

рис. 1. ВЧ-часть сигнала состоит из квазипериодич. затухающих колебаний с увеличивающимся во времени периодом (в пределах 500—1000 мкс). В её состав входят волны с частотами  $f \sim 1-30$  кГц. Макс. энергия волн приходится на интервал частот  $f \sim 5-10$  кГц. Во мн. случаях за ВЧ-частью регистрируется «хвост» А. длительностью 10—15 мс и более, характеризующийся медленным нарастанием амплитуды сигнала. «Хвост» формируется волнами с частотами  $f < 1-2$  кГц. Эти особенности волновых форм А. находит своё объяснение в теории распространения радиоволн в волноводе Земля — ионосфера. Форма А. определяется как спектральными характеристиками источника, так и дисперсионными свойствами волновода. Исследование спектров А. служит одним из способов диагностики ниж. ионосферы.

Часть энергии эл.-магн. поля, генерируемого при молниевых разрядах, может просачиваться в ионосферу и далее в магнитосферу, распространяясь в форме волн обыкновенного типа по подковообразным траекториям, связанным с геомагн. полем  $H_0$ . Сигналы такого происхождения, прошедшие значит. пути в приземной плазме (в неск. радиусов Земли), наз. свистящими А. (свистами). Различают два типа распространения свистов: канализированное и неканализированное. В 1-м случае распространение из области генерации в магнитно-сопряжённую область происходит вдоль ориентированных по магн. полю Земли неоднородностей электронной концентрации (в геомагн. каналах). Во 2-м случае траектории могут отклоняться от силовых линий поля  $H_0$ . Однако и при неканализир. распространении геомагн. поле оказывает на свистовые волны существенное направляющее воздействие.

Благодаря дисперсии в магнитно-сопряжённой точке наблюдаются НЧ-сигналы с понижающейся во времени

ластей ионосферы. Тогда, помимо длинного (короткого) свиста, на спектрограммах имеются ветви, отвечающие эхо-сигналам. Для длинных свистов отношения дисперсий сигнала и последующих эхо образуют последовательность  $1:2:3...$ , а для коротких (рис. 2, б) — последовательность  $1:3:5:7:...$ . На частотах  $f \sim 7-10$  кГц зависимость  $\sim t^{-2}$  становится несправедливой. Часто регистрируются свистящие А., имеющие миним. время прихода на определ. частоте. Такие частоты наз. носовыми. Осп. свойства свистящих А. хорошо объясняются на основе теории распространения эл.-магн. НЧ-волн в магнитоактивной плазме. Приём свистов используется для изучения магнитосферной плазмы.

Лит.: Гершман Б. Н., Угаров В. А., Распространение и генерация низкочастотных электромагнитных волн в верхней атмосфере, «УФН», 1960, т. 72, с. 235; Альперт Я. Л., Гусева Э. Г., Флигель Д. С., Распространение низкочастотных электромагнитных волн в волноводе Земля — ионосфера, М., 1967.

**АТМОСФЕРНАЯ АКУСТИКА** — раздел акустики, в к-ром изучаются процессы генерации и распространения звука в реальной атмосфере, а также акустич. методы исследования атмосферы. Можно считать, что А. а. возникла в кон. 17 в., когда проводились первые опыты по определению скорости звука в атмосфере, но подлинное развитие она получила в 20 в., после появления *электроакустики* и электроники. Для атмосферы справедливы все положения теоретич. и эксперим. акустики газовых сред; однако атмосфера представляет собой очень сложную, неоднородную, стратифицированную по плотности, скорости движения, темп-ре и составу, сильно турбулизированную среду, в к-рой возникают специфич. явления.

