

И. И. КЛЮКИН НЕПТУН ОГЛУШЕН...

И. И. КЛЮКИН

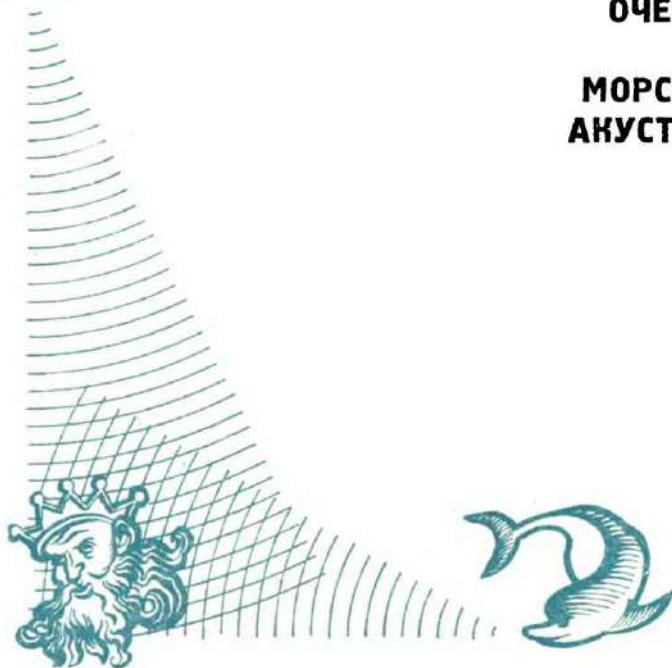
И. И. КЛЮКИН
НЕПТУН
ОГЛУШЕН...



И. И. КЛЮКИН

НЕПТУН ОГЛУШЁН...

**КРАТКИЕ
ОЧЕРКИ
ПО
МОРСКОЙ
АКУСТИКЕ**



Книга, рассчитанная на широкие круги читателей и являющаяся по существу вторым, переработанным и дополненным изданием книги „Подводный звук“ (Судпромгиз, 1963), посвящена быстро развивающейся области науки и техники—гидроакустике. В живой популярной форме автор знакомит читателя с основными физическими явлениями, связанными с распространением звука в море, такими, как морская реверберация, рефракция, поглощение подводного звука, отражение его от морских объектов. Приводятся примеры использования гидроакустической техники в военном деле и в народном хозяйстве, в кораблевождении и в различных морских исследованиях—биологических, исследованиях морского дна, течений, ледовых массивов и т. п.

Рассказывается об эхолотах-гигантах и эхолотах-карликах, системах гидроакустического обнаружения и связи, рыбо- и нитолонаторах, акустических минах, торпедах и тралах. Читатель познакомится в книге и с последними новинками гидроакустики—подводными звуковыми маяками с атомным питанием, системами анализа и классификации подводных звуковых сигналов, с применением звуковых методов при бурении подводных скважин и описанием работ первых гидроакустиков в России в начале века (по архивным материалам).

Завершается книга обзором возможных применений гидроакустики в технике будущего при освоении мирового океана вплоть до его максимальных глубин.

КЛЮКИН ИГОРЬ ИВАНОВИЧ
НЕПТУН ОГЛУШЕН

Темплан 1967 г. № 98

Рецензенты: докт. техн. наук проф. Л. Л. Мясников и канд. техн. наук А. П. Сташкевич

Научный редактор А. Л. Простаков

Редактор А. И. Варковецкая

Художественный редактор А. Р. Шилов

Технический редактор Л. М. Шишкова

Корректоры: С. Х. Кумачова и И. М. Федорова

Художник Ф. В. Равдоникас

Сдано в набор 21/XI 1966 г. М-15239

Подписано к печати 25/III 1967 г. Формат издания

84×108^{1/32} Физ. печ. л. 7+^{1/16} вклейки

Усл. печ. л. 12,8 Уч.-изд. л. 13,1 Изд. № 1834-66

Тираж 15 000 экз. Цена 58 к. Бумага для глуб. печ.

Издательство «Судостроение», Ленинград, Д-65,

ул. Гоголя, 8 Зак. № 2091

Ленинградская типография № 4 Главполиграфпрома Комитета по печати при Совете Министров СССР, Социалистическая, 14.

ОТ АВТОРА

«Нептун оглушен» ... Это название книги, указывающее на громадный уровень искусственных подводных звуковых излучений, призвано характеризовать интенсивное развитие в наши дни молодой отрасли науки и техники — гидроакустики. Впрочем, так ли уж молода эта отрасль? По крайней мере, в советской стране гидроакустика пережила свое второе рождение, и сейчас, к 50-летию Октября, дружный и не столь уж малочисленный отряд советских гидроакустиков может вполне обоснованно рапортовать о своих достижениях.

Гидроакустика... Это великолепное, искрящееся сочетание физики, электроники, морского дела. А также гидрологии, гидробиологии, судостроения, промышленной техники. Это — рейсы на исследовательских судах, приморские города с белыми зданиями; расшифровка странных записей гидрофона, оказывающихся звуковыми сигналами дельфинов и касаток; конструирование новых эхолотов, рыболокаторов, звукоподводных маяков; ощупывание из-под воды звуковым лучом причудливо изломанной ледовой крыши над головой; наконец, если угодно, охота за «невидимым» (для световых и радио-, но не звуковых волн!) врагом в морских глубинах, предотвращение внезапного удара из глубины.

Говорят, великий физик Гельмгольц любил на балах наблюдать за несущимися в вихре танца парами и представлять себе исходящие от них звуковые

и инфразвуковые волны, причудливо смешивающиеся и заполняющие все помещение. Попробуйте мысленно представить бесконечное разнообразие акустических волн, областей звуковой тени, зон фокусирования лучей в океане — в пронизанных солнцем приповерхностных слоях и в сокровенных глубинах, куда свет уже не в состоянии проникнуть и где звук чувствует себя едва ли не лучше, чем у поверхности. Попробуйте, и... не разочаруетесь!

В этих кратких очерках без единой формулы мы постараемся рассказать о военных и невоенных применениях современной гидроакустики, о важнейших исследованиях подводного звука и о физических явлениях, возникающих при его распространении в море. Наконец, мы помечтаем о том времени, когда человек в полную меру заставит служить себе богатства моря и морского дна, в чем ему существенно поможет гидроакустика.

Если молодой читатель заинтересуется увлекательной областью науки и техники, имеющей громадное будущее, а читатель, знакомый с предметом, найдет в этой книге хоть крупицу нового, автор сочтет свою задачу выполненной.

Автор считает долгом поблагодарить управления Центрального военно-морского музея и Центрального Государственного архива военно-морского флота за предоставление некоторых материалов и фотодокументов.

I. В МИРЕ ИСКУССТВЕННЫХ ПОДВОДНЫХ ЗВУКОВ

Гидроакустика и ее возраст

Итак, гидроакустика — наука о подводном звуке, о его излучении, распространении, поглощении, рассеянии, отражении, приеме и отрасль техники, базирующаяся на достижениях этой науки.

Когда же зародилась гидроакустика? На этот вопрос ответить не так-то легко. Однако, по-видимому, человек раньше обратил внимание на распространение звука не в воде, а в земле. Еще в античные времена подслушиванием пытались определить во время осад городов и крепостей направления неприятельских подкопов. Так, по свидетельству Витрувия, при осаде Аполлонии архитектор Тифон Александрийский определял направление подкопов с помощью сосудов-резонаторов, подвешенных в траншее, вырытой около крепостной стены.

В яркой поэме Лукреция «О природе вещей», содержащей много интересных наблюдений и мыслей о звуке в воздухе, о прохождении его через твердые преграды, еще нет упоминания о явлениях, связанных с распространением звука в воде. Правда, рыбаки приморских стран с самых древних времен стихийно использовали хорошую звукопроводность воды и подслушивали звуки, издаваемые рыбами и другими морскими организмами. Но едва ли это можно считать началом истории гидроакустики как науки.

Первые сознательные упоминания о распространении звука в воде мы находим у Леонардо да Винчи. «Если ты, будучи на море, опустишь в воду отверстие трубы, а другой конец ее приложишь к уху, то услышишь идущие вдали корабли». Не предвосхитил ли гениальный ученый этой фразой современную практику подводного подслушивания кораблей? Если это так, то приходится лишь удивляться его прозорливости. Ведь гребные и парусные суда того времени производили несравненно меньше подводного шума, нежели современные корабли, снабженные мощными машинными установками и буквально «раздирающими» воду винтами. (В слове «раздирающими» нет никакого преувеличения: при определенных скоростях вращения корабельных винтов происходят разрывы сплошности водной среды и в образовавшиеся полости — каверны — диффундирует водяной пар. Затем эти кавитационные полости смыкаются, создавая интенсивный подводный шум.)

Как бы то ни было, но пройдет еще три с лишним века со времен Леонардо да Винчи, прежде чем Араго, а затем Колладон вновь обратят внимание на то, что вода отлично проводит звук и что можно использовать это явление для определения глубин моря и для других практических целей.

Начало XX века было ознаменовано в ряде стран интенсивным развитием исследований по подводному эхолотированию. Однако подлинным толчком к развитию гидроакустики послужила первая мировая война. Активность немецких подводных лодок к началу третьего года войны сделала положение союзников на море угрожающим из-за громадных потерь во флоте. Английские военно-морские историки Г. Гибсон и М. Прендергаст так описывают этот момент: «В апреле 1917 г. подводным лодкам (немецким — И. К.) удалось не только уничтожить намеченные 600 000 т, но и превысить эту цифру на 50%. За 4 недели было пущено ко дну около 900 000 т брутто торговых судов всех национальностей. Вскоре ничего не должно было остаться для потопления... Вожди союзников стояли перед угрозой полного крушения».

В числе мер, давших возможность «вырвать жало у скорпиона» и парализовать подводную угрозу, важное место принадлежало методам обнаружения подводных лодок с помощью гидроакустических приборов. Над решением этой задачи работали видные физики того времени: Резерфорд, Перрен, Пирс, Ланжевен. Последнему,

в частности, удалось создать мощные пьезоэлектрические излучатели.

Рассказывают, что когда Томасу Эдисону продемонстрировали одну из новых по тому времени гидроакустических поисковых станций, установленных на охотниках за подводными лодками, он воскликнул, обращаясь к видному флотскому чиновнику: «Теперь война выиграна!»

Военное применение гидроакустики продолжало развиваться и в период второй мировой войны и после нее. Параллельно с этим гидроакустические методы и приборы стали внедрять в мирные отрасли промышленности.

Гидроакустические устройства ныне широко используют в навигации. Они дают возможность инженерам быстро производить гидрологические изыскания, помогают ученым изучать биологию моря, позволяют морякам определять истинное местонахождение корабля в море, измерять толщину льда и избегать столкновений корабля с подводными преградами, а рыбакам всех стран брать увеличенные уловы рыбы. Эти устройства предупреждают о штормах и циклонах, пеленгуют места падения в море трансконтинентальных ракет, связывают с дозорным судном батискаф, находящийся на глубине 10 км, и т. д. и т. п.

Из всех открытых до настоящего времени видов энергии звуковая энергия распространяется в воде на наибольшие расстояния. Поэтому в будущем при освоении всего объема мирового океана гидроакустика займет исключительное место, если... если, конечно, к тому времени не будут найдены другие виды энергии, способные передаваться в водной среде на еще большие расстояния.

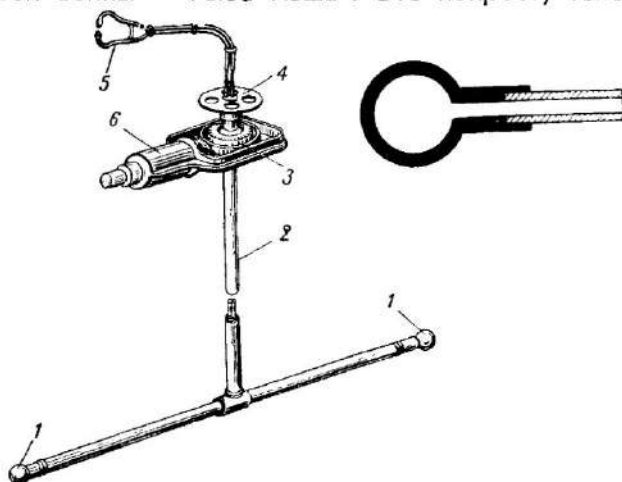
От резиновой груши до установок с мощностью сельской электростанции

Одним из простейших приемников подводного звука, предложенных в первую мировую войну, была обыкновенная полая резиновая груша, прикрепленная к длинной трубке. Звуковое давление в воде передавалось в полость груши, а оттуда по трубке — к уху человека.

Немудреный этот прибор по существу мало отличался от упомянутой нами трубки для слушания под водой, описанной еще Леонардо да Винчи в годы открытия Колумбом Америки, однако носил громкое название — трубка Брука, по имени изобретателя.

Комбинация из двух подобных механических (т. е. не связанных с преобразованием механических колебаний в электрические) приемников подводного звука, установленных на поворачивающемся коромысле, применялась в тридцатых годах этого столетия и на нашем флоте и имела еще более горделивое имя «Посейдон».

А вот еще одно звучное наименование времен первой мировой войны — «Рыба Нэша». Это попросту тело обте-



Простейший шумопеленгатор [с механическими приемниками].

1 — механические приемники (один из них изображен в разрезе справа); 2 — защитная труба, в которой проходят трубки от приемников; 3 — шкала углов пеленга; 4 — штурвал для вращения трубы с приемниками; 5 — стетоскоп; 6 — устройство для крепления шумопеленгатора на корабле

каемой формы с вмонтированными приемниками звука, подобными телефонным микрофонам. Устройство буксировалось за кораблем, ведущим поиск подводных лодок, и в какой-то мере позволяло обнаружить их присутствие в данном районе.

В наши дни многие из поколения участников первой мировой войны живут среди нас и чувствуют себя еще достаточно бодро. Но для гидроакустики, как, впрочем, и для большинства отраслей науки и техники, дела тех времен — уже «преданья старины глубокой». Дальность подводного обнаружения возросла с тех пор в десятки раз, а точность определения пеленга на шумящий объект достигает теперь долей градуса.

Автоматика связала воедино системы гидроакустического обнаружения с системами целеуказания и стрельбы,

опять-таки по гидроакустическому пеленгу. Появились станции — обнаружители работы гидролокаторов противника и надежные станции подводной телеграфной и телефонной связи. Гидроакустические устройства стали составной частью военно-морского оружия — мин, торпед и средств защиты от него, например тралов.

Современная гидроакустическая установка — это уже не резиновая груша и не штурвал «Посейдона», а комбинация множества приборов: генераторов, компенсаторов, катодных индикаторов, самописцев, требующих для своего размещения целого корабельного отсека.

Если за период с 1905 по 1945 г. объем и площадь, занимаемые радиоэлектронной аппаратурой на подводных лодках, возросли только в два раза, то за последние 20 лет они увеличились в пять раз, причем основной процент роста приходится на гидроакустическую аппаратуру. На подводных лодках типа «Трешер» американской постройки гидроакустический комплекс, например, составляет 87% от веса всего радиоэлектронного оборудования. В оставшиеся 13% входят сложнейший навигационный комплекс, радиолокационная станция, средства радиосвязи и радиоразведки и прочая радиоэлектронная аппаратура.

Приемно-излучающие системы станций, ранее, подобно телефонному наушнику, умещавшиеся на ладони, теперь имеют размеры в несколько метров и занимают на подводных лодках чуть ли не всю носовую оконечность, а на надводных кораблях — специальные звуко- и водонепроницаемые ограждения — обтекатели, располагаемые под днищем корабля. Для питания всех приборов и блоков современной станции, особенно гидролокционной, требуется мощность в сотню и более киловатт, что равно мощности сельской электростанции среднего размера, причем эти мощности продолжают расти.

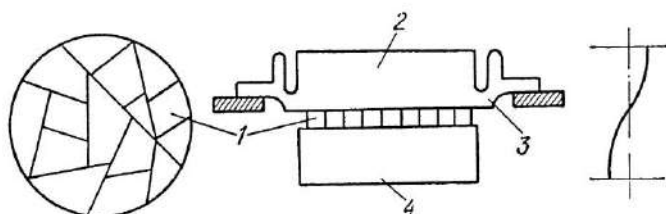
Рассмотрим теперь кратко принцип устройства и работы современных гидроакустических станций и иных гидроакустических приборов, применяемых в военно-морском деле. Начнем с шумопеленгаторных станций.

Если нельзя видеть

Для надводного корабля шумопеленгатор — подводные «уши». Но для подводной лодки это в большинстве случаев и «уши», и «глаза». Гидроакустический «глаз» видит

на больших глубинах несравненно дальше телевизионного подводного «глаза». И хотя, быть может, справедливо утверждение, что лучше один раз увидеть, чем сто раз услышать, но там, где нельзя видеть ни одного раза, приходится довольствоваться прослушиванием, а в случае необходимости определением направления на шумящий объект — шумопеленгованием.¹

Подводный шумопеленгатор представляет собой совокупность гидроакустических приемников звука, усилителей и устройств, указывающих направление прихода звуковых волн от шумящего подводного объекта. В качестве прием-



Пьезоэлектрический излучатель.

- 1 — мозаика из пьезоэлектрика, 2, 3 — металлические электроды;
4 — упругий подвес («воротничок») вибратора.
Справа — распределение амплитуды колебаний по толщине излучателя.

ников применяют чаще всего так называемые пьезоэлектрические или магнитострикционные преобразователи. В первых использовано явление пьезоэффекта, состоящее в том, что воздействующее на приемник переменное звуковое давление вызывает появление на его электродах электрических зарядов той же частоты. Эти заряды подаются на вход лампового усилителя, который увеличивает электрическое напряжение до величины, необходимой для работы электронно-лучевого индикатора, динамика или головного телефона.

Материалами для чувствительного элемента пьезоэлектрических приемников долгое время исправно служили кварц и сегнетова соль, открытая еще в 1672 г. аптекарем Пьером де ла Сегнетом из маленького французского го-

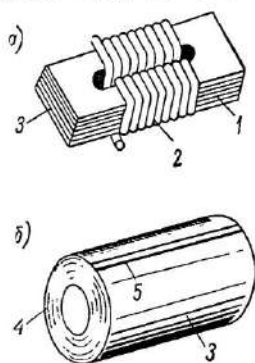
¹ Подтверждением того, что при наличии слуховых органов подводные обитатели могут обойтись без глаз, служат пещерные и глубоководные рыбы, абсолютно слепые и тем не менее не вымирающие. Советский гидробиолог В. Богоров указывает, что пойманные слепые рыбы и даже слепой кашалот оказались такими же упитанными, как их зрячие собратья.

родка Ла-Рошели. Скромный аптекарь, конечно, не предвидел в то время широкого применения найденного им вещества в качестве преобразователя энергии механических колебаний в электрическую энергию. В последние годы сегнетову соль заменяют другими, более прочными и надежными в эксплуатации синтетическими пьезоэлектриками, из которых в первую очередь надо назвать титанат и цирконат бария.

В магнитоотрицательном приемнике также происходит преобразование звуковой энергии в другой вид, на этот раз в энергию электромагнитного поля. Магнитоотрицательные приемники изготавливают по большей части из никеля. Как пьезоэлектрический, так и магнитоотрицательный преобразователи обратимы, т. е. они могут работать не только в режиме приема звуковых колебаний, но и в режиме излучения этих колебаний, если к ним подводить переменный электрический ток. Теория пьезоэлектрических и магнитоотрицательных акустических преобразователей разработана советскими учеными Н. Н. Андреевым, Л. Я. Гутиным, В. Н. Тюлиным и А. А. Харкевичем. В США разработкой теории пьезоотрицательных преобразователей много занимались Мэзон и Кэди.

Для того чтобы получить более сильный сигнал, используют не один приемник, а группы подводных приемников, располагаемых на обшивке корпуса корабля по прямой линии, а иногда по кругу или по эллипсу. Соответственно говорят при этом о линейной, круговой или эллиптической базе приемников. Как видим, под словом «база» в шумопеленговании подразумевают не только расстояние между приемниками или группами приемников (как это общепринято), но и группу приемников, образующих звукоприемную систему станции.

Применение группы приемников не только увеличивает чувствительность шумопеленгатора, но и позволяет с большей точностью определить направление на шумящий объект. Дело в том, что сила звука, воспринимаемого большим числом приемников, зависит от того, как

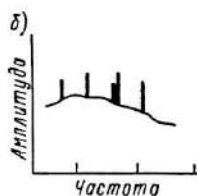
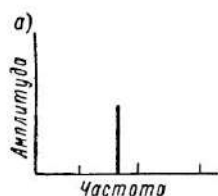


Магнитоотрицательные излучатели старой [а] и новой [б] конструкции.

1 — пластины из магнитоотрицательного материала; 2 — обмотка; 3 — излучающая поверхность; 4 — магнитоотрицательная лента-обмотка; 5 — изоляционная прокладка.

расположена их база по отношению к источнику звука. Пусть для простоты все приемники расположены по одной прямой линии. Наиболее сильный звук мы услышим, когда база перпендикулярна прямой, соединяющей наш корабль с источником шума, и, следовательно, звук во все гидрофоны приходит практически одновременно, без сдвига фаз. Напротив, сила звука будет минимальной, если источник шума находится на продолжении базы приемников.

Таким образом, поворачивая базу приемников так, чтобы слышать звук максимальной (или минимальной)



Спектры звуков: а — спектр тонального звука; б — спектр подводного шума корабля.

силы, мы можем установить направление на источник шума. Это можно сделать тем точнее, чем резче выражена зависимость силы воспринимаемого звука от ориентации базы приемников, или, как говорят, чем острее характеристика направленности шумопеленгатора.

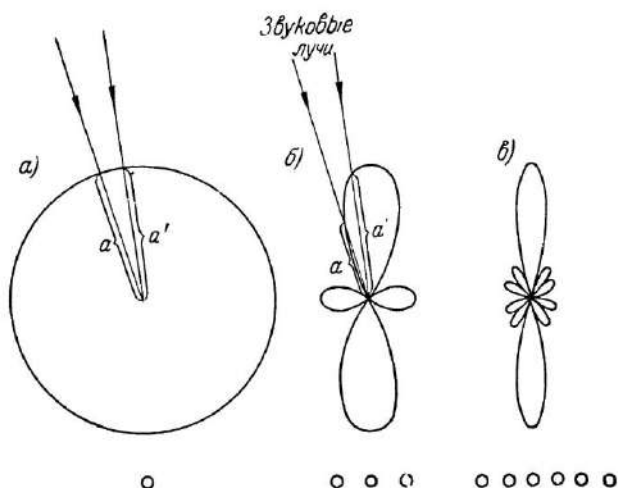
Под характеристикой направленности понимают зависимость чувствительности шумопеленгатора от угла прихода звука. Но прежде чем рассматривать далее характеристики шумопеленгатора, следует сказать несколько слов об основных характеристиках самих звуков вообще и, в частности, звуков, воспринимаемых шумопеленгатором.

Всякий простой или, как его еще называют, тональный звук (такой звук возникает, например, при колебаниях камертона) характеризуется амплитудой и частотой, указывающей число полных колебаний в секунду. Это число выражается в специальных единицах — герцах (гц). Например, частота ноты «ля» первой октавы рояля составляет 440 гц. Тональные звуки излучаются также и гидролокационными станциями, когда на их вибраторы подается электрическое напряжение одной частоты. Чем выше частота тонального звука, тем меньше длина его волны, т. е. расстояние, проходимое звуком за один период колебаний.

Звуковые процессы удобно и наглядно изображать в виде звуковых спектров, т. е. графических зависимостей амплитуд отдельных составляющих звука от частоты. Так, тональный звук можно представить столбиком, положе-

ние которого на горизонтальной оси будет указывать частоту, а высота — амплитуду.

Совсем другой характер имеют звуки, излучаемые в воду корабельными механизмами и гребными винтами. Это — шумы, т. е. смеси большого числа отдельных составляющих различной частоты и амплитуды. Составляющие шума могут настолько близко располагаться по частотной



Характеристики направленности простейших шумопеленгаторов в горизонтальной плоскости при различном числе приемников шумопеленгатора:
 а) $n = 1$; б) $n = 3$; в) $n = 6$.

Величина радиус-векторов a , a' характеристики направленности указывает степень чувствительности шумопеленгатора в данном направлении.

шкале, что образуются участки так называемого сплошного спектра. Шумопеленгатор вырезает и улавливает отдельные, обычно довольно широкие полосы в спектре подводного шума, а также и характерные тональные составляющие, возвышающиеся над средним уровнем спектра. Причиной возникновения этих тональных составляющих может явиться так называемое «пение» гребных винтов, а также действие магнитных сил в гребных электромоторах, стук зубчатых колес и т. п.

Опытный слухач-гидроакустик по характеру и тембру шума, числу оборотов гребных валов и множеству других неразличимых для нетренированного уха признаков может

быстро распознать, какой корабль или судно идет — транспорт, авианосец или подводная лодка, а также установить скорость его хода и примерное направление движения.

Возвращаясь к свойствам шумопеленгаторов, отметим, что острота пространственной характеристики их чувствительности зависит от числа приемников и отношения размеров базы к длине звуковой волны.

Естественно поэтому, что чем больше размеры базы и число приемников и чем меньше длина волны, т. е. чем выше частота колебаний, тем точнее пеленгование. Вот почему для шумопеленгования можно использовать не только звуки с частотами в несколько сотен или тысяч герц, слышимые ухом, но и ультразвуки, частота которых превышает 16—20 тыс. гц. Подобные звуки имеются в составе шума судовых гребных винтов. Для того чтобы их сделать слышимыми после приема звука шумопеленгатором, необходимо осуществить преобразование (понижение) частоты звука.

При неизменном расстоянии между приемниками угловая характеристика их чувствительности тем острее, чем больше число

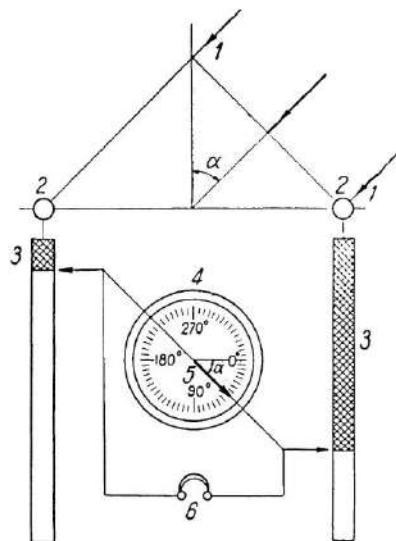


Схема компенсатора шумопеленгаторной станции.

1, 1 — звуковые лучи от шумящего объекта; 2, 2 — приемники звука; 3, 3 — линии задержки; 4 — штурвал компенсатора, связанный с ползунком, перемещающимся по линиям задержки; 5 — шкала компенсатора, указывающая направление на источник звука; 6 — телефон для определения максимума или минимума сигнала при вращении штурвала компенсатора.

приемников. Так, для одиночного приемника с размерами, малыми по сравнению с длиной звуковой волны, эта характеристика в горизонтальной плоскости близка к кругу, т. е. звук, идущий с любого направления, воспринимается с одинаковой силой. Следовательно, с помощью малого одиночного приемника нельзя установить направление прихода звука.

При нескольких приемниках чувствительность устройства в различных направлениях неодинакова. По одному из направлений — направлению главного максимума — чув-

ствительность группы приемников наибольшая. По этому-то максимуму, обуславливающему и максимум принимаемого сигнала, определяют направление на шумящий объект. Имеют место и побочные максимумы, меньшие по амплитуде, чем главный.

Вращать базу приемников, чтобы уловить, когда сила звука становится максимальной, неудобно. Еще более неудобно вращать весь корабль, на котором установлена база приемников. Поэтому в шумопеленгаторы вводят так называемый компенсатор, т. е. устройство, позволяющее поворотом небольшого штурвала заменить поворот базы приемников или всего корабля.

Сущность компенсации заключается в том, что в цепи приемников включают элементы (в простейшем случае — емкости и самоиндукции), вводящие запаздывание, задержку во времени приходящих сигналов. В цепь приемника, к которому звук пришел раньше, вводят бóльшую задержку, чем в цепь приемника, позже воспринявшего звук.

Подбором необходимой задержки в цепях различных приемников можно найти положение, при котором сигналы от различных приемников будут приходить к телефону или визуальному индикатору с одинаковой фазой. При этом очевидно, что токи от различных приемников будут складываться арифметически, а принимаемый станцией сигнал будет иметь наибольшую силу, и по нему легко определить угол α , т. е. направление на пеленгуемый объект.

Переведя штурвал компенсатора, т. е. переместив максимум характеристики чувствительности шумопеленгаторной станции в другой сектор, акустик может легко отстроиться от шума одного корабля и пеленговать по шуму корабля, находящиеся в новом секторе поиска. И все это без подачи каких-либо сигналов, не выдавая себя. Ясно, насколько незаменим такой прибор для погруженных подводных лодок.

Но шумопеленгатору, в отличие от его «активного», т. е. посылающего звуковые сигналы, собрата-гидролокатора, присущи и недостатки. Самый важный из них — невозможность сразу определить расстояние до корабля-цели. Для нахождения этого расстояния необходимо, чтобы корабль с группой приемников двигался по известной траектории и определял через некоторые промежутки времени направления на шумящий объект. Впрочем, конструкции шумопеленгаторов не падают духом: во многих

странах сейчас ведутся работы по созданию шумопеленгаторных станций, определяющих не только пеленг на цель, но и расстояние до нее.

В одном из приборов такого типа (их называют иногда пассивными гидролокаторами) использован принцип работы дальномера. Две разнесенные в пространстве группы приемников определяют направление на шумящий объект. Несложное счетно-решающее устройство рассчитывает получившийся треугольник и определяет его высоту, т. е. расстояние до источника шума.

К сожалению, точность любого корабельного пассивного гидролокатора будет меньше, чем точность наземных приборов звуковой разведки, служащих для определения местоположения артиллерийских батарей. Действительно, каждому ясно, что эта точность зависит от расстояния между группами приемников. И если на земле или на морском дне группы приемников могут быть разнесены на любое требуемое расстояние, то на подводных лодках, например, величина отстояния одной группы приемников от другой ограничивается длиной лодки, т. е. уж никак не может быть больше сотни метров. Вот почему исключительное распространение на кораблях имеют и другие, активные, приборы звукового подводного наблюдения — гидролокаторы, которые хотя и обнаруживают себя при работе, но зато указывают с большой точностью расстояние до цели даже в том случае, если цель не шумит.

Нимфа Эхо под водой совершенствует свое искусство

Старинная греческая сказка повествует о красивой молодой нимфе Эхо, обитавшей в лесах и на холмах. Однажды к нимфам в гости явился сам Зевс. Эхо взяла на себя незавидную роль — отвлекать внимание ревнивой жены громовержца, Геры, от находившегося среди нимф супруга. Рассерженная Гера лишила Эхо дара речи, оставив ей возможность повторять лишь окончания слов.

