно.

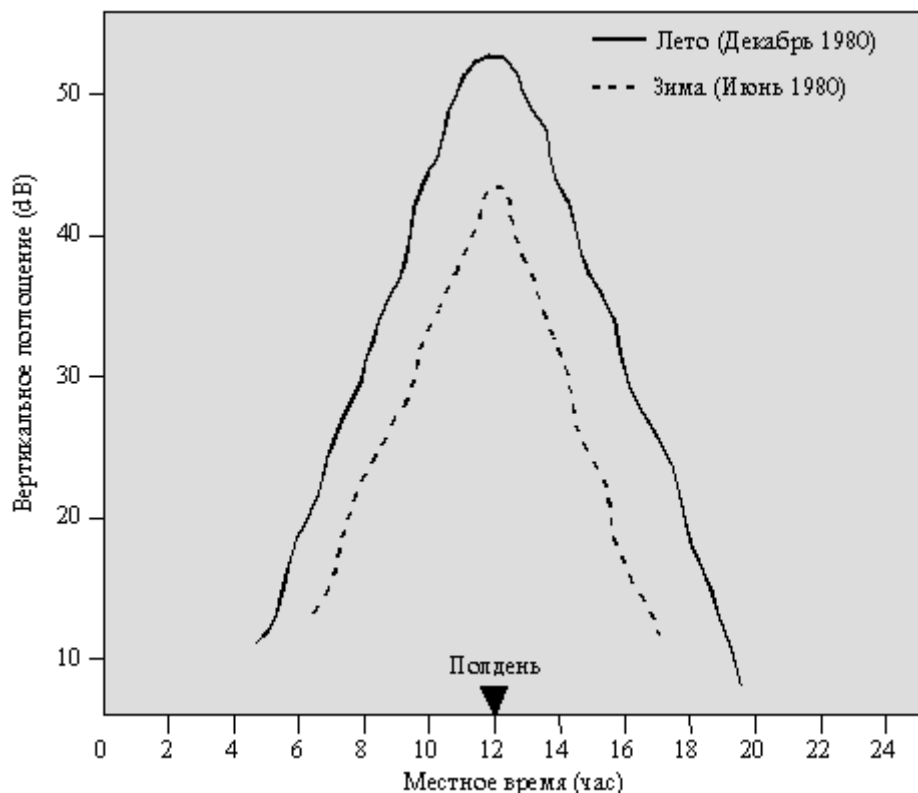


Рис.1.7 Пример суточных и сезонных вариаций в поглощении (Сидней, 2,2 МГц)

Время от времени вокруг полярных областей поглощение может затрагивать связь весьма серьезно. Иногда протоны высокой энергии, вырвавшиеся из Солнца в течение больших солнечных вспышек будут двигаться к геомагнитным линиям магнитного поля и в полярные области. Эти протоны могут причинять увеличенное поглощение волн КВ станций, поскольку они проходят через область D. Это увеличенное поглощение может длиться в течение многих дней и называется случаем Поглощения Полярной Шапки (ППШ).

## 1.6 Спорадический слой E

Спорадический слой E может формироваться в любое время. Это происходит на высотах от 90 до 140 км (в области E), и может быть распространено на большую область или быть ограничено до не большой области. Трудно предвидеть, где и когда это произойдет и как долго это продлится. Спорадический E может иметь сопоставимую электронную плотность с областью F, подразумевая, что она может преломлять сопоставимые частоты с областью F. Спорадическая область E может поэтому использоваться для ВЧ связи на верхних частотах чем, использует нормальный слой E время от времени. Иногда спорадический слой E прозрачен и позволяет большинству радио волн проходить через него к F области, однако, в другое время, спорадический слой E затеняет область F полностью и сигнал не достигает приемника (затенение слоев). Если спорадический слой E частично прозрачен, радио волна, вероятно может быть отражена иногда от области F иногда от спорадического слоя E. Это может приводить к частичной передаче сигнала или постепенного изменения силы сигнала.

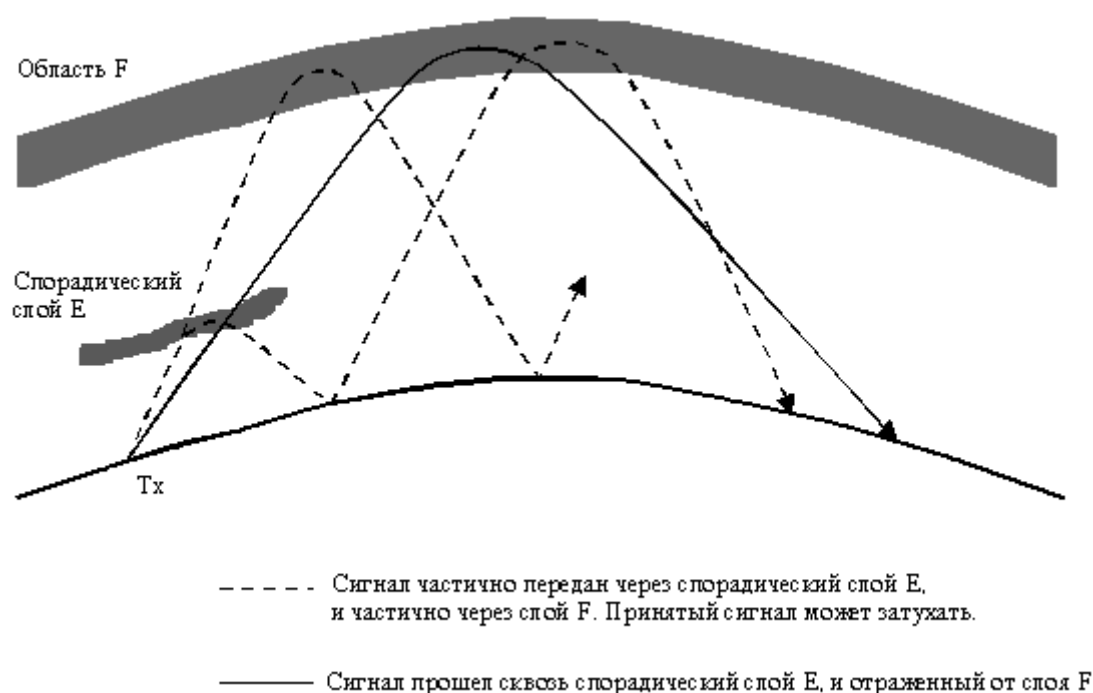


Рис. 1.8 Возможные пути распространения радиоволн при наличии спорадического слоя E.

Спорадический E слой низких и высоких широтах возникает главным образом в течение дня и раннего вечера, и чаще встречается в течение летних месяцев. В высоких широтах спорадический слой E имеет тенденцию формироваться ночью.

## 1.7 Распространение F

Распространение F происходит, когда область F становится диффузной из-за отклонений в той области, которая и рассеивает радио волну. Полученный сигнал - это наложение множества волн, отраженных от различных высот и мест расположений в ионосфере в немного различное время. В низких широтах, распространение F происходит главным образом в течение ночных(вечерних) часов и в период равноденствий. В средних широтах, распространение F менее вероятно, чем в низких и высоких широтах. Более вероятно, что это происходит ночью и зимой. В широтах выше чем 40 градусов, распространение области F имеет тенденцию быть ночным явлением, когда, появляется главным образом в момент равноденствий, в то время как у магнитных полюсов распространение F часто наблюдается и днем и ночью. Во всех широтах имеется тенденция для распространения F, когда наблюдается уменьшение в частотах области F. То есть распространение F часто связывается с ионосферными бурями (раздел 3.3).

## 2 ВЧ СВЯЗЬ

### 2.1 Типы распространения ВЧ

Высокая частота (от 3 до 30 МГц) радиосигнала может достигать отдаленного приемника, рис. 2.1, через:



- Поверхностную волну у поверхности земли на короткие расстояния, приблизительно 100 км по земле и 300 км по морю. Диапазон волны зависит от высоты антенны, поляризации, частоты, заземляющих типов, растительности, материкового и-или морского расположения
- Прямая волна или волна прямой видимости: эта волна может взаимодействовать с отраженной землей волной в зависимости от разделения терминала, частоты и поляризации;
- Ионосферная волна: преломляемый ионосферой, всеми расстояниями.

