

ется на геомагн. широтах $50-60^\circ$, в дневные часы примерно на $72-75^\circ$; наиб. выражен в ночные и утренние часы и практически отсутствует в полуденные часы.

3. Высокоширотная полость — область пониженной ионизации к полюсу от АО, как в слое F_2 , так и выше. Направленные вверх потоки лёгких ионов (O^+ , H^+), т. е. полярный ветер, приводят к истощению ионосферы в этой области.

4. Зона аврорального поглощения — область повышенной ионизации в слое D и ниж. части слоя E , к-рая образуется вследствие вторжения в ионосферу потоков энергичных электронов (с энергией > 40 кэВ). Это кольцевая область в интервале геомагн. широт $60-74^\circ$, разомкнутая на вечерней стороне Земли ($18-20$ ч местного времени).

Аномально высокая ионизация в слое F в зоне АО или, наоборот, пониженная ионизация в области ГИП приводят к вариации верх. предела диапазона частот — максимальной наблюдаемой частоты. С др. стороны, аномальное поглощение в ниж. ионосфере ведёт к сужению диапазона частот за счёт роста его ниж. предела — наименьшей наблюдаемой частоты.

Аномально повышенное поглощение ВЧ-радиоволн в полярной ионосфере является одной из гл. причин нарушения связи и возникает в результате увеличения концентрации заряд. частиц в слое D . Различают 4 типа аномального поглощения, каждый из к-рых соответствует определ. фазе в ходе развития ионосферного возмущения, следующего за вспышкой на Солнце: внезапное поглощение (ВП), наблюдаемое на всей освещённой полусфере Земли, обусловленной эмиссией излучения во время солнечных вспышек; поглощение полярной шапки (ППШ), к-рое наблюдается в приполюсной области на широтах, превышающих $\Phi \approx 60^\circ$; поглощение с западным началом (ПВН), возникающее в период внезапного начала магн. бури в зоне полярных сияний. Обусловлено вспышками тормозного реянт. излучения электронов, выпадающих в ионосферу АО в результате резкого сжатия земной магнитосферы под воздействием ударного фронта потока солнечной плазмы; по интенсивности и продолжительности соответствует эффекту ВП; авроральное поглощение (АП).

Поглощения типа ВП и ПВН появляются сравнительно редко, имеют малую продолжительность (неск. десятков минут) и поэтому не играют существ. роли в радиосвязи.

ППШ появляется после хромосферных вспышек на Солнце, сопровождаемых потоками солнечных космических лучей, в осн. протонов. На нач. фазе явления иногда регистрируются потоки солнечных электронов. Ослабление радиосигналов может достигать 100 дБ. Интенсивное поглощение ВЧ-радиоволн начинается спустя неск. часов после вспышки на Солнце — вначале вблизи геомагн. полюса, затем постепенно охватывает всю полярную область на широтах $\Phi \geq 60^\circ$. В зависимости от степени освещённости Солнцем полярных областей Земли поглощение радиоволн в ионосфере затухает в течение 2—3 сут до исходного фонового значения. Продолжительность ППШ может достигать 10 сут и более. Явление ППШ максимально двём и минимально ночью, различия при этом составляют 4—6 раз. В сезонном распределении явлений ППШ нет чёткой закономерности, однако можно отметить наим. вероятность появления ППШ в декабре. Наиб. число случаев ППШ наблюдается в годы высокой солнечной активности (порядка 15—20 интенсивных событий), в годы низкой солнечной активности ППШ практически не наблюдается.

АП — наиболее часто встречающийся тип поглощения в высоких широтах, доставляющий наиб. трудности в поддержании устойчивой связи. Вероятность появления АП может достигать 40%. Появление АП в ночное время тесно связано с полярными сияниями и ло-

кальными магн. возмущениями. Продолжительность индивидуальных случаев АП обычно не превышает 2 ч, однако чаще всего АП наблюдается в виде серии событий, накладывающихся одно на другое. Источником увеличения ионизации в D -области, ответственной за явление АП, являются потоки энергичных электронов с энергией $\epsilon \geq 40$ кэВ из магнитосферы, вторгающиеся в полярную ионосферу на уровень области D и ниж. части области E (высоты 60—90 км). Максимум АП как по частоте появления, так и в величине приходится на широты $\Phi \approx 64-67^\circ$. Характерной особенностью АП является существование чёткой суточной вариации с двумя максимумами (дневным и ночным) и вечерним минимумом ($18-20$ ч местного времени). В сезонном ходе выделяются два равноденственных максимума, весной и осенью, из к-рых наибольший — весенний. Особенности пространственно-временного распределения АП определяют уровень магн. активности. С ростом магн. активности центр зоны АП смещается к югу на $\Phi \approx 63-65^\circ$, зона расширяется почти вдвое и дневной максимум с $10-12$ ч местного времени смещается на более ранние часы ($6-8$ ч).

По характеру влияния АП на условия распространения ВЧ-радиоволн все трассы можно разбить на три группы.

1. Трассы, целиком проходящие внутри полярной шапки и не пересекающие зоны АП. На таких трассах АП практически отсутствует и надёжность связи может быть близка 100%, если исключить события ПППШ.

2. Трассы, у к-рых хотя бы один из конечных пунктов расположен в зоне АП. На таких трассах наблюдаются наиб. нарушения прохождения радиоволн. Хорошие условия связи, когда прохождение достигает 80—90%, возможны лишь сравнительно ограниченное время. Ослабление ВЧ-сигналов может достигать 30—60 дБ в зависимости от частоты излучения.

3. Трассы, пересекающие зону АП, когда передающий и приёмные пункты расположены относительно далеко от зоны. В этом случае условия радиосвязи более благоприятные, чем во втором случае: на оптим. частотах прохождение радиоволн составляет 90%. Большую роль при этом играют спорадич. слои E_s , наблюдающиеся в области АО на высотах E -области ~ 110 км и связанные с выпадением электронов с энергией $1-10$ кэВ. Их можно разбить на две группы: E_1 с групповым запаздыванием и плоские E_2 . Вероятность появления E_s в зоне АО достигает 80—90%, а концентрация электронов в максимуме слоя сравнима с электронной концентрацией в слое F_2 . Такая ситуация способствует образованию волноводных каналов между слоями E_1 и F . Попадая в такой канал, радиоволна как бы пересекает зону АП, испытывая существенно меньшее поглощение (см. *Волноводное распространение радиоволн*).

На Р. р. большое влияние оказывают область АО, как наиб. нерегулярная с широким спектром мелко-масштабных неоднородностей от сотен м до десятков км, к-рые могут быть результатом как прямого выпадения энергичных частиц, так и следствием плазменных неустойчивостей, связанных с электр. полями магнитосферного происхождения, а также область ГИП с большими горизонтальными градиентами электронной концентрации. Эффект горизонтальных градиентов ГИП и в ряде случаев и рассеяние на неоднородностях АО состоит в появлении нестандартного ВЧ-распространения с отклонением траектории радиоволны от плоскости дуги большого круга. Эти т. н. азимутальные отклонения траекторий достигают $10-30^\circ$ и более. У сигналов с азимутальными отклонениями время распространения значительно больше (до 50—100%), чем у нормальных сигналов, распространяющихся в плоскости дуги большого круга, а их максимальная наблюдаемая частота обычно выше в $1,5-7,5$ раза. Сигналы с азимутальными отклонениями наиб. часты зимой и в равноденствие. Их появление, как правило, ухудшает радиосвязь, особенно в случае применения остроан-