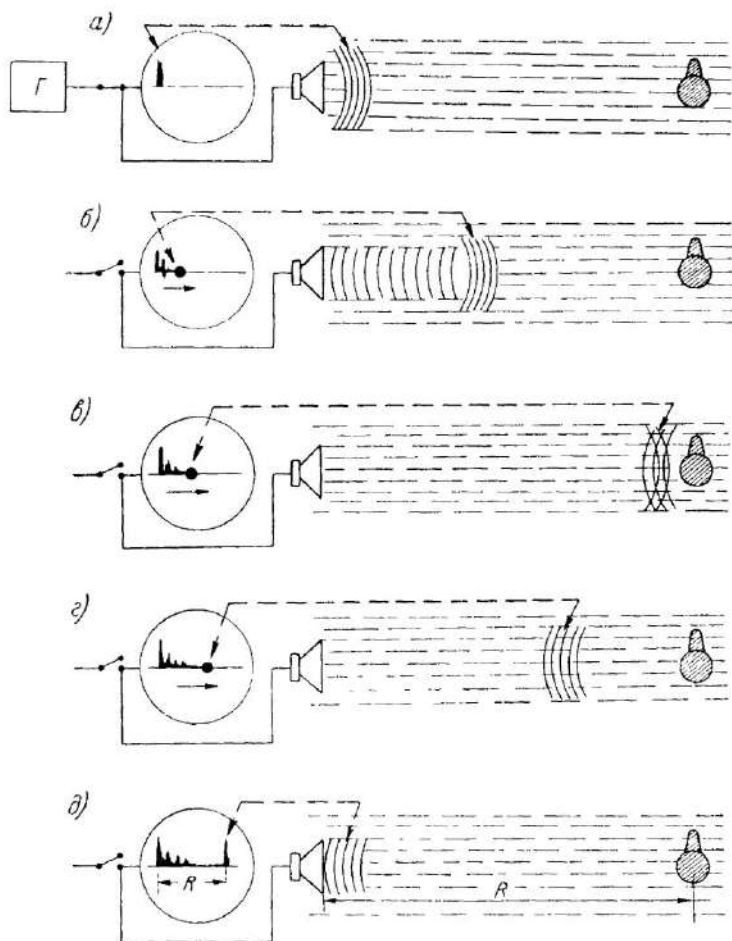
Человек давно подружился с Эхо в воздухе, сделал эхо нарицательным понятием. Под водой тоже появлялось громкое эхо, правда, лишь в моменты мощных подводных извержений и землетрясений. Жило под водой и более слабое эхо — от звуков, издаваемых некоторыми подводными обитателями, чаще всего во время их охоты, о чем

речь еще впереди. Вот вот родилось и искусственное подводное эхо. Подлинное начало ему было положено первыми изобретателями эхолотов, а затем французским ученым Ланжевенем и русским изобретателем Шиловским, которые в 1916 году в Париже предложили прибор для подводной эхолокации.¹ В самом деле, ведь если замерить время между моментом посылки звуковой волны и моментом возвращения этой волны, отраженной от удаленного подводного препятствия, то, зная скорость звука в воде (а она почти всегда близка к полутора километрам в секунду), можно легко определить расстояние до препятствия, а заодно и направление на него.

Схема гидролокатора в самых общих чертах такова. Мощный электрический генератор создает звуковые или ультразвуковые импульсы-посылки. Эти импульсы с помощью специального реле подаются на излучатель (как и в шумопеленгаторах, здесь используют пьезоэлектрические или магнитострикционные излучатели). После излучения импульса излучатель (вибратор) тем же реле переключается на режим приема колебаний и с этого момента начинает принимать эхо, отраженные любыми подводными препятствиями, находящимися на пути луча гидролокатора.

По мере движения звуковой посылки в воде на экране гидролокационного индикатора движется световая точка. Но вот посылка подошла к подводному объекту и отразилась от него. Процесс образования эха от объекта произвольной формы сам по себе достаточно сложное явление, оно еще не изучено до конца; значительный вклад в изучение этого явления был сделан в СССР, в частности, Л. М. Лямшевым, много занимавшимся теорией отражения от движущихся пластин в жидкости. Работы Лямшева были доложены в венгерской Академии наук, где они получили высокую оценку. В США эти вопросы исследовались Финни и другими учеными. Оказалось, что даже если звуковой луч падает под косым углом на металлическую пластину, то при некоторых условиях возможно отражение не только в направлении зеркального угла (как естественно

¹ Идея эхолокации и определения расстояний с помощью эха была, однако, высказана значительно раньше. В 1804 г. русский академик Захаров, поднявшись в воздух на воздушном шаре, громко крикнул в рупор в сторону земли. По времени прихода отраженного от земли эха Захаров рассчитал, что шар находился на высоте 5700 футов (около 1700 м) от земли. Несколькими годами позже знаменитый французский математик Араго высказал мысль о возможности измерения глубин моря методом эха. Эта идея впоследствии была забыта.



Как работает импульсный гидролокатор: а — вибратор излучил волновой пакет-посылку, созданную генератором Г. На экране электронно-лучевого индикатора виден импульс посылки; б — посылка движется в водной среде; в — вибратор, работающему теперь в приемном режиме, приходят сначала сигналы реверберации; г — эхосигнал, отраженный от подводного объекта, движется в водной среде обратно. Одновременно по шкале расстояний электронно-лучевого индикатора движется световая точка; д — в момент прихода эхосигнала к приемнику гидролокатора на экране индикатора фиксируется импульс, по которому определяется сила эха и дистанция R до отражающего объекта. Направление на него устанавливается положением оси приемно-излучающей системы гидролокатора в момент посылки и приема сигнала.

ожидать), но также и в обратном — локационном направлении. Трудно представить себе, что, глядя в зеркало сбоку, можно увидеть свое отражение. Оказывается, по отношению к гидролокационному отражению это в какой-то мере возможно.

Впрочем, мы немного задержались в месте прихода гидролокационной посылки к подводному объекту, а между тем отраженный сигнал — эхосигнал — уже двинулся в обратном направлении. Но вот эхо принято гидролокатором. На экране световая точка превращается в простейшем случае в черту; отстояние этой черты от начала шкалы указывает дистанцию до подводного объекта.

Изображение эхосигналов часто получают на фотохимической бумаге, пропитанной йодистым калием. Для получения таких изображений служит специальный самописец-рекордер. Многократно записанное эхо позволяет судить о пути движения подводной лодки относительно атакующего корабля. На записи рекордера¹ изображаются и эхо от неоднородностей водного объема, от поверхности и дна моря. Об этом эхо, именуемом реверберацией, мы еще расскажем подробнее несколько дальше. Рекордерные блоки-репитеры могут быть отнесены на произвольное расстояние от самой гидролокационной станции. Таким образом, появляется возможность следить, например, за пеленгуемой подводной лодкой одновременно в ряде мест корабля — в штурманской рубке, на мостике, в гидроакустической рубке.

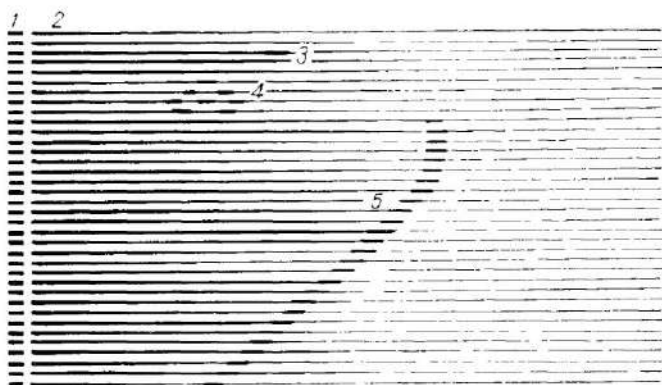
Ланжевен и Шиловский предложили свой гидролокатор для определения расстояния до погруженных подводных лодок. Еще ранее с помощью эха успешно определяли глубины моря. Впоследствии эхо стали использовать для обнаружения айсбергов и для многих других полезных дел. Подводное эхо живет во вспышках неоновых ламп на шкалах эхолотов, всплесках на экранах электронных индикаторов гидролокационных установок. Громоподобное эхо из динамиков в боевых рубках кораблей давало во время войны сигнал о моменте сбрасывания глубинных бомб на гитлеровские подводные лодки.

Эхо дает возможность обследовать профиль дна каналов, определять высоту волн, приливов и толщину льда,

¹ Эту запись гидроакустики часто именуют рекордограммой. Едва ли это удачно, ибо слово «рекордограмма» состоит из двух слов — латинского и греческого, каждое из которых соответствует одному и тому же русскому слову «запись». Следовательно, буквальный перевод слова «рекордограмма» будет «записезапись».

позволяет подводным лодкам пробираться подо льдами Арктики. И то же самое эхо спит пока во чреве современных гидроакустических мин и торпед, страшные штабеля которых хранятся в наши дни в бесчисленных морских арсеналах многих государств.

В принципе для создания подводного эха пригоден любой звук. Удобнее, однако, чтобы излучались посылки какой-либо одной частоты. Рабочие частоты гидролокационных установок и устройств в зависимости от их назна-



Образец записи на электрохимическом рекордере корабельного гидролокатора.

1 — посылка, 2 — запись реверберации, спадающей с расфокусированием.
3 — одиночное случайное эхо, 4 — эхосигнал от скопления газовых пузырьков; 5 — эхосигналы от подводной лодки и трасса ее движения относительно корабля, на котором установлен гидролокатор

чения и дистанции, на которой они действуют, варьируются в очень широких пределах — от одного килогерца (тысяча колебаний в секунду) до нескольких сотен килогерц. Уже во время второй мировой войны делались успешные попытки приспособить для получения подводного эха искусственные взрывы малых зарядов. При подобной взрывной локации звуковой импульс содержит ряд составляющих самых различных частот.

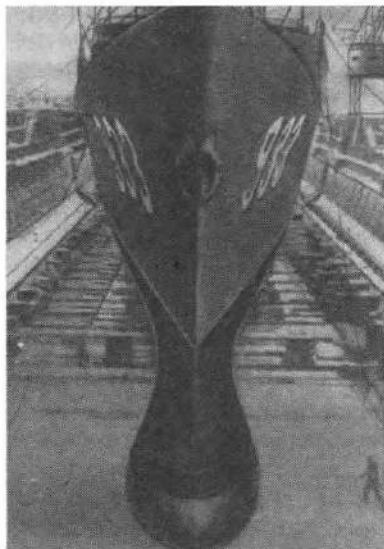
Звуковые мощности, излучаемые современными гидролокаторами, весьма значительны. Проведем простой расчет, сравнив эти мощности с мощностью человеческого голоса. Можно считать, что при достаточно громком крике человеческая гортань излучает звуковую мощность приблизительно в 0,1 вт. В гидролокаторе звуковая мощность в 0,1 вт и более без всякого труда может быть снята

с 1 см² площади зеркала вибратора. Тогда при размерах вибратора 1×1 м излучаемая мощность составит 1 квт, а при размерах 2×2 м — 4 квт. Следовательно, звуковая мощность, излучаемая гидролокатором, соответствует мощности одновременного громкого крика нескольких десятков тысяч человек, т. е. населения небольшого города. При больших мощностях, излучаемых вибратором, потребовался бы крик уже как будто нескольких сотен тысяч человек. Мы говорим «как будто», потому что сравнивать излучение звука в воздух и в воду следует осторожно ввиду значительной разницы в сопротивлении, которое оказывает каждая из этих сред звуковой волне. Но и с учетом этой поправки можно констатировать, что для воспроизведения сигнала гидролокатора потребовался бы крик многих тысяч людей. И все же крик этой массы людей будет слабее сигнала, излученного гидролокатором: для размещения гигантской толпы потребовалось бы столь же гигантское помещение, гидролокатор же излучает звук в весьма ограниченном участке пространства. Из «воздушных» звуков, пожалуй, только рев и вой ракетного двигателя можно по интенсивности сравнить с сигналом гидролокатора.

Увеличение размера вибратора гидролокатора существенно не только с точки зрения возрастания излучаемой вибратором мощности. Мы видели, что при увеличении размеров базы шумопеленгатор обладает более острой характеристикой направленности, т. е. способен точнее запеленговать источник подводного шума и лучше отстроиться от помех, приходящих к приемникам с других направлений. А так как вибратор гидролокатора половину своего рабочего цикла тоже работает в режиме приема эхосигналов, для него увеличения точности пеленга также можно достичь, увеличив размеры вибратора.

В связи с этим в процессе развития современных гидроакустических станций возникла тенденция к постепенному увеличению размеров вибраторов, пока против этого не начали возражать строители кораблей. В самом деле, при чрезмерно больших поперечных размерах вибраторов, помещаемых в специальных заполненных водой звукопрозрачных защитных оболочках-обтекателях, сопротивление воды движению корабля начинает столь существенно расти, что вызывает заметное снижение скорости корабля. Корабль превращается в носителя гидролокатора, поневоле умеряющего ход из-за больших размеров своей ноши.

Так, на построенном несколько лет назад в США противолодочном фрегате «Уиллис А. Ли» обтекатель гидролокатора имеет вид огромной груши, прикрепленной к носовой части днища корабля, и весит 79 т (без самого гидролокатора!)¹. Но гидроакустики



Снимок носовой части американского эсминца, стоящего в доке, дает возможность видеть, каких размеров достигают обтекатели гидроакустических станций на современных кораблях.

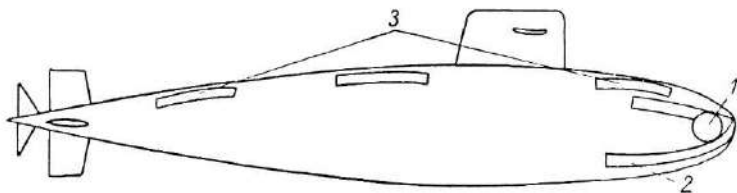
были бы рады еще увеличить вес и габариты вибраторов, а следовательно, и их обтекателей. Где же пределы этой гипертрофии гидроакустических средств?

Известным выходом из создавшегося положения является применение так называемых бортовых систем, т. е. гидроакустических преобразователей, располагаемых группами вдоль всего борта лодки. Такие системы устанавливаются, например, на американских подводных лодках серии «Трешер». Вследствие большой протяженности бортовых систем, т. е. большой базы для пеленгования, достигается высокая точность пеленга. Однако с приближением некоторых групп приемников к машинным отсекам подводной лодки возрастают помехи.

Не лишены интереса и разработанные в США в последние годы так называемые излучатели бегущей волны. Мы не будем здесь излагать принцип их действия, который довольно сложен. Отметим лишь, что эти гидроакустические излучатели, аналогичные применяемым в радиотехнике высоконаправленным щелевым антеннам, представляют собой длинные (но не широкие, что важно для кораблестроителей) магнитострикционные стержни-волноводы. Излучаемая ими (а также другими современными

¹ По данным иностранной печати, для обшивки обтекателя вместо стали может применяться резина, что не только уменьшает его вес, но и увеличивает звукопрозрачность и помехоустойчивость.

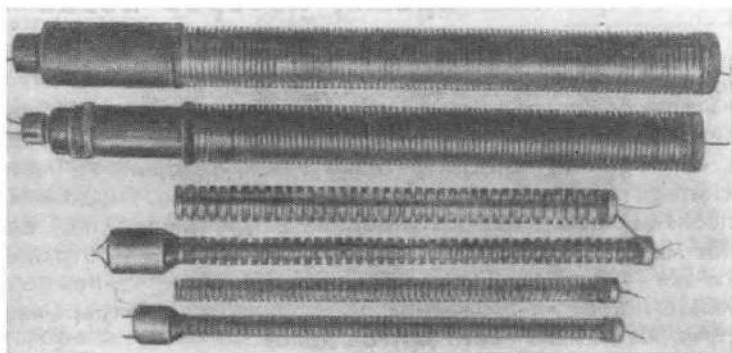
системами) мощность в импульсе составляет сотни и даже тысячи киловатт. Сейчас волноводные магнестрикционные излучатели переживают еще период юношества или даже отрочества, но, быть может, именно в излучателях



Расположение гидроакустических систем на американской подводной лодке типа «Трешер».

1, 2 — носовые гидроакустические системы; 3 — бортовые гидроакустические системы.

бегущей волны — будущее гидроакустики. Получают распространение многолучевые гидролокаторы, у которых вибраторы излучают десятки весьма узких лучей (с угловой шириной в доли градуса).



Стержневые магнестрикционные гидроакустические вибраторы-волноводы (излучатели бегущей волны).

Путь от механических приемников звукового давления типа резиновой груши до современных мощных вибраторов бегущей волны характеризует развитие гидроакустической техники за полвека.

Выше были упомянуты примерные значения частот и мощностей посылок гидролокатора. И еще одно обстоятельство нужно учесть при оценке того, какой должна быть гидроакустическая посылка. Мы помним, что наказанная Герой нимфа Эхо могла повторять лишь окончания

слов. Но такое положение не устраивало человека, когда он взял эхо на службу в гидроакустике. Ведь это означает, что эхо накладывается на посылку и, следовательно, расстояние до подводного объекта определить нельзя.

Каков же выход? Необходимо просто сильно уменьшить продолжительность посылки, чтобы она закончилась гораздо раньше того момента, когда начнет приходить эхо. В современных «дальнобойных» гидролокационных станциях, где время между началом посылки и приходом эха равно нескольким секундам, а в некоторых случаях — и десяткам секунд, продолжительность или, как говорят, длина посылки составляет секунды или доли секунды. А в эхолотах для мелководных рек, где время пробега эха ничтожно, длина посылки по необходимости снижается до тысячных и даже десятитысячных долей секунды. Таких коротких импульсов-посылок прибор излучает и принимает в секунду достаточно много.

Так не без помощи человека совершенствуется свое искусство под водой нимфа Эхо.

Потерянное время, которое вовсе не потеряно

Впрочем, кому неясно, что сравнение с наивной нимфой едва ли лестно для человека. Будучи царем природы, он, естественно, придумал такие вещи, которые не могли и сниться мифической героине. Подумаешь, чудо — импульсная гидролокация. Определять дистанцию по времени между излучением посылки и приходом отраженного эха — ведь это, собственно, вполне естественно, почти тривиально. Вот определить расстояние при непрерывном излучении сигнала — это другое дело!

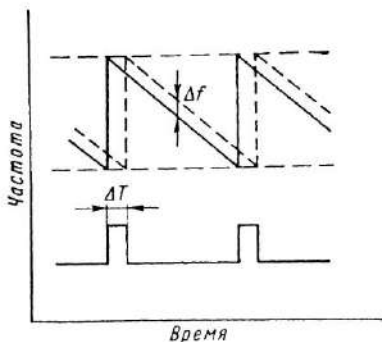
Возможно ли это? Оказывается, да. Но как сделать, чтобы можно было различать эхо на фоне непрерывного сигнала? Для этого, видимо, надо ввести в сигнал какие-то периодические особенности, которые позволяли бы сравнивать первичный сигнал с отраженным. В качестве такого особого признака вводится модуляция частоты излучаемого сигнала во времени. Эта идея впервые возникла в радиолокации и оттуда перекочевала в гидролокацию.

Принцип действия частотно-модулированного гидролокатора с непрерывным излучением в общих чертах таков.

Частота колебаний, излучаемых вибратором гидролокатора, меняется во времени по пилообразному закону; частота отраженного подводным объектом и принимаемого гидролокатором сигнала, естественно, меняется по тому же закону, но кривая принимаемого сигнала сдвинута относительно первичной кривой на некоторый частотный интервал Δf , зависящий от дистанции до объекта. Этому частотному интервалу соответствует интервал времени между вертикальными частями зубьев кривых сигналов, равный ΔT и не особенно удачно названный «потерянным временем».

«Потерянное время», так же как Δf , характеризует дистанцию до объекта, т. е. вовсе не является потерянным в общепринятом значении этого слова.

Большое количество узкополосных электрических фильтров (до ста и более) обеспечивает нужную избирательность, т. е. возможность регистрировать достаточно малые интервалы частот между излученным и принятым сигналами, а следовательно, и интервалы дистанций до объектов. Так



К определению принципа действия частотно-модулированного гидролокатора с непрерывным излучением.

как затухание звука в море растет с увеличением частоты излучения (об этом подробнее еще будет сказано далее), то во избежание искажений в тракт гидролокатора вводится дополнительный усилитель, коэффициент усиления которого нарастает с увеличением частоты по тому же закону, по которому увеличивается коэффициент затухания звука при распространении его в море.

Опытный частотно-модулированный гидролокатор описанного типа с непрерывным излучением, установленный на американской подводной лодке «Элвин», достаточно успешно прошел испытания. Составят ли гидролокаторы с непрерывным излучением конкуренцию импульсным гидролокаторам? Безусловно, во всяком случае, в некотором диапазоне дистанций эхопеленгования. Но пока еще трудно сказать, в каком именно направлении будет развиваться техника гидролокации, использующая непрерывное излучение звука.

В кратко описанном нами гидролокаторе с непрерывным излучением, как и в любом современном гидролокаторе, для индикации сигналов служат электронно-лучевая трубка и динамик. На трубку подаются выходные напряжения с полосовых частотных фильтров, причем напряжения с различных фильтров снимаются синхронно с разверткой луча на трубке.

Однако мы уже второй раз упоминаем о таком индикаторе гидроакустической станции, как электронно-лучевая трубка. По-видимому, не обойтись без более детального описания работы электронно-лучевых трубок в индикаторных трактах гидроакустических станций.

Амплитуды и фазы на экране

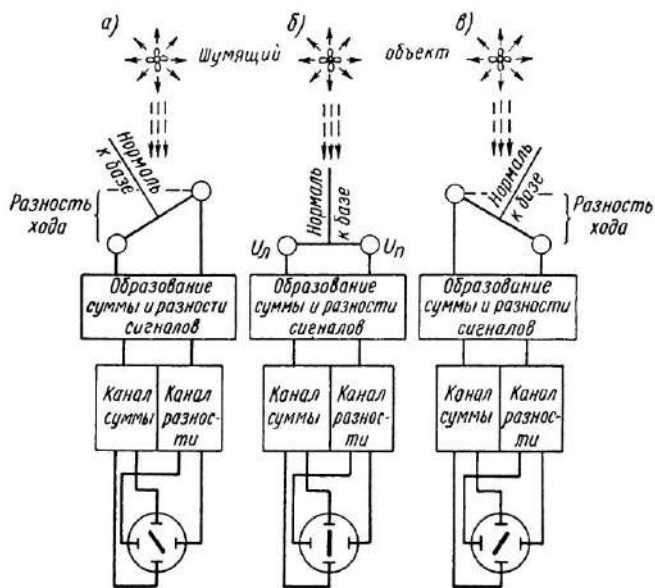
Прежде всего напомним, что электронно-лучевая, или катодная, трубка представляет собой вакуумированный баллон, на одном конце которого установлен катод, эмитирующий электроны, а на другом — экран, светящийся под действием электронного пучка, испускаемого катодом и разогнанного высоким напряжением, поданным на анод трубки. Система отклоняющих пластин (в простейших трубках имеется две пары отклоняющих пластин, ориентированных перпендикулярно одна другой) позволяет при подаче на них какого-либо управляющего напряжения отклонять электронный луч, в результате чего светящаяся точка в месте прихода луча к экрану перемещается по экрану. Можно отклонять луч по горизонтали, можно по вертикали, а можно и в обоих направлениях. В последнем случае светящаяся точка на экране в зависимости от величины и разности фаз электрических напряжений, подаваемых на каждую из пар отклоняющих пластин, будет вычерчивать наклонную прямую, круг, эллипс или еще более сложную фигуру.

Рассмотрим работу электронно-лучевой трубки в индикаторном тракте гидроакустической станции на примере так называемого фазового метода пеленгования. Этот метод весьма распространен в гидроакустике; суть его заключается в том, что учитывается разность фаз колебаний, приходящих от шумящего объекта к различным группам базисных приемников.

Для простоты предположим, что база состоит из двух приемников. Электрические напряжения от этих приемников подаются на два трансформатора, в одном из которых напряжения суммируются, в другом — вычитаются. Сумма

и разность сигналов через двухканальный усилитель подаются на две пары отклоняющих пластин электронно-лучевой трубки. Вот, собственно, и вся схема.

Пусть звук приходит по нормали к базе приемников. Тогда сигналы будут иметь одинаковую фазу, разность их будет равна нулю, а сумма — удвоенной амплитуде сигнала. Нетрудно догадаться, что на экране трубки в этом



Принцип шумопеленгования по фазовому методу.

случае появится вертикально ориентированная светлая черта, длина которой соответствует удвоенной амплитуде электрического напряжения, развиваемого каждым из приемников.

Предположим теперь, что звук приходит справа от нормали к базе. Фазы колебаний, приходящих к каждому из приемников, будут различаться. Соответственно будут различаться фазы суммарного и разностного сигналов. Светящаяся черта на экране трубки повернется на угол, пропорциональный углу между нормалью к базе и направлением прихода звука. Черта как бы следует за нормалью.

Кроме фазового метода пеленгования и индикации эхосигналов применяется фазо-амплитудный метод, основанный на преобразовании разности фаз принимаемых

сигналов в разность амплитуд электрических напряжений, развиваемых приемниками.

В последние годы в индикаторные тракты гидроакустических станций вводят специальные электронно-лучевые «трубки памяти» — скиатроны, позволяющие накапливать информацию о пеленгуемой цели за более или менее продолжительные отрезки времени. Шкалы трубок могут снабжаться электронными лупами, позволяющими (наподобие растянутых диапазонов в радиоприемниках) представить отдельные участки экрана трубки как бы в увеличенном виде. Делаются попытки представить изображение на экране электронно-лучевой трубки как бы в пространстве (чертежники сказали бы «в аксонометрической проекции»). Но и этим не исчерпываются методы электронно-лучевой индикации шумовых и экосигналов.

Подводный телеграф и телефон без кабеля

«Чудны дела твои, господи!» — таков был текст первой телеграммы, переданной изобретателем электрического телеграфа Сэмюэлем Морзе. Произошло это в середине XIX века. Текст первой русской подводной телеграммы отличался меньшей верой в способности бога. Можно даже сказать, что это была сугубо деловая телеграмма. Она гласила: «Броня нужна и притом самая лучшая». Изобретатель звукоподводного телеграфа в России Р. Ниренберг, о котором мы еще расскажем далее, приложил много труда и стараний, чтобы его детище увидело свет. С тех пор устройства для звукоподводной телеграфии, естественно, ушли далеко вперед в своем развитии.

Что представляет собой станция гидроакустической связи? Она состоит из двух частей. Первая, подобно гидролокатору, излучает сигналы, вторая принимает сигналы, передаваемые партнером по связи.

Излучающий тракт станции звукоподводной связи в самых общих чертах состоит из генератора электрических колебаний звуковой частоты, модулятора, усилителя и электроакустического вибратора. В модуляторной части колебания от генератора модулируются голосом человека, ведущего связь, — в случае звукоподводной телефонии. В случае звукоподводной телеграфии производится обычная манипуляция телеграфным ключом.

Вибратор станции может обеспечивать излучение собственных сигналов в горизонтальной плоскости и прием сигналов партнера по связи. При этом вибраторы для телефонной связи существенно отличаются от вибраторов для телеграфной связи. Если для телеграфной связи подходит любой резонансный электроакустический преобразователь, резонансная частота которого соответствует выбранной частоте связи, то для звукоподводного телефона требуется более совершенный, так называемый широкополосный вибратор, то есть вибратор, частотная характеристика которого настолько широка, что позволяет с требуемым качеством воспроизводить человеческую речь. Ясно, что обеспечить неискаженное (и притом мощное) излучение в широкой полосе частот сложнее, чем мощное излучение на одной резонансной частоте.

Прием сигналов производится либо тем же вибратором, работающим в приемном режиме, либо дополнительным электроакустическим преобразователем. Сигналы демодулируются и поступают на головной телефон оператора или динамик.

В условиях хорошего распространения звука в море, например при однородном прогреве воды, современные станции звукоподводной связи обеспечивают дальность связи между надводным кораблем и подводной лодкой до 10 км и более, а между вертолетом и подводной лодкой — до 5—6 км. На IV Международном конгрессе по акустике (1962 г.) американские ученые Д. Стюард и В. Аллен доложили об осуществлении звукоподводной связи на расстояниях 100 км. Связь осуществлялась в условиях шторма. Шторм — не помеха для связи; напротив, при волнении рассеиваются поверхностные лучи, которые в противном случае, складываясь с лучами, идущими в глубине водной толщи, могут ослаблять их.

Впрочем, в некоторых случаях приходится в целях сохранения скрытности связи заботиться не об увеличении, а об ограничении дальности связи. С этой же целью — для увеличения скрытности — применяют модуляцию посылаемых сигналов шумами, разнообразное кодирование, шифрованный запрос и т. п.

Но не только для связи используются подводные звуковые сигналы. Их широко применяют в области подводной сигнализации и передачи различных данных под водой. В главе о гидроакустической телеметрии мы еще остановимся на этом. Здесь же упомянем лишь об одном факте звукоподводной сигнализации, который носил, так

сказать, торжественный характер. В ночь, когда силы союзников направились к нормандскому берегу (6 июня 1944 г.), две сверхмалые английские подводные лодки X-1 заняли позиции в Ламанше на флангах участка вторжения. Помимо световых и радиолокационных сигналов в направлении Англии они излучали также звуковые подводные сигналы. Все эти сигналы позволили десантным судам, несмотря на естественную в подобных условиях суматоху, точно определить границы высадки на нормандском берегу.

В истории Великой Отечественной войны также были неоднократные случаи, когда своевременная и надежная звукоподводная связь между подводными лодками или лодками и надводными кораблями облегчала лодкам выполнение боевых задач. И почти всегда звукоподводная связь использовалась лодками по возвращении из похода, при подходе к месту встречи с обеспечивающими надводными кораблями.

Если еще до сравнительно недавнего времени звукоподводная связь была уделом кораблей, вертолетов, амфибий, то теперь появляется возможность надежной и удобной связи между отдельными людьми под водой. В США разработан прибор для автономной гидроакустической связи водолазов друг с другом, а также водолазов с кораблем. Аппаратура связи, состоящая из миниатюризованного электронного блока, гидроакустического вибратора, снабженного рефлектором-концентратором, и головного телефона, вмонтирована в шлем водолаза. Общий вес аппаратуры в воздухе 2,3 кг, но в воде аппаратура имеет нулевую плавучесть, чтобы не затруднять действий водолаза.

По сообщению фирмы, разработавшей прибор, обеспечивается надежная двусторонняя телефонная звукоподводная связь на максимальных глубинах погружения водолазов. Исчезает возможность перерыва в связи вследствие повреждения телефонного кабеля, который протягивался от корабля к водолазу: кабелем служит сама вода. Если к тому же водолаз несет на себе воздушные баллоны, т. е. отсутствует надобность и в воздушном шланге, то водолаз с прибором звукоподводной связи получает практически полную автономность.

Имеется возможность вести гидроакустический телефонный разговор из помещений затонувшего корабля, так как металлические стенки обшивки корабельного корпуса практически звукопрозрачны для колебаний тех частот,

которые определяют разборчивость человеческой речи. Правда, дальность связи водолазов в этих условиях, естественно, меньше, чем в открытом морском пространстве.

Разработан и более простой, а следовательно, и более дешевый прибор «Уотерком» для гидроакустической связи аквалангистов друг с другом. К шее аквалангиста в области горла прикладывается ларингофон-виброзвук-приемник, подобный тем, которые применяются для связи в условиях шума на самолетах, танках и т. п. Электрические колебания от ларингофона подаются на излучатель, расположенный сзади, на воздушном баллоне аквалангиста. Звуки речи, посылаемые излучателем, воспринимаются непосредственно ухом, без каких-либо подводных звукоприемников. Связь посредством «Уотеркома» осуществляется на расстояниях до 90 м, то есть даже на больших расстояниях, чем голосовая связь между двумя людьми в воздухе. Вес «Уотеркома» не превышает двух килограммов. С такой весовой добавкой примирится любой аквалангист, если вспомнит, какие преимущества дает живая связь под водой, особенно при внезапной опасности. А их под водой более чем достаточно.

Скептрон разоружает скептиков

Автоматическая классификация подводных целей — проблема, уже несколько лет занимающая гидроакустиков всех или во всяком случае многих стран. Это означает: восприняв, скажем, незнакомый подводный шум, сразу определить, какой объект движется — подводная лодка, авианосец, транспорт.

Принцип? Мгновенное сравнение сигнала от цели со стереотипом, характерным для каждого класса целей. Осуществление подобного принципа стало возможным после того, как электронная счетно-решающая техника получила широкое внедрение на кораблях.