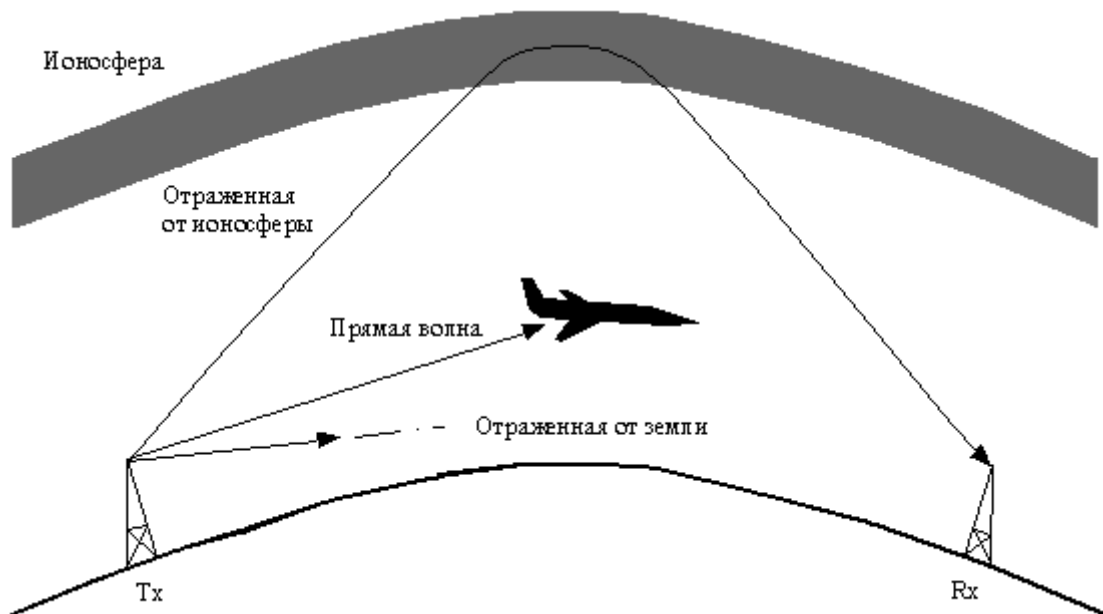


Рис. 2.1 Виды распространения радиоволн на КВ.

## 2.2 Частотные пределы ионосферных волн

Не все радиоволны КВ будут преломлены ионосферой, существует верхние и нижние частотные границы для связи между двумя терминалами. Если частота слишком высока, волна проникнет через ионосферу, если частота сигнала окажется слишком низкой, сила сигнала будет понижена из-за поглощения в области D. Диапазон частот пригодный к употреблению изменится:

- В течение дня;
- С сезонами;
- С солнечным циклом;
- С возвышение на место;
- В зависимости от ионосферной области, используемой для связи..

В то время как верхний предел частот изменяется главным образом с этими факторами, более низкий предел также зависит и от приемника, трассирующего шума, КПД антенны, мощности передатчика, (раздел 2.6) и поглощение ионосферой.

## 2.3 Частотный диапазон, пригодный к применению

Для любой схемы имеется Максимально Применимая Частота (МПЧ), которая определена состоянием ионосферы около области рефракции и длины цикла. МПЧ преломлена от области максимальной электронной плотности области. Поэтому, частоты выше чем МПЧ для специфической области проникнут через ту область. В течение дня возможно связаться, и через слои E и F, использующие различные частоты. Самая высокая частота, поддерживаемая слоем E - E МПЧ, в то время как поддерживаемая F слоем - F МПЧ.

МПЧ области F в особенности изменяется в течение дня, сезонно и с солнечным циклом. Данные наблюдаемых частот отражают это. Диапазон МПЧ области F можно прогнозировать, и этот диапазон простирается от более низкого уровня МПЧ (называемый Оптимальной Рабочей Частотой, ОРЧ), через медиану к верхнему уровню МПЧ. Эти МПЧ имеют 90 %, 50 % и 10 % шанс, который будет поддержан ионосферой, соответственно. Прогноз СОИ обычно охватывает период одного месяца, так что ОРЧ должна обеспечить успешное распространение волн в течении 90 % времени или 27 дней месяца. Медианная МПЧ должна обеспечить коммуникации 50 % или 15 днями месяца и верхний уровень МПЧ 10 % или 3 днями месяца. Верхний уровень МПЧ - самая высокая частота диапазона МПЧ и наиболее вероятно, чтобы проникнуть через ионосферу, рис. 2.2.

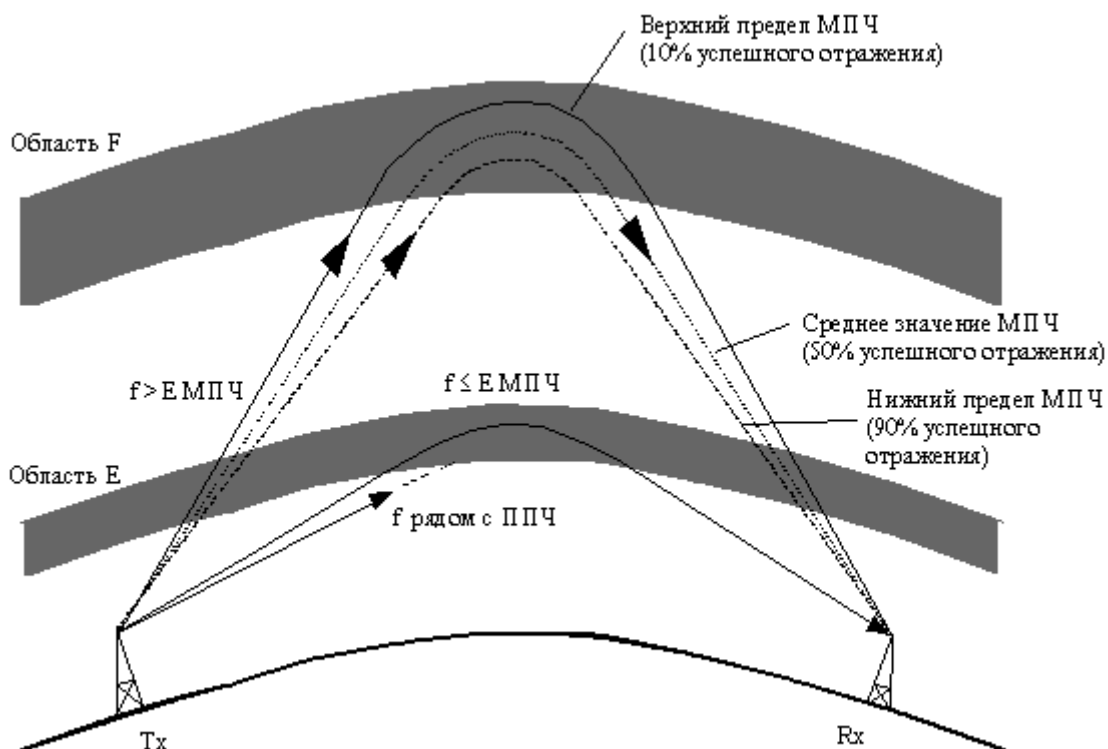


Рис. 2.2 Диапазон частот, пригодный к использованию. Если частота  $f$  меньше границы ППЧ, то излучение будет поглощено слоем D. Если излучение производится с частотой выше ЕМПЧ, то радиоволны распространяются сквозь область E. Если частота излучения находится выше МПЧ, то радиоволна проходит сквозь слой F.

Успешное распространения волн, при ежемесячном прогнозе солнечной активности, довольно часто является правильным. Иногда непредвиденные события происходят на Солнце, и ежемесячные прогнозы становятся неточным. Одна из ролей Австралийского Космического Центра Прогнозирования (АКЦП) в СОИ должна обеспечить исправления в ежемесячных прогнозах, предупреждая клиентов об изменении в условиях связи.

