

Прохождение на КВ диапазонах

Геннадий ЛЯПИН (UA3AOW), Сергей БУБЕННИКОВ (UK3AAS)

Статья рассказывает об особенностях распространения радиоволн на коротких волнах. Она была опубликована в журнале "Радио" в феврале 1979 г., т. е. до того момента, когда нашим радиолюбителям был возвращен диапазон 160 метров и еще не вошли в обиход новые любительские КВ диапазоны 10, 17 и 24 МГц (так называемые WARC диапазоны). Особенности распространения радиоволн на диапазоне 160 метров подробно рассмотрены в статье А. Баркова (UT5AB), которую можно найти в декабрьском номере журнала "Радио" за 2006 г. Что касается WARC диапазонов 17 и 24 МГц, то прохождение на них во многом близко к тому, что происходит на "соседних" традиционных КВ диапазонах 21 и 28 МГц. Об особенностях спорадического E-прохождения на КВ диапазонах рассказано в июльском номере журнала "Радио" за этот год.

Короткие волны считаются давно освоенными. Однако, как показывает практика, далеко не все коротковолновики достаточно хорошо разбираются в вопросах их распространения. Цель этой статьи — рассказать об особенностях прохождения на КВ диапазонах, о методах его прогнозирования, помочь коротковолновикам использовать специфику распространения коротких волн для проведения дальних связей.

Радиосвязь на КВ обеспечивается в подавляющем большинстве случаев отражением, а точнее говоря, преломлением волны внутри какого-либо слоя ионосферы. Напомним, что ионосфера Земли представляет собой совокупность ионизированных слоев или областей (отсюда и пошло ее название), возникших под влиянием солнечной радиации и плавно переходящих одна в другую. В ночное время, когда отсутствует излучение Солнца, концентрация ионизированных частиц падает, что приводит к ослаблению отражающих (преломляющих) свойств ионосферы.

Степень ионизации существенно зависит от активности Солнца, которая изменяется со средним периодом 11,3 года (по данным, начиная с 1750 г.). Количественная характеристика этой активности — число Вольфа (W) связано с числом пятен на видимой стороне диска светила. (RU3AX: сейчас только начинается 24-й солнечный цикл, максимум которого ожидается примерно в 2011 г.).

Слои ионосферы обозначаются латинскими буквами D, E и F.

Область F имеет максимальную электронную концентрацию и является основной отражающей областью при ионосферном распространении коротких волн, вплоть до 10-метрового диапазона. Днем эта область как бы расщепляется на два слоя: F₁ и F₂. Слой F₁ обычно расположен на высоте от 150 до 250 километров, а слой F₂ — от 300 до 450 километров. Ионизация в области F поддерживается в основном за счет ультрафиолетовой составляющей солнечного излучения. Иногда область F

имеет диффузный характер, который приписывается электронным облакам, имеющим концентрацию, отличную от окружающей. Ночью ионизация в области F частично сохраняется. Выше области F электронная концентрация постепенно убывает.

На высотах от 100 до 150 километров находится другая область повышенной ионизации — область E. Ионизация ее происходит главным образом от мягкого рентгеновского излучения Солнца. Ночью слой E сохраняет часть своей ионизации, но становится в это время пористым — неоднородным. Степень ионизации слоя E выше в экваториальных областях Земли, и его отражающая способность там больше, чем в средних или высоких широтах. Большой практический интерес для радиолюбителей представляют спорадические образования в слое E облаков повышенной ионизации E_s-образования.

Ниже области E — на высотах 50—60 километров — расположена область D. Ионизация этой области в основном обусловлена рентгеновским излучением Солнца. Ионизация максимальна в полдень и быстро падает, когда Солнце скрывается за горизонтом. Ночью ионизация в области D полностью исчезает.

Во время сильных солнечных вспышек увеличение рентгеновского излучения Солнца вызывает резкое возрастание ионизации области D. Это приводит к так называемым внезапным ионосферным возмущениям, следствием которых является полное нарушение коротковолновой радиосвязи на освещенной половине земного шара на срок от нескольких минут до нескольких десятков минут из-за полного поглощения в области D.

Самым распространенным способом исследования ионосферы является вертикальное зондирование, проводное с помощью импульсного передатчика, частота которого плавно или дискретно изменяется в широких пределах. Наиболее высокая частота, отраженная от слоя при вертикальном зондировании, получила название критической частоты этого слоя (так, для

слоя F_2 критическая частота записывается как f_0F_2). На каждой ионосферной станции за сеанс зондирования снимается полная высоточастотная характеристика (ВЧХ), важнейшими параметрами которой являются критические частоты и высоты слоев.

По ВЧХ определяется еще один параметр — максимально применимая частота (МПЧ) слоя. МПЧ является максимальной частотой, которая отражается от слоя при ионосферном распространении радиоволн. То расстояние, на котором сигнал передатчика может быть принят при однократном отражении от слоя, называется расстоянием скачка. Для слоя F_2 это расстояние составляет максимум 3500—4000 км. Обычно на ионосферных станциях определяется МПЧ для скачка в 3000 км ($МПЧ-3000-F_2$). Все частоты выше МПЧ слоем не отражаются, а выходят за пределы ионосферы в открытый космос. МПЧ зависит от времени суток, сезона, географической широты точки отражения и солнечной активности, а также от некоторой степени от высоты отражающего слоя и от того, насколько низко лепесток диа-

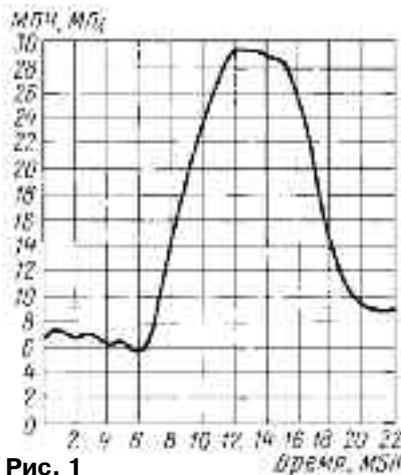


Рис. 1

В общем, МПЧ обычно выше в зимние месяцы, чем в летние. На рис. 1 изображен суточный ход $МПЧ-3000-F_2$ для летнего и зимнего месяцев 1978 г. при средней солнечной активности. Данные получены на ионосферной станции ИЗМИРАН под Москвой.