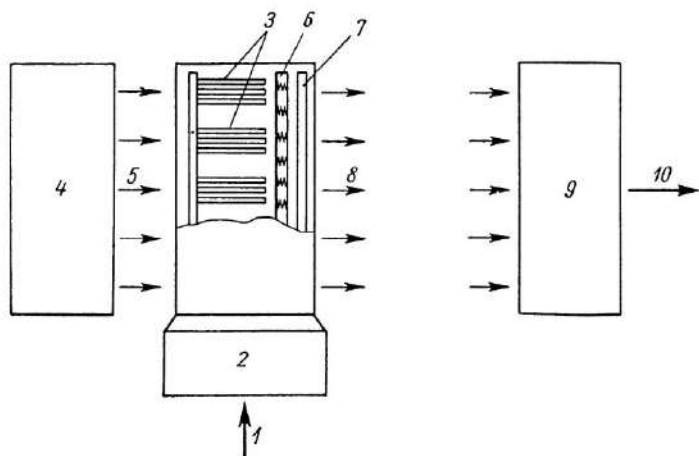
Однако на пути осуществления устройства, основанного на этом принципе, стало серьезное препятствие. Скептики считали, что это препятствие не обойти. Дело заключается в том, что наибольший интерес представляет классификация далеких целей, т. е. таких, сигналы которых весьма малы и близки к уровню помех. Многие характерные для данной цели признаки, заключенные в сигнале (например, отдельные характерные спектральные составляющие шума цели), «тонут» в помехах.

Большим подспорьем в деле создания устройств для опознавания подводных целей явилась волоконная оптика, столь бурно развивающаяся в последние годы. Применения ее чрезвычайно разнообразны, но мы остановимся лишь на одном, имеющем непосредственное отношение к предмету повествования, а именно — сверхбыстродействующем фотооптическом анализаторе звуковых колебаний. В этом анализаторе используется способность тонких стеклянных нитей-волокон возбуждаться под действием вибрации. Каждое из стеклянных волокон (а их может быть несколько тысяч на площади 1 см^2) резонирует на определенной частоте, зависящей от механических параметров волокна.

Представим себе, что пучок волокон возбуждается звуковой вибрацией, имеющей большое число спектральных составляющих различной частоты. Те волокна, резонансные частоты которых совпадают с частотами составляющих спектра вибрации, приходят в интенсивное колебательное движение. Если их подсветить по одному из торцов, то на другом торце волокна будет видна световая точка, более или менее размытая под влиянием резонансных колебаний волокна. Поместив перед торцом волоконного пучка считывающее устройство или даже фотокамеру, мы получим световое изображение данного спектра колебаний.

Все это кажется простым, но к такой простоте пришли не сразу. Еще сейчас можно видеть в некоторых учебниках по акустике фотографии простейших звукоанализирующих устройств. Это наборы стеклянных резонаторов различных размеров, рассчитанных на разные частоты звука. Сосуды имеют каплеобразную или грушевидную форму и выглядят довольно-таки трогательно. Когда появились электроакустические анализаторы, в которых сложный звуковой сигнал, преобразованный в электрические колебания, распределялся по ряду узкополосных фильтров различных частот (либо тон переменной частоты от генератора медленно «проходил» область исследуемых частот и разностные биения между этим сигналом и каждой из составляющих звука отфильтровывались), то это уже было значительным достижением. Казалось, будущее — в электроакустических анализаторах спектра звуков и вибраций. Но теперь мы стоим у колыбели нового звукоанализирующего устройства и главными действующими лицами опять являются «старые» области науки и техники — оптика и механика. Правда, они, эти области, порядком изошрились в описанном спектроанализаторе. Модель волоконноопти-

ческого анализатора с плотностью волокон 18 тыс. на 1 см² обеспечивает опознавание 300 комплексных звуков. В обычном электроакустическом спектроанализаторе для этой цели пришлось бы использовать несколько сотен довольно громоздких фильтров. А объемные резонаторы (тоже стекло, хотя и не волоконное!), требующиеся для анализа такого количества звуков, заполнили бы целую комнату.



Блок-схема спектрона.

1 — анализируемый входной сигнал; *2* — электромеханический возбудитель; *3* — волоконная мозаика; *4* — источник света; *5* — подсветка волокон; *6* — запоминающая фотомаска; *7* — матрица с фотоэлементами; *8* — сигналы на выходе фотоэлементов, *9* — схема анализа сигналов и выбора решения; *10* — выходной сигнал (после анализа).

Впрочем, в волоконнооптических устройствах все равно не обойтись без электроники, ведь она властно заявляет о себе в каждом современном приборе, и это мы увидим на примере разработанного фирмой «Сперри Джироскоп» (США) прибора, именуемого спектроном. Спектрон (не спектрон, а именно спектрон — по первым буквам развернутого названия этого прибора), как упоминалось, предлагается, в частности, для автоматического опознавания подводных целей.

Как устроен и работает спектрон? Чувствительная мозаика, составленная из нескольких тысяч оптических волокон, возбуждается вибратором, к которому подводится электрическое напряжение от гидрофона, воспринявшего подводный шум от неизвестного объекта. Волокна,

закрепленные на одном конце, способны, как уже упоминалось, резонировать на различных частотах. Общий диапазон частот волоконной мозаики 100—20 000 гц, т. е. охватывает практически всю область частот слышимого подводного шума кораблей.

Со стороны закрепленных концов все волокна мозаики подсвечиваются мощным источником света. Перед свободными концами волокон установлена фотомаска с записанным на ней заранее рисунком, соответствующим спектру опознаваемого шумового сигнала, а после нее — матрица с фотоэлементами.

Луч света, выходящий из торца возбужденного волокна, проходя через маску, попадает на фотоэлемент, который, в свою очередь, вырабатывает электрический импульс. Импульсы от различных волокон поступают в схему анализа сигнала и выбора решения, определяющую тождественность записи входного сигнала с рисунком на фотомаске, т. е. распознающую входной сигнал путем сличения. Очевидно, для получения возможности эффективного опознавания прослушиваемого объекта необходимо последовательно сравнивать анализируемый сигнал с рядом фотомасок, соответствующих характерным записям шума, например, подводной лодки, авианосца, транспорта и т. п.

Применение волоконнооптических анализирующих устройств позволяет заметно повысить отношение сигнал — помеха, что также немаловажно для четкой индикации и опознавания подводных целей.

Достигнутые в разработке скептронов успехи серьезно колебали мнение скептиков, утверждавших, что автоматическое опознавание подводных целей, если оно вообще возможно, есть дело далекого будущего.

Корреляционные методы, устанавливающие степень сходства между процессами, улавливающие некие средние, обобщенные тенденции процессов, — еще один аппарат для выделения слабых регулярных сигналов на фоне помех. Л. Л. Мясников в книге «Неслышимый звук» справедливо сравнивает задачу распознавания слабых искомых сигналов среди помех путем сопоставления статистических корреляционных характеристик сигнала и помехи с поиском иголки в стоге сена. Кое-кому эти методы могли бы показаться попыткой Мюнхаузена вытащить себя за воротник из болота. Однако корреляционные методы и техника сегодня — весьма действенны и существенно облегчают гидроакустический поиск на дальних дистанциях.

Миллионнократное эхо

Продолжим начатый ранее разговор об эхо, но из области мифологии временно перейдем в область поэзии. Разумеется, мы вернемся затем к нашему основному предмету — технике подводного обнаружения.

Может ли быть многократное эхо? Пушкин, обращаясь к эху, говорит:

*...Ты внимлешь грохоту громов
И гласу бури и валов,
И крику сельских пастухов —
И шлешь ответ;
Тебе ж нет отзыва...*

Из этих строк, казалось бы, следует, что повторение эха невозможно. Но вот и другие стихи:

*...Зову — и трикраты
Мне издали звонко
Ответствует нимфа, ответствует эхо...*

(А. Блок)

Вымышленный герой Марка Твена коллекционировал многократное эхо. Такие эхо действительно существуют в замках и скалистых местностях. А может ли быть многократное эхо под водой?

Здесь следует различать два случая. Эхо от лоцируемого препятствия (назовем его полезным эхом) может раздваиваться и даже разбиваться на большее число сигналов вследствие отражений первичного эхосигнала от поверхности воды, дна и т. п. Но это еще не столь большое зло, так как среди ложных эхо почти всегда удается выделить настоящее.

Сложнее обстоит дело с еще одним эхо, именуемым реверберацией. Чтобы понять его происхождение, необходимо вспомнить, что звук в море отражается не только от лоцируемого объекта, поверхности и дна моря, но также, что очень важно, от облаков газовых пузырьков, либо являющихся продуктом жизнедеятельности морских микроорганизмов (планктона), либо затянутых в толщу воды из атмосферы при движении волн по поверхности моря. Многократное отражение звука от всех этих природных рассеивателей порождает эхо, медленно и плавно спадающее во времени. Вот это-то тысяче- и миллионнократное эхо, непрерывное угасающее послезвучание, создающее помеху гидролокации, и называется морской реверберацией, или,

для краткости, просто реверберацией. Совершенно аналогичное явление в воздухе имеет место в сводчатых соборах и больших залах, стены которых не поглощают, а рассеивают звук.

В СССР первая работа по реверберации в море была выполнена В. С. Анастасевичем в 1942—1943 гг. Исследованием реверберационной помехи много занимался советский акустик Ю. М. Сухаревский, который разработал теорию рассеяния звука от дна моря (донная реверберация), от толщи морской воды (объемная реверберация) и от поверхностных слоев воды (поверхностная реверберация).

Ю. М. Сухаревского заинтересовал, в частности, также вопрос, влияет ли на величину реверберационной помехи в поверхностных слоях моря угол встречи гидролокационного сигнала с волнами на поверхности моря. Кажется естественным ожидать, что при направлении гидролокационного сигнала поперек волн его рассеяние, а следовательно, и реверберация будут больше, нежели при направлении его вдоль волн. Оказалось, однако, что рассеяние на поверхности волн пренебрежимо мало по сравнению с рассеянием, обусловленным уже упоминавшимся приповерхностным слоем, насыщенным пузырьками воздуха.

В последние годы ученик Ю. М. Сухаревского В. В. Ольшевский разработал статистическую теорию реверберации, несомненно являющуюся достижением отечественной акустической школы.

Реверберационная помеха маскирует полезный эхосигнал и затрудняет эхообнаружение подводных объектов. Для борьбы с ней концентрируют посылаемый и принимаемый сигналы в очень узком пучке (как показал А. П. Сташкевич, концентрация излучаемого сигнала в узком пучке иногда может не улучшить, а ухудшить дело), применяют различные фильтрующие устройства. Используют и модуляцию сигнала, т. е. воздействие на амплитуду сигнала гидролокатора, обуславливающее ее характерное дополнительное изменение с более низкой частотой. Но и эти ухищрения не позволяют в полной мере избавиться от реверберационной помехи.

В периоды интенсивной жизнедеятельности планктона, что бывает весной и летом, в море появляется много областей рассеяния звуковых лучей. Море становится звонким, гулким, как готический собор, реверберационное эхо звучит сильно и долго.

При локации в прибрежных мелководных районах реверберация, напротив, может даже возрастать с расстоя-

нием вследствие увеличенного отражения звука от дна, все более поднимающегося по направлению к берегу. В этих условиях особенно трудно распознать и выделить полезный сигнал на фоне флюктуирующей, т. е. пульсирующей, реверберационной помехи.

И все же реверберация — не только вредное эхо. Сейчас мы увидим, что ее удалось приспособить ни больше ни меньше, как для... определения направления и скорости движения лоцируемых подводных объектов.

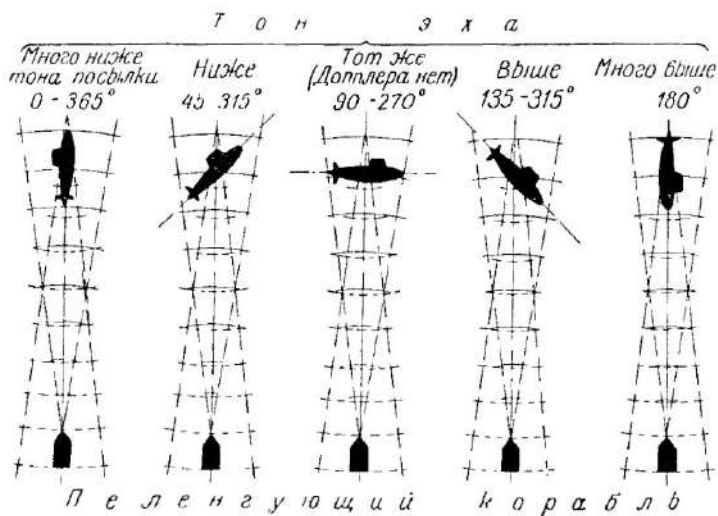
Допплер-эффект

Достичь этого можно, используя так называемый эффект Допплера, заключающийся в изменении частоты принимаемого звука в зависимости от скорости взаимного движения источника и приемника колебаний. Когда приемник и источник сближаются, колебания быстрее приходят к приемнику, а это равноценно как бы увеличению частоты колебаний источника, т. е. высоты тона. Напротив, при удалении приемника звука от источника (или, что то же самое — источника от приемника) скорость взаимного перемещения источника и приемника вычитается из скорости распространения звука в среде, а это равноценно, в конце концов, уменьшению частоты звука, воспринимаемого приемником.

Для иллюстрации эффекта Допплера пользуются классическим примером с изменением высоты звука гудка поезда, приближающегося к платформе, где находится наблюдатель, или удаляющегося от нее. Но если на столе, за которым вы сидите, есть телефон, то в существовании эффекта Допплера можно убедиться немедленно. Снимите телефонную трубку. Вы услышите непрерывный гудок. Теперь поднесите быстрым движением трубку к уху и отдаляйте ее. При движении трубки к уху кроме вполне закономерного увеличения громкости гудка явственно ощущается некоторое повышение высоты тона гудка, а при обратном движении — понижение ее.

Эффект Допплера используют в гидроакустике для определения направления и скорости движения подводной цели. Направление определяют, сравнивая частоты посылаемых сигналов и принимаемого отраженного эха, для чего в тракт гидролокатора вводят так называемые доплеровские фильтры.

Если объект локации удаляется от лоцирующего корабля, то тон эха понижается и притом тем сильнее, чем больше скорость объекта и угол, составленный линией его курса с осью звукового пучка гидролокатора. Зависимость изменения тона эха от скорости и направления движения объекта локации сохраняется и при приближении этого объекта к гидролокатору, с той лишь разницей, что здесь тон эха повышается. Исключение составляет курсовой угол



Звучание тона эха в зависимости от курса пеленгуемого корабля.

90°, при котором цель не приближается к пеленгующему кораблю и не удаляется от него, а следовательно, эффект Допплера не проявляется. Судовые гидроакустики при этом говорят кратко: «Допплера нет».

«Хорошо,— скажет читатель,— но причем же тут реверберация?» Оказывается, она имеет непосредственное отношение к рассматриваемому вопросу. Очаги реверберации — рассеивающие звук слои, облака газовых пузырьков, скопления масс планктона — либо вовсе не движутся, либо движутся со скоростью, значительно меньшей, чем скорость движения подводных объектов. Сравнение частоты эха от них (т. е. эха реверберации) с частотой эха от лоцируемого объекта и позволяет определить характер движения объекта.

Закономерен вопрос: нельзя ли учитывать изменение

частоты при приеме, сравнивая частоту эхосигнала с частотой посылки? Это можно делать, когда лоцирующий корабль неподвижен, так как при движении корабля уже проявляется эффект Допплера, даже если неподвижна цель. Если же и цель приходит в движение, то степень изменения частоты эхосигнала определяется обоими этими движениями и выделить параметры движения цели невозможно. При сравнении частоты эха с частотой отражения от неподвижных отражателей, т. е. частотой реверберации, параметры движения самого лоцирующего корабля автоматически отсеиваются, и мы получаем возможность точно определить параметры движения цели.

В настоящее время делаются успешные попытки применить эффект Допплера не только для целей военной гидроакустики, но и для определения скорости течений, а также для автоматического судовождения (в мелководных районах) путем определения изменения тона эха, отражаемого от дна.

Подводные изгороди и кружева

Великий немецкий естествоиспытатель Александр Гумбольдт более полутора веков назад отметил явления, связанные с отражением и преломлением звука в атмосфере. В книге «Картины природы», вышедшей в 1806 г., описывая пороги южноамериканской реки Ориноко, он говорит:

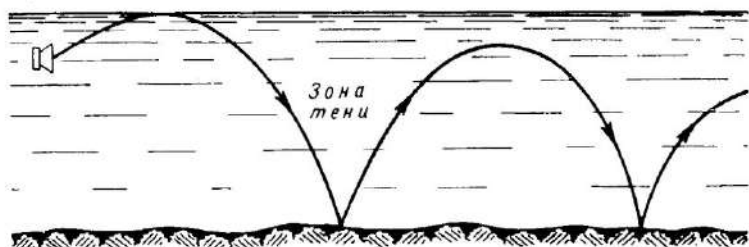
«В течение пяти суток, проведенных вблизи порогов, мы с удивлением замечали, что шум падающей воды был ночью в три раза сильнее, чем днем. То же явление наблюдается возле всех европейских водопадов. Но чем можно объяснить это явление в пустыне, где ничто не нарушает спокойствия природы? Вероятно, потоки восходящего теплого воздуха, нарушающие равновесие его упругой среды, препятствуют днем распространению звуков, разбивая волны последних. Ночное охлаждение земной коры прекращает это явление».

Нечто подобное имеет место и в водной среде. И здесь неравномерный прогрев воды вызывает искривление звуковых лучей — рефракцию. У гидроакустиков существует довольно удачное мнемоническое правило: «звуковой луч в морской воде, как жаждущий человек, стремится в сторону более холодных (а также менее соленых) слоев воды». Ночью эти более холодные слои часто располагаются у поверхности моря, и луч стремится туда (так

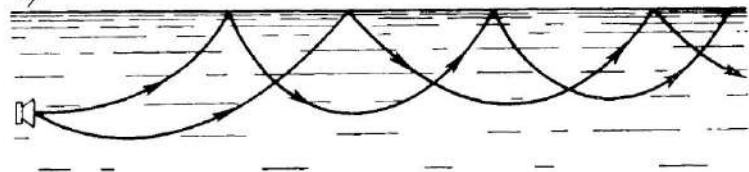
называемая положительная рефракция). В жаркий день он уходит в глубину (отрицательная рефракция).

Пожалуй, еще более отчетливо эти повадки звукового луча в море проявляются при изменении времен года. Здесь температурная картина более стабильна, чем при чередовании времени суток, и траектории лучей весьма характерны. «Зимние» лучи стремятся в прохладную при-

а)



б)

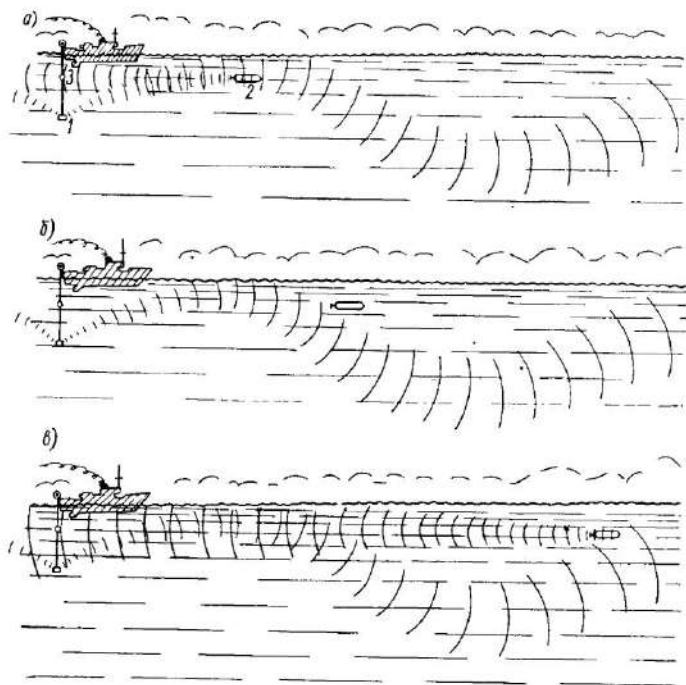


Траектории звуковых лучей летом (а) и зимой (б). При отрицательной рефракции (а) выше граничного луча, касающегося поверхности моря, образуется «мертвая зона», в которой гидроакустическое обнаружение подводных объектов сильно затруднено.

поверхностную зону. Дойдя до поверхности, луч отражается от нее, но затем вновь стремится к ней, повинаясь тому же закону преломления. По образному сравнению одного ученого-акустика, образуется как бы кружево, сплетенное из звуковых лучей и подвешенное к поверхности воды.

Народная пословица гласит: «Море не перегородишь». Но, по крайней мере, звуковую изгородь в море поставить можно. Такая невидимая «изгородь» из звуковых лучей, вернее, множество изгородей, воздвигается в воде летом, если есть отрицательная рефракция, а дно не очень сильно поглощает звук.

Рефракция, особенно отрицательная, заметно ухудшает условия обнаружения подводных объектов, подводную навигацию и связь. Образуются «мертвые зоны» или, что то же, зоны тени, в которые не попадают прямые звуковые

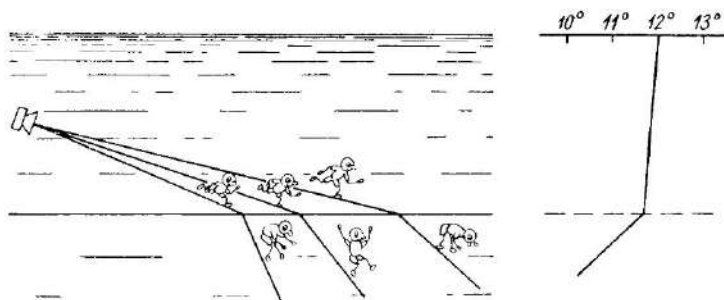


Определение дистанции до зоны акустической тени и протяженности зоны тени в море с помощью гидроакустического снаряда.

а — снаряд выпущен судном. *1* — вибратор гидролокатора, непрерывно излучающий сигналы; *2* — самодвижущийся снаряд с гидролокационным приемопередатчиком; *3* — гидролокационный приемник судна, принимающий сигналы снаряда; *б* — снаряд достиг границы зоны акустической тени; приемопередатчик перестал излучать сигналы, на испытательном судне фиксируется дистанция до границы зоны тени; *в* — снаряд достиг границы области вторичного выхода акустических лучей к поверхности моря; приемопередатчик вновь излучает сигналы; по разности дистанций *б* и *в* определяется протяженность зоны акустической тени при данных глубинах погружения гидролокатора и снаряда (и данном наклоне оси излучателя гидролокатора).

сигналы. Дальность эхо- и шумопеленгования резко падает. С этим пытаются бороться, используя лучи, отраженные от дна. Если направить луч гидролокатора под довольно большим углом ко дну, то отраженный от дна луч может

попасть в зону тени (для горизонтальных лучей), «осветить» ее. Отраженный затем от подводного объекта в зоне тени луч проделает обратное путешествие, то есть проследует ко дну, отразится от него и придет к приемнику гидролокатора. Разумеется, вследствие двукратного частичного поглощения луча дном интенсивность эхосигнала будет слабее, чем в случае, когда можно использовать прямые лучи. Но с этим приходится мириться, если хочешь обнаружить подводный объект, находящийся в данный момент в «мертвой зоне».



Преломление звуковых лучей на границе слоя температурного скачка.

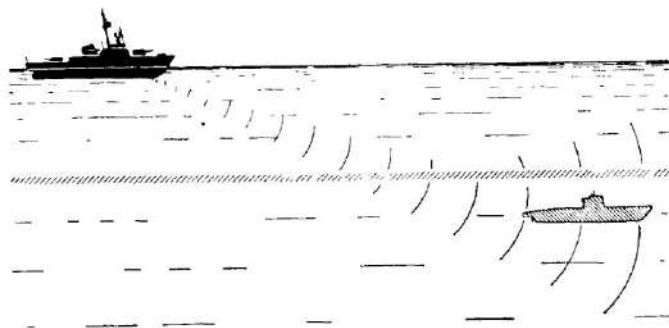
Вследствие расширения сечения лучевой трубки интенсивность звука под слоем скачка уменьшается. Справа — характерная кривая зависимости температуры воды в местах с явно выраженным слоем скачка температуры.

О размерах зон тени и о дальности подводного эхопеленгования акустики кораблей приблизительно судят по длительности реверберации. Если реверберация звучит долго, то спадая, то вновь «вспыхивая», это значит, что могут приходиться отражения от объектов, расположенных далеко от гидролокатора, т. е. что дальность эхопеленгования велика, гидроакустическая «погода» хорошая. Если реверберация и при большом усилении пропадает быстро, значит, налицо рефракционные искривления лучей.

Немецкий изобретатель В. Кунце недавно предложил для определения расстояния до границ зон тени использовать самодвижущиеся снаряды с гидролокационным ответчиком. Гидрографическое или иное судно, исследующее гидроакустическую «погоду», непрерывно посылает гидролокационные сигналы и получает ответные эхосигналы от подобного снаряда, идущего на заданной глубине. Момент исчезновения эхосигналов означает, что снаряд вошел

в акустическую тень. По гидролокационному индикатору расстояний можно определить дистанцию до снаряда, соответствующую этому событию (см. рис. на стр. 41).

Не всегда картина рефрагирующих лучей в море напоминает простое кружево. При некоторых условиях траектория луча может «расщепляться», то есть, начиная с некоторой точки пространства, лучи станут уходить вверх и вниз, а зона акустической тени примет еще более причудливую форму.



Подводная лодка скрывается от луча гидролокатора под слоем температурного скачка.

Большие препятствия шумо- и эхопеленгованию создают подводные температурные скачки. Такие скачки довольно часто наблюдаются в морях и океанах.

Наличие скачков обусловлено тем, что поверхностные слои моря до глубины 50—100 м или несколько более, как правило, относительно теплые и подвергаются тем или иным сезонным и суточным изменениям температуры. Напротив, на больших глубинах температура воды практически постоянна и достаточно низка, даже в тропических районах. Промежуточный слой между этими двумя слоями и является слоем скачка температуры. В одних районах моря скачок возникает в определенное время года или суток, в других он существует постоянно.

При прохождении звуком слоя температурного скачка сила звука ослабляется. Этой подводной преградой для звука часто пользовались подводные лодки в период второй мировой войны с целью защиты от наступающих их надводных кораблей с гидроакустическими установками. Достаточно, однако, погрузить гидрофон под слой скачка, как шум от подводной лодки вновь становится слышимым.

О звоне бокалов и какое это имеет отношение к гидроакустике

В старинных (да и не только старинных) романах и особенно стихах часто воспевается звон бокалов на пирах. Надо полагать, имеются в виду наполненные бокалы: кто бы стал чокаяться пустыми?

Но всегда ли звенят бокалы, наполненные вином? Всегда, если вино... отстоялось. А если свежее шипучее вино только что налито в бокалы доверху (именно доверху, иначе могут звенеть края бокалов), то звон получается слабый. Вроде бы, жаль немного, ведь в торжественных случаях избирается именно шипучее шампанское.

Впрочем, «банкетный» аспект проблемы нас сейчас интересует в меньшей степени; важнее установить, причем же все-таки здесь гидроакустика? Надо полагать, подобным вопросом сначала задались и некоторые ученые, присутствовавшие на одном банкете, на котором немецкий акустик Э. Мейер продемонстрировал занятный опыт с двумя наполненными бокалами. В один бокал было только что налито свежее искристое вино, в другом была вода (или также вино, но отстоявшееся). Первый бокал при постукивании издавал глухой звук, второй — значительно более звонкий.

Ну и что же? Недоумение присутствовавших нарастало, пока Мейер не объяснил сути своего опыта. Пузырьки газа в жидкости — не они ли вызывают усиленное затухание звуковых колебаний в ней, а заодно и в стенках сосуда? Но и в морской воде этих пузырьков всегда более чем достаточно. В приповерхностные слои моря они попадают из атмосферы вследствие перемешивания воды при волнении и штормах, в глубинных слоях они возникают как продукт жизнедеятельности планктона.

Мы уже упоминали о пузырьках, как о причине реверберации в море. Но не менее эффективно они выступают еще в одной, пожалуй, даже более вредной, с точки зрения гидроакустиков, роли: они весьма интенсивно поглощают распространяющийся в море звук. Посылкам гидролокатора не так-то легко пробиться через слои газовых пузырьков в воде.

Оказалось далее, что затухание звука в море вследствие наличия пузырьков, а также некоторых других факторов тем выше, чем выше частота звуковых колебаний.

Работы американских ученых показали, что коэффициент затухания звука пропорционален частоте в степени $3/2$. Так, на частоте 80 килогерц затухание звука в море в тысячи раз больше, чем на частоте, скажем, 5 килогерц. Это обстоятельство и обуславливает непрерывное снижение рабочей частоты гидролокаторов. Если в начале второй мировой войны гидролокаторы работали на частотах 24—30 килогерц, то есть в области неслышимого звука, то уже к концу войны появились гидроакустические станции с рабочей частотой 10 килогерц, а в настоящее время разработаны гидролокаторы с еще более низкими рабочими частотами.

Понижение рабочей частоты станции создает в свою очередь ряд новых проблем. Поскольку увеличивается длина излучаемой гидролокатором звуковой волны, необходимо значительно увеличить габариты вибраторов, чтобы сохранить требуемую точность пеленгования; приходится изыскивать средства борьбы с возрастающей реверберационной помехой и т. п. Все эти меры необходимы, если хочешь получить меньшее затухание звука в море и, следовательно, бóльшую дальность действия поисковых гидроакустических станций. Мы видим, что невинные на первый взгляд газовые пузырьки в жидкости по существу влияют на основное направление развития современной гидроакустики.

Затухание звука в море сказывается и на работе гидроакустического телефона. Как упоминалось, в звукоподводной телефонной связи колебания некоторой несущей частоты модулируются колебаниями тех частот, которые свойственны человеческой речи. Из теории сложения колебаний известно, что при этом образуются две так называемые боковые полосы частот, лежащие выше и ниже несущей частоты. Ширина этих полос определяется спектром частот человеческого голоса. При приеме осуществляется процесс демодуляции, несущая частота исчезает, и в наушниках мы слышим нормальную человеческую речь.

Впрочем, речь в телефоне будет нормальной, если обе боковые полосы дойдут до приемников неискаженными. Но так как звуки более высоких частот затухают в воде сильнее, чем низкочастотные звуки, то верхняя боковая полоса претерпит большее затухание, чем нижняя. При приеме и демодуляции речь будет довольно трудно распознать. Каков же выход? Все «отрезать», т. е. подавить одну из боковых полос. Так в практике современной

дальней звукоподводной связи и делается. Речь в телефоне становится вполне различимой при этом методе связи «на одной боковой полосе».

Затухание звука при его распространении в море исследовалось советскими акустиками В. П. Готовым, А. П. Сташкевичем и другими. Трудно сказать, когда именно Готову, тогда еще совсем молодому аспиранту, пришла мысль заняться этой проблемой. Начал он с того, что реализовал идею Э. Мейера и с морской водой, взятой на различных глубинах, осуществил эксперимент, подобный эксперименту с бокалом, наполненным шипучим вином. Роль бокала выполнял специальный тонкостенный алюминиевый бак метрового диаметра. Он именовался реверберационным, так как степень затухания звука, вносимого пузырьками, определялась по скорости реверберации, т. е. спадающего звукового уровня в баке после прекращения действия источника.

Реверберационный бак оказался крепким орешком. «Виктор с головой влез в свой бак»,— говорили товарищи по работе. Это было не только обычным иносказанием. Всякий, кто входил на площадку, где размещался бак, мог прежде всего установить цвет и фасон брюк аспиранта. Верхняя же часть тела экспериментатора значительную часть дня пребывала внутри бака. Руки героически орудовали шабером: приходилось соскабливать мелкие раковины и бугорки окиси, образовавшиеся вследствие длительного действия на металл морской воды. Даже эти бугорки вызывали дополнительное затухание звука в заполненной водой баке.

Но вот бак полностью оборудован, произведены эксперименты в море. Результаты этих экспериментов, а также теоретических исследований по определению затухания звука в морской воде были опубликованы В. П. Готовым в цикле статей в «Акустическом журнале». Эти работы наряду с работами американских акустиков легли в основу определения величины затухания гидроакустических сигналов в море.

Интересно отметить, что поглощение звука в море вызывают не только мелкие пузырьки газа, находящиеся в воде, но даже... плавательные пузыри рыб. Если концентрация рыбного скопления такова, что на несколько кубометров воды приходится хоть одна рыба, то затухание звука при прохождении таких скоплений будет уже достаточно заметным.