D область не позволяет всем частотам быть использованными, начиная с более низких частоты вероятно будут поглощены. Поглощающая Предельная Частота (ППЧ) обеспечивается как волновод к более низкому пределу диапазона частот пригодных к употреблению. ППЧ существует только для схем с точками рефракции в освещенном солнцем полушарии. Ночью, ППЧ нулевая, позволяет частотам, которые не пригодны к применению в течение дня, успешно распространяться.

## 2.4 Длина расстояния отраженного скачка

Длина отрезка волны -расстояние пройденное радиосигналом после того, как он был отражен от ионосферы и возвращен к Земле. Верхний предел отрезка волны определяется высотой ионосферы и кривизны Земли. Для областей E и F при высотах 100 км и 300 км, максимальная длинна отрезка волны с углом подъема 4 градуса, являются 1800 км и 3200 км, соответственно. Для покрытия расстояний больше чем эти потребуется больше чем один отрезок волны. Например, расстояние 6100 км требовало бы минимум 4 отрезка волны для области E и 2 отрезка для области F с таким углом подъема. Прохождение большого количество отрезков может потребовать больший угол подъема у антенн.

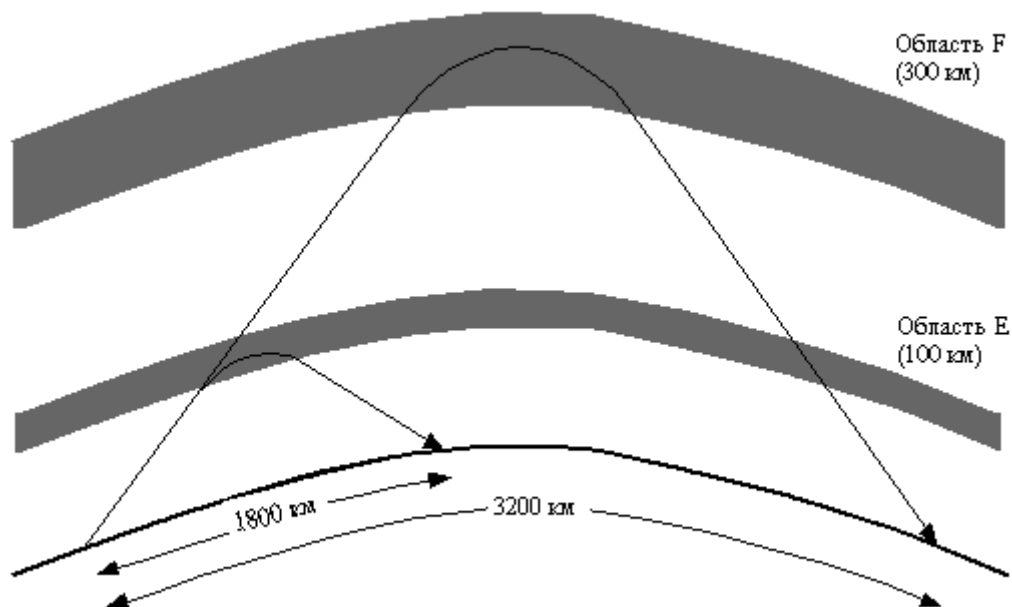


Рис. 2.3 Расстояние до следующей точки определяется углом подъема диаграммы направленности антенны.

## 2.5 Варианты распространения радиоволн

Имеются много способов или режимов, посредством которых ионосферная волна может путешествовать от передатчика на приемник. Режим распространения в определенном слое, который требует наименьшего количества отрезков волны между передатчиком и приемником, называется режимом первого порядка. Режим, который требует одного дополнительного отрезка волны, называется режимом второго порядка. Для канала с длиной пути 5000 км, первый порядок режима F требовал бы по крайней мере двух отрезков волны (2F), в то время как второй порядок режима F будет тогда требовать трех отрезков волны (3F). Первый порядок режима E имеет тоже самое число отрезков волны как и первый порядок F режима. Если это кончается длиной отрезка больше чем 2050 км, и соответствует углу подъема 0 градусов, режим E распространения не возможен. Это также применяет к второму порядку режима E распространения. Конечно, режим распространения в области E будет только доступен для связи в дневное время.

Существуют простые режимы распространения в одной области, скажем области F, рис. 2.4. Более сложные режимы распространения, состоят из комбинаций отражений от областей E и F и системы хордовой и канальной связи, рис. 2.5.

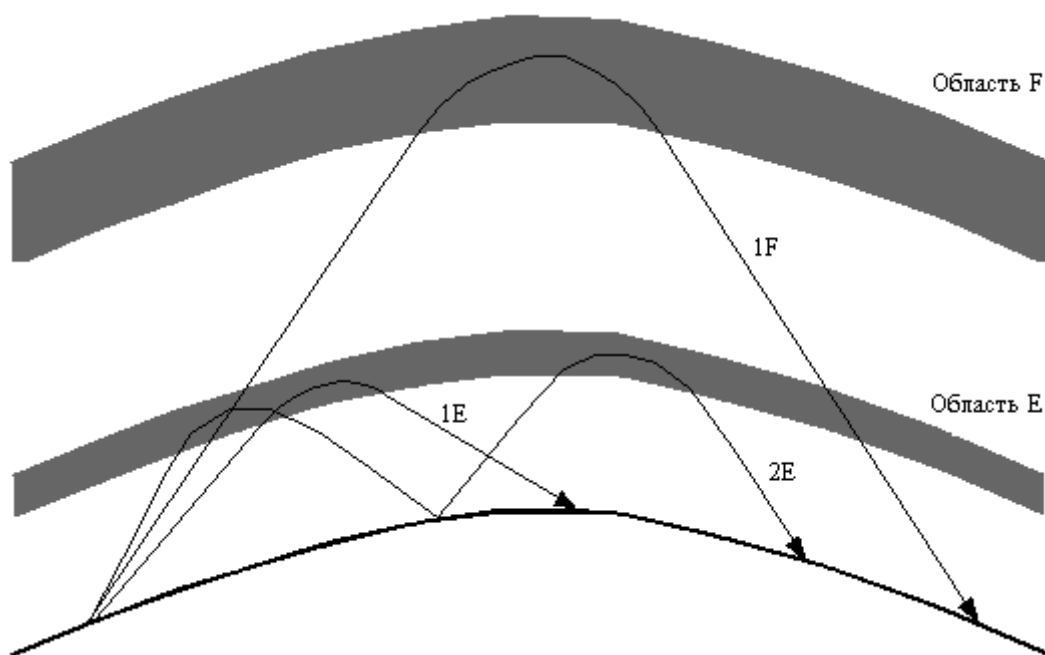


Рис. 2.4 Пример простого варианта распространения радиоволн

Хордовый режим и система канальной связи дают множество отражений от ионосферы без промежуточных отражений от земли. Существует мнение, что области ионосферы являются однородной, однако, ионосфера совершает волновое движение и перемещается, с волнами, проходящими через неё, что может затрагивать отражение сигнала. Ионосферные области могут наклониться и когда это случается, хордовый и канальные режимы могут иметь место. Ионосферный наклон более вероятен около экваториальной аномалии, желоба средних широт и в секторах заката и восхода солнца. Когда эти типы режимов происходят, сигналы могут быть сильны, так как волна тратит меньшее количество времени, пересекая область D.

