

характерно добавочное релаксац. поглощение, связанное с диссоциацией растворённых веществ: на частотах ниже 1 кГц оно определяется боратами (время релаксации  $10^{-3}$  с), на частотах от неск. кГц до неск. сотен кГц в осн. обусловлено сульфатом магния (время релаксации  $10^{-5}$  с). На килогерцевых частотах коэф. поглощения звука  $\alpha$  для морской воды приблизительно выражается соотношением  $\alpha = 0,036 f^{3/2}$  дБ/км, где  $f$  — частота (в кГц). Коэф. поглощения зависит также от темп-ры воды, её солёности и гидростатич. давления.

На формирование акустич. полей в океане заметное влияние оказывают случайные неоднородности скорости звука и неровности границы океана. От взволнованной поверхности океана часть звуковой энергии отражается в зеркальном направлении, при этом в сигнале появляется нерегулярная компонента, обусловленная перемежающимися неровностями поверхности, а частотный спектр его расширяется. В направлениях, отличных от зеркального, распространяются рассеянные компоненты сигнала. Коэф. рассеяния звука поверхностью океана (или дном)  $m = W/I S$ , где  $W$  — мощность звука, рассеянного участком поверхности площадью  $S$  в единицу телесного угла.  $I$  — интенсивность падающей звуковой волны. Величина  $M = 10 \lg m$  нав. силой рассеяния. Сила рассеяния звука поверхностью океана в обратном направлении зависит от угла падения волны, её частоты, скорости ветра и составляет от  $-10$  до  $-60$  дБ.

Отражение и рассеяние звуковых волн от дна происходит как на границе раздела вода — грунт, так и в самой толще дна и зависит от строения дна и частоты падающей волны; затухание звука в грунте очень велико и обычно линейно растёт с частотой. Модуль коэф. отражения звука лежит в пределах от 0,05 до 0,5 при нормальном падении, а при скользящих углах может быть близок к 1. Сила обратного рассеяния звука от дна имеет различные угловые и частотные зависимости в разных геоморфологич. районах.

Объёмное рассеяние в океане обусловлено в осн. мелкими рыбами длиной 3—10 см, имеющими газовые пузыри, к-рые образуют т. н. звуко рассеивающие слои практически по всей акватории Мирового океана, исключая его полярные области. Они локализируются на глубинах 300—800 м днём, поднимаясь в верхний 200-метровый слой ночью. Коэф. объёмного рассеяния звука  $m_V = W/IV$ , где  $W$  — мощность, рассеянная в единицу телесного угла объёмом  $V$ . Для звуко рассеивающих слоёв значения  $m_V$  в обратном направлении составляют  $10^{-5}$ — $10^{-8}$  м $^{-1}$  на частотах 2—50 кГц. Рассеяние в обратном направлении обуславливает одну из осн. помех гидролокации — реверберацию.

Кроме акустич. волн, излучаемых под водой для целей гидролокации, связи и т. д., в океанах и морях имеются собств. шумы. По своей природе они подразделяются: на динамич. шумы, связанные с тепловым движением молекула, поверхностным волнением, турбулентными потоками воды, синонтич. вихрями, шумом прибой, кавитац. шумом прибора, ударами капель дождя и т. п.; биологич. шумы, производимые животными; техн. шумы, вызванные деятельностью человека (шумы судоходства, шумы самолётов, шумы бурения дна и т. п.); сейсмич. шумы, обусловленные тектонич. процессами; шумы ледового происхождения. Как правило, шумовой фон в океане образуется мн. источниками, действующими одновременно, но осн. вклад обычно вносят шумы, связанные с поверхностным волнением, частотный спектр к-рых спадает с повышением частоты примерно на 5—10 дБ на октаву.

Акустич. методы широко используются для исследования океана. С помощью эхолота определяется глубина слоёв дна, с помощью профилографов — прибор, аналогичных эхолотам, но работающих на существенно более низких частотах, — структура осадочных слоёв дна. Форму поверхности дна изучают гидролокаторами бокового обзора. По рассеянию звука от

биол. объектов определяют биопродуктивность данного района. С помощью сигналов, рассеянных организмами, лежащими на слое скачка темп-ры, исследуют внутр. волны. Течения прослеживаются с помощью поплавков нейтральной плавучести, оборудованных акустич. излучателями. Стационарные акустич. излучающие системы, установленные на дне, позволяют осуществить акустич. навигацию. С помощью акустич. доплеровских лагов определяют скорость судна не относительно воды, а относительно Земли, используя рассеяние звука от дна. Г. широко применяется в воен. деле (см. *Гидролокация, Гидролокатор*).

Лит.: Бреховских Л. М., Волны в слоистых средах, 2 изд., М., 1973; Акустика океана, под ред. Л. М. Бреховских, М., 1974; Акустика морских осадков, под ред. Л. Хэмптона, пер. с англ., М., 1977; Урик Р. Д., Основы гидроакустики, пер. с англ., Л., 1978; Клей К., Медвин Г., Акустическая океанография, пер. с англ., М., 1980. Ю. Ю. Житковский.

**ГИДРОАКУСТИЧЕСКАЯ АНТЕННА** — устройство, обеспечивающее пространственно-избирательное излучение или приём звука в водной среде. Обычно Г. а. состоит из *электроакустических преобразователей* (элементов антенны), акустич. экранов, несущей конструкции акустич. развязок, амортизаторов и линий электрокоммуникаций. По способу образования пространственной избирательности Г. а. можно разделить на интерференционные, фокусирующие, рупорные и параметрические.

Пространственная избирательность интерференц. Г. а. обусловлена интерференцией акустич. колебаний, создаваемых в нек-рой точке пространства разл. участками колеблющейся поверхности антенны (режим излучения) или интерференцией электр. напряжений на выходах отд. преобразователей антенны при падении на неё звуковой волны (режим приёма). Интерференц. Г. а. подразделяются на непрерывные, нормальная составляющая колебат. скорости активной поверхности к-рых меняется непрерывно от точки к точке (напр., антенны, излучающие через общую металлич. накладку), и дискретные, на активной поверхности к-рых могут наблюдаться разрывы ф-ции, описывающей распределение нормальной составляющей колебат. скорости. Дискретные антенны часто наз. антенными решётками

Пространственная избирательность фокусирующих Г. а. (см. *Фокусировка звука*) образуется с помощью отражающих или преломляющих границ или сред, производящих фокусировку звуковой энергии, сопровождающуюся преобразованием фронта волны (напр., из сферического в плоский).

В рупорных антеннах также используются отражающие поверхности, однако преобразования фронта волны не происходит и роль отражающих границ сводится к ограничению части пространства, в к-рую осуществляется излучение звука.

Активные поверхности параметрич. антенн совершают колебания на двух близких частотах; пространственная избирательность образуется в результате интерференции волн разностной частоты, возникающей при нелинейном взаимодействии первичных излучённых волн (т. н. волн накачки).

Осн. параметры, определяющие пространственную избирательность Г. а., — характеристика направленности и коэф. концентрации (см. *Направленность акустических излучателей и приёмников*). Способность Г. а. преобразовать энергию (обычно из электрической в акустическую при излучении и акустическую в электрическую при приёме) характеризуется чувствительностью, излучаемой мощностью и уд. излучаемой мощностью.

Антенны не только обеспечивают формирование пространственной избирательности, но и позволяют управлять ею. В случае наиб. распространённого типа Г. а. — решёток — такое управление осуществляется введением амплитудно-фазового распределения, т. е. созданием заданного распределения амплитуд и фаз