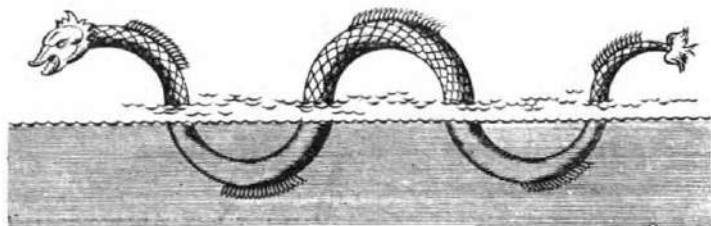
Самый длинный в мире канал

Не старайтесь вспомнить, какой из каналов на земном шаре самый длинный — Кара-Кумский или какой-нибудь другой. Канал, о котором мы поведем речь, может быть, во много раз длиннее любого из каналов, прорытых человеком. Наш водный канал создан природой и не имеет берегов. Это звуковой канал в океане.

Что же такое звуковой канал? Название это, хотя и общепринятое, в известной степени условно и означает попросту сочетание природных факторов, при котором возможно дальнейшее и сверхдальнее распространение подводного звука. Мы уже упоминали, что звуковые лучи в море при своем распространении стремятся в сторону тех слоев воды, которые имеют более низкую температуру и меньшее содержание растворенных солей, т. е., в конечном итоге, меньшую скорость распространения звука. Другим фактором, определяющим распространение звука в море, является гидростатическое давление, т. е. глубина, на которой распространяется звук. Теория и эксперимент показывают, что влияние гидростатического давления, увеличивающего плотность жидкости, на скорость звука аналогично влиянию температуры, т. е. при увеличении давления скорость увеличивается. Но изменения давления и температуры с глубиной противоположны по знаку, и при определенном сочетании этих факторов могут возникнуть условия, когда звуковой луч будет идти на некоторой глубине, попеременно отклоняясь в сторону дна и поверхности.

Действительно, часто температура воды близ поверхности моря выше, чем на определенной глубине, и луч стремится в глубину. Но здесь начинает преобладать действие гидростатического давления, вследствие чего скорость распространения звука возрастает. Луч опять поворачивает к поверхности, затем цикл повторяется снова. Таким образом, луч не рассеивается в толще океанской воды, не поглощается дном, а распространяется в узком слое толщиной в несколько десятков или сотен метров. Глубина, относительно которой совершаются колебания луча при его распространении, соответствует минимуму скорости распространения звука и указывает положение оси звукового канала.

Как правило, канал залегает в океане на глубине нескольких сотен метров, но возможны также поверхностные



Мифический морской змей, если бы он существовал, давал бы довольно отчетливое представление о траектории звукового луча в подводном звуковом канале.



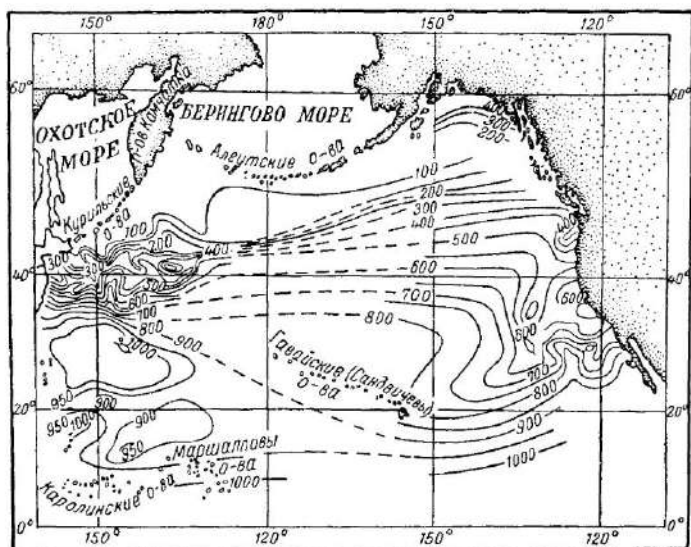
и приповерхностные каналы. А вот в Средиземном море этот канал круглый год находится на глубине около 300 м.

Звуковой канал открыт сравнительно недавно, не более двух десятков лет назад, американскими гидроакустиками (в океане) и затем, независимо от них, советскими учеными (в глубоком море). Работы советских ученых, прежде всего Л. М. Бреховских и Л. Д. Розенберга, удостоенных Государственной премии, показали, что при благоприятных условиях возможен прием гидроакустических сигналов в море на расстояниях 200—300 морских миль (1 морская миля составляет 1,85 км).

Были отмечены единичные случаи приема сигналов за несколько тысяч миль. Так, звук от опытного взрыва небольшой бомбы весом 22,5 кг был принят на расстоянии порядка 20 000 км. Взрыв был произведен у берегов Австралии, а звук приняли на Бермудских островах, т. е. у антиподов. Этот путь звук проделал за 3 часа 43 минуты. Оказалось, что звуковые лучи вследствие рефракции в горизонтальной плоскости огибали африканский континент, отклоняясь от прямолинейного распространения на угол до 5°.

Чувствительность современных гидрофонов очень велика, и если бы не было помех и рефракционных искривлений звуковых лучей, шум от падения маленького камешка на дно при наличии звукового канала теоретически мог бы быть принят на другом материке. Не правда ли,

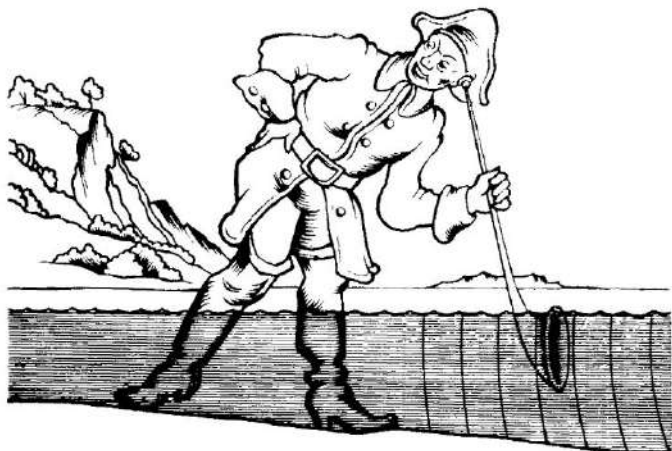
в современных условиях рассказ барона Мюнхгаузена прозвучал бы почти правдоподобно? «Почти» потому, что нельзя полностью избежать помех, поглощения звука газовыми пузырьками в воде, рефракции, ослабляющих и без того тихий звук удара камня о камень в воде. Но для интенсивных сигналов дальнейшее распространение в звуковом канале уже сейчас вещь вполне реальная. В наше время



Глубина залегания подводного звукового канала в Тихом океане.

делаются успешные попытки использовать подводный звуковой канал для обнаружения точного места катастроф на море, о чем еще будет подробнее сказано.

Исследования звукопроводящих слоев, особенностей распространения звука в океанах и морях с неослабевающей силой продолжают во всех «морских» странах. В СССР интересные исследования выполнены Н. С. Агеевой, Л. М. Бреховских, В. С. Григорьевым, В. С. Нестеровым и другими. Нет сомнений, что здесь еще последуют интереснейшие, поражающие воображение открытия. Ведь «моря соединяют те страны, которые они разъединяют». И кто знает, может быть, в ряде мест мирового океана,



Герои и классики литературы о гидроакустике. Барон

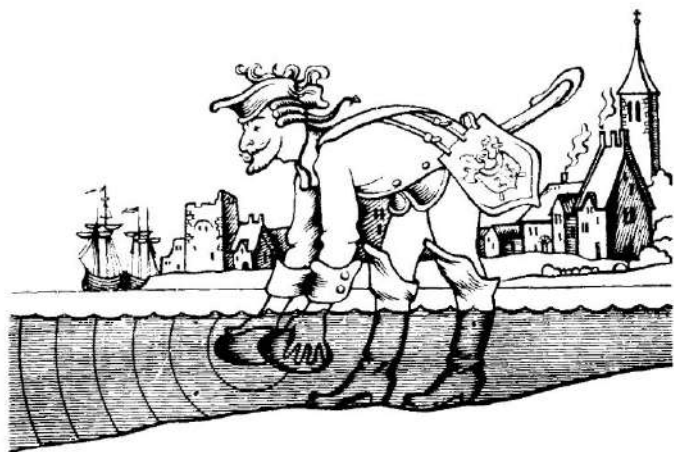
— Перед моим отплытием в Америку я сообщил об этом пако двумя камнями, погруженными в воду. Ученые различных стран достигал берегов Америки, будучи еще достаточно сильным. Таким

ды

где имеется устойчивый звуковой канал, его будут использовать со временем для регулярной связи, особенно когда радиосвязь затруднена явлениями в атмосфере и в космосе.

„Гидрофон выл в Галерной гавани“ (из истории русской гидроакустики)

Принято считать, что наша гидроакустика весьма молода и насчитывает не более двух-трех десятков лет. Однако в записках академика А. Н. Крылова мы находим указания, свидетельствующие о том, что гидроакустические исследования производились в России еще в самом начале XX века. В первый период этими исследованиями руководили сотрудники Опытного бассейна в Петербурге, основанного в 1892 году по совету Д. И. Менделеева и предназначенного для испытания моделей судов, в частности с целью более точного определения мощности механизмов, устанавливаемых на корабле для достижения заданной скорости хода. А. Н. Крылов в течение многих лет заведовал этим бассейном. Вот что пишет он об испытаниях одного гидроакустического преобразователя, разработанного с целью осуществления звукоподводной связи:



Мюнхаузен [из неизданного]:

дившемуся там приятелю. С этой целью я ударял друг о друга проделав расчеты, убедились, что возникающий при ударах звук образом, и в этом моем рассказе, как и в остальных, нет ни капли мысла.

«. . гидрофон так оглушительно выл в Галерной гавани (на Васильевском острове — И. К.), что его было слышно за 7 верст на Невском плавучем маяке; по воздуху же туда звук не долетал. Предварительные опыты с этим гидрофоном производились в бассейне».

Еще раньше научные исследования по распространению звука в море проводил профессор Петербургского университета Ф. Ф. Петрушевский, учитель А. С. Попова. Он нашел, что если температура воды в море с увеличением глубины понижается, то звуковые лучи отклоняются ко дну моря. Это правило, о котором мы уже упоминали, стало, однако, широко известно лишь после выхода в свет книги немецкого акустика Айгнера «Звукоподводная техника», в которой приведены результаты теоретического исследования Лихте по рефракции звука в море (выполненного, кстати сказать, лишь в 1919 г., т. е. спустя тридцать с лишним лет после работ Петрушевского).

Ф. Ф. Петрушевский доказал также, что звук при распространении в море может отражаться от дна, т. е. его распространение в мелком море подобно распространению в водном слое. Впоследствии советские гидроакустики создали стройное учение о распространении звука в водных слоях с поглощающими и непоглощающими границами.

В начале XX века центром технической мысли в области звукоподводной техники в России стал Балтийский судостроительный завод, на котором была создана специальная гидрофонная мастерская. Возглавлял работы в ней русский инженер, выходец из Прибалтики, воспитанник Петербургского электротехнического института Р. Г. Ниренберг. В Центральном Государственном архиве военно-морского



Изобретатель звукоподводной связи в России Р. Г. Ниренберг¹.

флота в Ленинграде сохранилась переписка Главного управления кораблестроения, Морского научно-технического комитета, судостроительных заводов и штабов действующих флотов по различным вопросам звукоподводной связи и подводного звукового обнаружения.

...Папки, папки, пухлые и тонкие, пожелтевшие листы, выцветшие чернила. Сонмы входящих и исходящих: «Сим уведомляю», «Докладывая об изложенном, нижайше прошу...»

Среди дел «Об израсходовании имущества», «О керосине, бензине, спирте и прочем» находим папки «О подводном телеграфировании», «О подводной

сигнализации» — около полутора десятков дел с пометками от 1906 до 1915 г. Просматриваешь эти папки и лишней раз убеждаешься, что и гидроакустика не избежала участи, характерной для многих областей науки и техники в дореволюционной России: богатство идей изобретателей, инженеров, рабочих — с одной стороны, производственно-техническая отсталость страны, косность правительственных чиновников, от которых зависело внедрение изобретений, — с другой.

Богатство идей... Вот мощная подводная звуковая сирена, разработанная в начале 1905 г. по инициативе

¹ Фото Р. Г. Ниренберга получено нами от его сына Г. Р. Ниренберга через Е. Н. Шошкова.

М. Н. Беклемишева, будущего начальника подводного плавания. Вот корабельная установка для подводного телеграфирования («гидрофоническая станция»), в которой использован магнитно-гидравлический затвор, связанный с ключом Морзе и управляющий потоком жидкости, воздействующей на излучатель. Идея самого мембранного излучателя тоже весьма изящна. При отпирании затвора на

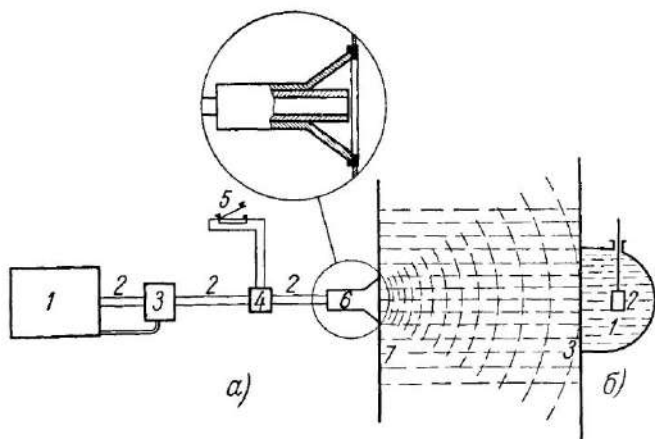


Схема гидрофонической станции Балтийского завода [1907—1909 гг.]: а — излучающая часть

1 — водяной насос; 2 — трубопровод; 3 — регулятор давления; 4 — электромагнитный гидравлический затвор («телеграфный клапан»); 5 — ключ Морзе; 6 — гидравлический мембранный излучатель; 7 — борт корабля;

б — приемная часть

1 — танк с водой; 2 — герметизированный микрофон; 3 — борт корабля.

водяном трубопроводе жидкость устремляется в пространство между мембраной и концом подведенной к ней трубы. Мембрана излучает звуковой импульс во внешнюю водную среду. После закрытия затвора мембрана под действием собственных сил упругости и сил гидростатического давления возвращается в исходное положение. Принимает колебания специальный приемник, расположенный в водяном или глицериновом бачке (танке), прикрепленном изнутри к борту корабля, ведущего прием. Таким образом, отпала необходимость в высверливании дыр в корпусе, что имело особенное значение для подводных лодок.

В конце марта 1908 г. на Черном море, в районе Севастополя, состоялись морские испытания созданной

в России станции звукоподводной связи. Катер с излучателем находился в море, а брандвахта с приемником — в одной из бухт. В письме начальника Балтийского завода в Морское министерство по этому поводу сказано: «...то обстоятельство, что брандвахта стоит у входа в Артиллерийскую бухту в расстоянии версты от моря, не могло, конечно, содействовать успеху опыта, так как звуку труднее распространяться между узкими берегами Северного рейда, чем в море». Тем не менее, была зарегистрирована дальность приема сигналов в 8 верст, что и по теперешним временам может считаться неплохим результатом для прибрежного района.

На письме начальника Балтийского завода морской министр наложил резолюцию, смысл которой сводился к тому, что опыты следует продолжать, но уже теперь приборы можно ставить на подводные лодки. Это было 11 мая 1908 г. Казалось бы, вопрос о звукоподводной связи в русском флоте успешно решен и притом едва ли не впервые в мире (о том, что в других странах еще не было подводной сигнализации, свидетельствует донесение из Англии русского морского агента Рейна 25 марта 1911 г., что в Англии в это время, т. е. лишь через три года, производились усиленные опыты с гидроакустическими аппаратами для подводных лодок).

Итак, повторяем, казалось бы, что в России этот вопрос был уже решен. В действительности история лишь начиналась. И не оскудевают, а ширятся бюрократические реки: «Имеем честь уведомить...», «просим не отказать...», «благovolите сообщить...» На одну из причин задержки внедрения гидрофонических станций на кораблях проливает свет отрывок из письма начальника Балтийского завода: «...Медленность, с какой происходит разработка принципов гидрофонического телеграфирования и дальности действия этой системы, прежде всего, обуславливается именно отсутствием специально предназначенных для опытов плавучих средств, так как до сих пор все выходы в море для упомянутых опытов производились на различных судах при наличии условия не отвлекать их от несения прямых своих обязанностей (подчеркнуто начальником Балтийского завода, подписавшим письмо.— И. К.). Благодаря этому за все время производства опытов в Черном море в прошлом и текущем годах было совершено не более 10 выходов в море для гидрофонических опытов. Разработка же одним умозрительным путем без практи-

М. М.
НАЧАЛЬНИКЪ
БАЛТИЙСКАГО
ТЕЛЕГРАФИЧЕСКАГО ЗАВОДА

Императорскаго Вѣдѣнія
Апрѣля 14 дня 1907 г.
№ 1826
С. ПЕТЕРБУРГЪ
Истор. Комитетъ, отд. № 18
Телефонъ № 209-10

17-18-19
19 апр 1907
24
26
ВЪ МОРСКОЙ ТЕХНИЧЕСКОЙ КОМИТЕТЪ
по Судьбу Подводнаго Телеграфія.

6
Въ дополненіе къ справкамъ отъ 23-го
Марта с. г. за № 1438 и 3-го Апрѣля № 1629
относительно гидрофоническаго телеграфиро-
ванія системы Балтійскаго Завода сообщилъ
нижеприведенныя соображенія, вытекающія изъ
предварительной разработки конструкціи и
произведенныхъ на настоящее время опытовъ
съ гидрофоническими приборами:

1) Два компонента приборовъ гидрофони-
ческаго телеграфированія для двухъ надвод-
ныхъ судовъ могутъ быть изготовлены на три
мѣсяца ранѣе, чѣмъ таковыя же для подводныхъ.
2) Испытанія съ приборами гидрофони-
ческаго телеграфированія, установленными на
надводныхъ судахъ могутъ быть произведены
гораздо въскорѣе, чѣмъ на подводныхъ, такъ
какъ: а) продолжительность и районъ плаванія
последнихъ ограниченъ, и б) на надводныхъ су-
дахъ можетъ быть предоставлено гораздо болѣе
мѣста для гидрофоническихъ приборовъ.
Последнее обстоятельство представляется
въ высшей степени важнымъ, такъ какъ ус-
пѣхъ опыта во многомъ будетъ зависетьъ
отъ удобства замѣны въ установленныхъ
приборахъ однихъ частей другими, для
выясненія различныхъ свойствъ испытывае-
мой сигнализаци и, главнымъ образомъ,
высоты тона, наилучшимъ образомъ распро-
страняющагося въ водной средѣ.

НАЧАЛЬНИКЪ ЗАВОДА

Карабельный Инженеръ

Письмо Балтийского завода в Морской технический комитет о станциях системы Балтийского завода для подводного телеграфирования [1907 г].

чески определенных данных в высшей степени затруднительна и не продуктивна...»

Письмо датировано 23 мая 1908 г. Мы специально приводим эту дату, так как в конце письма есть знаменательные, на наш взгляд, строки: «При этом присовокупляю, что особенное внимание в будущих опытах будет отведено разработке принципов беззвучного телеграфирования высокими тонами, не ощутимыми для человеческого уха, но делающимися слышимыми посредством специальных весьма простых приборов». Не подлежит, следовательно, сомнению, что в России еще в начале века ставился вопрос об использовании ультразвука для звукоподводной сигнализации и связи.

Из другого письма, воспроизводимого нами на вклейке, видно также, что русские гидроакустики уделяли серьезное внимание выбору рабочей частоты станций звукоподводной связи, которая обеспечивала бы максимальную дальность работы станций. В наше время эта проблема стоит, пожалуй, не менее остро. Анализу так называемой оптимальной частоты посвящены многочисленные исследования. Их авторы иногда считают, что они впервые обратили внимание на эту задачу.

В 1909—1910 гг. Балтийский завод установил свои станции звукоподводной связи с мембранными излучателями на подводной лодке «Карп» и линейном корабле «Три святителя». Но поток входящих и исходящих бушевал с прежней силой. Некоторые из этих входящих и исходящих, даже будучи близкими соседями, резко противоречат друг другу. Так, в письме Морского генерального штаба и Морского технического комитета от 1 июня 1911 г. говорится, что последний образец станции звукоподводной связи «...демонстрировавшийся 20 сего мая, действовал безотказно». Штаб флота Балтийского моря другого мнения (письмо от 2 июня 1911 г.): «Ввиду полной неиспытанности (! — И. К.) подводной сигнализации... начальник Действующего Флота отнюдь не может согласиться на ее немедленную установку на двух подводных лодках типа «Кайман»... которые... должны исключительно посвятить все свое внимание на свою боевую подготовку и отнюдь не должны служить для целей опытов».

Нет, не было, видно, у флотских чиновников желания внедрять русские гидроакустические станции на корабли. Об успешных результатах, полученных в 1908 г., все как будто стали забывать. Требовалось напомнить Балтийскому флоту, да и высшему морскому руководству

о возможностях подводного телеграфирования. Нужны были новые убедительные опыты. Появилась возможность произвести их на императорской яхте «Штандарт».

Испытания переносятся на „Штандарт“, но...

Современники так описывают яхту Николая II: «четкий силуэт», «изящный профиль». По-видимому, это близко к действительности. Так вот, четкий силуэт императорской яхты вырисовывался в день опытов на Неве на фоне прокопченных корпусов Адмиралтейского завода. На палубе яхты — белые кители и золотые погоны военно-морского начальства всевозможных рангов.

В килевой части «Штандарта» были установлены звукоприемники. Катер с гидрофонической станцией системы Ниренберга находился в Финском заливе в некотором отдалении от устья Невы. Нельзя сказать, что место испытаний было выбрано удачно. Большой уровень помех от расположенных рядом верфей, сильное встречное неоднородное течение Невы, выступающий в залив мыс у Адмиралтейского завода — все это не предвещало хороших результатов. Но морские чиновники не захотели уходить далеко от столицы. Вдруг кто-нибудь из великих князей или даже само «величество» пожалует, чтобы принять участие в опытах. Ведь работы господина Попова показали, что в этих «беспроволочных» делах, выполняемых минным отделом военно-морского ведомства, и мы не лыком шиты! И притом сейчас так модно «содействовать прогрессу отечественной техники»...

Несмотря на неблагоприятные условия, в опытах со «Штандартом» была зафиксирована дальность звукоподводной связи 2—3 км. Работы по внедрению гидрофонических станций как будто решено было продолжать.

В 1911—1912 гг. были проведены морские испытания гидрофонических станций Балтийского завода, установленных на подводных лодках учебного отряда «Пескарь», «Стерлядь» и «Сиг». При этом впервые с целью уменьшения помех при приеме звуковой приемник был расположен в специальном обтекателе, буксируемом за кораблем на тросе. Такое устройство являлось прообразом упомянутой в начале книги английской буксируемой станции «Рыба Нэша» времен первой мировой войны. К этой идее верну-

лись сейчас в различных странах при создании новейших помехоустойчивых гидроакустических корабельных станций. Пример того, как полезно при новых разработках принимать во внимание старые, казалось бы имеющие лишь исторический интерес идеи и предложения!

В том же 1911 году командир бригады подводных лодок Балтийского флота Левицкий сообщает Балтийскому заводу, что приборы, смонтированные на лодках «Пескарь», «Стерлядь», «Макрель», «Окунь», «...действуют исправно и несомненно пригодны для нужд сигнализации и уже вышли из стадии первоначальных опытов». Звукоподводные станции начали устанавливать и на другие лодки. Но количество «подводных камней» на пути творцов системы гидроакустической связи все увеличивалось.

...Перенесемся мысленно на Ревельскую верфь, где строились подводные лодки русского флота. Здесь же они оборудовались приборами звукоподводной связи. У причала в понурых позах сидит несколько рабочих. Они посланы Балтийским заводом для работ по монтажу гидроакустических станций на подводных лодках.

Солнечные зайчики, отражаясь от воды, выписывают на каменной стенке причала светящиеся иероглифы. Но даже солнце, редкое в это время года, не может стереть озабоченности с лиц рабочих.

— Опять приемники затекли,— начинает один,— вся работа насмарку.

— Вот тебе и Гейслер. Мировая фирма. По специальному заказу сделаны.

— Теперь Роберт Густавович в Петербурге с заводом Эриксона договаривается. А если и там не получится, сами, говорит, будем делать.

— Да, братцы, а Роберта Густавовича-то опять ругают. Бумага пришла из Морского ведомства. И знаете, что в ней прописано?

— Ну...

— Скрытый злоумысел, дескать, имеет он в этом деле. Иностранным фирмам проданся. Ну и не хочет, чтобы русские приборы на лодки ставились. Потому, дескать, и сбегал сейчас в Питер. Бросил монтаж станций.

— А ты-то откуда об этом знаешь?

— А мне утром Войтковский говорил, мастер. Сам, говорит, читал. Так и прописано в письме: «скрытый злоумысел».

— Ну и загнули, черти — не выдерживает один из молчавших доселе рабочих.— Я, конечно, с господином

Ниренбергом не так, чтобы уж очень хорошо знаком. Чай, как говорится, с ним не пивал. Но скажу, с чего бы ему злоумысел иметь? Наш все-таки человек, расейский. Он ночи не спит, все о своих станциях думает. И о том, как бы их поскорее на лодки установить. А они, черти, такую муть пишут!

... Да, все это было. И упреки (официальные) в «скрытом злоумысле» и в «ненаучном подходе». И была, наконец, нужда в деньгах в течение ряда лет. Сохранилось сообщение капитана первого ранга М. Н. Беклемишева о том, что он лично дал нуждающемуся изобретателю 75 рублей из наградных денег, полученных самим Беклемишевым за разработку им новой конструкции подводной лодки.

Технические возможности отечественных заводов — поставщиков оборудования оставляли желать лучшего. Так, насосы для установок подводной сигнализации, не представлявшие ничего необычного, приходилось выписывать из Парижа, и это сильно тормозило оснащение подводных лодок и надводных кораблей приборами связи.

А вот и финал краткой истории о русском подводном телеграфе. Напрасно Главное управление кораблестроения уговаривает еще раз штаб Балтийского флота, что разработанная система подводной телеграфии «... является, по существу, лучшей из известных и Морской Министр изволил согласиться с тем, чтобы всеми силами поощрять отечественное изобретение» (письмо от 17 января 1912 г.). Не помог и «всеподданнейший» доклад изобретателя государю. Чиновников военного ведомства, как будто бы пекущихся об отечественном изобретении, пожалуй, больше заботит мысль, почему новый образец станции, выпущенный Балтийским заводом, стоит на 200 рублей дороже предыдущего. И уже зреет в недрах Морского министерства решение, обратное тому, в котором сообщалось штабу Балтийского флота: «...озабочиваясь целесообразным решением вопроса...», дальнейшие опыты... прекратить, а на подводные лодки устанавливать приборы подводной сигнализации, принятые в иностранных флотах и использующие в качестве излучателей значительно менее совершенный источник — подводный колокол. Уж подобная-то техника в отличие от русской системы подводной телеграфии не выходила за пределы возможностей и представлений того времени, не обгоняла его. Впрочем, зрелость русской технической мысли в области гидроакустики еще найдет красное выражение в предложенном в 1916 г. в Париже

русским изобретателем К. В. Шиловским ультразвуковым гидролокаторе, о котором мы также упоминали в начале книги.

Как же развивались дальнейшие события в истории подводной телеграфии? В дело вмешалась французская фирма «Дюкрете». Почувствовав, что гидроакустические станции могут принести доход, фирма «Дюкрете» предложила для русских подводных лодок свои звукоподводные приборы с излучателями-колоколами. Русское правительство закупило сразу 50 приборов, и это сильно подорвало авторитет русских гидроакустиков.

Но что же показали испытания французских станций, произведенные на русских подводных лодках уже за несколько месяцев до начала первой мировой войны? Читаем в тех же служебных папках: «...Произведенные опыты с приборами Дюкрете также не дали желаемых результатов». . . Дальность звукоподводной связи с колокольными приборами не превышала 2 км. Только с помощью подводного колокола передачу сигналов можно было вести с меньшей скоростью, чем с помощью русской гидроакустической станции. А немецкая фирма «Атлас Верке» от колокольных приборов перешла впоследствии к мембранным излучателям, которые в России были похоронены незадачливыми чиновниками морского ведомства (впрочем, будем справедливы: в похоронах русской гидроакустической станции сильно «помог» штаб Балтийского флота).

Однако еще в 1914 г. были выданы наряды на установку станций Балтийского завода на подводных лодках «Крокодил», «Кайман», «Аллигатор», «Дракон», «Карп», «Лосось», «Карась», «Судак». При этом Балтийский завод ввел ряд усовершенствований, уменьшил вес станции звукоподводной связи до 145—160 кг, изменил местоположение излучателя. Если раньше он помещался внутри прочного корпуса подводной лодки, то теперь был установлен в надстройке, что увеличивало его эффективность.

Гидрофоны Балтийского завода использовались не только для подводной сигнализации, но и для обнаружения подводных лодок по их шуму. Опыты, произведенные в Бугском лимане еще до первой мировой войны, показали, что с помощью этих гидрофонов шум небольшого портового катера отчетливо улавливался на расстоянии 0,5 мили. На больших расстояниях шум катера хотя и прослушивался, но был неотчетливым.

В период первой мировой войны получили распространение электроакустические вибраторы системы американца

Фессендена. Эти излучатели в числе прочих начали устанавливать для звукоподводной связи на русские подводные лодки. И сейчас еще в подвале Центрального военноморского музея в Ленинграде можно видеть акустический излучатель, снятый с прославленной русской балтийской подводной лодки «Пантера», потопившей в 1919 г. большой британский эскадренный миноносец «Виттория».

Творец гидролокатора

Два города на земном шаре — Рязань и Париж — могут считать себя причастными к созданию гидролокатора, одного из важных изобретений первой четверти XX века. В Рязани в 80-х годах прошлого столетия родился в состоятельной интеллигентной семье Константин Васильевич Шиловский — будущий создатель гидролокатора, в Париже он предложил и разработал свое изобретение.

Судьба Шиловского сложна, порою блистательна, во многом печальна. Как же случилось, что Шиловский, по натуре горячий патриот, запатентовал свой локатор не на родине? Сведения о Шиловском мало известны не только широким читательским кругам, но и специалистам-гидроакустикам. Даже авторы книг и статей по гидроакустике, по необходимости упоминаящие о Шиловском, иногда совершенно произвольно нарекают его: кто — русским военным представителем в Париже, кто — русским военным моряком. Поэтому мы считаем не лишним привести здесь краткую биографию этого замечательного изобретателя¹ и сообщить некоторые сведения о его научно-техническом творчестве. (Нет никаких сомнений в том, что жизнь К. В. Шиловского когда-нибудь станет предметом специального обстоятельного-исследования.)

По окончании гимназии Шиловский поступил учиться в Московский университет. За активную подпольно-революционную деятельность в 1903 г. он был осужден и сослан. С большим трудом Шиловскому удалось бежать. При побеге, скрываясь, он долгое время простоял в овраге в ледяной воде. Результаты не замедлили сказаться: Шиловский заболел туберкулезом.

¹ Основные данные из биографии К. В. Шиловского сообщены нам его приемной дочерью Н. И. Столяровой, проживающей в Москве. Ею же любезно передана нам фотография К. В. Шиловского.

Путь на родину был ему закрыт, и после странствий и продолжительного лечения от туберкулеза на юге Европы он поселился в Париже. Здесь Шиловский неоднократно встречался с В. И. Лениным, также пребывавшим в то время в политэмиграции и жившим неподалеку.

Русский изобретатель всегда страстно тянулся к физике и технике, он сделал ряд предложений в различных областях техники, но гидролокатор, бесспорно, его главное детище. Идея гидролокатора зародилась у Шиловского под впечатлением гибели «Титаника», наскочившего в 1912 году на айсберг; она укрепилась под влиянием страстного желания помочь своей родине и союзникам в борьбе с немецкими подводными лодками, которые применяли во время войны жестокую и на первых порах безнаказанную стратегию неограниченных действий.