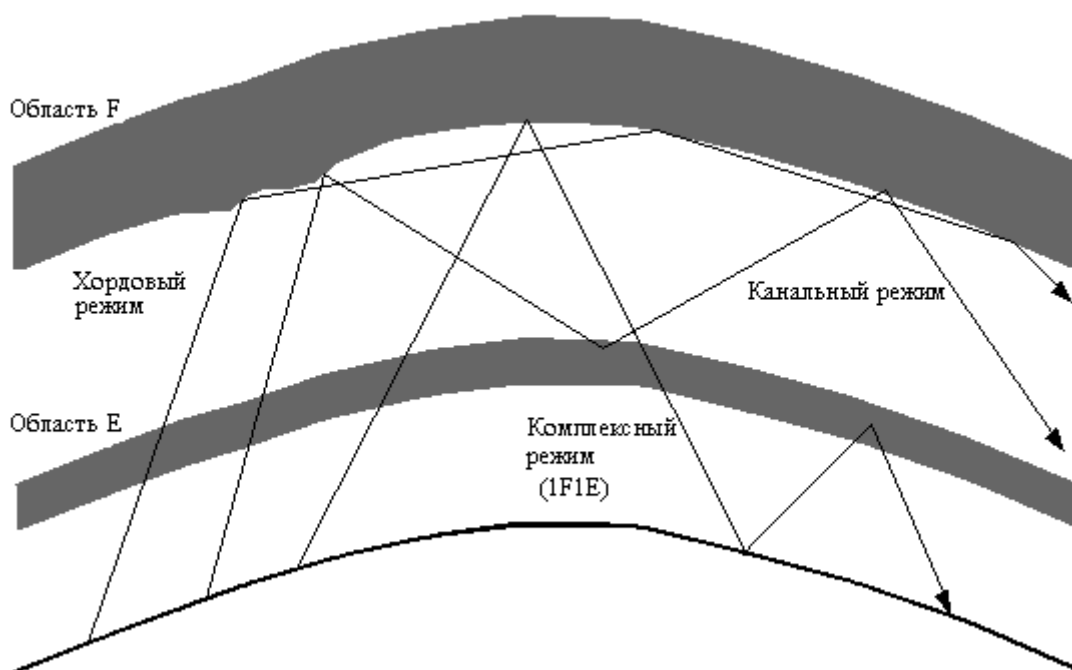


Рис. 2.5 Более сложные варианты отражения радиоволн

Из-за высокой электронной плотности дневной ионосферы около 15 градусов магнитного экватора (около экваториальной аномалии), трансэкваториальные тракты могут использовать эти повышения, чтобы распространиться на верхних частотах. Любой наклон ионосферы может кончаться хордовым режимом, производя хорошую мощность сигнала по длинным расстояниям.

Система канальной связи может кончаться, если наклон происходит, и волна становится пойманной между преломляющими областями ионосферы. Это наиболее вероятно в экваториальной ионосфере, около вызванной полярным сиянием зоны и желоба средних широт. Возмущения в ионосфере, типа путешествующих ионосферных возмущений (раздел 2.9), могут также составлять систему канального и хордового режима распространения.

## 2.6 Экранирование E слоя

Для дневных коммуникаций через область F, самая низкая частота пригодная к применению через один отрезок волны режима F (1F) зависит от присутствия области E. Если рабочая частота для режима 1F - ниже двух отрезков ЕМПЧ, то сигнал, вряд ли, распространится через F область из-за экранирования областью E. Это потому что антенные углы возвышение и режимов 1F и 2E одинаковы.

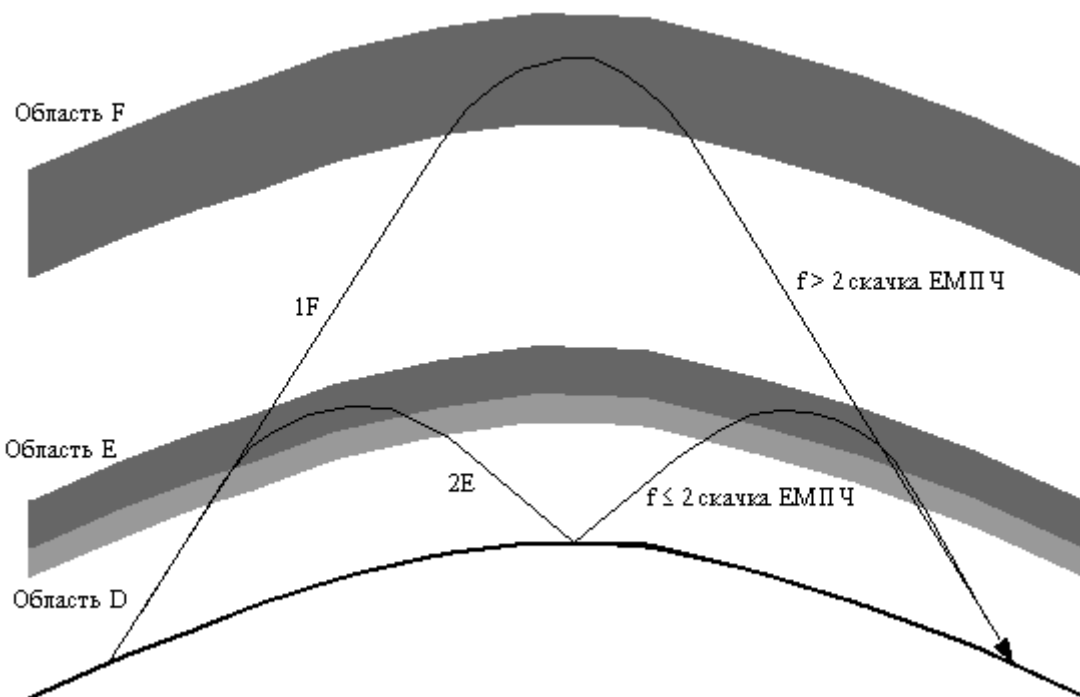


Рис. 2.6 Экранирование слоя E происходит при ежиге 1F или частотах излучения ниже МПЧ для 2E режима. Обратите внимание, что сигнал проходит область поглощения D.

Спорадический слой E может также экранировать волну от области F. Иногда спорадический E может быть весьма прозрачен, позволяя большинству волн пройти через него. В другое время он будет частично экранировать область F, ведущую к слабому или постепенно изменяющемуся силу сигнала, в то время как в другое время спорадический E может полностью затенить область F с возможным результатом, при который сигнал не достигает приемника, рис. 1.9 (часть 1.6).

## 2.7 Частота, диапазон и угол возвышения

Для наклонного распространения, имеются три зависимых переменных:

- Частота;
- Диапазон или длина пути;
- Угол наклона антенны

Диаграммы ниже иллюстрируют изменения к путям луча, когда каждый из них установлен в свою очередь.

Рис. 2.7. Угол подъема фиксирован

- Поскольку частота увеличена до МПЧ, волна отраженная выше в ионосфере и диапазон увеличивается, путь 1 и 2;
- В МПЧ для того угла возвышения, максимальная дальность будет достигнута, путь 3;
- Выше МПЧ, волна проникает через ионосферу, путь 4.

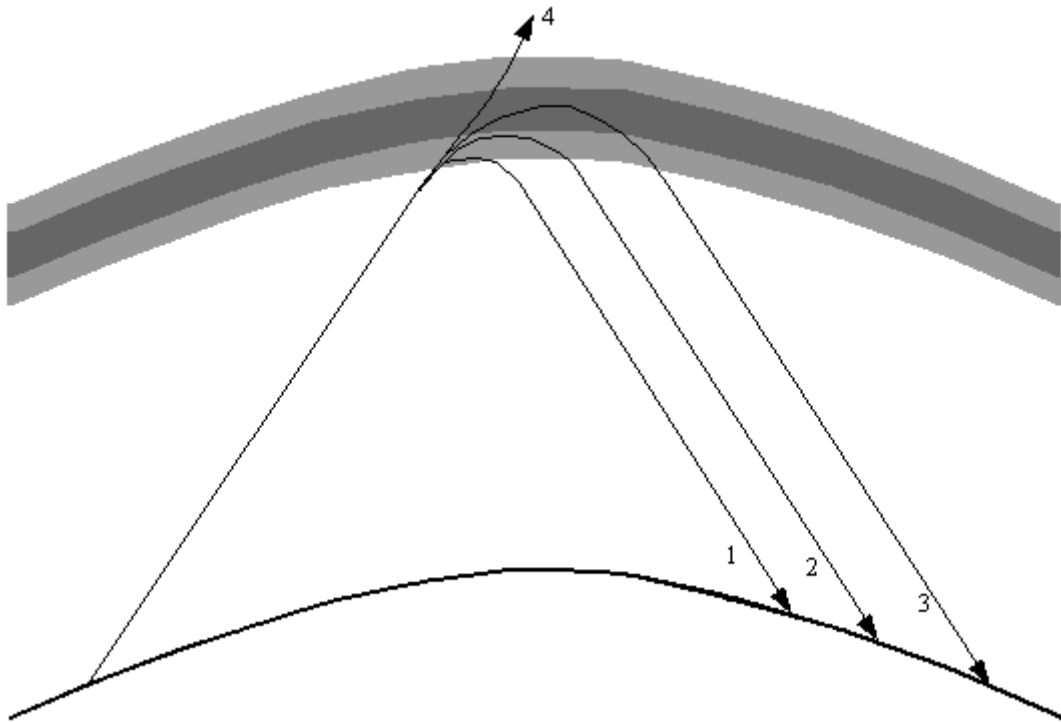


Рис. 2.7. Фиксированный угол наклона антенны

Рис. 2.8. Длина пути фиксирована (схема точка-к-точке)

