Ионосфера и распространение радиоволн.

В предыдещей статье (“Радио”, 1991, N10, с. 14)ф мы рассказали о том , что уверенный приём дальних вещательных станций зависит как от времени года, так и от солнечной активности. Дело в том, что солнечная активность существенно влияет на состояние ионосферы - оболочки Земли, состоящей из разряженного и ионизированного газа. Эта оболочка простирается на 1000 и более километров от поверхности Земли, но для коротких волн существенной является та её счасть, которая расположена на высоте от 50 до 400 км.

 Радиоволны КВ радиостанция так же, как и свет, распространяются прямолинейно. Но они могут преодалевать многие тысячи километров, огибая земной шар громадными скачками от нескольких сотен до 3000 км иболее, отражаясь попеременно от слоя ионизированного газа и от поверхности Земли или от воды.

 Ещё в 20-х годах нашего столетия считалось, что радиоволны короче 200 м вообще не пригодны для дальней связи из-за сильного поглощения. И, вот когда были проведены первые эксперименты по дальне приёму коротких волн через Атлантику между Европой и Америкой, английский физик Оливер Хэвисайд и американский инженер-электрик Артур Кеннели независимо друг от друга предположили, что где-то вокруг Земли существует ионизированный слой атмосферы, способный отражать радиоволны. Этот слой получил название Хэвисайда-Кеннели, ил ионосферы.

 По современным представлениям ионосфера состоит из отрицателино заряженный свободных электронов и положительно заряженный ионов, в основном молекулярного кислорода O+ и окиси азота NO+ . Ионы и электроны образуются в результате ионизации, которая заключается в отрыве электрона от нейтральной молекулы газа. А для того, чтобы оторвать электрон, необходимо затратить некоторую энергию - энергию ионизации, основным источником которой для ионосферы является Солнце, точнее его ультрафиолетовое, рентгеновское и корпускулярное излучения.

 Пока газовая оболочка Земли освещена Солнцем, в ней непрерывно образуются всё новые и новые электроны, но одновременно часть электронов, сталкиваясь с ионами, вновь образует нейтральные частицы - атомы и молекулы. После захода Солнца образование новых электронов почти прекращается и число свободных электронов начинает убывать. Вообще, чем больше свободных электронов в ионосфере, тем лучше от неё отражаются волны высокой частоты. А если электронов моло, то дальнее прохождение наблюдается только на низкочастотных КВ диапазонах. Вот почему ночью, как правило, возможен приём дальних станций лишь в диапазонах 75, 49, 41 и 31 м.

 Электроны распределены в ионосфере неравномерно. На высоте от 50 до 400 км имеется несколько слоёв или областей повышенной концентрации электронов. Эти области плавно переходят одна в другую и по-разному влияют на распространение радиоволн КВ диапазона.

 Самая верхняя область, кстати, самая плотная, получила название области F. Она расчположена на высоте более 150 км над поверхностью Земли и играет основную отражательную роль при дальнем распространении радиоволн высокочастотных КВ диапазонов. Иногда в летние месяцы область F распадается на два слоя - F1 и F2. Слой F1 может занимать высоты от 200 до 250 км, а слой F2 как бы “плавает” в интервале высот 300 ... 400 км. Обычно слой F2 ионизирован значительно сильнее слоя F1. Ночью слой F1 исчезает, а слой F2 остаётся, медленно теряя до 60 % своей ионизации.

 Ниже области F на высотах от 90 до 150 км расположена область E, ионизация которой просходит под воздействием мягкого рентгеновского излучения Солнца. Обычно степень ионизации области E ниже, чем области F. Однако днём приём станций низкочастотных КВ диапазонов 31 и 25 м происходит при отражении сигналов от области E. Обычно это станции, расположенные на расстоянии 1000 ... 1500 км. Ночью в области E ионизация резко уменьшается, но и в это время она продолжает играть заметную роль в приёме сигналов станций диапазонов 41, 49 и 75 м.

 Большой интерес для приёмасигнало высокочастотных КВ диапазонов 16, 13 и 11 м представляют образующиеся в области E прослойки ( точнее облака ) сильно повышенной ионизации. Площадь этих облаков может изменяться от едениц до сотен квадратных километров. Этот слой повышенной ионизации получил название - спорадический слой E и обозначается Es. Облака Es могут перемещаться в ионосфере под воздействием ветра и достигать скорости до 250 км/час. Летом в средних широтах в дневное время происхождение радиоволн за счёт облаков Es за месяц бывает 15 ... 20 дней. В районе экватора он присутствует почти всегда, а в высоких широтах обычно появляется ночью. В годы низкой солнечной активности, когда нет прохождения на высокочастотный КВ диапазонах, иногда, как подарок, на диапазонах 16, 13 и 11 м с хорошей громкостью вдруг появляются дальние станции, сигналы которых многократно отразились от Es.

 Самая нижняя область ионосферы - область D расположена на высотах между 50 и 90 км. Здесь сравнительно мало свободных электронов. От области D хорошо отражаются длинные и средние волны, а вот сигналы станций низкочастотный КВ диапазонов сильно поглощаются. Это днём, а после захода Солнца ионизация очень быстро исчезает и появляется возможность принимать дальние станции в диапазонах 41, 49 и 75 м, сигналы которых отражаются от слоёв F2 и E.

 Из изложенного выше стала понятна роль отдельных слоёв ионосферы а распространении сигналов КВ радиостанций. Необходимо добавить, что если сигнал отразился от слоя E ( или Es ), то скачок не превышает 2000 км, а от слоя F ( точнее F2 ) - 4000 км. Скачков может быть несколько, и тогда к вашему радиоприёмнику приходят сигналы от вещательных станций, отстоящих на тысячи километров. На дневной стороне Земли такой сигнал довольно сольно ослабляется при многократном прохождении через област D. За одим скачок это случается дважды. Чем ниже частота, тем это ослабление заметнее.

 Но это единственный путь волны в ионосфере по пути от передатчиа к вашему приёмнику. Иногда создаются такие условия, при которых волна, отразившися от слоя F2, не возвращается обратно к Земле, а распространяется, отражаясь попеременно от слоёв E(Es) и F2. Волна как бы попала в ионосферный волновод и проходит многие тысячи километров при отномительно малом ослабление.

 А вот подходящие условия для выхода волны из этого волновода обычно образуются в месте приёма при восходе или заходе Солнца. Обычно это даёт возможность принимать станции, расположенные на противоположный точке земного шара. Это явление наиболее явно выражено на низкочастотных КВ диапазонах. Продолжительность такого прёма в дипазоне 75 м может быть около часа. При переходе на более коротковолновые диапазоны это время сокращается.

 В это статье при описании ионосферы и распространении в ней сигналов КВ станций совершенно не учитывались циклы солнечной активности и возмущения в ионосфере, связанные с “живым” Солнцем. Об этом, а также как самому сделать прогноз прохождения - в следующей статье.

Г.Ляпин (UAЗFOW)

г. Москва

 Радиоволны КВ радиостанций могут преодолевать многие тысячи километров, огибая земной шар громадными скачками, отражаясь попеременно от различных областей ионосферы и от поверхности Земли.

 Радиоволны разной частоты от передатчика в пункте A попадают в пункт B, где расположен приёмник. Волно m делает два скачка, дважды отразившися от области F и от Земли в пункте Б. Волна n делает те же два скачка, но отражается от области E. А вот волна K попала и волновод между областями F и E.

 Конечно, здесь изображена идеальная картина распространения радиоволн. В реальных условиях всё значительно сложнее.