Приоритет К. В. Шиловского в создании гидролокатора несомненен. В вышедшей в наше время во Франции фундаментальной монографии «Море» (русский перевод

1960 г.) имя Шиловского в этой связи совершенно справедливо поставлено перед именем П. Ланжевена. Гидролокатор Шиловского содержал основные элементы любой современной гидролокационной станции — генератор электрических колебаний, простейшее индикаторное устройство. Эффективный металлокварцевый излучатель для гидролокатора, который мы уже описывали, был впоследствии предложен Ланжевенном, начавшим работать в этой области после предложения французского министра Пенлеве присоединиться к исследованиям Шиловского. Не следует забывать, однако, что за несколько лет до этого, в 1912 году, Шиловский уже самостоятельно осуществил



Изобретатель гидролокатора
К. В. Шиловский.

направленное излучение ультразвука в воду с помощью электроакустического (емкостного) преобразователя.

На разработанные конструкции гидролокатора Шиловский и Ланжевен взяли ряд совместных патентов. Основной патент под наименованием «Описание аппаратов и способов их применения для подачи направленных подводных сигналов и для локализации подводных препятствий» был получен ими в мае 1916 года.

Первые испытания построенных во Франции гидролокационных устройств производились на Средиземном море. При этих испытаниях погруженная подводная лодка обнаруживалась гидролокатором на расстоянии до 2 километров.

Учитывая заслуги Шиловского, французское правительство наградило его орденом Почетного легиона — честь, которой удостаивались очень немногие эмигранты. (Шиловский имел эмигрантский, так называемый нансеновский. паспорт; обменивать его на французский он не хотел, так как это было связано с денационализацией его как русского гражданина.) Ему была предоставлена для постоянной работы собственная лаборатория в Бельвю под Парижем.

В 1923 году на выставке, посвященной 50-летию Французского физического общества, Ланжевен и Шиловский демонстрировали эхолот с пьезокварцевым излучателем-приемником. Этот эхолот позволял измерять большие глубины моря, он был значительно точнее и совершеннее предложенных до этого времени эхолотов Марти, Бёма и других. Пьезоэлектрический эхолот не потерял своего значения и в наши дни.

В начале второй мировой войны, перед наступлением немцев на Париж Шиловский, ненавидевший фашизм, принужден был, несмотря на преклонный возраст, вторично эмигрировать, на этот раз за океан. Умер Шиловский в 1958 году, всеми забытый, в бедности.

Имя высокоодаренного русского изобретателя К. В. Шиловского, который, не имея специального образования, оторванный от родины, смог решить по собственной инициативе сложнейшую научно-техническую проблему, по справедливости должно быть поставлено в ряд имен талантливых самородков начала XX века. Это был подлинный подвиг воли и веры в свой замысел.

А что же происходило в эти времена в области гидроакустики в самой России?

Между двумя войнами

Шли послеоктябрьские годы. Молодой советской республике было еще не по плечу строительство нового подводного флота — основного потребителя гидроакустической техники. В развитии этой техники у нас в стране наступил перерыв. Однако знания в области гидроакустики непрерывно пополнялись. Инженер-контр-адмирал Б. Н. Кудревич со своими курсантами деятельно обследовал гидроакустическую аппаратуру тех времен, академик А. Н. Крылов на лекциях в Военно-Морской академии настоятельно указывал на необходимость изучать акустику военно-морским специалистам.

Но вот начали появляться одна за другой серии советских подводных лодок: «Ленинец», «Декабрист», «Малютка», «Щука». Гидроакустическую аппаратуру для этих лодок пришлось в основном заказывать немецким фирмам.

Развивались и отечественные исследования в области гидроакустики. Еще в тридцатых годах в Ленинграде в лаборатории известного советского акустика, творца ультразвуковой дефектоскопии и микроскопии профессора С. Я. Соколова можно было видеть образцы созданных им мощных металлокварцевых подводных вибраторов, подобных вибраторам Ланжевена. Такие вибраторы впоследствии были использованы в первых гидроакустических приборах, выпущенных молодой советской промышленностью.

В тридцатые же годы в гидроакустику пришел В. Н. Тюлин. Еще до революции он получил образование инженера-путейца. Но однажды инженер-путеец имел неосторожность ознакомиться с гидроакустикой и та навсегда пленила его. Не знаем, какую утрату понесла при этом дорожно-строительная техника, но отечественная гидроакустика явно выиграла.

В 1933 г. В. Н. Тюлин сконструировал первый советский звуковой эхолот. Изготовлен он был на маленьком заводике на окраине Ленинграда. «Это было низкое зданье среди картофельного поля,— вспоминает В. Н. Тюлин.— Здесь производились маячные фонари-мигалки и прочее мелкое оборудование».

В 1934 году ледокол «Ермак», оборудованный этим эхолотом, совершал рейс вокруг Скандинавии. На протяжении 600 км вдоль берегов Норвегии был измерен профиль дна; показания эхолота, которые «вслепую» передавал В. Н. Тюлин в штурманскую рубку, в точности сошлись с данными карты, что вызвало немалое удивление

капитана ледокола. В том же году сообщение о советском эхолоте появилось в печати (журнал «Водный транспорт»). Под портретом В. Н. Тюлина, которого корреспондент снял в рабочей обстановке, стояла подпись: «отец советской гидроакустики».

Впоследствии В. Н. Тюлин первым в стране сформулировал методы расчета гидроакустических излучателей и приемников, руководил разработкой ряда гидроакустических станций, опубликовал в «Морском сборнике» статью «Анализ эффективности шумопеленгаторов». Кроме В. Н. Тюлина лишь немец Г. Штенцель занимался в то время теорией шумопеленгования. Первые учебники по гидроакустике создали впоследствии М. Г. Григорьев, П. П. Кузьмин и В. Н. Тюлин.

В тридцатые годы в одной из радиолaborаторий Ленинграда проектировался ряд гидроакустических станций наблюдения и связи. В работах участвовали виднейший советский акустик Н. Н. Андреев и А. И. Берг, ныне академики. В дальнейшем продолжалась разработка новых, все более совершенных гидроакустических станций, которые поступали на вооружение военно-морского флота.

Заводик среди картофельного поля был реорганизован в современное предприятие с просторными цехами и конструкторскими бюро, хорошо оснащенными лабораториями, где испытывалась гидроакустическая техника. Во время Великой Отечественной войны он был эвакуирован в глубь страны, где, как и множество других эвакуированных предприятий, продолжал производить продукцию.

Еще до начала Отечественной войны группе советских инженеров, и среди них несколькими ученикам проф. С. Я. Соколова, было присвоено звание лауреатов за создание ультразвукового гидролокатора. Хотя первые отечественные приборы не были еще в полной мере совершенными, они помогли в борьбе с гитлеровскими пиратами на самых ранних стадиях Великой Отечественной войны. Уже через три недели после начала войны, 14 июля 1941 г., советская подводная лодка успешно атаковала и потопила первый фашистский транспорт.

Боевая гидроакустическая служба на советских кораблях началась.

II. ГИДРОАКУСТИЧЕСКАЯ ВАХТА ОТКРЫТА

„Одного боюсь: возвращения без победы!“

Молодой советский подводный флот отлично выполнил свою задачу в Великой Отечественной войне: на его долю приходится почти половина потопленного нашими вооруженными силами тоннажа противника. Почти всегда, когда говорят о славе и подвигах подводников, пользуются эпитетом «неувядаемые». Мы привыкли к подобным эпитетам и они, к сожалению, уже не вызывают требуемых эмоций. Между тем, дела подводников, их слава поистине неувядаемы. От первых недель войны до майских дней победы и позже — до момента капитуляции Японии — советские подводники мужественно и бесстрашно несли свою вахту на морских путях и рубежах.

Около шести тысяч подводников награждено орденами и медалями, девяносто командирам присвоено звание Героя Советского Союза, более сорока подводных лодок удостоено звания Гвардейских и Краснознаменных.

«Старшина» советских подводников Кольшкин, «везучий» Щедрин, Лунин, от которого спасался немецкий линкор «Тирпиц», неукротимый Гаджиев, хитроумный Фисанович, Грешилов, прозванный «батей» (весьма, впрочем, эlegantный «бать»!), выведший в ряды гвардейских одну за другой две подводные лодки,



Подводная лодка «С-13» и потопленный ею 25-тысячетонный лайнер «Вильгельм Густлов» [текст см. на стр. 74].



Стариков, лодка которого была обладательницей знамени ЦК ВЛКСМ, Видяев, до своей гибели прошедший без малого год в море, и десятки других славных командиров... Очень разные по характеру, но одинаково отважные, готовые, как один, повторить слова героя-североморца Магомета Гаджиева: «Одного бою: возвращения без победы!» Он погиб

в бою вместе со своей подводной лодкой и ее экипажем, но при жизни никогда не приходил без победы.

Известны и акустики прославленных лодок: Шумихин и Филиппов, Веселов и Кустов, Круглов и Лебедев — всех трудно перечислить. Они одни из первых, вслед за командирами и офицерами, получали на боевых пирсах награды за успешные походы (и добавим, случалось, лакомились жареными поросятами, которыми по шуточной традиции награждались в базах экипажи лодок за каждый потопленный ими корабль или судно противника).

И когда однажды некий, быть может, уставший от длительного похода командир выразил неудовольствие по поводу того, что акустика его лодки, как и его самого, наградили высшим орденом (об этом случае рассказывает в своей книге И. А. Колышкин), он был пристыжен и сразу же раскаялся в своей



Акустик подводной лодки Г. Кондращенко у шумопеленгатора (Северный флот, 1944 г.).

бестактности, недалёковидности. Хотя экипаж боевой лодки и представляет предельно слаженный ансамбль трюмных и торпедистов, электриков и штурманов, всех других специалистов, но у акустика под водой роль особая. Представим себе бойца на ринге, которому вдруг отказали зрение и слух. Сердце и мозг работают, ноги движутся, руки способны наносить удары, и тем не менее этот боец обречен на поражение. То же будет при плохой работе гидроакустических средств — «глаз» и «ушей» погруженной подводной лодки и управляющего ими человека.

Да, советский подводный флот сполна выполнил свой долг перед страной и народом. В нашу задачу не входит осветить хотя бы приблизительно славные дела советских подводников в Великой Отечественной войне. Мы приведем лишь несколько примеров из истории Отечественной войны, которые дают возможность судить о значении гидроакустической техники для подводного флота. Коснемся также действий охотников за подводными лодками и надводных кораблей других классов, ведших борьбу с лодками. И для них гидроакустика имела первостепенное значение, и их экипажи проявили образцы отваги и мужества.

В подводных походах

Балтика, октябрь 1942 года.

Подводная лодка «Щ-303» под командованием капитана третьего ранга И. В. Травкина несет вахту в шхерах в северной части моря. Штормит, наплывают полосы тумана. Особенно велика роль акустика лодки в такую погоду. Уже несколько часов он не снимает наушников, ждет, когда в них раздастся шум винтов вражеских транспортов. Немцы в этом районе подвозят подкрепления на финский фронт.

Круг за кругом обегает циферблат стрелка указателя пеленга. Вот он, наконец, долгожданный шум! Нет, так шумит не транспорт, а... подводная лодка. Недаром акустик «Щ-303» Мироненко в перерывах между походами тренируется, подобно музыканту-виртуозу, по несколько часов в день. А о походах и говорить нечего — здесь акустик иногда сутками не отходит от станции.

Да, без сомнения, это подводная лодка. Своих лодок в этом районе нет, значит — вражеская. И, может быть,

она тоже слышит шум нашей подводной лодки, охотится за ней. Надо немедленно доложить командиру.

Приняв донесение Мироненко, командир дает указание: идти переменным курсом, противолодочными зигзагами. Часто менять глубину, чтобы на «немке» не могли определить, какую устанавливать глубину хода торпед.

Далекий шум лодки постепенно исчезает. Опять в наушниках акустика привычные всплески моря, шумы собственных механизмов лодки, трески электрических помех. Усиление доведено до предела и даже эти слабые шумы подобны грохоту, бьют по нервам, заставляют предельно напрягать слух и сознание. Но вот в привычную какофонию помех вползает новый шум... Тихое ритмичное чавканье низкооборотных винтов. Транспорт!

Лодка всплывает под перископ. Где-то вдаль в пелене тумана медленно движется большое судно, охраняемое двумя сторожевиками. Цель заманчивая, но проклятый туман не дает возможности взять правильный пеленг. Решение может быть только одно — стрелять по акустическому пеленгу. Из центрального поста несется команда: «Кормовые аппараты изготовить!»

А немецкая лодка? О ней временно забыли, но она вновь далеким назойливым тоскливым жужжанием напоминает о себе... Под руками акустика стрелка компенсатора мечется по циферблату. Мироненко непрерывно докладывает командиру пеленги. Пеленг на лодку и — сразу же — пеленг на транспорт. Пеленг на лодку, пеленг на транспорт. Выходить в точку залпа под контролем вражеской лодки опасно. Командир решает — перейти на другой борт транспорта.

...По акустическому пеленгу с учетом поправок произведен двухторпедный залп. Экипаж отсчитывает секунду за секундой. Напряжение предельное. И вдруг оно сменяется общими радостными возгласами: без всякой акустики команда услышала два далеких глухих взрыва. Кто поражен — транспорт или, может быть, сторожевик?

Всплыть, проверить? Но почти сразу же в лодке услышали нарастающий шум приближающихся торпед. Вражеская подводная лодка, долго подкараулившая нашу лодку, определив по шуму выпущенных «Щ-303» торпед ее местоположение, перешла к активным действиям. Торпеды с леденящим мозг воем прошли справа и слева от «Щ-303».

Немцы, как известно, назначали премии за головы советских военных деятелей. С циничным педантизмом раз-

рабатывали они шкалу премий. Так, за голову легендарного советского разведчика Н. Кузнецова была назначена премия 25 тыс. марок, а за голову или жизнь И. Травкина — даже 50 тыс. марок. Дорого ценили немцы советского подводного аса, много было охотников его уничтожить. Но Травкин, несмотря на все усилия противника, в тяжелых для подводных лодок условиях мелководного моря, перепоясанного во многих местах противолодочными заграждениями, усеянного минами («супом с клецками» называли тогда подводники это море), продолжал успешно действовать на «Щ-303», а впоследствии на большой крейсерской подводной лодке. В феврале 1945 г. ему было присвоено звание Героя Советского Союза. Сейчас он журналист, печатается в военно-морских периодических изданиях, написал вторую книгу своих боевых воспоминаний, в которой, кстати сказать, уделяет значительное место гидроакустике.

Иван Васильевич Травкин внешне суров, улыбается редко, однако, вспоминая умелые действия Мироненко, он не может удержаться от улыбки.

«Было еще у нас много моментов, когда роль гидроакустики трудно переоценить, — рассказывает он. — Казалось бы, что общего между шумопеленгатором и противолодочными сетями? Но мы знали, что сети, а их было в Финском заливе великое множество, крепились к якорям цепями. Звон цепей — очень характерный звук, его можно легко выделить на фоне любых помех. Услышал однажды акустик: гремят цепи. Застопорили ход, всплыли — действительно, прямо по носу противолодочное сетевое заграждение. Пошли в обход.

«С помощью акустики, — продолжает Иван Васильевич, — прошли мы в кильватере немецкого транспорта по фарватеру через минные заграждения на финский рейд Утэ. Потопили там транспорт и тем же путем выбрались.

«Учитывали и гидроакустические средства противника. Знали, например, что немецкая береговая шумопеленгаторная станция у острова Тютерс имеет «мертвую зону» под самым берегом. Вот тут-то, прижимаясь к берегу, и проходила беспрепятственно «Щ-303». А корабли, идущие на большом расстоянии от острова, легко обнаруживались немецкой станцией.

«Но главная задача гидроакустики, — заканчивает И. В. Травкин, — прорыв рубежей активной противолодочной обороны. Сейчас в связи с совершенствованием сил

ПЛО особенно возрастает роль гидроакустики при подобных операциях».

Таков Травкин — командир, учитывающий все требования современной техники, волевой, бесстрашный.

Примечательной кажется нам и дальнейшая история Ивана Стаховича Мироненко. Во время бомбовых атак подводных лодок в наушниках акустика раздается страшный грохот. На лодку Травкина в некоторых походах было сброшено в течение нескольких дней сотни бомб. Нет ничего удивительного в том, что слух Мироненко со временем ослабел. На «Щ-303» был назначен другой акустик. Но Мироненко упрямился командира лодки взять его с собой в очередной поход, связанный с форсированием плотных минных и сетевых заграждений, поход, подобный тем, из которых не возвратились многие подводные лодки. Во время этого похода Мироненко передавал молодым матросам свой богатый опыт флотского акустика. После войны Мироненко еще долго служил старшиной акустиков на Балтийском флоте.

Баренцево море, май 1942 года. . .

Через северные моря в период Отечественной войны проходили трассы транспортов с грузами в Мурманск и Архангельск. Эти моря служили ареной интенсивных военных действий. Немалую роль в них играли подводные лодки.

Гидроакустические средства обнаружения использовались на Севере весьма широко. Этому способствовали, с одной стороны, плохие условия видимости на море (частые снежные «заряды», пурга, длинные полярные ночи), с другой — хорошие условия распространения звука в море. Охлаждение поверхностных слоев воды вызывало рефракционное искривление звуковых лучей вверх и образование приповерхностного звукового канала. Дальность действия шумопеленгаторных станций достигала иногда многих миль. Так, подводная лодка «К-21» под командованием Н. Лунина обнаружила по подводному шуму немецкую эскадру за 12 миль. Лодка взяла курс на эскадру и, всплыв внутри кольца охранения, атаковала линейный корабль «Тирпиц».

А вот пример, когда героем явилась подводная лодка малого водоизмещения «М-176» (моряки ласково называли лодки этого типа «малютками»). «М-176» обнаружила неведомую подводную лодку. В этом квадрате не могло быть наших лодок, следовательно, вывод один — это противник. Почти одновременно на немецкой подводной лодке обна-

ружили «малютку». Но ни одна из лодок не захотела удирать.

Командир «М-176» капитан-лейтенант И. Л. Бондаревич знал: перед ним опасный и очень искусный противник, имеющий за плечами опыт нескольких лет подводной войны с англичанами и американцами. Тем не менее решение могло быть только одно — атаковать противника. Прежде всего надо было принять меры, обеспечивающие гидроакустическую скрытность: заглушить механизмы, идти малым бесшумным ходом. С этого момента судьба каждой из лодок зависела от четкости работы акустика, умения и находчивости командира.

Подводный поединок лодок длился два часа. Водоизмещение вражеской лодки значительно превышало водоизмещение «малютки», соответственно большим был и запас торпед. Около десятка их выпустила «немка», и все они прошли мимо. Советская лодка не могла быть столь расточительной, ей надо было наносить удар наверняка. И Бондаревич выжидал, непрерывно маневрируя, руководствуясь донесениями своего искусного и внимательного акустика. Откажи в этот момент акустическая аппаратура, плохо пришлось бы лодке. Но аппаратура действовала безотказно, в наушниках шумопеленгаторной станции сквозь бульканье воды и тихое гудение собственных механизмов раздавались звуки, излучаемые вражеской лодкой. На каждой лодке ждали подходящего момента. И подходящий момент для «малютки», наконец, представился. Акустик доложил, что немецкая лодка всплыла и, судя по стуку и лязгу, перезаряжает торпедные аппараты или производит мелкий ремонт. Так самоуверенно гитлеровцы могли действовать, только полагая, что русская подводная лодка потоплена или спаслась бегством.

Бондаревич привсплыл под перископ. Нет, не думали фрицы о приближающейся смерти, плохую службу сослужил им их акустик, ловко скрывалась советская лодка. Еще около километра прошла «М-176» бесшумным ходом по направлению к противнику, потом выпустила две торпеды. Донесся глухой тяжелый удар и треск ломающегося металла. Экипаж «М-176» мог вздохнуть свободно: противник потоплен или надолго лишен боеспособности.

Черное море, август 1943 года. . .

«Малютка» под командованием Я. К. Иосселиани вела поиск у выхода из румынского порта Констанца. Иосселиани был уроженец Сванетии, он спустился с Кавказских

гор и опустился в глубины родного Черного моря, чтобы бить пришельцев с Северного моря. Молодому упорному свану этого показалось недостаточно и впоследствии он сам перебрался в северные моря, где столь же успешно боролся с врагом.

Гидроакустиком на «малютке» Иосселиани был матрос Иван Бордок. Его называли «одержимым». Он буквально не расставался со своим шумопеленгатором, не хуже инженеров и конструкторов — создателей станции — знал ее достоинства и мельчайшие недостатки.

«Каждую свободную минуту,— свидетельствует Я. К. Иосселиани,— он проводил за пультом своей станции, вскрывал ее, ремонтировал, вводил усовершенствования, слушал бурное и тихое море, разгадывал, как ребус, «гидроакустическую историю» любого проходящего вдали корабля. Мы каждодневно убеждались в феноменальном слуховом чутье Бордока.

«Был такой случай,— продолжает Ярослав Константинович,— рассказывали о нем как-то матросы. Если и приврали, то самую малость. Так вот, стояли мы в базе. Бордок, как всегда, потребовал от матросов, чтобы не шумели, и, сидя внутри лодки, начал прослушивать проходящие корабли, суда и суденышки. На мостик поставил контролера.

— А ну, Иван, что за пароход показался? — спрашивает матрос-контролер.

— Катер рыбачий.

— Правильно. А теперь?

— Транспорт чапает.

— Верно. Ну, а сейчас?

— Эсминец идет.

— Эх ты, великий слухач, рыбачью лайбу с эсминцем спутал. И на старуху бывает проруха.

— А я говорю эсминец,— горячится Бордок.— И катеришко тоже.

— Ну вылезай тогда, сам посмотри на свой эсминец.

Бордок вылез из люка, бросил взгляд на подходящий катер, потом не спеша осмотрел горизонт. Указал рукой вдаль.

— А это что?

Далеко за стоящими на рейде судами, едва видимый, проходил на довольно большой скорости эсминец.

...Вот этот-то гидроакустик и следил сейчас за выходом из бухты, где могли находиться суда противника. Вскоре он услышал шум приближавшихся катеров, которые

произвели «профилактическую» атаку подводной лодки. Это было верным признаком приближения конвоя,— и действительно, в наушники влился далекий шум тихоходных транспортных судов с их медленно вращающимися гребными винтами. И в этот момент, как назло, собственный винт «малютки» застопорился — на него намотался случайный кусок троса. Все время, пока два матроса в водолазных костюмах освобождали винт, Бордок докладывал командиру о движении конвоя, об эволюциях катеров охранения. Затем лодка привсплыла под перископ и выпустила две торпеды в самый большой транспорт конвоя.

Всю ночь вражеские катера преследовали подводную лодку. И всю ночь Бордок не снимал наушников, докладывал командиру, откуда ожидается очередная атака. Лишь к утру утихли в наушниках последние далекие взрывы глубинных бомб. И до и после этого трудного похода Иван Бордок неоднократно находил по подводному шуму объекты для атаки и много раз выручал «малютку», своевременно сигнализируя о возможности внезапного нападения на лодку противника даже тогда, когда, казалось, и кораблей-то поблизости не было.

После войны Иван Бордок демобилизовался и перешел на партийно-административную работу. Герой Советского Союза Иосселиани в настоящее время служит в училище, где готовят молодых подводников. Кроме того, он плодовитый морской писатель-мемуарист.

..И вот одна из вершин успеха советских подводников в Отечественной войне и одновременно триумф советской военной гидроакустики. По времени он совпал с великими решающими битвами, которые вела Советская Армия на всем фронте от Балтики до Карпат. Героем его суждено было стать балтийской подводной лодке «С-13» под командованием капитана третьего ранга А. И. Маринеско. Любопытно, что командир «С-13» родился в 1913 году, но двойное сочетание «рокового» числа не пугало советских подводников.

«Если и будут для кого-нибудь роковыми числа тринадцать,— говорили на подводной лодке,— то только для противника». И история подтвердила это.

В январе 1945 г. «С-13» патрулировала в Балтийском море в районе Данцигской бухты. Обычно оживленный, этот район сейчас как будто вымер. Уже истекал полуторамесячный срок пребывания лодки на позиции, а достойных атаки объектов не появлялось. Но вот первая крупная

удача. Подводная лодка дерзко вышла в атаку на большой транспорт «Вильгельм Густлов» и потопила его.

На борту транспорта, самого крупного из потопленных советскими подводными силами, находилось до 9 тысяч гитлеровцев, более половины составляли подводники. Это школа подводного плавания эвакуировалась из Данцига в Киль. Вскоре стало известно, что в Германии объявили по этому поводу трехдневный траур и Гитлер приказал расстрелять командира конвоя. У Гитлера были на этот счет свои соображения: на «Густлове» находился его личный салон, когда-то он пообещал встретиться на нем день победы.

Командир «С-13» был объявлен «личным врагом Германии» и заочно приговорен к смертной казни. Могло ли это испугать подводников? Напротив, успех воодушевил экипаж подводной лодки. Прошло немногим более недели. В одну из студеных темных февральских ночей «С-13» в надводном положении производила зарядку батарей. Каждые 15—20 минут по приказу командира стопорили дизели и акустик лодки «прослушивал горизонт». Гидроакустическую вахту в это время нес радист Рашевский, а основной акустик лодки Бугаев отдыхал.

«Рашевский был очень музыкален,— вспоминал А. И. Маринеско в беседе с автором,— хорошо играл на скрипке и обладал чутким слухом. При всякой возможности он упорно тренировался, прослушивая пластинки с записями шумов различных кораблей, и, кроме основной специальности радиста, отлично освоил специальность акустика».

Вдруг Рашевский четко доложил: «По курсовому углу 150° с левого борта — шум винтов большого транспорта и эсминцев охранения. Дистанция — около 30 кабельтов».

Пеленг медленно смещался к траверзу.

— Курс 140° , 130° , 120° , — докладывал акустик.

Конвой обгонял подводную лодку. Глаза стоявших на мостике были напряжены до предела. Но вот в кромешной тьме ночи обозначились какие-то зловещие багровые огни.

— Пламя из труб эсминцев, — догадался Маринеско.

Лодка начала маневрировать, чтобы занять позицию для торпедного залпа. Когда на дистанции 8—9 кабельтов едва видимая серая громада транспорта легла на скрещении нитей ночного прицела, были выпущены две торпеды. Раздался один за другим два сильных взрыва и затем третий, еще большей силы. Видимо, взорвались котлы транспорта.

Как впоследствии оказалось, на этот раз удачливая «С-13» отправила на дно вооруженный транспорт «Генерал Штойбен» водоизмещением около 15 000 т. На нем погибло более 3000 гитлеровцев. Поистине, число тринадцать оказалось роковым, но лишь для противника. За этот успешный поход лодка «С-13» была награждена орденом Красного Знамени. Потопление за одну декаду двух больших транспортов общим водоизмещением более 40 000 т¹ в сочетании с предыдущими победами сразу выдвинуло А. И. Маринеско в число «рекордсменов».

В 1959 г. на первом сборе ветеранов-подводников Балтфлота пожилому чуть понурому человеку в мягкой шляпе и широком летнем пальто был вручен традиционный подарок подводников — жареный поросенок. Так старые боевые друзья и командование чествовали «подводника № 1», человека, за декаду отправившего на дно моря дивизию. Через четыре года после этой встречи героя не стало.

«Имея на борту исправную гидроакустическую аппаратуру и тренированных акустиков, я не боялся немцев,— говорил Александр Иванович.— Гидроакустика не только позволила нам обнаружить «Штойбен», но, можно сказать, спасла лодку от гибели после потопления «Густлова». Корабли охранения сбросили на нас тогда 240 бомб. В промежутках между разрывами бомб мы старались прослушать работу гидролокаторов противника. По отсутствию характерного «цоканья» в борт нашей лодки я понял, что преследующие нас корабли не имели гидролокаторов, и решил это использовать. Корабли часто стопорили ход, чтобы прослушать винты нашей лодки и определить ее местоположение перед бомбежкой. Акустик каждый раз докладывал, когда ближайший корабль начинал стопорить ход, и мы тоже сбавляли ход до такой величины, при которой винты лодки не создают шума (этот прием применяли многие советские подводные лодки.— И. К.). Такая игра в «кошки-мышки» продолжалась очень долго, но, как видите, мы вышли из нее живыми».

Рассказывал А. И. Маринеско автору также о поединке с подводной лодкой у острова Гогланд, подобном поединку лодки «М-176» на Севере. «Но в отличие от «М-176»,— говорил Маринеско,— мы вообще не могли тогда тратить

¹ Для сравнения укажем, что немецкие подводные лодки, по данным адмирала Деница (уж его-то труднее всего упрекнуть в умалении заслуг германского подводного флота), потопили на Балтике за войну суда противника общим водоизмещением 8600 тонн.

торпеды и «пугали» гитлеровцев холостыми выстрелами из торпедных аппаратов. Шум воздуха, выходящего из аппаратов, воспринимался вражеской лодкой как торпедный залп, и она старалась в этот момент уйти подальше от нашей лодки. Сами немцы были менее экономны и выпустили на нас 8 торпед. Мы отчетливо слышали шум приближающихся торпед и уходили поглубже, а затем стопорили ход для уменьшения собственного шума на тот случай, если выпущенная торпеда окажется акустической. Все 8 торпед прошли над нами.

«Да, гидроакустика для подводной лодки — незаменимое средство,— закончил свой рассказ прославленный подводник.— Будь у нас тогда теперешняя гидроакустика, и не такие дела можно было бы делать. Не приходится сомневаться, что современные подводники, обладающие несравненно более совершенной боевой техникой, если будет нужно, совершат еще более славные подвиги». Этот завет героя, которого уже нет среди нас, должна помнить молодежь, посвятившая себя подводному флоту.

В борьбе с „волчьими стаями“

В середине второй мировой войны немцы стали широко применять групповые действия своих подводных лодок. Такие группы лодок, именуемые «волчьими стаями», по очереди или одновременно выходили в атаки на конвои и военные суда противника. Пришлось столкнуться с «волчьими стаями» и советским военным морякам, действовавшим на Севере, где имелось оживленное движение конвоев, с одной стороны, и оперативный простор для действия подводных лодок, с другой.

К этому времени большинство немецких подводных лодок было оборудовано шнорхелями — длинными убирающимися вертикальными трубами, служащими для забора воздуха, необходимого дизелям лодки, и для выхлопа отработанных газов дизелей. Пользуясь шнорхелем, лодка могла идти дизельным ходом под поверхностью воды и заряжать аккумуляторную батарею. На поверхности воды при этом находилась лишь небольшая «головка» шнорхеля, с трудом обнаруживаемая визуально или с помощью радиолокации. С появлением шнорхеля значение гидроакустики для кораблей, ведущих поиск подводных лодок, увеличилось. Значительное количество советских надводных кораблей было оборудовано достаточно совершенными гидролокаторами.

Гидролокатор имелся и на одном из старейших наших кораблей — эсминце «Карл Либкнехт», сопровождавшем в числе других кораблей охранения конвой, направлявшийся незадолго до окончания Отечественной войны в Мурманск. Немецкий подводный флот, который, кстати сказать, капитулировал последним из всех родов гитлеровских боевых сил, в конце войны был еще вполне боеспособен. Вплоть до 4 мая 1945 г., то есть уже после смерти Гитлера, немецкие лодки выходили из своих баз с боевыми заданиями. Лишь в августе 1945 г. последняя боевая лодка, подобно затравленному волку, вошла в аргентинский нейтральный порт. (Узнаем ли мы когда-нибудь о том, что чувствовали люди на этом одиноком подводном пирате? Отчаяние, злоба и страх... Рухнуло «трехнедельное» правительство адмирала Деница, директив больше ждать неоткуда. Победивший мир ликует в эфире, а здесь, на лодке, — ненависть, злоба и боязнь возмездия... И не на этой ли подводной лодке удирал в Южную Америку Борман?)