- Поскольку частота увеличена до МПЧ, волна отражена от верха в ионосфере. Чтобы поддерживать связь фиксированной длины, угол возвышения должен поэтому быть увеличен, путь 1 и 2;
- В МПЧ, критический угол возвышения достигнут, путь 3. Критический угол возвышения - угол возвышения для специфической частоты, который если увеличен, причинил бы проникновение ионосферы;
- Выше МПЧ, луч проникает через ионосферу, путь 4.

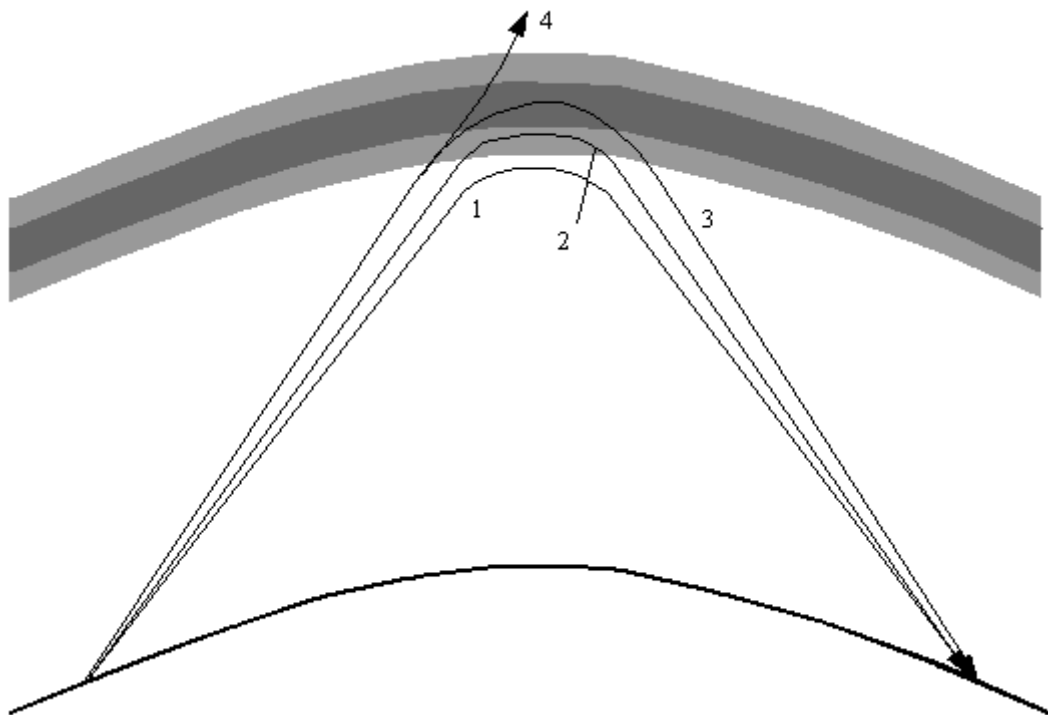


Рис. 2.8 Фиксированная длина пути

Рис. 2.9. Частота фиксирована

- При низких углах возвышения длина пути (наземный диапазон) самая большая, путь 1;

- Поскольку угол возвышения увеличен, длины пути уменьшается, и луч отражается от верха в ионосфере, пути 2 и 3;
- Если частота возвратится когда послана вертикально в ионосферу, то не будет никакого пропускания. Однако, если дело обстоит не так, то, поскольку угол возвышения увеличен вне критического угла возвышения для той частоты тогда, волна проникает через ионосферу и там - область вокруг передатчика, в пределах которой никакие коммуникации ионосферной волны не могут быть получены, путь 4. Чтобы связываться через ионосферную волну в пределах зоны пропускания, частота должна быть понижена.

