

ресеении береговой линии резко изменяются амплитуда и направление $P. p.$ (береговая рефракция, рис. 5).

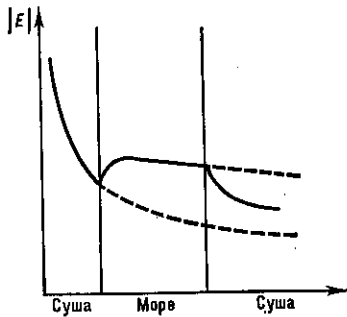


Рис. 5. Изменение напряжённости электрического поля волны при пересечении береговой линии.

Влияние рельефа земной поверхности на $P. p.$ зависит от высоты неровностей h , их горизонтальной протяжённости L , λ и угла θ падения волны на поверхность. Если неровности достаточно малы и пологи, так что $kh\cos\theta < 1$ (k — волновое число), и выполняется т. н. критерий Рэлея $k^2 L^2 \cos\theta < 1$, то они слабо влияют на $P. p.$ Влияние неровностей зависит также от поляризации волн. Напр., для горизонтально поляризованных волн оно меньше, чем для волн, поляризованных вертикально. Когда неровности не малы и не пологи, энергия радиоволн может рассеиваться

(радиоволна отражается от них). Высокие горы и холмы с $h > \lambda$ «возмущают» волновое поле, образуя затенённые области. Дифракция радиоволн на горных хребтах иногда приводит к усилению волн из-за интерференции прямых и отражённых волн. Вершина горы служит естественным ретранслятором. Это существенно при распространении метровых радиоволн в гористой местности (рис. 6).

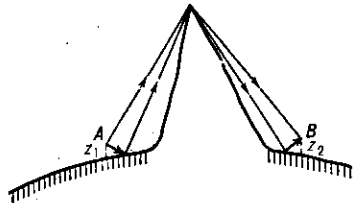


Рис. 6. Траектории радиоволн при дифракции на непологих неровностях.

Распространение радиоволн в тропосфере. Тропосфера — область атмосферы, расположенная между поверхностью Земли и тропопаузой, в которой температура воздуха обычно убывает с высотой (в тропопаузе температура с высотой увеличивается). Высота тропопаузы на земном шаре неодинакова, над экватором она больше, чем над полюсами, а в средних широтах, где существует система сильных западных ветров, изменяется скачкообразно. Тропосфера состоит из смеси нейтральных молекул и атомов газов, входящих в состав сухого воздуха, и паров воды. Диэлектрическая проницаемость, а следовательно, и показатель преломления газа, не содержащего свободных электронов и ионов, обусловлены дополнительными полями, создаваемыми смещением электронов в молекулах (поляризация сухого воздуха) и ориентацией полярных молекул (пары воды) под действием электрич. поля волны.

Показатель преломления тропосферы

$$n - 1 = \frac{79}{T} \left(p + \frac{4800}{T} e \right) 10^{-8}, \quad (6)$$

где p — давление сухого воздуха, e — давление водяного пара в миллибарах, T — температура. Показатель преломления не зависит от частоты и очень мало отличается от единицы. Так, у поверхности Земли с увеличением высоты происходит изменение параметров p , T , e , определяющих значение показателей преломления. При нормальных метеорологич. условиях показатель преломления уменьшается с высотой:

$$\text{grad } n = dn/dh = -4 \cdot 10^{-8} M^{-1}.$$

Это приводит к искривлению траектории лучей. Для правильной оценки положения луча относительно поверхности Земли необходимо учитывать сферичность её поверхности, что можно сделать, вводя приведённый показатель преломления (3):

$$\text{grad } n_{\text{пр}} = dn/dh + 1/R_0,$$

отличающийся от $\text{grad } n$ не только по абс. величине, но и по знаку. В условиях нормальной тропосферной рефракции $\text{grad } n_{\text{пр}} > 0$. В этом случае луч, вышедший из приподнятого над землёй излучателя под углом $\varphi_0 < \pi/2$ к вертикали, при распространении приближается к ней. При $\varphi_0 > \pi/2$ распространение лучей происходит в сторону уменьшающихся значений $n_{\text{пр}}$. При этом, в зависимости от значений φ_0 , луч может достигнуть поверхности Земли и отразиться от неё, достигнуть точки поворота, определяемой из условия (5), и при нек-ром значении угла φ_0 точка поворота может лежать на поверхности Земли. В этом случае траектория луча является границей между областью, в которую могут попасть лучи, и областью тени. Нормальная тропосферная рефракция способствует увеличению области прямой видимости.

Метеорологич. условия существ. образом влияют на изменение показателя преломления, т. е. и на рефракцию радиоволн. Обычно в тропосфере давление воздуха и темп-ра с высотой уменьшаются, а давление водяного пара увеличивается. При нек-рых метеорологич. условиях, напр. при движении нагретого над сушей воздуха над более холодной поверхностью моря, темп-ра воздуха с высотой увеличивается, а давление водяного пара уменьшается (инверсия темп-ры и влажности). В этом случае показатель преломления изменяется с высотой не монотонно, т. е. $dn_{\text{пр}}/dh$ на нек-рой высоте может изменить знак. Если в интервале высот, определяемом толщиной слоя инверсии, $|\text{grad } n| < 1/R_0$, то $\text{grad } n_{\text{пр}} < 0$. В плоскослойной среде с $\text{grad } n_{\text{пр}} < 0$ лучи отражаются от высоты, определяемой из условия (5). В пространстве, ограниченном снизу поверхностью Земли, а сверху высотой, на которой $dn_{\text{пр}}/dh$ изменяет знак, возникают условия для волноводного распространения (рис. 7). В тропосферных волноводах, как правило, могут распространяться волны с $\lambda < 1$ м.

Рис. 7. Траектории УКВ в тропосферном волноводе.



Поглощение радиоволн в тропосфере пренебрежимо мало для всех радиоволн вплоть до сантиметрового диапазона. Поглощение сантиметровых и более коротких волн резко увеличивается, когда частота волны ω совпадает с одной из собств. частот колебаний молекул воздуха (резонансное поглощение). Молекулы получают от проходящей волны энергию, к-рая превращается в тепло и только частично передаётся вторичным волнам. Известен ряд линий резонансного поглощения в тропосфере: $\lambda = 1,35$ см, 1,5 см, 0,75 см (поглощение в парах воды) и $\lambda = 0,5$ см, 0,25 см (поглощение в кислороде). Между резонансными линиями лежат области более слабого поглощения (окна прозрачности).

Ослабление радиоволн может быть также вызвано рассеянием на неоднородностях, возникающих при турбулентном движении воздушных масс (см. Турбулентность). Рассеяние резко увеличивается, когда в воздухе присутствуют капельные неоднородности в виде дождя, снега, тумана. Почти изотропное рассеяние Рэлея на мелкомасштабных неоднородностях делает возможной радиосвязь на расстояниях, значительно превышающих прямую видимость (рис. 8). Т. о.,