Впрочем, все это будет через год, а в те дни, о которых мы рассказываем, разведка известила наши корабли, что целая группа немецких лодок находится в районе движения конвоя. Несмотря на малую дальность действия гидролокаторов, вызванную неоднородным прогревом воды, на «Карле Либкнехте» было получено четкое эхо от подводной лодки, которая уже прорвалась внутрь охранения конвоя и, по-видимому, готовилась к атаке. Лодка была отогнана, но вскоре другой лодке удалось выйти в точку залпа и торпедировать один из транспортов. «Волчья стая» действовала упорно и беспощадно.

Эсmineц и катера охранения усиленно вели гидроакустический поиск лодок. И, наконец, одна из них была обнаружена. «Карл Либкнехт» сбросил две серии глубинных бомб, а затем добил привсплывшую искалеченную, но еще сопротивлявшуюся лодку артиллерийским огнем. Лишь после войны по документам гитлеровского командования был установлен бортовой номер потопленной лодки — «U-286».

Вскоре корабли охранения конвоя обнаружили еще три подводные лодки. «Волчья стая» старалась нанести возможно больший урон противнику. Однако эти лодки не были допущены к конвою, который беспрепятственно дошел до места назначения.

За несколько месяцев до этого в Балтийском море катер-охотник «МО-124» под командованием капитан-

лейтенанта Н. Д. Дежкина обнаружил гидролокатором и потопил немецкую подводную лодку новейшей постройки «U-2342», плававшую менее 5 месяцев. В мелководной Балтике условия для работы гидроакустических станций были, как правило, значительно менее благоприятны. Сильная реверберационная помеха вследствие отражений лучей гидролокатора от дна, рефракционные искривления звуковых лучей — все это затрудняло работу акустиков кораблей; требовались большое упорство и умение, чтобы в этих условиях вести успешный поиск лодок.

Катер «МО-124» сопровождал шедший в Таллин конвой. Ночью катер обнаружил подводную лодку. Лодка готовилась напасть на конвой и двигалась малым ходом. Эхо от нее было очень четким. После первой бомбежки лодки катером гидроакустик катера опять нашел ее среди множества ложных эхо от облаков газовых пузырьков, появившихся после взрывов глубинных бомб. Еще один заход на лодку — и новая серия бомб. Эхо исчезло, и катер пошел догонять конвой. Ночной бой занял всего несколько минут. О потоплении лодки узнали лишь по окончании войны.

Через две недели этот же катер опять-таки ночью обнаружил с помощью гидроакустических приборов подводную лодку и четырежды атаковал ее. Как впоследствии выяснилось, в этот день здесь была потоплена лодка «U-679».

Затянувшееся возмездие

История, которую мы хотим рассказать, относится на этот раз к действиям держав на западных военно-морских театрах войны и состоит из двух звеньев. В обоих ее звеньях видную роль играла гидроакустика.

Начало истории относится к первому периоду второй мировой войны. Прошло немногим более месяца с момента объявления войны, как весь мир внезапно облетела весть об исключительно дерзком нападении. Огромный английский линкор «Ройял Ок» («Королевский Дуб») был потоплен немецкой подводной лодкой в «собственной спальне» — в главной базе английского флота Скапа-Флоу. Английская, да и не только английская, печать трубила об «абсолютной защищенности» Скапа-Флоу от проникновения морского врага. И вот финал: современный военный корабль и около девятисот моряков были за полчаса погребены под водой в результате торпедной атаки вражеской подводной лодки.

Как же это произошло? Академик А. Н. Крылов, широте научного и технического кругозора которого может и сейчас позавидовать любой ученый, сразу же откликнулся на это событие специальной статьей. В ней он высказал предположение, что командир немецкой подводной лодки участвовал в работах по восстановлению гавани после первой мировой войны и детально изучил входы в гавань.

Как показывают изданные впоследствии материалы английской секретной службы, А. Н. Крылов оказался недалек от истины. Но подходы к стоянке «Большого Флота» Англии изучал не командир лодки, а специальный немецкий шпион, живший несколько лет под видом часовщика вблизи от Скапа-Флоу. (Отметим, что немцы по сей день отрицают помощь шпиона в проникновении лодки в Скапа-Флоу и утверждают, что командир лодки пользовался лишь данными авиаразведки; впрочем, английская версия выглядит более убедительной, тем более, что английской разведке удалось установить фамилию и полную биографию шпиона.)

Итак, в один роковой для англичан день, а точнее в ночь, назначенную немецким командованием, мнимый часовщик прибыл на шлюпке на подводную лодку отчаяннейшего из немецких подводных асов — капитан-лейтенанта Прина.

Вот тут-то и наступила очередь гидроакустики. Ориентируясь по шумопеленгатору, командир лодки пристроился в кильватер к входившему в гавань английскому транспорту. Лодке удалось не только потопить линкор, но, пользуясь суматохой, беспрепятственно выйти из гавани. Прин оказался более удачливым, чем его предшественники, пытавшиеся проникнуть в Скапа-Флоу в первую мировую войну. Ни одна попытка тогда не увенчалась успехом, а две из них кончились печально для подводных лодок и их экипажа.

Прошло полтора года. Прин сумел нанести еще немало вреда англичанам и американцам, прежде чем пришло возмездие. В марте 1941 г. ему довелось встретиться в Атлантике с английским эсминцем «Вулверин». После первой же бомбежки лодка принуждена была всплыть и попыталась в темноте уйти от эсминца, развив максимально возможный надводный ход. Но ее выдал шум винтов, подслушанный «асдиком» эсминца («асдик» — гидроакустическая станция, созданная англичанами в период второй мировой войны).

Новая атака по погружившейся подводной лодке, «ящик» из глубинных бомб и, наконец, долгожданное прямое попадание. Вспышка под водой, грохот, обломки на поверхности моря в луче прожектора эсминца красноречиво возвестили о гибели лодки.

Как видим, и в этом последнем акте затянувшегося возмездия гидроакустический прибор сыграл не менее активную и решающую роль, чем во время диверсии немецкой подводной лодки в базу «Большого Флота».

Дневник гидроакустической охоты

Своеобразие процессов поиска и преследования подводных лодок с применением гидроакустических средств, пожалуй, лучше всего можно почувствовать, перелистав вахтенные журналы кораблей, ведущих поиск лодок, и журналы самих лодок.

Вот характерная запись в журнале катера-охотника одной из воюющих держав:

«... 13.20 по пеленгу 30° в расстоянии 8 кабельтовых получено эхо от подводной лодки. Ход при поиске 14 узлов.

13.25. Взяли курс на подводную лодку. Допплер выше. С дистанции 7 кабельтовых легли на боевой курс 35° . Дали ход 20 узлов.

13.30. Сбросили малую серию глубинных бомб. Эхо исчезло.

13.35. Перешли на ШП (шумопеленгование — И. К.). По пеленгу 100° слышен слабый шум винтов. Взяли курс на него, перешли на эхопеленг.

13.44. Легли на боевой курс, сбросили большую серию глубинных бомб. Наблюдали два лишних взрыва, после чего на воду всплыли обломки дерева, фуражка, показались пузыри воздуха и масло. Шум и эхо исчезли.

14.08. Дали вторую серию глубинных бомб. Обследовали горизонт. Шума и эха нет. Передана радиограмма о потоплении лодки...»

А вот как могла бы выглядеть в этом случае запись в вахтенном журнале преследуемой подводной лодки:

«...13.08. Акустик доложил командиру о шуме винтов противолодочного корабля. Пеленг 140° . Изменили курс, ход 10 узлов.

13.22. Противник обнаружил нас, поддерживает непрерывный эхоконтакт. Шум винтов увеличился. Командир приказал сделать зигзаг.

13.32. Противник сбросил серию глубинных бомб. Вышло из строя освещение в центральном посту. Включили аварийное освещение. Дали полный ход.

13.38. Противник снова установил эхоконтакт с нами. Повернули на курс 45°.

13.46. Противник сбросил большую серию бомб. Две бомбы разорвались в кормовой части с правого борта. Командир приказал сделать ложный взрыв и выбросить мусорный пакет. Дали воздушный пузырь, выпустили соляр из цистерны № 2.

13.55. Устранили течь в 5-м отсеке. Вышел из строя циркуляционный насос, поврежден упорный подшипник.

13.59. Легли на грунт, выключили механизмы.

14.10. Отдаленные взрывы по пеленгу 0°.

14.25. Шум винтов катера исчез. . .».

Примерно такими могли бы быть записи в бортовом журнале подводной лодки. Они могли бы быть последними, о них можно было бы вообще не узнать, окажись командир противолодочного корабля более настойчивым. Но в данном случае подводная дуэль, в которой едва ли не главными действующими лицами были акустики обоих кораблей, окончилась вничью.

Из приведенного небольшого боевого эпизода видно, какое значение для подводной лодки имеет скрытность. Что же предпринимали во времена второй мировой войны с целью увеличения скрытности лодок?

Тише воды

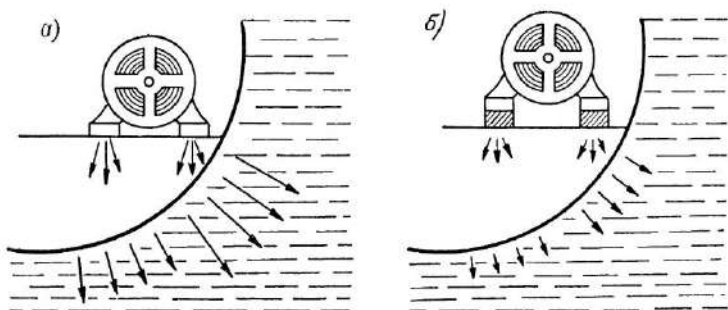
Для уменьшения шума, излучаемого подводными лодками, все их механизмы устанавливали на специальные резиновые амортизаторы, не пропускающие звуковой вибрации к корпусу лодки.

Бывший командующий Тихоокеанским подводным флотом США Ч. Локвуд в книге «Топи их всех», посвященной борьбе американского флота с японским, пишет:

«Прежде чем послать подводную лодку в боевой поход, мы тщательно проверяли ее, чтобы установить, не превышает ли шумность ее механизмов установленной нормы. . . Если какой-нибудь из них производил слишком много шума, мы устанавливали причину и вносили необходимые коррективы, пока не добивались успешного результата. Большинство подводных лодок без труда выдерживало этот экзамен, однако с течением времени по мере

износа главных редукторов иногда наблюдалось превышение допустимого уровня шумности. В этом случае мы были вынуждены посылать подводную лодку на боевое задание в такой район, где противолодочные корабли противника были «не на высоте».

Неслучайно, когда в августе 1941 г. в плен к англичанам попала немецкая подводная лодка «U-570», они прежде всего измерили подводные шумы ее главных и вспомогательных механизмов.



Влияние виброизолирующих амортизаторов на излучение шума механизмов в воду: а — механизм не амортизирован, в воду излучается большой шум; б — механизм установлен на амортизаторы, передача вибрации фундаменту и шумоизлучение в воду уменьшились.

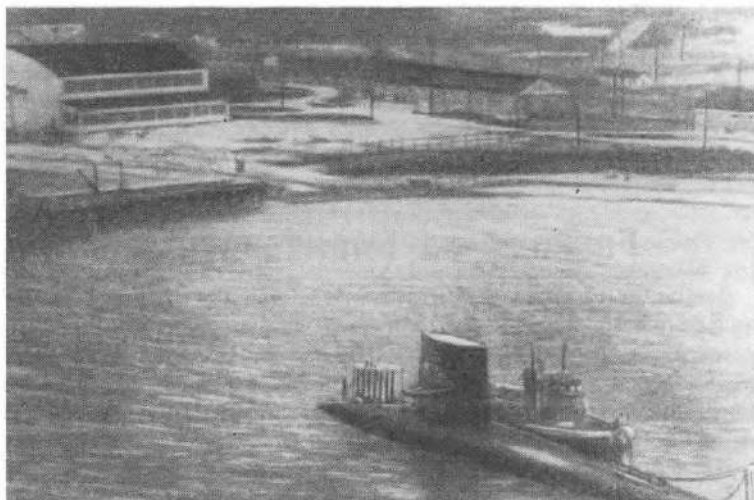
А отечественные лодки? Они тоже не отставали. Об этом свидетельствует хотя бы следующая деталь. Когда лодка, скрываясь от противника, ложилась на грунт, на ней требовалось выключить все механизмы. Но есть механизмы, которые, казалось бы, и выключать нельзя. К ним относятся машинки регенерации воздуха. Это попросту маленькие электровентиляторы. К вентилятору привинчивается регенерационный патрон с химическими веществами, улучшающими состав воздуха в отсеках. При нахождении противника вблизи от лодки некоторые командиры заставляли выключать и эти механизмы. Когда воздух в отсеке становился непригодным для дыхания, подавалась команда: дышать через регенерационные патроны.

В результате защитных мер лодка в буквальном смысле становится «тише воды», так как излучаемый ею при подводном ходе шум уже на относительно малом расстоянии сливается с шумом моря и становится почти неотличимым

от него. Мы говорим «почти» потому, что конструкторы шумопеленгаторов тоже не складывают оружия и стараются всемерно усовершенствовать свои приборы.

Когда появились атомные двигатели для подводных лодок, задача обесшумливания лодок встала с особой остротой.

Военно-морская печать США полна сообщениями о том, какие меры принимаются для обесшумливания ло-



Подводная лодка, спущенная со стапелей верфи, проходит испытания на шумность [США, наши дни].

док. Здесь и повышенная точность изготовления зубчатых передач механизмов (до десятых долей микрона!), и вибропоглощающие покрытия корпусных конструкций, и многое другое. Каждая подводная лодка после спуска на воду проходит акустические испытания в специальных бассейнах. Создана многоканальная (до 100 каналов) электроакустическая аппаратура, позволяющая одновременно измерять шумы и звуковые вибрации во многих точках подводной лодки, а затем на быстродействующих электронно-счетных машинах вычислять акустические характеристики лодок. Но не так-то легко сделать «тише воды» десятки тысяч лошадиных сил, сделать так, чтобы были безмолвными атомные гиганты, несущиеся со страшной быстротой в морских глубинах.

На американских подводных лодках устанавливаются гидроакустические шумомеры, гидрофоны которых выведены за прочный корпус в районе расположения гребных винтов. Тем самым создается возможность точно определить, при каких скоростях хода на данной глубине погружения лодки и в данных гидрологических условиях возникает шум винтов, демаскирующий подводную лодку. Услышав сигнал гидроакустического шумомера, командир лодки может сразу дать команду увеличить глубину погружения, чтобы шум винтов прекратился.

Однако, заговорив о мерах по обесшумливанию подводных лодок, которые принимали страны антигитлеровской коалиции, мы незаметно перешли к нашим дням. Стобит, пожалуй, вернуться назад и рассказать, что делал в период второй мировой войны отряд немецких акустиков, в то время, несомненно, самый мощный в мире.

Господа из Бланкенбурга

Дымы и пепелища... Пепелища, дымы, развалины. Таков Берлин начала 1945 г. Когда-то победно трубивший, он затих сейчас, ожидая очередного налета советской и союзной авиации. Только из подвалов имперской канцелярии нескончаемым потоком несутся к приблизившимся фронтам никому не нужные уже теперь приказы.

Да, Берлин в январе 1945 г.— неуютное место для технических совещаний. Но подобное совещание необходимо было провести немецким акустикам, связанным с военноморским флотом. Таково указание гросс-адмирала Деница, главнокомандующего ВМС, покровителя подводных сил, таков, наконец, приказ самого «фюрера».

В центре Германии, в маленьком городке Бланкенбурге, лишенном военных объектов, война чувствуется гораздо слабее. Старинные шпили и башенки отеля «Эрхолюнг» («Отдых») напоминают о временах буршей и романтиков, которым еще не приходилось класть свои головы во имя торжества «высшей расы». В вестибюле отеля за столами на диванах сидят группами почтенные господа, одетые по довоенному элегантно. Здесь сливки немецкой акустики, расцветшей в двадцатые — тридцатые годы в университетских садах Геттингена. По знаку распорядителя все проходят в банкетный зал. Рассаживаются, вперив взоры в председательствующего.

«Meine Damen und Herren» ... председательствующий осекся. Сразу же поправляется:

«Meine Herren» ... Разрешите открыть очередное заседание группы «Малошумная подводная лодка». Гросс-адмирал Дениц просил меня передать, что фюрер удовлетворен деятельностью нашей группы».

Все встают, правая рука вытянута вперед и вверх, на губах — приветствие фюреру. Кое-кто, кажется, иронически поморщился. Но тотчас же украдкой оглянулся: не заметили ли соседи?

«За истекшие полгода,— продолжают председательствующий,— нами исследованы шумы около ста подводных лодок, даны указания фирмам о снижении шумов оборудования лодок».

Начинаются технические сообщения. Малошумные винты в насадках для подводных лодок «Зеехунд» («Морская собака»), установка на звукоизолирующие амортизаторы главных электромоторов и дизелей подводных лодок, устройства для контроля чувствительности гидрофонов при прослушивании и гидроакустической «паспортизации» лодок специальной станцией на Балтике, исследование шумов моря.

Сообщения, графики, диаграммы. Словно и не трещит где-то по всем швам германская военная машина. Здесь, в Бланкенбурге, городке, удаленном от фронтов, выполняется приказ фюрера по усилению мощи немецкого подводного флота. Ведь этому флоту еще придется повоевать во славу третьего рейха.

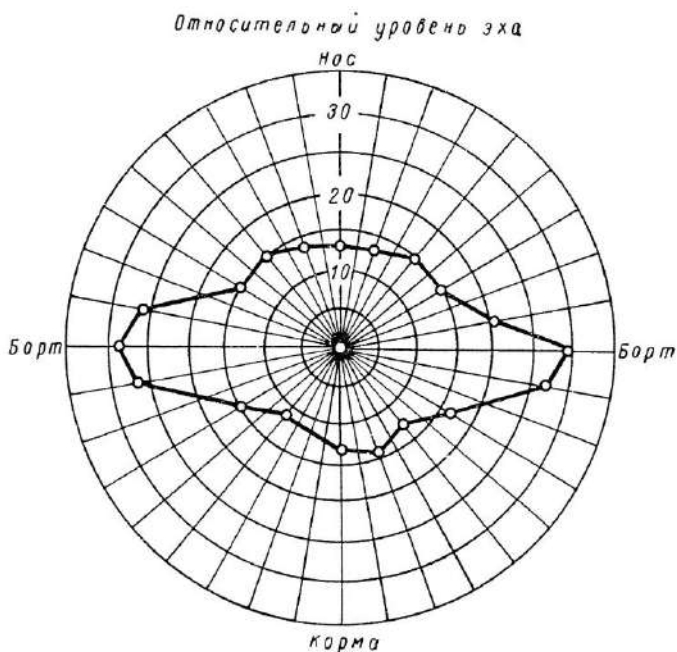
Придется ли?

Это было последнее заседание группы «Малошумная подводная лодка». Господа разъехались по верфям, институтам, флотам. Ничто, никакие технические новинки уже не могли помочь гибнущей империи Гитлера. Однако до самого конца войны немецкие ученые и инженеры продолжали работать над увеличением скрытности подводных лодок от обнаружения шумопеленгаторными станциями противника. Так терпящий поражение боец на ринге старается дотянуть хотя бы до конца раунда, надеясь на свой опыт, пуская в ход любые боевые хитрости.

На подводной лодке появляются персонажи „Нибелунгов“

Боевые хитрости понадобились и для того, чтобы защищать подводные лодки от гидролокаторов. Эта защита труднее, но и здесь ученым удалось кое-что сделать. Так

как, с одной стороны, наибольшую ставку на подводный флот из всех воюющих держав делала Германия, а с другой стороны, техника гидролокации, с которой следовало бороться подводникам, более быстро развивалась у союзников, то нет ничего удивительного, что именно в Германии были развернуты интенсивные работы по защите под-



Полярная характеристика гидролокационного отражения подводной лодки в горизонтальной плоскости (из книги «Физические основы подводной акустики»).

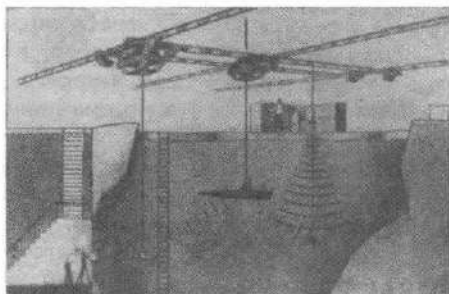
водных лодок от гидролокационного обнаружения. Было создано специальное устройство, наносимое на корпус лодки и поглощающее в той или иной степени сигналы гидролокаторов противника, приходящие к лодке. Тем самым уменьшался отраженный от подводной лодки эхосигнал, а следовательно, и вероятность гидролокационного обнаружения лодки.

Характеристику гидролокационного отражения подводной лодки в горизонтальной плоскости можно получить, если откладывать в направлении каждого курсового угла лодки силу отражения от нее. Эта характеристика имеет

форму ромба или бабочки. Наибольшее отражение (соответствующее большей диагонали ромба) наблюдается в районе бортовых курсовых углов. О причине этого, пожалуй, нетрудно догадаться, если вспомнить, что бортовая проекция лодки имеет наибольшую площадь.

Сначала немецкие акустики пытались уменьшить отражение от подводной лодки путем установки на некоторые части ее корпуса звукопоглощающих клиньев из резины. Длина клиньев была довольно велика (порядка 20 см), и на лодке этот поглотитель выглядел довольно фантастично. Может быть, поэтому клиновой поглотитель подводного звука был назван его авторами «Фафниром», по имени сказочного дракона из немецкого эпоса о Нибелунгах.

Подводники, впрочем, не были удовлетворены таким громоздким устройством. Тогда у немецкого акустика проф. Э. Мейера зародилась мысль использовать в качестве



Исследование отражательной способности моделей подводных лодок в Вашингтонском опытном бассейне.

звукопоглотителя относительно тонкие резиновые покрытия с внутренними воздушными полостями. Основой послужило открытое тем же Мейером поглощение звука уже упоминавшимися выше газовыми пузырьками в воде. А резина по модулю сжатия — та же вода (только, разумеется, твердая). Поглощение звука газовыми пузырьками носит резонансный характер, т. е. наблюдается в некоторой области частот.

Пузырьки — подводные резонаторы. Но не противоречит ли это физике? Ведь резонаторы — это, помнится, что-то, усиливающее звук. Верно и . . . неверно. Действительно, в полости резонатора Гельмгольца звуковое давление усиливается по сравнению с давлением в свободном поле (на этом, например, основано применение резонаторов для помощи тугоухим). Но в то же время в любом резонаторе происходит то или иное поглощение колебательной энергии.

Вспомним электрический трансформатор. С его помощью можно, как известно, увеличить напряжение или ток. Но одновременно в обмотке и сердечнике трансформатора

часть электрической энергии переходит в тепловую, то есть теряется. Можно сделать такой трансформатор, что потери энергии в нем будут очень велики. Электрикам подобный преобразователь — поглотитель энергии пока не был нужен. А вот акустикам он понадобился довольно давно. Еще в тридцатых — сороковых годах нашего столетия были разработаны резонансные звукопоглотители для строительной практики. Инициаторами их разработки были советские акустики С. Н. Ржевкин, В. С. Нестеров и другие. Подобные поглотители могут снижать в помещениях шум, либо создавать необходимый реверберационный режим (опять реверберация!), требующийся для лучшего восприятия музыки или речи. Вид их весьма разнообразен. Они имеют форму больших коробок, щелей или перфорированных экранов с расположенными за ними воздушными полостями.

Но позвольте, может сказать внимательный читатель. Что общего между «большими коробками» и упомянутыми ранее мелкими воздушными полостями в резине или пузырьками в воде? И то и другое — резонаторы. Допустим. А размеры? Здесь мы вплотную подходим к физической закономерности, связывающей размеры резонирующего элемента с его резонансной частотой. Возьмите большой стальной лист. Ударьте по нему. Вы услышите звук низкого тона. Теперь щелкните по стальной телефонной мембране. Тон звука гораздо выше. Чем больше размер пластины, деки, воздушного объема, тем ниже основная частота резонанса. Не будь этой закономерности, конструкторы музыкальных инструментов давно бы создали контрабас, влезающий в футляр от скрипки, арфу не больше гуслей и басовую домру размером с домру-пикколо. Более чем пылкая благодарность музыкантов им была бы обеспечена.

Но закономерность налицо, и современные оркестранты, имеющие дело с объемистыми басовыми инструментами, принуждены при переездах предпочитать просторную площадку трамвая набитому автобусу. Специалистам в области строительной акустики также приходится использовать большие размеры резонаторов. Ведь им необходимо обеспечить поглощение бытовых и промышленных шумов, звуков речи и т. п., т. е. звуков, имеющих в своем составе в основном колебания низких частот. Подводникам же требовалось поглощать гидролокационные сигналы, а частоты этих сигналов (по крайней мере, во времена второй мировой войны) были значительно выше частот шумов и речи. Соответственно, и размеры резонато-

ров в резонансном поглотителе подводного звука значительно меньше.

Как же выглядит этот резиновый резонансный подводный звукопоглотитель, получивший название покрытия «Альберих»? (Покрытие названо по имени другого персонажа из повести о Нибелунгах, имевшего «шапку-невидимку».) Приводим краткое описание покрытия «Альберих» по данным его создателей, опубликованным

в книге «Некоторые вопросы прикладной акустики». Покрытие состоит из тонкого наклеиваемого на обшивку корпуса подводной лодки резинового слоя, внутри которого имеются воздушные полости. Подводный звук, падающий на покрытие, вызывает интенсивные резонансные колебания стенок полостей, при этом звуковая энергия в основном переходит в тепло, и обратно отражается лишь небольшая ее часть.

Здесь невольно возникает вопрос: ведь резонанс проявляется на одной частоте (недаром говорят «частота резонанса»); значит, резонансное покрытие работает тоже на одной частоте? А если частота гидролокатора другая, то покрытие уже не будет поглощать его посылки? Но не будем поспешны в суждениях, иначе мы рискуем недооценить созданное покрытие. Прежде всего отметим, что при работе покрытия кроме резонанса полостей проявляется еще по крайней мере один резонанс, частота которого отличается от частоты резонанса полостей. Каков же этот резонанс?

Вспомним из курса физики общие условия резонанса. Для осуществления резонанса необходимо наличие в системе двух элементов: массы и упругости (резонанс

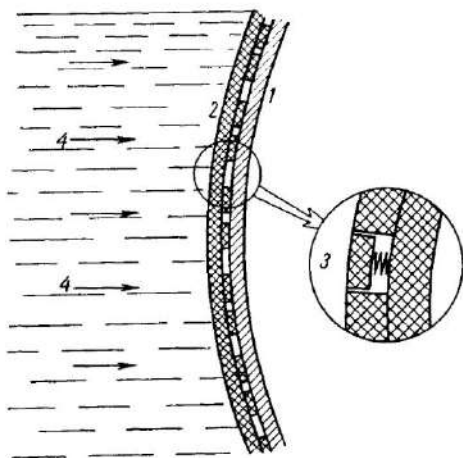


Схема устройства подводного звукопоглощающего резонансного покрытия (по данным книги И. Ричардсона «Некоторые вопросы прикладной акустики»).

1 — корпус подводной лодки; 2 — резонансный подводный звукопоглотитель; 3 — модель резонатора — элемента звукопоглотителя; 4 — падающий на поглотитель сигнал гидролокатора.

проявляется, когда значения сопротивления массы и упругости колебательному движению уравниваются). Само покрытие представляет собой упругость, а участок обшивки корпуса лодки за ним — массу. Таким образом, имеется условие осуществления еще одного резонанса.

Частотная зависимость «отклика» какой-либо двухрезонансной системы на внешнее воздействие — это более или менее широкая двугорбая кривая. Если трение в системе достаточно велико, то горбы «тупые», т. е. система может вести себя как резонансная в достаточно широкой полосе частот. В резине потери на трение, особенно на частотах гидролокации, весьма велики (каждый знает, что если стучать по резине, то звук будет очень глухим). Вот и получается, что покрытие «Альберих» способно было резонировать, т. е. поглощать энергию, в диапазоне частот гидролокации времен второй мировой войны (10—25 килогерц). Насколько же эффективен этот поглотитель подводного звука? Как указывают его авторы, в оптимальных для работы покрытия диапазонах частот гидролокации, температур воды и давлений (т. е. глубин погружения подводной лодки) он поглощает до 99% энергии падающего на него звука. Казалось бы, чего больше? Но мы уже упоминали, сколь мощным и совершенным прибором является современный гидролокатор. Того относительно небольшого сигнала, который отражался от подводной лодки, облицованной «Альберихом», в некоторых случаях оказывалось достаточно для гидролокационного обнаружения лодки. Чудодейственной шапки-невидимки для подводной лодки, которую обещали изобретатели покрытия, не получилось.

Оборудование лодок противогидролокационным покрытием было делом сложным, особенно в военное время. Да и само резиновое покрытие не всегда выдерживало тяжелые морские условия. Все же на службу немецкого подводного флота был поставлен мощный химический концерн «И. Г. Фарбениндустри», и, как указывает немецкий военноморской специалист Ф. Руге, «...постепенно некоторые лодки получили этот «Альберих».

Тут бы можно было и закончить краткую повесть о персонажах германского эпоса, пришедших на подводные лодки. Но в строку просится еще один персонаж из этого эпоса — пораженный легендарным мечом героя «Кольца Нибелунгов» Зигфрида лицемерный и коварный карлик Миме. «Фюрер», особенно гордившийся «своим» подводным флотом, сыграл эту роль. А тот, кто поразил его, — советский солдат — ныне в виде величественного изваяния

высится в берлинском Трептов-парке. Каков же облик этого героя с мечом, уже не мифическим, а самым реальным, мечом, разрубившим ценой страшных усилий фашистскую свастику? Нос у него, может, и меньше зигфридовского, но профиль в целом, пожалуй, подтверже, чем у Зигфрида.

Акустический двойник подводной лодки

Надо полагать, идея двойников возникла довольно давно, притом не в науке или технике, а в человеческом обществе. Уже древние владыки, опасаясь покушений, заводили с целью защиты двойников. Проскользнули сведения, что несколько двойников было у Гитлера.

К этой идее обратились военно-технические специалисты, когда понадобилось защищать подводную лодку от «покушений» противника. Каковы основные признаки двойника? Воспроизведение наиболее характерных особенностей его хозяина. Так, двойник Гитлера был бы немислим без усов котлетками и свисающего на лоб темного треугольного чуба. А каковы основные особенности подводной лодки, определяемые в море на достаточно большом расстоянии? Это прежде всего ее подводный шум. Появился на свет имитатор подводного шума лодки. Он представляет собой «висящий» в воде на определенной глубине или самодвижущийся (что лучше) снаряд, непрерывно излучающий шум, похожий на шум лодки.

Излучателем может служить механический источник шума, подобный излучателю акустического трала, или электроакустический вибратор, присоединенный к магнитофону. Для приведения источника звука в действие служат аккумуляторы, располагаемые в корпусе снаряда.

Разумеется, подводная лодка не будет выпускать имитатор подводного шума до тех пор, пока у ее командира нет уверенности, что лодка обнаружена противником. Лишь в случае явной опасности, когда уже нет необходимости соблюдать подводную тишину, имитатор выстреливается из корпуса лодки, а сама она возможно быстрее уходит в другую сторону. В идеальном случае предполагается, что противник принимает шумящий снаряд за лодку и начинает его преследовать.

Защитный эффект шумящего снаряда возрастает, если его шум настолько велик, что может маскировать, подавить шум подводной лодки. Тогда снаряд уже можно

назвать не только и не столько имитатором, сколько маскировщиком шума лодки.

Об эффективности применения шумовых имитаторов в боевых действиях в период второй мировой войны и об устройстве первых имитаторов сведений немного. После войны в журнале американского акустического общества был опубликован патент изобретателя Эванса на самодвижущийся имитатор шума подводной лодки. С тех пор в военно-морской технической литературе разных стран, особенно США, регулярно появляются описания различных конструкций имитаторов.

Помогут ли эти акустические двойники подводной лодке? Будущее покажет.



Самодвижущийся имитатор шума подводной лодки.