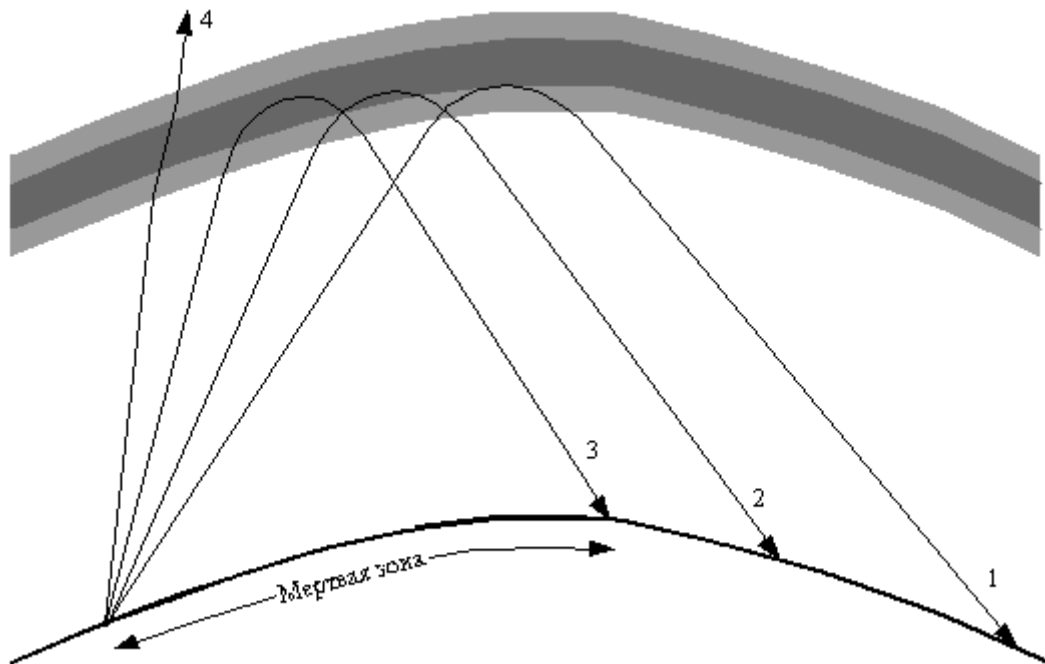


Рис. 2.9 Фиксированная частота

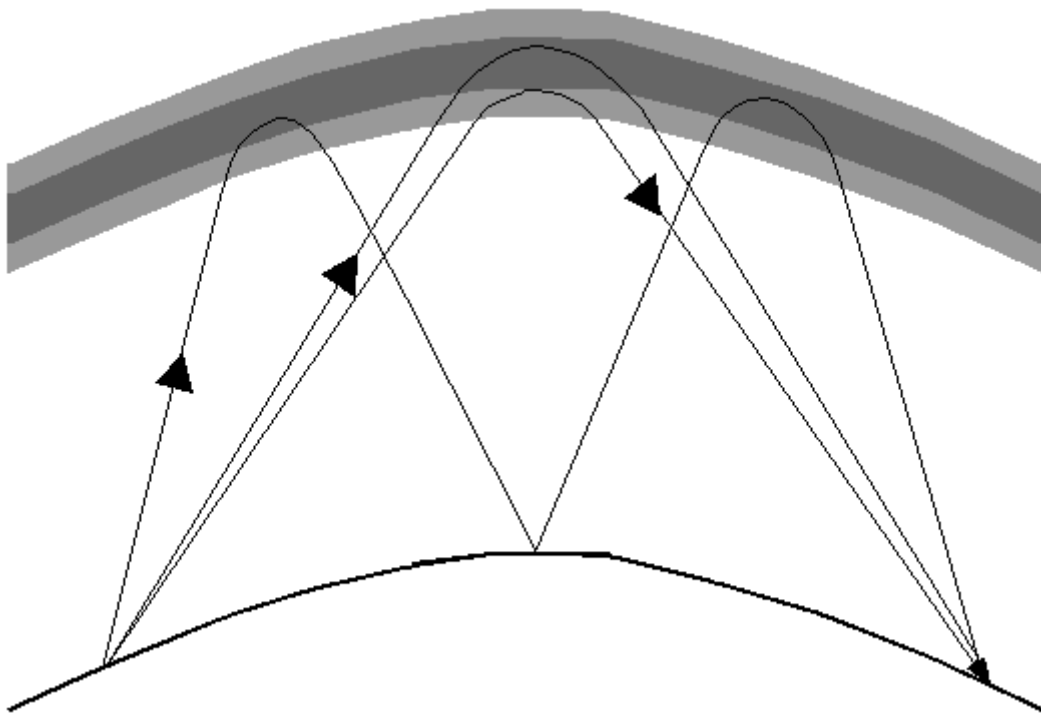
## 2.8 Мертвые зоны

Мертвые зоны - область вокруг передатчика, в которой ни поверхностная волна ни ионосферная волна не распространяются. Мертвые зоны могут часто использоваться, если есть намерение, чтобы связь не слышал определенный приемник. Выбор различной частоты изменит размер мертвой зоны. Если приемник находится в пределах мертвой зоны и вне досягаемости поверхностной волны, то маловероятно, что он примет данную связь. Однако, факторы типа бокового отражения, где отражение от ландшафта вне влияния мертвой зоны при передаче волны в зону, могут повлиять на надежность этой метода. Мертвые зоны изменяются по размеру в течение дня, с сезонами, и с солнечной активностью.

В течение дня, солнечного максимума и при равноденствиях, мертвые зоны могут изменять свои размеры. Под воздействием этих факторов ионосфера увеличивает свою электронную плотность и поэтому способна поддерживать верхние частоты.

## 2.9 Постепенное ослабление силы сигнала

Многопутевое постепенное ослабление силы сигнала происходит от рассеивания сигнала передающей антенной. В этом случае сигнал проходит несколько трасс, и радиоволны приходят к приемнику с разными фазами и амплитудами, рис. 2.10.



*Рис. 2.10. Постепенное ослабление силы сигнала связано с тем, что радиоволна доходит до приемника несколькими путями, из-за чего происходит сложение или вычитание.*

Возмущения известные как Плавающие Ионосферные Возмущения (ПИВ), могут заставлять области быть наклоненными, делая сигнал сфокусированным или не сфокусированным. Постепенное ослабление силы сигнала порядка 10 минут или больше может быть связано с этими явлениями. ПИВ движутся горизонтально со скоростью от 5 до 10 км в с легко предсказуемым направлением. Некоторые зарождаются в вызванных полярным сиянием зонах после вспышек на Солнце, и они могут двигаться на большие расстояния. Другие зарождаются при погодных возмущениях. ПИВ могут влиять на фазу, амплитуду, поляризацию и угол падения волны.

Поляризационное ослабление сигнала происходит от изменений в поляризации волны по пути распространения. Приемная антенна не способна принять компоненты сигнала; этот тип постепенного ослабления силы сигнала может длиться от доли секунды до нескольких секунд.

Постепенное ослабление силы сигнала может наблюдаться в момент восхода солнца и заката особенно, когда рабочая частота - близко к МПЧ, или когда приемная антенна помещена близко к границе зоны пропускания. В это время дня, ионосфера непостоянна, и частота может генерировать выше и ниже МПЧ заставляя сигнал то усиливаться то ослабляться. Если местонахождение приемника близко к "мертвой" зоне, и ионосфера изменяется, то и "мертвая" зона изменяется.



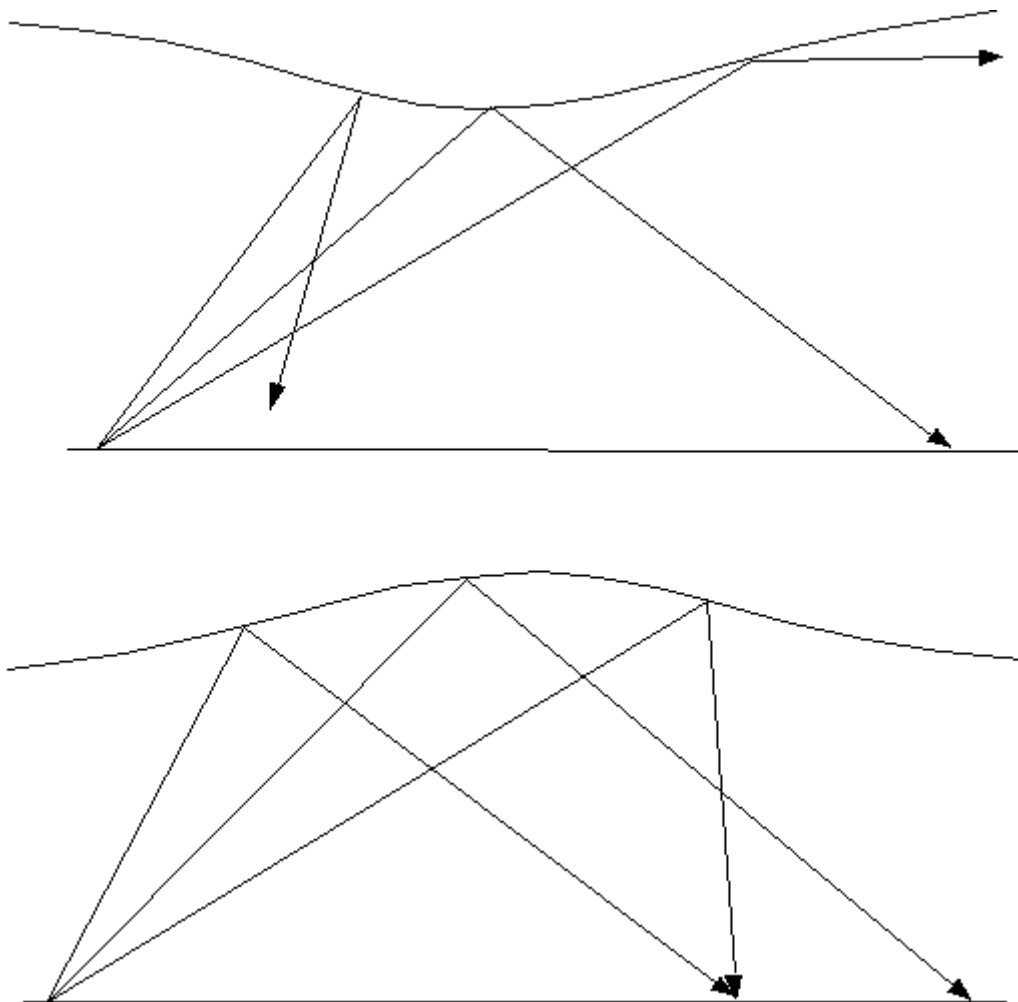


Рис. 2.11. Эффект фокусирования и размытия сигнала, вызванного плавающими ионосферными возмущениями.

## 2.10 Шум

Радиопомехи являются результатом внутренних и внешних факторов. Внутренний или тепловой шум порождается в приемнике и обычно незначителен если сравнить со внешними источниками. Внешние радиопомехи возникают от естественных факторов (атмосферных и галактических) и искусственных источников (окружающей среды).

Атмосферные помехи, вызванные грозами, являются обычно главной составляющей в радиопомехах в диапазоне ВЧ и особенно влияют на связь. Атмосферные помехи самые большие в экваториальных областях мира и уменьшаются с увеличением широты. Его эффект также больший на более низких частотах, следовательно это - обычно большее количество проблемы вокруг солнечного минимума и ночью, когда используются более низкие частоты.