Скорость звука в приближении коротких волн, когда длина волны много меньше масштаба неоднородностей темп-ры  $T$  и скорости ветра  $U$ , равна:  $c = 20,1 T^{1/2} + U \cos \varphi$ , где  $\varphi$  — угол между направлениями распространения звука и ветра,  $T$  — т. н. виртуальная темп-ра, учитывающая влияние влажности. Изменение скорости звука в пространстве может достигать неск. процентов, что приводит к значит. эффектам *рефракции звука* и его рассеяния. К общему для газов *поглощению звука* и его рассеяния, когда коэф. поглощения  $\alpha$  обратно пропорционален плотности среды  $\rho$  и прямо пропорционален квадрату частоты, добавляется поглощение, обусловленное влиянием влажности, к-рая при небольших отклонениях значений  $\alpha$  может существенно увеличить коэф.  $\alpha$ . Повышенное поглощение звука на высоких частотах приводит к тому, что на больших расстояниях в его спектре остаются гл. обр. низкие частоты (напр., звук выстрела, резкий вблизи, становится глухим вдали). Звуки очень низких частот, напр. *инфразвук* от мощных взрывов с частотой в десятки и сотни доли Гц, могут распространяться без заметного затухания на сотни и тысячи км.

При распространении звука мощных взрывов вверх от земной поверхности благодаря прибр. постоянству плотности потока энергии — *интенсивности звука* —  $I = p^2/2\rho c = v^2\rho c/2$ , *колебательная скорость частиц*  $v$  растёт с высотой как  $\rho^{-1/2}$ , а звуковое давление  $p$  уменьшается как  $\rho^{1/2}$ , но гораздо медленнее, чем ср. давление атмосферы  $P_0$ , что приводит к нелинейным эффектам.

Стратификация атмосферы по темп-ре, а также по скорости ветра может привести к тому, что наклонные звуковые лучи от наземного источника звука будут благодаря рефракции загибаться обратно к земной поверхности, отражаться от неё под тем же углом и т. д., т. е. образуется атм. *волновод акустический*. Это возможно благодаря часто возникающим инверсиям темп-ры в приземном слое атмосферы или на высотах до 1—2 км, а также благодаря постоянно существующим в атмосфере инверсиям на высотах ок. 40 км и выше 80 км. Ветер на определ. высотах может существенно усиливать или

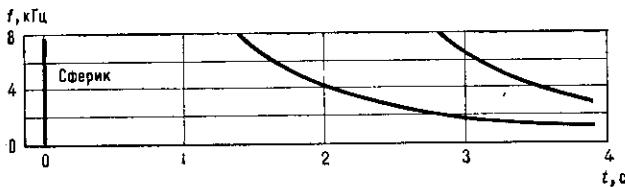


Рис. 2, а.

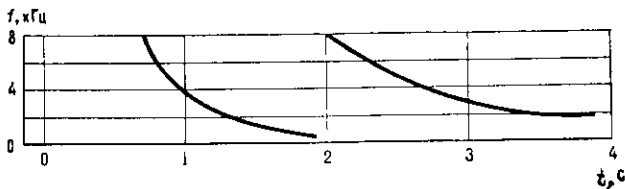


Рис. 2, б.

частотой  $f$ . Типичные спектрограммы свистов (зависимости  $f$  от времени прихода  $t$ ) показаны на рис. 2. Изменение частоты свистящих А. во времени в диапазоне частот  $f \sim 1-6$  кГц хорошо описывается ф-лой  $f = D^2 t^{-2}$ , где  $D$  — коэф., наз. дисперсией. Величины  $D$  изменяются от 10 до 100  $c^{1/2}$ . Систематич. регистрация свистящих А. показывает, что, как правило, наблюдаются свисты двух типов, отличающиеся значениями  $D$ : длинные и короткие. Длинные свисты являются результатом прохождения сигнала от источника до магнитно-сопряжённой точки и обратно (рис. 2, а). Они регистрируются в том же полушарии, где находится источник. Короткие свисты возбуждаются в области, к-рая является магнитно-сопряжённой к зоне приёма. Дисперсия  $D$  длинных свистов вдвое больше дисперсии коротких свистов.

Иногда возможен приём свистов, к-рые испытали многократные отражения от магнитно-сопряжённых об-