Впрочем, кое-какие прогнозы можно, пожалуй, сделать и сейчас. Основой для этих прогнозов служит опыт применения в минувшую войну другого гидроакустического двойника подводной лодки. В разгар неограниченной подводной войны, когда немцы вследствие действий противолодочной обороны союзников начали нести сильные потери в подводном флоте, они попытались обмануть гидролокатор союзников «Асдик» с помощью имитатора эхосигнала. Преследуемая подводная лодка выбрасывала патроны «Больш» с пенообразующим веществом. В воде образовывались концентрированные облака из газовых пузырьков, отражающие сигналы гидролокатора почти так же хорошо, как отражает их корпус подводной лодки.

Поначалу гидроакустики английских и американских кораблей — охотников за подводными лодками бывали сбиты с толку, когда вместо одной вражеской подводной лодки гидролокатор обнаруживал в данном месте сразу несколько лодок. Какую преследовать? Все ли лодки настоящие?

Постепенно все же научились различать эхо от настоящей подводной лодки среди ложных эхо. Прежде всего потому, что эхосигнал от искусственных газовых облаков не менял своего положения на записи рекордера гидролокатора. Это означало, что «отражающая» цель стоит на месте, в то время как настоящая лодка, естественно, ста-

ралась с той или иной скоростью уйти от места опасной встречи.

Далее сказывалось то обстоятельство, что газовые пузырьки в воде обладают подъемной силой, причем эта сила, а следовательно, и скорость подъема пузырьков в воде зависит от их диаметра. Чем меньше диаметр пузырька, тем меньше и скорость его подъема. При взрыве пенообразующего патрона появлялись газовые пузырьки всевозможных диаметров. Они с различной скоростью поднимались к поверхности моря, и газовое облако постепенно вытягивалось в тонкую малоотражающую колонну.

Конструкторы «Больша» своеобразным путем пытались бороться с этим недостатком. По-видимому, был использован опыт рудофлотационных или подобных им предприятий, где частицы твердого вещества в жидкости увлекаются газовыми пузырьками. В пенообразующее вещество имитационных патронов стали вводить твердые частицы. Когда в воде из гранул этого вещества образовывались сонмы газовых пузырьков, каждый из них имел снизу твердую частицу, прикрепленную к пузырьку силами поверхностного натяжения. Пузырьки как бы сидели верхом на твердых частицах. Эти частицы противодействовали гидростатическим силам и тянули пузырек вниз. Тем самым скорость подъема пузырьков замедлялась, и воздушное облако дольше сохраняло свою форму. Кроме того, возникла идея сделать имитаторы эхосигналов самодвижущимися. Однако подоспел конец войны, и дальнейшие опыты прервались.

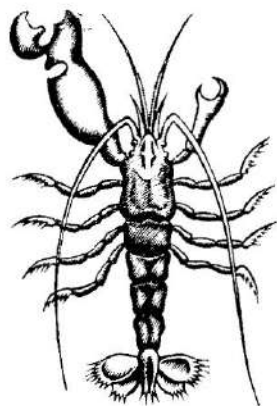
Надо полагать, акустические двойники подводной лодки не прекратят своего существования, а будут совершенствоваться, чтобы все более успешно имитировать признаки, связанные с обнаружением в море их хозяина — подводной лодкой.

Концерт креветок

В нескольких историях мы рассказали, как защищает себя подводная лодка, как шла борьба между «ядом и противоядием» в области военной гидроакустики. Кто не выдерживал этой борьбы, был обречен на поражение. Примером может послужить трагическая судьба японского подводного флота в 1943—1945 гг. Японское кораблестроение стояло на достаточно высоком уровне. Японцы первыми в мире начали строить «сверхбольшие» подводные лодки водоизмещением около 4 тыс. т и лодки — носители самолетов. Но ни успехи кораблестроителей, ни доведенная

до фанатизма самоотверженность японских моряков не дали желаемого результата: почти весь японский подводный флот был потоплен. Одной из главных причин этого была недостаточная защищенность подводных лодок, отсутствие совершенных средств радио- и гидроакустического обнаружения.

Но помимо искусственно создаваемых для подводной лодки средств защиты имеют значение и естественные защитные факторы. К числу таких естественных факторов относятся шумовые помехи, которые



Щелкающая креветка.

ставят предел различимости сигналов как при шумопеленговании, так и при гидролокации. Действительно, чем больше уровень помех, тем труднее выделить в них шум лодки и тем ближе надо быть к ней, чтобы различать отраженное от нее эхо.

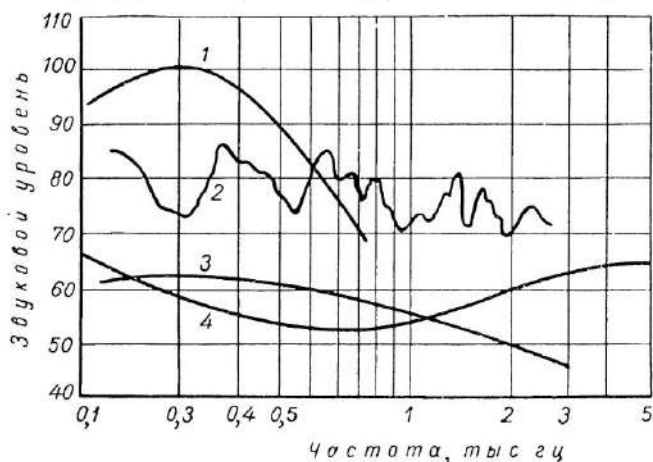
Каковы же эти акустические помехи? (Мы говорим акустические, потому что с другого рода помехами — электрическими, возникающими в самой гидроакустической станции, — достаточно успешно борются.) Прежде всего на память приходит шум самого моря. Мы еще будем говорить о «голосе моря», здесь же отметим лишь, что этот

голос, по преимуществу низкочастотный, так сказать, басовый, под стать самому морю с его громадными размерами. Но и на более высоких частотах, на которых работают гидроакустические станции обнаружения, подводный шум моря, особенно при волнении более 7—8 баллов, может быть довольно значительным. Существуют также помехи от работы собственных механизмов корабля, на котором установлена гидроакустическая станция, и шум, возникающий вследствие обтекания потоком воды корпуса корабля при его движении.

Иногда источником шумовых помех являются населяющие море живые организмы. Чаще всего приходилось сталкиваться с «живым» шумом моря в прошлой мировой войне американским, а также английским подводникам, действовавшим в теплых широтах Тихого океана и Атлантики. Но и советским подводникам, особенно дальневосточникам и даже черноморцам, доводилось слышать кон-

церы обитателей моря. В это время шум из включенного репродуктора гидроакустической станции заполнял весь отсек.

Пожалуй, самых прихотливых определений звуков недостаточно, чтобы полно охарактеризовать звуковой режим, создаваемый морскими животными и рыбами. Вздохи и бульканье, щелканье и дребезжание, шипение и фырканье, рев и вой, хруст и скрежет и даже лай и «кулдыканье»;



Спектрограммы звуков некоторых морских рыб и животных.

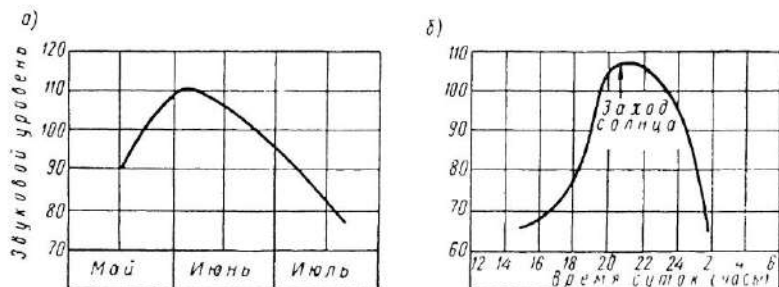
По горизонтальной оси отложена частота звуковых колебаний, по вертикальной — звуковое давление в логарифмических единицах. Расстояния до животных различные.
 1 — рыба-жаба (очень близко к гидрофону); 2 — морской петух,
 3 — щелкающая креветка; 4 — морская черепаха.

треск горящих сучьев и усиленное до уровня громкой радиопередачи воркованье голубей, барабанная дробь и мяуканье кошки, звуки автомобильного рожка и постукивание дятла о сухое дерево. Столь же разнообразны и причины звука: сокращение мышц воздушного пузыря рыб, щелканье клешней (у ракообразных), удары спинных плавников, движение тела и челюстей.

Но основными источниками гидроакустических помех, по-видимому, являются два вида морских жителей: ракообразные — щелкающие креветки (не путать со съедобной креветкой!) и некоторые породы рыб — квакуны, горбылевые рыбы, морские петухи. Первые, т. е. креветки-альфесусы, — это рачки длиной 9—10 см с одной большой щелкающей клешней. Их шум занимает весьма большую

область частот и является помехой для гидролокаторов и высокочастотных шумопеленгаторов. Колонии альфеусов обитают в коралловых рифах, на дне заливов, у островов в пределах широты 40° к северу и югу от экватора.

Квакающие (рыба-барабанщик) издаюи звуки более низких частот, что препятствует работе шумопеленгаторов. Активность квакающих зависит как от сезона, так и от времени суток. Настоящие подводные концерты разыгрываются вскоре после захода солнца. Об уровнях шума можно судить хотя бы по тому, что в одном Чесапикском заливе на западном побережье США ранним летом, по



Сезонные (а) и суточные (б) изменения уровней подводного шума, издаваемого квакающими.

подсчетам ученых-биологов, собиралось до 400 млн. квакающих. Эти громогласные обитатели моря вначале ставили в тупик американских гидроакустиков, охранявших во время второй мировой войны побережье. Под покровом ночи и под аккомпанемент подводного оркестра, признающего одно лишь фортиссимо, противник мог беспрепятственно осуществлять диверсионные операции, благо от Чесапикского залива до Вашингтона — рукой подать.

Шумливые обитатели моря не всегда выступают союзниками подводных лодок. Иногда они затрудняют прослушивание самой лодкой кораблей противника. Очевидно, в этих случаях очень важно для подводной лодки занять надлежащее положение относительно мест подводных «концертных залов».

Акустические „горшки дьявола“

Каждый корабль при своем движении является причиной возникновения ряда физических полей в воде: магнитного, электрического, акустического, гидродинамического,

теплового и т. п. Из всех этих полей в водной среде акустическое поле — самое протяженное. Неудивительно поэтому, что во время второй мировой войны появились мины, реагирующие на подводные шумы кораблей. Тем самым во много раз увеличивалась вероятность подрыва кораблей на минах по сравнению со случаями применения старых гальваноударных контактных мин.

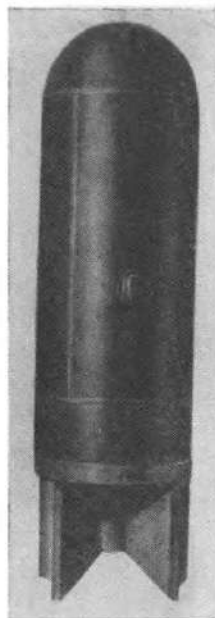
Принцип действия простейшей акустической неконтактной мины таков. Гидрофон, т. е. подводный звукоприемник, воспринимает звуковые колебания от корабля и преобразует их в электрические сигналы. Они воздействуют на реле, приводящее в действие взрыватель мины.

Это так называемая одноканальная мина. Часто используют мины с двумя акустическими каналами, реагирующими на различные частоты подводного шума. Каналы могут иметь различную направленность.

Заграждение из подобных простейших мин было бы очень легко обезвредить: достаточно лишь произвести несколько сильных подводных взрывов. Для того чтобы «обмануть» взрывные и иные неподвижные тралы, в мину вводят еще одно устройство. Благодаря ему мина реагирует лишь на те звуки, давление которых нарастает не внезапно, а со скоростью, соответствующей скоростям прохода кораблей.

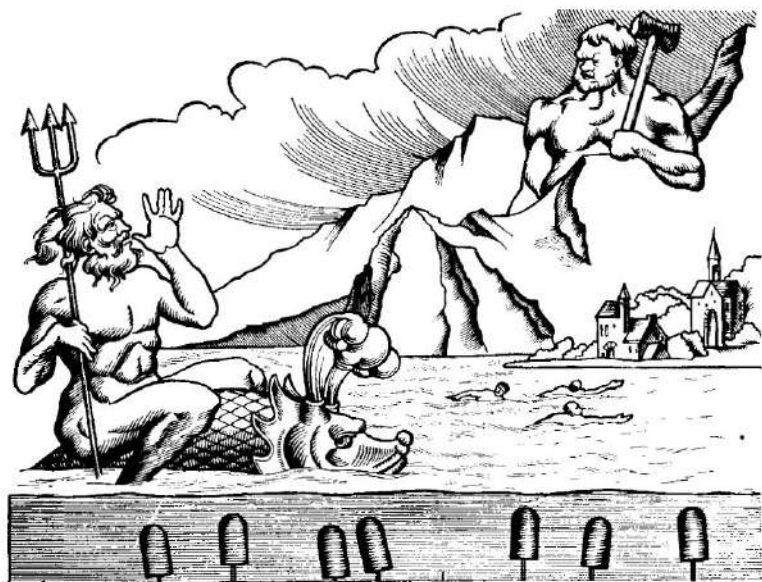
Но и эта защита от тралов не удовлетворяет минеров. Ведь после однократного прохода тральщика с источником подводного шума мина будет подорвана. Чтобы этого не произошло, мину оборудуют специальным прибором, названным прибором кратности, который сразу увеличивает ее жизнеспособность.

Принцип устройства этого прибора весьма прост и напоминает принцип устройства механического счетчика оборотов. В таком счетчике, как известно, несколько импульсов (скажем, десять) вызывают полный оборот первичного колеса, которое перемещает следующее колесо на один зубец. Точно так же в приборе кратности поступающие от



Немецкая авиационная магнитно-акустическая мина [1941 г.].

гидрофона при каждом прохождении трала или корабля сигналы вызывают не срабатывание взрывателя, а перемещение некоторого элемента на соответствующее число делений. Наконец, после ряда перемещений мина переводится в боевое положение, и теперь проходящий вблизи нее корабль обречен на гибель.



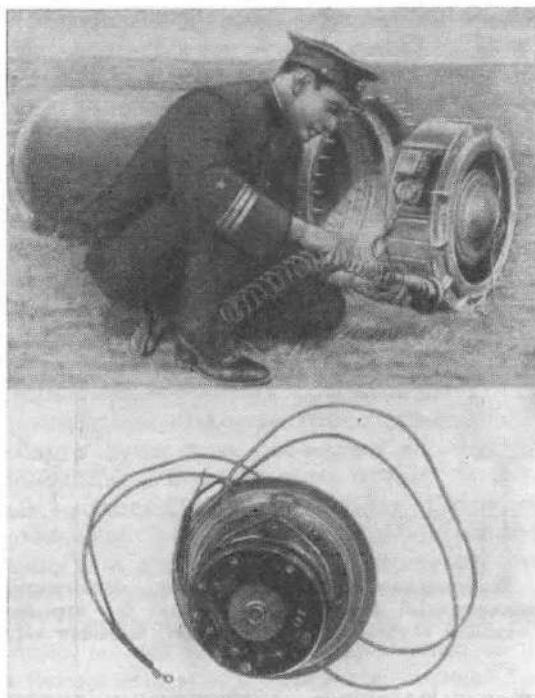
На следующий день после окончания войны [где-то у норвежского побережья].

Нептун — купальщикам: «Будьте осторожны! Надвигается гроза, а мой коллега Тор¹ не учел, что здесь еще остались первые акустические мины, могущие взрываться от ударов грома»

Траление мин, имеющих приборы кратности, требует очень кропотливой работы «пахарей моря» — тральщиков. И действительно, один бомбардировщик за несколько минут может выставить столько мин 15-кратного действия, что их понадобится тралить дивизиону из шести тральщиков в течение нескольких недель. Если еще учесть, что используются не только чисто акустические, но и комбинированные неконтактные мины, т. е. такие, в которых помимо акустического канала имеется магнитный, гидроди-

¹ Тор — бог в скандинавской мифологии.

намический или какой-либо другой канал, то станет ясно, что современное неконтактное минное оружие является грозным средством морской войны. Недаром американские подводники, которым в период второй мировой войны причиняли много неприятностей японские мины, называли их «горшками дьявола».



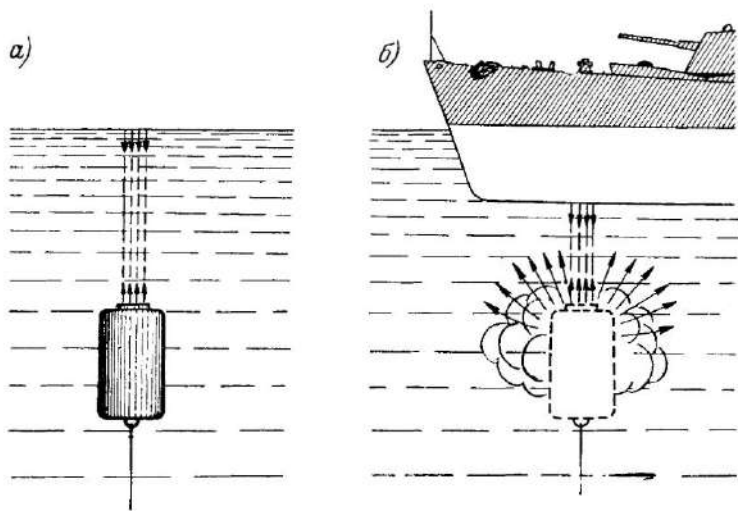
Капитан-лейтенант Г. Н. Охрименко после разоружения немецкой магнитно-акустической мины [Севастополь, 1942 г.].

На нижнем снимке прибор срочности (он же служит прибором, предохраняющим мину от разоружения), извлеченный из мины.

Пришлось столкнуться с неконтактными минами и советским морякам. Осенью 1941 г. ими была разоружена немецкая акустическая мина, а в апреле 1942 г. капитан-лейтенант Г. Н. Охрименко разоружил магнитно-акустическую мину с прибором кратности. Впоследствии подразделение Охрименко, действуя на Дунае, вытравило много таких мин, а сам командир подразделения заслужил высшие

военные награды — был удостоен звания Народного Героя Югославии, а впоследствии и звания Героя Советского Союза. Протраленный тральщиками подразделения Охрименко фарватер на Дунае был назван «Русским фарватером».

Мы рассказали о так называемых пассивных акустических минах, т. е. минах, реагирующих на гидроакустическое поле корабля. Изобретены также мины с активными аку-



Действие гидролокационного взрывателя неконтактной мины: а — гидролокационный взрыватель включен; б — взрыватель регистрирует «скачок глубины» и срабатывает, вызывая взрыв мины.

стическими взрывателями, снабженными гидролокационными устройствами, посылающими звуковые сигналы к поверхности моря и улавливающими отраженное эхо. Эффект активного взрывателя основан на регистрации «скачка глубины», имеющего место при проходе корабля над миной. Действительно, если при отсутствии корабля импульсы гидролокационного взрывателя отражаются от поверхности воды, то при появлении над миной корабля эхосигналы будут поступать уже от его днища; изменение фиксируемой взрывателем «глубины» вызывает его срабатывание.

По сравнению с гидролокатором, служащим для обнаружения кораблей, минный эхоприбор работает на весьма малых дистанциях, на которых ослабление звука при его распространении невелико. Можно поэтому взять колеба-

ния с очень высокими частотами — в десятки и сотни килогерц,— обеспечивающими весьма четкую регистрацию «скачка глубины».

Однако гидролокатор служит не только mine, он позволяет также и обнаруживать минную угрозу. В середине второй мировой войны появились, а после нее были усовершенствованы гидроакустические миноискатели. Они представляют собой специальные гидролокаторы, работающие на частотах в несколько десятков килогерц. Относительно высокие частоты, т. е. малые длины волн, необходимы здесь для того, чтобы получать четкое эхо от сравнительно малых подводных препятствий, какими являются мины. Если же для поиска мин применить обычный корабельный гидролокатор, вибратор которого излучает в воде звуковые волны длиной в несколько десятков сантиметров, то поиск едва ли будет удачным, так как подобные относительно длинные волны огибают мины и не дают четкого эха. Все же иногда нашим подводникам, например Г. Щедрина на лодке «С-56» и некоторым другим, удавалось обнаружить мины обычным гидролокатором.

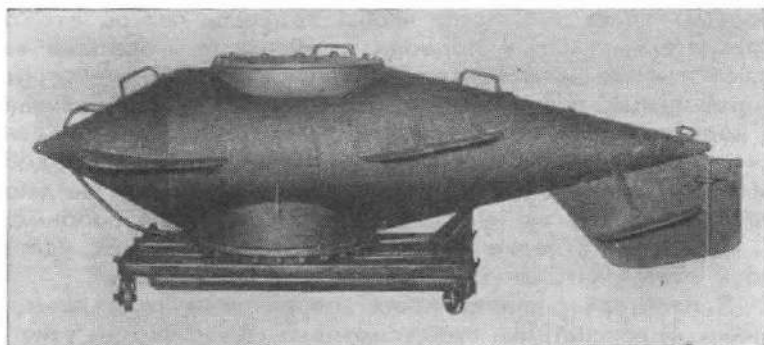
В некоторых конструкциях современных гидролокационных миноискателей предусмотрено сканирование узкого ультразвукового луча, т. е. развертка его «по строчкам», как это происходит с электронным лучом, например, в телевизионных иконоскопах и кинескопах. Сканирование узкого луча позволяет увеличить разрешающую способность миноискателя, т. е. способность его различать мины, находящиеся относительно близко одна от другой.

Используя миноискатели, подводная лодка, пробираясь в минном поле, может видеть одновременно несколько находящихся перед нею мин и избежать встречи с ними. Желанный прибор для подводников времен первой и начала второй мировой войны, которые узнавали о присутствии мин лишь по леденящему душу скрежету минрепов о корпус лодки! Часто, очень часто это был последний перед взрывом мины звук, который еще могли слышать находившиеся в лодке моряки.

Почему это называют тралом, а не трещоткой?

Не правда ли, слова «трал», «тралить» ассоциируются у нас с понятиями «подсекать», «вытаскивать»? Так оно и было, пока мины были контактными, то есть взрывались

при контакте с какой-либо частью корпуса корабля. Но вот появились неконтактные мины, реагирующие на физические поля кораблей. Если неконтактная мина установлена на якоре, то ее минреп можно с известной степенью вероятности подсесть обыкновенным тралом или подобным ему защитным устройством — параваном. Ну, а если мина донная? Выход только один — имитировать физические поля корабля, чтобы вызвать взрыв мины до того, как над ней пройдут настоящие корабли.



Общий вид буксируемого акустического трала.

Неконтактный трал и представляет собой по существу мощный имитатор того или иного физического поля корабля (или их совокупности). Нас, конечно, прежде всего интересует акустический трал. Вот одна из сравнительно давних конструкций этого трала. Основная часть — резервуар обтекаемой формы, снабженный устройствами для буксировки его тральщиком. Внутри резервуара расположены системы, создающие гидроакустическое поле. Это могут быть поршни или молоточки, ударяющие по мембране (мембраной может служить сам корпус трала), электроакустические излучатели и т. п.

Уж если Нептуну грозит опасность когда-либо оглохнуть от созданий человека, так это при работе акустического трала. Уровень производимого им подводного шума чрезвычайно высок. Будь иначе — если бы он не превышал подводного шума гребных винтов и механизмов корабля — мины взрывались бы непосредственно под тралящим кораблем, винты которого тоже излучают шум.

В связи с этим уместно вспомнить историю рекламного характера. На обложке одного из американских техниче-

ских журналов времен войны был изображен в красках несущийся над морем самолет. За ним на поверхности моря видны фонтаны от взрывающихся под водой мин. Самолет — трал! Известно, что магнитное и акустическое поля могут проникать из воздуха в воду. Правда, для звукового поля существует некий критический угол — несколько больше 13° , при превышении которого звуковые волны претерпевают полное отражение от поверхности воды (величина этого угла была определена впервые на-

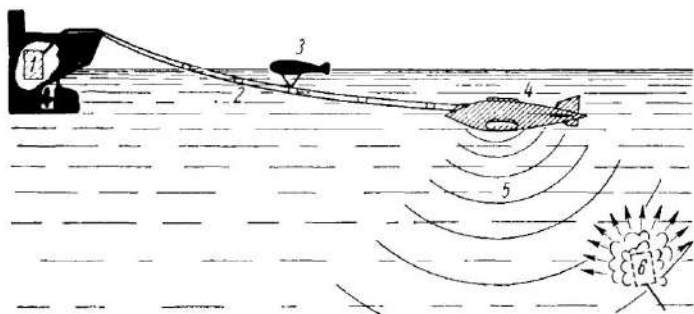


Схема действия буксируемого акустического трала.

1 — генератор электрических колебаний на тральщике, 2 — буксирно-фидерное устройство; 3 — поддерживающий буюк; 4 — вибратор-корпус трала, излучающий звуковые волны; 6 — акустическая неконтактная мина, на которую воздействуют звуковые волны 5

шим соотечественником проф. Ф. Ф. Петрушевским в конце прошлого века). Но в пределах этого угла звуковое давление полностью переходит из воздуха в воду с некоторым увеличением (теоретически даже с удвоением, однако в воду поступает лишь 0,1% энергии звуковой волны; такие явления, кажущиеся на первый взгляд парадоксальными, характерны для границ сред с сильно разнящимися акустическими сопротивлениями).

Скорость самолета достаточно велика; можно, казалось бы, пользуясь самолетным тралом, в короткое время «протралить» большие площади моря даже в том случае, если мины снабжены упомянутым ранее прибором кратности. Воздушный тральщик в отличие от обычного никогда сам не подорвется на mine. Как будто бы, решение технически вполне целесообразное и даже изящное. Но конструкторы трала-самолета забыли об одной вещи. Самолет не мог летать с такой малой для него скоростью, как скорость хода корабля. Мины, реагирующие на скорость изменения поля,

характерную именно для кораблей, взрывались только на рисунке.

Однако идея воздушного тральщика не изжила себя. Сейчас, когда широкое распространение получили вертолеты большой грузоподъемности, летающие, как известно, практически с любыми скоростями, вполне возможно размещать на них неконтактные тралы, в том числе комбинированные, т. е. имитирующие не только акустическое, но и другие физические поля корабля. Впрочем, и минеры, наверное, что-нибудь придумали. Борьба яда и противоядия продолжается и в этой области.

Торпеда-ищейка и некоторые „лисицы“

Гидрофон был введен не только в мину, но и в другое морское оружие — торпеду. Появилась акустическая торпеда, идущая на шум корабля и способная, подобно собаке-ищейке, преследовать свою цель, какие бы эволюции та ни делала.

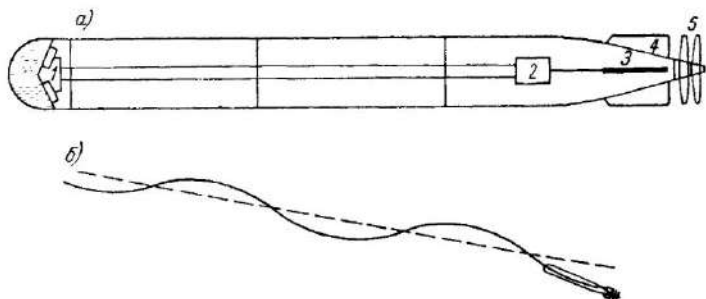
Аппаратура акустического самонаведения в горизонтальной плоскости состоит из двух заделанных в головку торпеды гидрофонов, соответствующих усилителей и реле управления, связанных с исполнительными органами, воздействующими на рули торпеды. Гидрофоны насколько возможно разнесены, чтобы создавалась наибольшая «база» (подобная базе оптического дальномера или устройства звуковой артиллерийской разведки). Тем самым обеспечивается необходимая точность наведения торпеды на шумящую цель.

Пусть по какой-либо причине, например из-за течения, торпеда слегка отклонилась влево от направления на цель. Тогда звук в правом гидрофоне усилится, соответственно увеличится ток в тракте этого гидрофона, и исполнительное устройство через посредство реле подвернет вертикальный руль торпеды таким образом, чтобы она отклонилась в обратную сторону. Вследствие этих колебаний, обусловленных автоматическим управлением, торпеда описывает так называемую «акустическую змейку». Средняя линия этой змейки все время указывает направление на цель, которую в конце концов торпеда настигает и подбивает.

Подобная же система самонаведения может быть осуществлена и в вертикальной плоскости, для чего служат два других гидрофона, располагаемых один над другим в головной части торпеды. Система вертикального самона-

ведения позволяет торпедой идти на глубине, что затрудняет ее обнаружение, а затем при приближении к цели выйти ближе к поверхности. Для противолодочной торпеды система вертикального самонаведения имеет еще большее значение, так как лодка-цель может находиться на любой глубине.

О том, какое значение придавалось акустической торпедой в годы второй мировой войны, красноречиво свидетельствует выдержка из «личного и строго секретного по-



Общая схема самонаводящейся акустической торпеды с управлением в горизонтальной плоскости [а] и траектория торпеды — «акустическая змейка» [б].

1 — гидрофоны; 2 — электронная схема управления вертикальными рулями торпеды по сигналам гидрофонов; 3 — вертикальные рули; 4 — горизонтальные рули; 5 — гребные винты.

слания» У. Черчилля Председателю Совета Министров СССР от 30 ноября 1944 г.

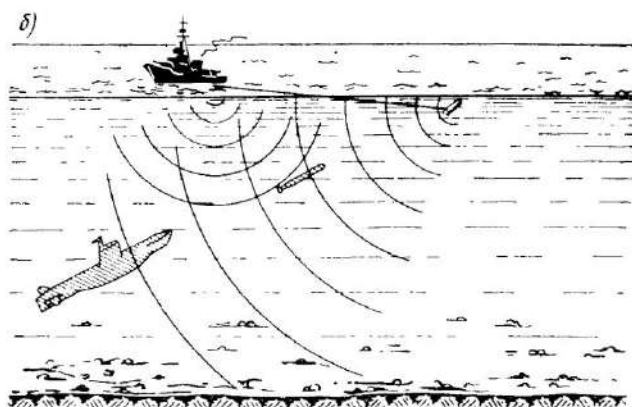
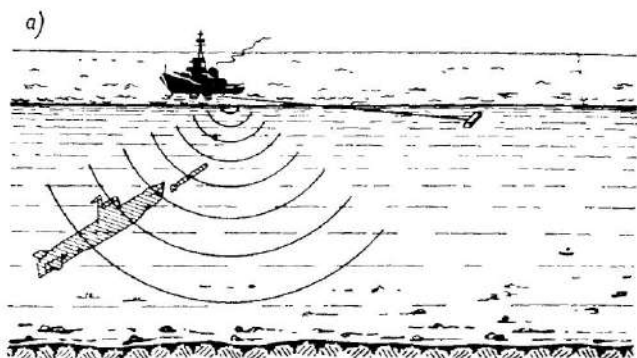
«1. Адмиралтейство просило меня обратиться к Вам за помощью по небольшому, но важному делу. Советский Военно-Морской Флот информировал Адмиралтейство о том, что в захваченной в Таллине подводной лодке были обнаружены две германские акустические торпеды Т-5. Это единственный известный тип торпед, управляемых на основе принципов акустики, и он является весьма эффективным не только против торговых судов, но и против эскортных кораблей. . .

2. Наши специалисты изобрели особый прибор, который обеспечивает некоторую защиту от этой торпеды. . . Однако изучение образца торпеды Т-5 было бы крайне ценным для изыскания контрмер.

. . . Я уверен, что Вы признаете ту большую помощь, которую Советский Военно-Морской Флот может оказать Королевскому Военно-Морскому Флоту, содействуя

немедленной отправке одной торпеды в Соединенное Королевство...»

Какой же защитный прибор имел в виду Черчилль? Старая политическая лисица подразумевала свою, если можно



Как действует «Фоксер»: а — подводная лодка выпустила по надводному кораблю самонаводящуюся акустическую торпеду; б — более мощное акустическое поле «Фоксера» отвлекает торпеду от корабля.

так выразиться, тезку в военно-морской области. Прибор назывался «Фоксер». Название это происходит от английского слова «лиса» и может быть переведено как «хитрец», «обманщик».