Космический шум является результатом воздействия космических тел в пределах нашей галактики. Приемные антенны с высокими угловыми лепестками, более часто подвержены этому типу шума.

Промышленные помехи исходят от систем зажигания, неоновых вывесок, электрических кабелей, линий передачи энергии и сварочных машин. Этот тип шума зависит от технологического развития общества и размера населения.

Помехи от других пользователей на той же самой частоте может быть из-за большого количества работающих станций или из-за условий распространения радио волн.

Промышленные помехи имеют тенденцию быть вертикально поляризованными, так выбор горизонтально поляризованной антенны может помочь в сокращении шума. Использование более узкой полосы, или направленной приемной антенны (с лепестком в направлении источника передачи и нуля в направлении нежелательного источника помех), также поможет в уменьшении шума. Выбор местонахождения с низким уровнем шума и при определении главных шумовых источников - важные факторы в установлении успешной системы коммуникаций.

## 2.11 Распространение на УКВ и в диапазоне 27 МГц

УКВ-частоты и КВ 27 МГц используются при прямой видимости или прямой волновой связи, например "судно-судно" или "судно-берег". Диапазоны частот разделены на каналы, и один канал обычно столь же хорош как следующий. Это

- в отличие от средней частоты (СРЕДНЯЯ ЧАСТОТА: 300 КГц к 3 МГц) и ВЧ, где выбор частотного канала может быть критический для хорошей связи.

Поскольку частоты УКВ и 27 МГц работают главным образом при прямой видимости, важно установить антенну настолько высоко насколько это возможно и свободно от преград. Береговые Станции - обычно на вершинах холмов, чтобы обеспечить максимальную дальность, но даже самые высокие холмы не обеспечивают зону более чем 45 навигационными милями (80 км) из-за Геомагнитной кривизны.

Антенны для УКВ и 27 МГц должны концентрировать излучение под низкими углами, поскольку излучение, направленное под высокими углами будет обычно проходить мимо антенны приема, кроме связи с самолетом. Частоты УКВ и 27 МГц обычно не страдают от шума кроме неблагоприятных электрических штормов. Помехи возможны от большого количества пользователей, желающих использовать ограниченное количество каналов, и это может быть существенная проблема в плотно заполненных областях.

Частоты ниже 27 МГц (диапазон метровых волн) могут, время от времени, распространяться на большие расстояния, довольно далеко по сравнению с волнами прямой видимости. Имеются три способа, в которых это может иметь место:

- к солнечному максимуму и в течение дня, ионосферная F область будет поддерживать связь ионосферной волны при больших расстояниях на 27 МГц и выше;
- Спорадические E слои могут иногда поддерживать 27 МГц и понижать частотное распространение УКВ по трассам на расстоянии приблизительно от 500 до 1000 навигационных миль (от 1000 до 2000 км) в длину. Этот вид распространения наиболее вероятен в средних широтах, в течение дневного времени летом;
- 27 МГц и УКВ радиоволны могут также распространяться посредством температурных инверсий (канальная связь) на высотах нескольких километров. При этих условиях, волны постепенно изгибаются температурной инверсией, по кривизне Земли. Таким образом могут быть охвачены расстояния нескольких сотен навигационных миль.

## **2.12 Распространение ионосферной волны на средних частотах (СЧ)**

Радиоволны средних частот (СВ) (от 300 КГц до 3 МГц), а также высокочастотные радиоволны могут быть использованы для дальних коммуникаций ионосферной волны ночью. В течение ночи область D исчезает, поэтому поглощение падает к очень низким уровням. Поэтому радиостанции, работающие в диапазоне СВ и диапазонах 4 МГц можно слышать по длинным расстояниям ночью.

## **2.13 Распространение поверхностной волны СВ - ВЧ.**

Возможна связь до расстояний нескольких сотен морских миль на СВ/КВ частотах, используя эффект распространения поверхностной волны.

Поверхностная волна следует кривизне Земли, и ее дальность не зависит от высоты антенны. Однако дальность связи зависит от мощности передатчика а также выбора рабочей частоты. Низкие частоты распространяются дальше, чем высокие частоты. Таким образом при идеальных низких шумовых условиях (полдень, в течение зимы), возможна связь на расстояния приблизительно 500 морских миль на 2 МГц, используя передатчик в 100 Вт. На 8 МГц, при тех же самых условиях и использовании той же самой мощности передатчика, максимальная дальность приблизительно равна 150 морских миль.

Обратите внимание, что распространение поверхностной волны менее эффективно по земле чем это - по морю. Это происходит из-за низкой проводимости земли и других факторов.

Следовательно, дальность распространения земной волны очень ограничена. Связь по поверхности земли изменяется ежедневно и с сезонами. Самая большая дальность связи достигается в течение дневного периода зимой, потому что уровни фоновых шумов самые низкие в течение этих часов.

Успешная связь по поверхности, более чем сотни навигационных миль, может только быть достигнута если передающая и приемная антенны выбраны так, чтобы направить и принять излучение под низкими углами. Высокие крылья идеальны для этой цели.

## **3. Помехи, вызванные солнечной активностью**

### **3.1 Коротковолновые затухания ( KBЗ)**

Такие затухания также называются световыми затуханиями или Внезапными Ионосферными Возмущениями (ВИВ). Радиация от Солнца в течение больших солнечных вспышек причиняет увеличенную ионизацию в области D, которая приводит к большому поглощению волн КВ диапазона. Если вспышка достаточно большая, то весь спектр ВЧ может

быть непригодным на время. Затухания, более вероятно, происходят при солнечном максимуме и в первой части снижения к солнечному минимуму.

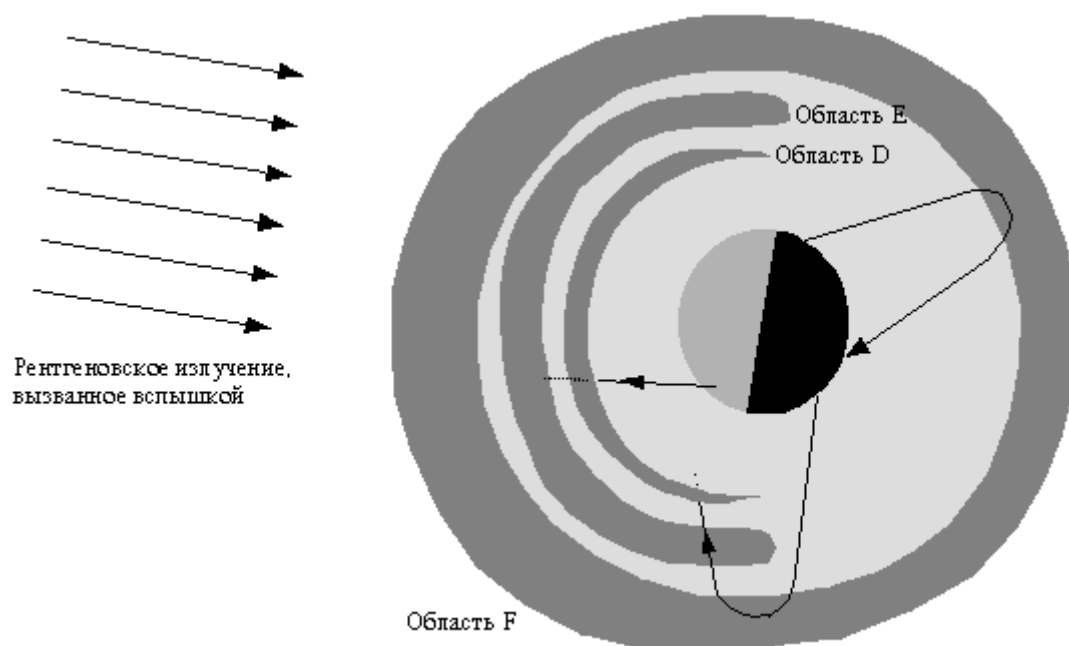
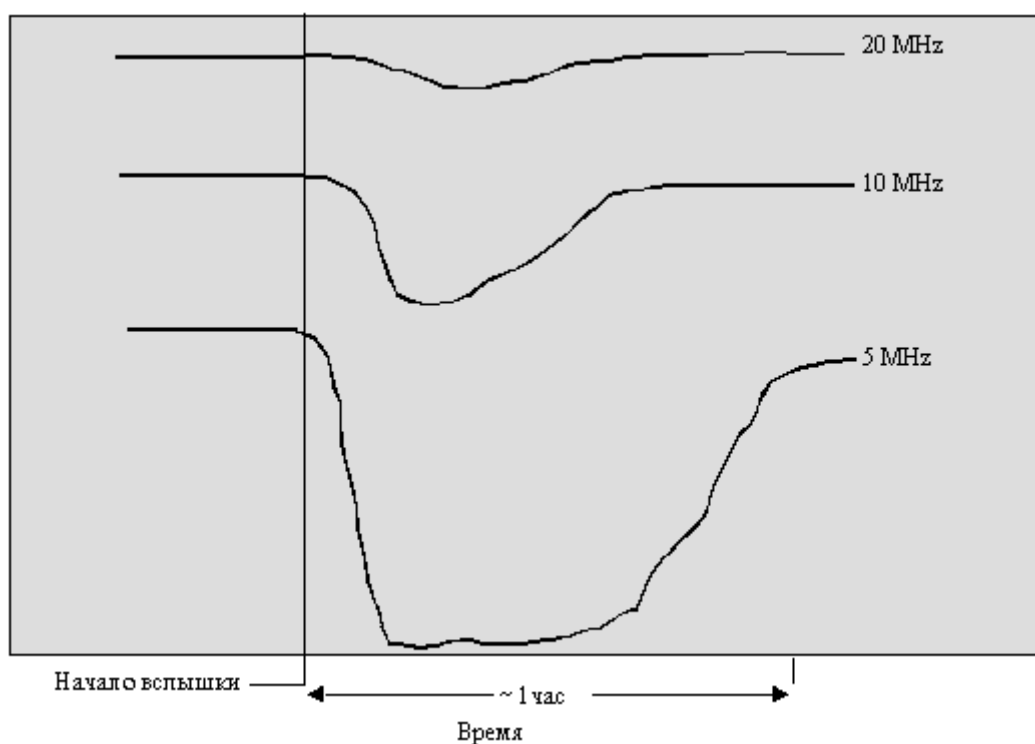