слоев в зависимости от сезона и солнечной активности на несколько месяцев вперед.

На рис. 2 схематически изображено взаимное расположение ионизированных слоев F_2 , F_1 , E и D над дневной поверхностью Земли и некоторые случаи распространения радиоволн в ионосфере.

В пункте Б работает станция вертикального зондирования. Критические частоты слоев $f_0E < f_0F_1 < f_0F_2 < f$. Частота $f > f_0F_2$ слоем F_2 не отражается, а претерпевает преломление внутри ионизированного слоя и возвращается обратно к Земле. Под действием переменного электрического поля волны свободные электроны в слое приходят в колебательное движение с частотой волны, т. е. возникает электрический ток, который своим полем как бы переизлучает волну в обратном направлении. И чем ниже степень ионизации слоя (т. е. количество свободных электронов в единице объема), тем глубже волна

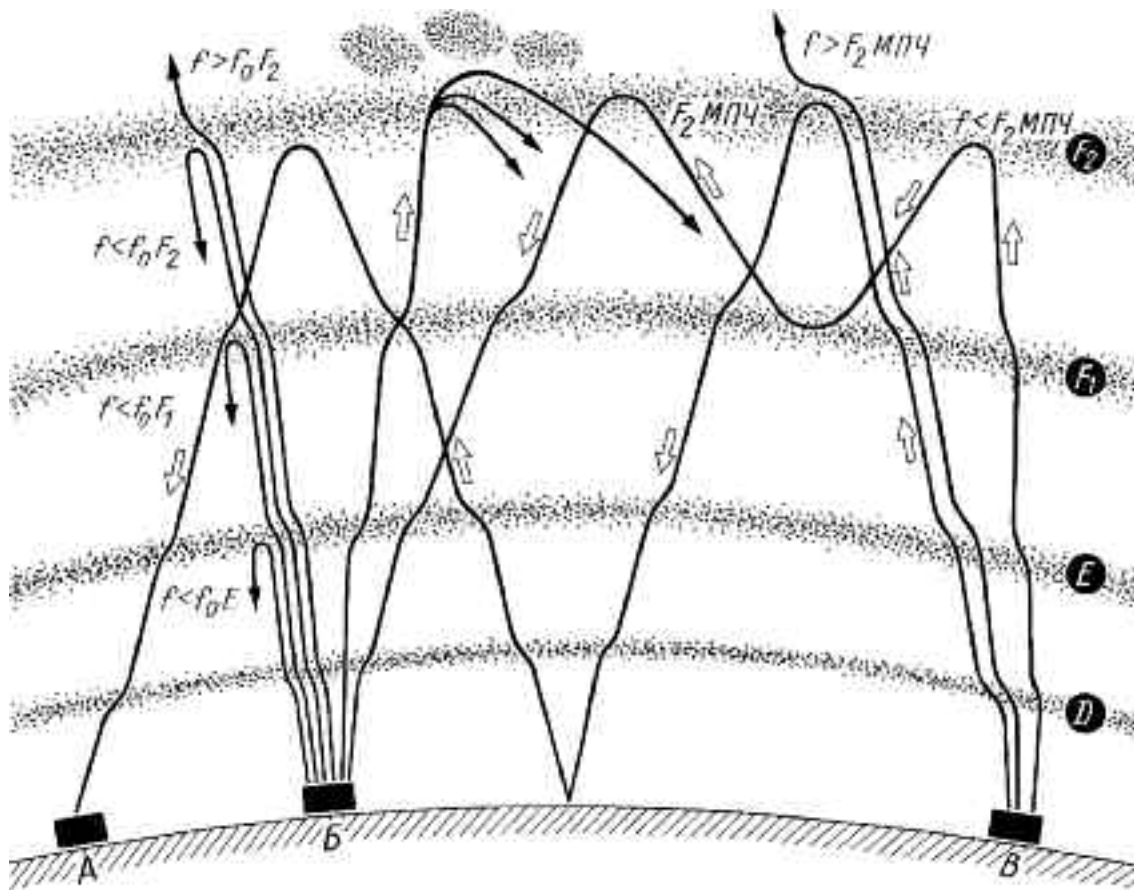


Рис. 2

граммы направленности антенны прижат к поверхности Земли. Имеется приблизительное соотношение между критическими частотами f_0 и МПЧ для слоя F_2 :

$$МПЧ-3000-F_2 = 3,5f_0F_2.$$

На многих станциях в различных частях мира уже длительное время ведется вертикальное зондирование ионосферы. Это дает возможность строить карты глобального распределения критических частот и МПЧ для различных

проникает внутрь слоя до момента своего "отражения".

Материал подготовил
Б. СТЕПАНОВ (RU3AH)

г. Москва

(Окончание следует)