Рис. 3.1 Затухания затрагивают только те пути, где волна проходит через область D, т.е. каналы с дневными секторами. Ночные каналы не затронуты затуханиями.

Главные особенности КВ затуханий:

- Воздействуют только на пути распространения со световыми секторами;
- Затухания обычно длятся от нескольких минут иногда два часа, с быстрым началом и более медленным восстановлением. Продолжительность затухания будет зависеть от интенсивности и продолжительности вспышки;
- Величина затухания будет зависеть от размера вспышки и положения Солнца относительно точки, где радио волна проходит через область D. Чем выше Солнце относительно той точки, тем большее количество поглощения;
- Поглощение самое большое в более низких частотах, которые являются первыми при воздействии на них и последние при восстановлении. На верхние частоты обычно воздействие меньше, и они могут быть годны к применению, рис. 3.2.



## 3.2 Явления Поглощения Полярной Шапки (ППШ)

ППШ относят к протонам высокой энергии, которые отрываются от Солнца, когда происходят большие вспышки и движутся по Геомагнитным линиям магнитного поля к полярным областям. Там они ионизируют область D, причиняя ослабление КВ, проходящих через полярную область D. ППШ наиболее вероятно, в момент солнечного максимума, однако, они не столь часты как затухания.

- ППШ может начинаться через 10 минут после вспышки и длиться для до 10 дней;
- Эффекты ППШ могут иногда преодолеваются, ретранслируя сообщения на каналах, которые не требуют полярных точек рефракции;
- Даже зимой полярная зона может переносить эффекты ППШ. Частицы от Солнца могут фактически создавать ночью область D.

## 3.3 Ионосферные бури

Из-за явлений на Солнце, иногда магнитное поле Земли становится нарушенным. Геомагнитное поле и ионосфера связаны довольно сложно, и возмущение в геомагнитной поле может часто причиняет возмущение в области F ионосферы.

Такие ионосферные бури иногда начинаются с увеличенной электронной плотности, позволяющей поддерживать верхние частоты, сопровождаются уменьшением в электронной плотности, ведущей к успешному применению только более низкие частоты области F. Повышение обычно не будет касаться КВ частот, а понижение плотности может приводить к проникновению через ионосферу частот, обычно используемых для связи.

Ионосферные бури могут длиться в течение многих дней и воздействуют на средние, и высоких широтах намного сильнее, чем на низких широтах. В отличие от затуханий, на верхние частоты больше всего воздействуют ионосферные бури. Чтобы сократить эти эффекты, необходимо стремиться к использованию более низких частот.

Ионосферные бури могут происходить во время всего солнечного цикла и связаны с Массовым Выбросом Короны (МВК) и щелями в короне на Солнце. Рис.3.3 отображает, как ионосферная буря повлияла на частоты на станции в Канберре, Австралия (средняя широта станции) от 24 к 28-ой. Верхние частоты были бы вероятно неприменимы в течение этого времени.

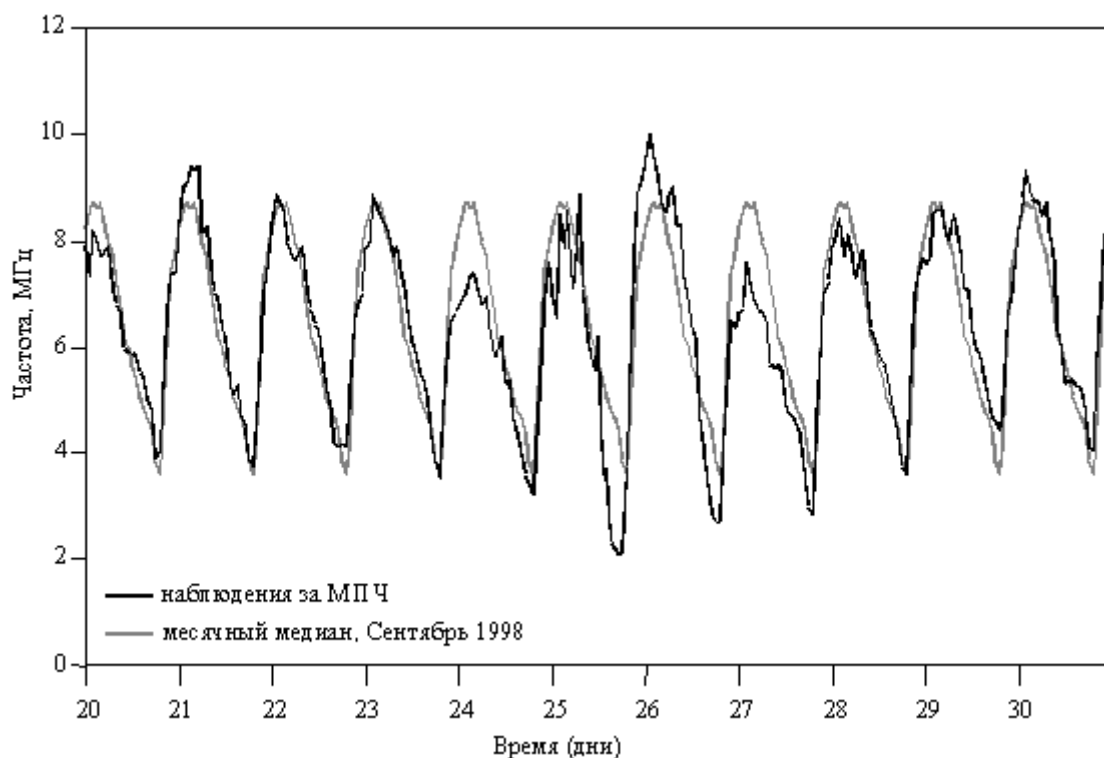


Рис. 3.3