Охотники утверждают, что лиса, преследуемая собаками, может «играть хвостом», т. е., делая им ложное дви-

жение, бросаться в это время в другую сторону. Вот таким же отвлекающим торпеду-ищейку «хвостом» снабжались многие военные корабли. «Фоксер» представлял собой приспособление из двух параллельно расположенных стальных труб, буксируемое на длинном тросе за кораблем. При движении в воде трубы ударялись одна о другую, создавая весьма интенсивный подводный шум широкого спектра. Этот источник шума был мощнее главного источника шума самого корабля — гребных винтов, и торпеда, обманутая «Фоксером», шла на него, а не на корабль.

Как ни неудобны были «Фоксер» и ему подобные устройства, они сыграли известную роль в деле защиты кораблей от торпед, реагирующих на шумовое поле. Конструкторам торпед понадобилось придумывать новые средства, которые сделали бы акустическую торпеду эффективной. Их мысль обратилась к активной системе самонаведения торпеды, т. е. системе, в которой установленный в передней части торпеды вибратор излучает в горизонтальном направлении ультразвуковые импульсы и принимает отраженное от корабля эхо. В остальном поведение этой торпеды не отличается от поведения торпеды с пассивной акустической системой самонаведения.

Гидроакустический эхоприбор можно использовать и во взрывателе торпеды. Он включается при подходе торпеды к кораблю и в своей работе совершенно подобен гидролокационному взрывателю активной акустической мины. Как и в mine, вибратор взрывателя торпеды посылает вверх ультразвуковые импульсы и воспринимает отраженный эхосигнал. При проходе торпеды под кораблем приемное устройство фиксирует «скачок глубины» и взрыватель приводится в действие.

По сообщениям зарубежной печати, в последние годы появились «летающие» торпеды с акустическим самонаведением. Одна из них предназначена для сбрасывания с самолетов-торпедоносцев. После приводнения торпеды включается система самонаведения, направляющая торпеду на подводную лодку. Если почему-либо торпеда пройдет мимо лодки, она начинает описывать круговую спираль для нового захвата цели.

Недостатком любой торпеды по сравнению со снарядом или ракетой является ее относительно медленный ход (мы говорим «относительно» потому, что скорость хода современных торпед достигает нескольких десятков узлов). Это уменьшает эффективность торпеды при использовании

ее, скажем, одной подводной лодкой против другой, находящейся на дальней дистанции, но уже обнаруженной гидроакустической станцией. Для борьбы лодок с лодками в США разработано оружие «Саброк», взлетающее из-под воды.

Будучи выпущен атакующей подводной лодкой, этот снаряд взлетает над поверхностью воды и некоторое время идет над ней. Затем уже на относительно близком расстоянии от подводной лодки-цели снаряд приводняется и поражает лодку. Возможны аналогичные снаряды для

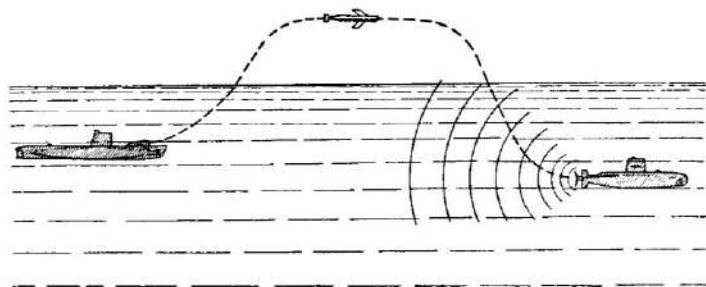


Схема действия ракетно-торпеды с акустическим самонаведением.

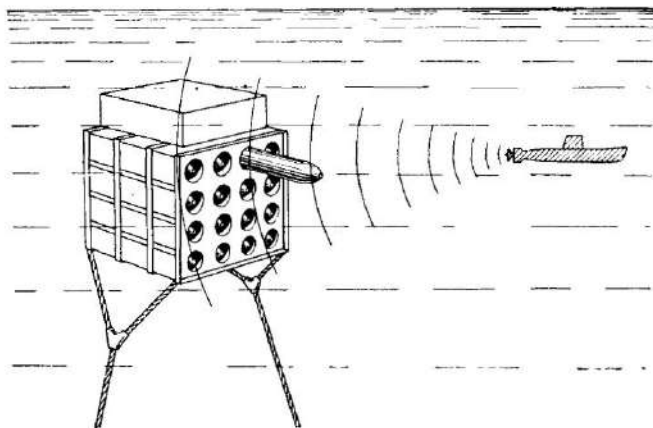
поражения подводных лодок надводными кораблями и поражения кораблей лодками. Таковы, например, американская ракетно-торпеда «Асрок», снаряд «Малафон», которым снабжаются французские надводные корабли. И в этом снаряде после его приводнения включается гидроакустическая система самонаведения для поиска и преследования подводной лодки.

Для обнаружения идущих торпед с целью уклонения от них подводные лодки используют опять-таки гидроакустику — специальные шумопеленгаторные и гидролокационные станции. Но попробуйте осуществить защитный маневр, если несущаяся с громадной скоростью торпеда появляется внезапно с поверхности моря и обнаруживается буквально в последние секунды. Ясно, что защита от таких торпед значительно сложнее, чем от обычных торпед времен второй мировой войны.

Акустические самонаводящиеся торпеды непрерывно совершенствуются. Американский военно-морской специалист Илесон в одной из статей указывает на возможность создания подводных стационарных сооружений, представ-

ляющих собой своеобразный симбиоз из акустических торпед и мин. Это сооружение должно обнаруживать и классифицировать подводные цели по их шуму на расстоянии нескольких километров. Основу сооружения составляет «улей» из ряда торпедных труб. При обнаружении очередной цели из торпедной трубы выстреливается акустическая самонаводящаяся торпеда.

Сооружение (назовите его, как хотите — миной, торпедой или, может быть, «автоматическим складом» торпед),



Так или примерно так представляют себе некоторые иностранные специалисты будущие подводные сооружения, содержащие комплекты самонаводящихся акустических торпед.

При появлении подводной лодки противника очередная самонаводящаяся торпеда под воздействием шума лодки выходит из «улья».

по замыслу его авторов, имело бы во много раз бóльшую дальность действия, чем существующие мины, и могло бы поражать несколько целей. Акустические «горшки дьявола», которые уже в период второй мировой войны представляли серьезную угрозу для подводников, превращаются в акустические «ульи дьявола»!

Радиогидроакустическая эстафета

Но не только с минами и торпедами приходится бороться подводной лодке. Ее стараются обнаружить и уничтожить самолеты и противолодочные дирижабли, противолодочные вертолеты-амфибии и просто вертолеты.

Вертолеты и дирижабли снабжены гидроакустическими приборами, опускаемыми на тросе под слой температурного скачка, под которым может скрываться подводная лодка.

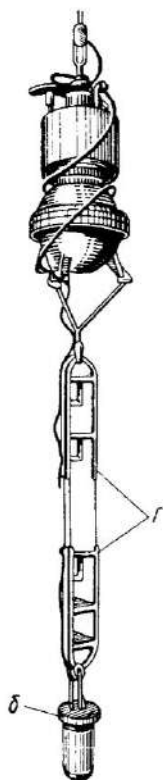
И еще одно устройство, позволяющее контролировать большие площади моря, служит для обнаружения подводных лодок. Речь идет о радиогидроакустическом буйе. В него вмонтированы небольшая шумопеленгаторная или гидролокационная станция, а также радиопередатчик с антенной и источник питания.

Радиогидроакустические буи разбрасываются в большом количестве с самолетов, вертолетов и дирижаблей противолодочной обороны в тех случаях, когда имеется подозрение, что в данном районе присутствуют вражеские подводные лодки.

Чтобы радиоэлектронные приборы внутри буя не повредились при ударе о воду, буй снабжается устройствами для плавного приводнения. Эти устройства — специальные лопасти, схожие с лопастями винта вертолета, или парашюты — приводятся в действие в момент приближения буя к поверхности воды, смягчают его приводнение на поверхность моря. После этого лопасти или парашют отцепляются и тонут, а буй устанавливается на требуемую глубину в рабочее положение.

Радиус действия простейших буюв, в зависимости от их размеров и типа гидроакустической аппаратуры, — от полукилометра до нескольких километров. Обнаружив присутствие подводной лодки, гидроакустическая станция буя как бы передает эстафету радиопередатчику и тот начинает излучать радиосигналы.

Как же и кто производит сбор информации, поступающей с радиогидроакустических буюв? Это могут делать самолеты и вертолеты, патрулирующие над районом, где сброшены буи. Частоты радиосигналов каждого буя строго фиксированы и различаются между собой. Каждый буй имеет свою характерную окраску. Эти же характерные цветовые обозначения нанесены на шкале ультракоротковолнового радиоприем-



Радиогидроакустический буй.

Г — гидрофоны;
Б — батареи.

ника самолета. Автоматическое устройство приемника непрерывно проходит весь диапазон. Пусть, например, раздался сигнал обнаружения в той точке шкалы, где имеется красная полоса. Тогда летчику остается искать буй, имеющий красный цвет. Поиск облегчается в том случае, если буй, обнаруживший подводную лодку, выпускает красящее вещество, окрашивающее участок поверхности моря. Разумеется, могут быть и другие способы сбора информации с радиогидроакустических буй.

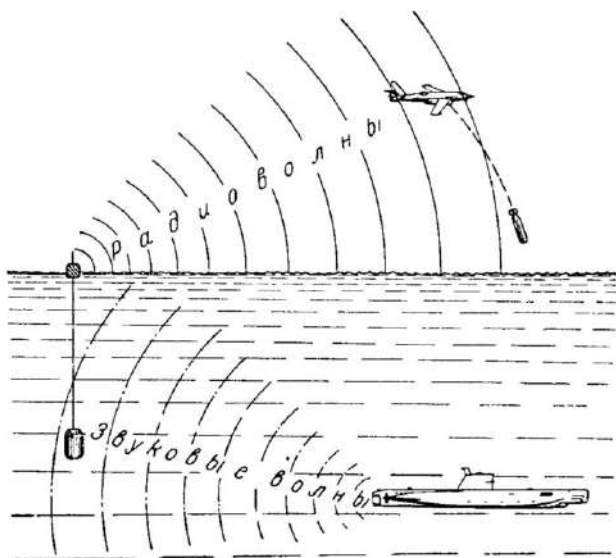
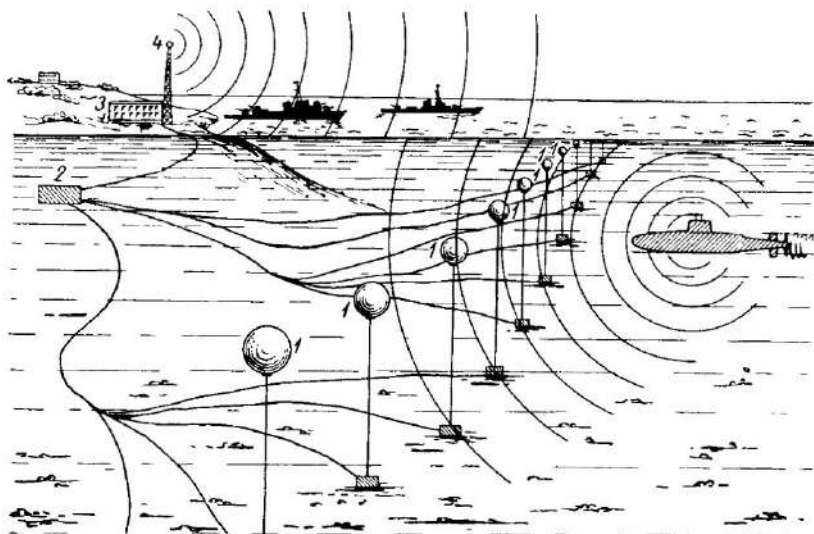


Схема действия радиогидроакустического буя. Самолет, приняв радиосигналы буя, сбрасывает глубинные бомбы или противолодочные торпеды.

Серьезным подспорьем в деле широкого применения гидроакустических буй является миниатюризация их элементов. Так, в США разработан миниатюрный гидроакустический преобразователь «Ойстер» («Устрица»). Работает он как в режиме гидролокации, так и в режиме шумопеленгования. Чувствительный элемент устройства имеет диаметр всего 5 см, а толщину 1 см. Вес преобразователя 105 г. Если ранее противолодочный самолет мог взять на борт всего несколько десятков гидроакустических буй, то число миниатюризованных буй, разбрасываемых за один вылет самолета, составляет уже многие сотни. Тем самым

резко увеличивается площадь, которую гидроакустические буй «держат под контролем».

Не надо большой фантазии, чтобы представить себе эти протяженные, затаившиеся в глубине океана «устричные поля» из множества подслушивающих буйков — крохотных, но способных в любой момент стать провозвестником гибели подводного атомного гиганта с десятками человеческих жизней на борту.



Система дальнего обнаружения подводных лодок с помощью цепи гидроакустических буйков.

1 — гидроакустические буй; 2 — счетно-решающее устройство, определяющее по показаниям буйков пеленг на подводную лодку; 3 — командный пункт, 4 — радиостанция, оповещающая корабли противолодочной обороны о приближении подводных лодок.

Гидроакустические буй могут быть применены не только в открытом море, но и вблизи побережья — на расстояниях до 100 миль и более. По сообщениям американской печати, в США разработана система гидроакустического контроля побережья «Цезарь». Система состоит из множества гидроакустических буйков относительно большого размера, установленных на якорях вдоль побережья. Сигналы от этих буйков поступают по кабелю на центральный машинносчетный пункт, где производится их обработка и автоматическое определение курса подводной лодки, приблизившейся к линии буйков.

Обнаружение подводных объектов — это лишь одна из функций радиогидроакустических буев. Предложено было использовать их и для связи погруженных подводных лодок с самолетами. Подводная лодка излучает с помощью станции звукоподводной связи кодированные сигналы. Эти сигналы улавливаются гидрофоном буя и через его рацию тотчас же передаются в эфир. Возможна передача сигналов и в обратном направлении: самолет или вертолет, не садясь на воду, излучает радиосигналы, воспринимаемые буюм и трансформируемые им в подводные звуковые сигналы. Подводная лодка, находясь на произвольной глубине, получает команду или информационный сигнал практически сразу же после передачи его самолетом. Это ли не оперативный вид связи между воздушными и подводными силами!

Мы упоминали о плавающих (дрейфующих) и якорных гидроакустических буях. Последняя новинка в области радиогидроакустической эстафеты — пилотируемые радиогидроакустические буйи. Собственно, назначение нового устройства гораздо шире. Это «Сабплэйн» — подводный самолет или летающая подводная лодка. Как всякое универсальное устройство (по крайней мере, на первых порах), оно не может сравниться по своим данным с теми устройствами, функции которых оно совмещает или призвано совместить: скорость его в воздухе значительно ниже скорости самолета, скорость под водой — ниже скорости подводной лодки.

Но этому универсалу присуще и новое качество — разведка «настоящих» подводных лодок. Ясно, что у большого снаряда с экипажем (хотя бы из двух-трех человек), мощной радиостанцией и шумопеленгатором высокой точности возможности значительно больше, чем у «неодушевленного» гидроакустического буя. Он может путем взятия гидроакустических пеленгов проследить под водой трассу движения неприятельской лодки, а затем, привсплыв, сообщить эти данные своему вертолету или самолету — самому страшному врагу подводной лодки.

Переместившись по воздуху в направлении ожидаемого движения подводной лодки, он может вновь погрузиться, уточнить трассу лодки и снова сообщить данные об этом по радио (или, пролетая над лодкой, атаковать ее с воздуха).

У пилотируемого гидроакустического разведчика подводных лодок большое будущее.

Техасские вышки шагают в океан

Еще не затихла в США газетная и журнальная шумиха по поводу осуществления проекта «Цезарь», как внимание публики было привлечено новым проектом — «Артемис», входящим в еще более общие проекты «Атлантис» и «Тридентис». Все перечисленные проекты разработаны с целью создания систем дальнего и сверхдальнего шумового и гидролокационного обнаружения подводных лодок, находящихся в сотнях миль от американского побережья.

Эти системы вызвали к жизни удивительные сооружения — искусственные острова, подводные башни — так называемые техасские вышки. Например, была использована башня, названная островом Аргус. Ее основание покоится на вершине потухшего подводного вулкана на глубине около 70 метров в 30 милях от Бермудских островов. В верхней части башни над поверхностью моря установлен двухэтажный дом, рассчитанный на размещение 20 человек и разнообразного оборудования. Именно с помощью этой системы был осуществлен уже упоминавшийся ранее прием подводных звуковых сигналов от берегов Австралии на расстоянии 12 000 миль.

Средняя глубина Атлантического океана довольно велика. Но в ряде мест Атлантики имеются банки и мелки, в которых глубина не превышает нескольких сотен и даже сотни метров. На этих местах вдоль всего американского побережья сооружаются вышки со звукоприемными системами. Гидрофоны, связанные кабелями с приемными пунктами, устанавливаются также на дне моря. С целью герметизации и предотвращения затекания гидрофоны запрессовывают в толстую оболочку из звукопроницаемой пластмассы. Девять тысяч подводных гидрофонов должны быть установлены на глубинах до 5000 м по одной лишь программе «Колоссус».

Обслуживание, смена, установка глубоководных гидроакустических баз, буев, якорей представляет собой сложную задачу. Для решения ее были созданы подводные, управляемые по кабелю танкетки, способные погружаться на большую глубину. На танкетках установлены «механические руки» — дистанционные манипуляторы, подобные манипуляторам, применяемым в местах с большой радиацией. Танкетки способны поднимать грузы весом до 2 т, они снабжены мощными прожекторами и несколькими телекамерами, дающими объемное изображение подводного

объекта. Кабель длиной 5—10 миль, наматываемый на барабан, находящийся в верхней части танкетки, связывает ее с берегом или искусственным островом на вышке.



Искусственный гидроакустический остров Аргус — довольно необычное сооружение в открытом море, снабженное оборудованием для исследований по распространению звука в море.

Разрабатываются и устройства дальнего гидролокационного обнаружения. Для обеспечения большой дальности обнаружения требуется прежде всего понизить рабочую частоту, чтобы ослабление сигнала на пути до объекта

отражения и обратно было минимальным. Но при понижении частоты длина звуковой волны становится соизмеримой с размерами подводных лодок, и эхо ослабляется: звуковая волна как бы огибает подводное препятствие и лишь в очень малой степени отражается от него. Кроме того, на низких частотах велики помехи от шума моря. Оказалось, однако, что даже на частоте в несколько десятков герц (а звуки этих частот при распространении в море почти не ослабляются) можно еще получить если и не особенно отчетливое, то все же заметное эхо от подводной лодки.

В качестве источника звука могут служить взрывы подводных зарядов. Для усиления сигналов на дно океана опускают бетонные камеры-резонаторы длиной до 10 м. Благодаря своим большим размерам они резонируют на частотах 30—40 гц. Эти или несколько более высокие частоты, по-видимому, можно использовать для первичного эхообнаружения подводных лодок.

Системы дальнего обнаружения лодок являются по существу новой формой противолодочной обороны, о которой едва ли задумывались еще в период второй мировой войны. Но прототип такой системы был создан раньше в другой области техники — радиолокации. Уже несколько лет назад там появились трансконтинентальные и прибрежные линии станций для дальнего обнаружения самолетов и надводных целей.

Гидроакустику, точнее гидролокацию, иногда называют младшей сестрой радиолокации. Справедливо ли это?

Младшая сестра радиолокации

Итак, правомерно ли именовать гидролокацию младшей сестрой радиолокации? Добавим, что острословы не удовлетворяются этим определением и добавляют к нему эпитет «хромая». Некоторые основания к такой иронии, может быть, и имеются.

По сравнению с атмосферой вода — гораздо менее однородная среда. Скорость распространения звука в море в двести тысяч раз меньше скорости распространения радиоволн над морем. Технические средства гидроакустики пока еще во многом уступают средствам радиотехники. По этим причинам точность и особенно быстрота обнаружения и пеленгования объектов в гидролокации меньше, чем в радиолокации, но уже, разумеется, не в тысячи и даже не в десятки раз.

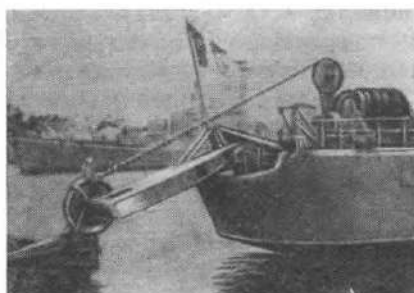
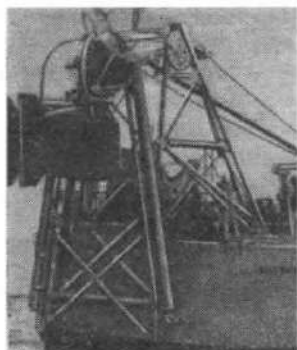
Что ж, пусть в какой-то мере «хромая». Но старинная восточная пословица гласит: «Когда караван поворачивает, хромой оказывается впереди». В военно-морском искусстве известен маневр под названием «поворот все вдруг», когда корабли эскадры, идущей каким-либо строем, делают одновременный поворот на один и тот же угол. Если, например, эскадра идет строем уступа, то при «повороте все вдруг» на 90° корабль, шедший крайним на фланге, оказывается лидером. Своеобразным историческим поворотом военно-морского «каравана» всех стран, произошедшим уже после второй мировой войны, явилось особенно широкое строительство подводного флота, обусловленное, кстати сказать, развитием той же радиолокации, позволяющей обнаруживать на большой дистанции надводные корабли и наводить на них ракеты.

Значительная и едва ли не важнейшая в современных условиях часть флота, выражаясь фигурально, «ушла под воду». И вот здесь, под водой, где радиоволны требуемой для радиолокации длины практически не распространяются, «хромая» сестра радиолокации является полновластной владычицей. Есть, разумеется, и другие способы обнаружения подводных лодок — по их магнитному полю, по тепловому или радиационному следу и т. п., но все они пока не могут соперничать с гидроакустическими способами в отношении дальности и точности обнаружения и пеленгования. Вот почему системы дальнего обнаружения подводных лодок имеют в своей основе гидроакустические методы. Так что, если и называть гидролокацию младшей сестрой радиолокации, то только в смысле меньшего пока еще совершенства ее технических средств, но не возраста, который у гидролокации больше, чем у радиолокации.

В море — дома

Военная гидроакустика, являясь одной из отраслей современной военной техники, развивается в наши дни очень быстро. Предпринимаются успешные попытки осуществления дальнего и сверхдальнего гидроакустического обнаружения подводных лодок и надводных кораблей в отдаленных зонах выхода рефракционных звуковых лучей к поверхности океана и попытки использования донных отражений для эхопеленгования лодок, находящихся в зонах акустической тени для прямых лучей; в океане устанавливаются единые многосоткилометровые системы первичного

гидроакустического обнаружения и координации действий противолодочных сил; созданы высокоэффективные опускаемые гидролокационные и шумопеленгаторные станции для патрульных вертолетов, дирижаблей и кораблей; отрабатываются системы взаимодействия различных родов оружия и классов кораблей в борьбе с подводными лодками, использующие гидроакустику. В одной из предлагаемых систем подобного взаимодействия гидроакустический поиск подводных лодок ведется относительно тихоходными ко-



Буксируемые опускаемые помехоустойчивые гидролокаторы на эскадренных миноносцах. Слева — канадской постройки, справа — французской постройки.

раблями с малым уровнем помех собственным станциям. Координаты обнаруженной подводной лодки корабль передает по радио быстроходному катеру противолодочной обороны на подводных крыльях. Этот катер, действуя по «тактике кузнечика», быстро выходит в расположение подводной лодки и производит ее бомбежку глубинными бомбами с большой скоростью погружения, могущими к тому же иметь гидролокационные системы самонаведения, подобные системам наведения активных акустических торпед.

Подводные лодки также получают совершенное гидроакустическое оборудование обнаружения и связи, приборы обнаружения работы гидроакустических станций противника, приборы для прогнозирования гидроакустической «погоды», позволяющие по вертикальному разрезу значений скоростей звука в данном районе моря определять вероятную дальность шумо- и эхопеленгования лодки противником и дальность действия собственных гидроакустических станций лодки.

Когда-то адмирал С. О. Макаров выдвинул девиз военных моряков: «в море — дома». Содержание этого девиза непрерывно менялось в зависимости от состояния и развития флота и его вооружения. В наше время осуществление девиза «в море — дома» требует от специалистов-гидроакустиков отличной отработки действий, освоения тонкостей и мельчайших деталей сложнейшей современной аппаратуры, знания условий распространения звука в морях



Вертолет Канадского военно-морского флота с опускающей гидроакустической станцией во время учения по обнаружению и уничтожению подводных лодок.

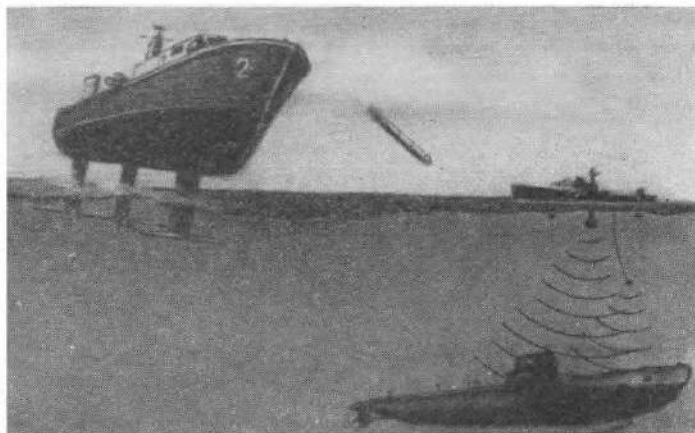
и океанах, осуществления мер гидроакустической защиты кораблей и особенно подводных лодок, а также мер гидроакустической обороны побережья.

Военно-морская романтика... Она не исчезла в наши дни, а лишь переместилась в другую плоскость, изменились ее атрибуты. Надутые паруса в голубом просторе, abordажы, капитаны с подозрными трубами, парады кораблей (не чересчур ли картинные?) — давно ли это было? Нет, всего лишь сотню лет назад — продолжительность жизни двух-трех поколений.

Военно-морская романтика сегодня, может быть, суше, строже, но не менее заманчива. Это — запах горелого соляра, копание в электронных схемах, многодневные подводные плавания без выхода на поверхность, рев

и выстрелы ракет, дьявольски точное автоматическое поражение целей далеко за горизонтом.

Упреждать противника! Действовать на больших расстояниях, скоростях, высотах, глубинах! Электромагнитные волны в атмосфере, звук под водой раздвинули границы видимости и боевого воздействия. Будущие океанские про-



Предполагаемый вид американского патрульного катера противолодочной обороны на подводных крыльях.

тивники, пожалуй, никогда и не увидят друг друга, разве только на экранах радиолокаторов и гидролокаторов. В этом логика нашего века, самого «научно-технического» из всех прошедших веков.

Мы оставляем тему военного применения гидроакустики и расскажем теперь об отраслях ее мирного применения. Вспоминать о военной гидроакустике будем лишь в тех случаях, когда «мирная» гидроакустика использует или может использовать опыт своей милитаризованной сестры.

III. НА МИРНОМ ПУТИ

Вертикальное эхо

Одна из главных областей мирного применения гидроакустики — это, конечно, измерение глубины океанов, морей, рек, определение рельефа их дна. Еще два десятка лет назад едва ли кто ожидал найти на дне Каспия целую систему подводных хребтов, возвышающихся над более низкими участками дна моря на 400—500 м. Эти хребты являются продолжением ряда складок Апшеронского полуострова и представляют собой перспективные нефтеносные районы. Кто же помог обнаружить их? Эхолот!

Когда зимой 1956 г. строителям Куйбышевского гидроузла понадобилось измерить глубину воды подо льдом, кто пришел им на помощь? Опять-таки эхолот.

Чем была измерена наибольшая глубина на Земле? Кто указал точное место потопления «Лузитании»? Кто обрисовал контуры подводного хребта Ломоносова в арктических водах и Среднеатлантического хребта на дне Атлантики? Эхолот!

Как же устроен эхолот? От гидролокатора эхолот, собственно, отличается направлением звукового луча. В нем также отсутствуют устройства (они и не нужны здесь), указывающие пеленг на отражающий объект в горизонтальной плоскости, ибо корабль измеряет глубину у себя под килем и звуковой луч

всегда направлен вниз или немного в сторону от вертикали. В простейшем виде схема эхолота выглядит так. От генератора переменного тока через замыкающее устройство подается импульс или «пакет» электрических колебаний определенной частоты на вибратор-излучатель. В этот

момент лампочка, вращающаяся на диске против указателя шкалы глубин, проходит через нуль.

Отразившееся от дна эхо воздействует на приемный вибратор, производящий обратное преобразование звуковых колебаний в электрические. Последние подводятся к уже упомянутой лампочке. Эта лампочка (неоновая) практически совершенно безынерционна и мгновенно вспыхивает. Скорость вращения диска с лампочкой отрегулирована с учетом скорости распространения звука в воде таким образом, что точка на круговой шкале, против которой вспыхивает лампочка, указывает глубину данного места. Этот цикл излучения, приема и индикации сигналов повторяется непрерывно. Отраженные от дна сигналы можно, как и в слу-

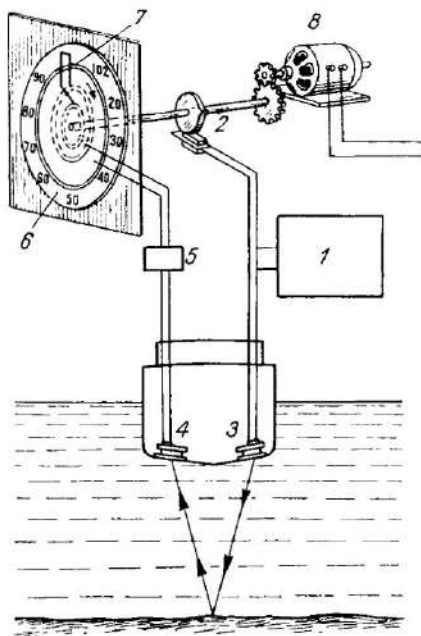


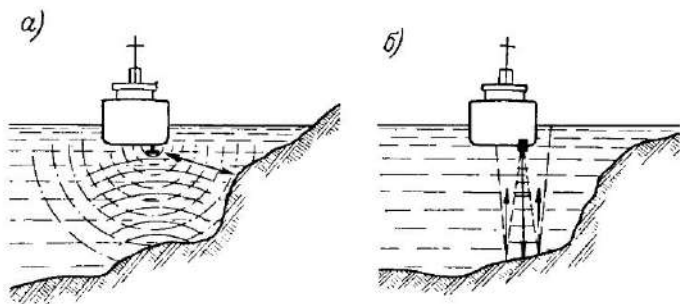
Схема простейшего эхолота.

1 — генератор электрических колебаний; 2 — замыкатель, подающий импульсы в излучатель; 3 — приемник эхосигналов; 4 — приемник эхосигналов; 5 — усилитель; 6 — шкала глубин; 7 — неоновая лампа, загорающаяся при поступлении эхосигнала; 8 — приводной электромотор.

чае применения гидролокатора, прослушать через динамик.

В последнее время применяются и более совершенные системы индикации, использующие катодные трубки с послесвечением. Если эхолот вместо визуального индикатора снабдить самописцем, мы получим эхограф. Записи на эхограммах производятся на обычной бумаге (чернилами) либо на электрохимической, восковой, электротермической бумаге.

Рабочий диапазон частот эхолотов простирается от нескольких килогерц до нескольких десятков килогерц. Известно, что затухание звука в воде на единицу длины пути тем больше, чем выше частота звука. При малых глубинах моря звуковой луч при своем движении до дна и обратно не успевает сильно затухнуть, поэтому здесь можно использовать более высокие рабочие частоты. С такими частотами легче получить остронаправленное излучение и, следовательно, быть уверенными, что отражение получено именно от участка дна под килем судна, а не от какого-



Эхолотирование в мелком море: а — ненаправленный звуковой эхолот измеряет не глубину моря, а кратчайшее расстояние до дна; б — ультразвуковой эхолот с направленным излучением измеряет глубину под килем судна, на котором установлен эхолот,

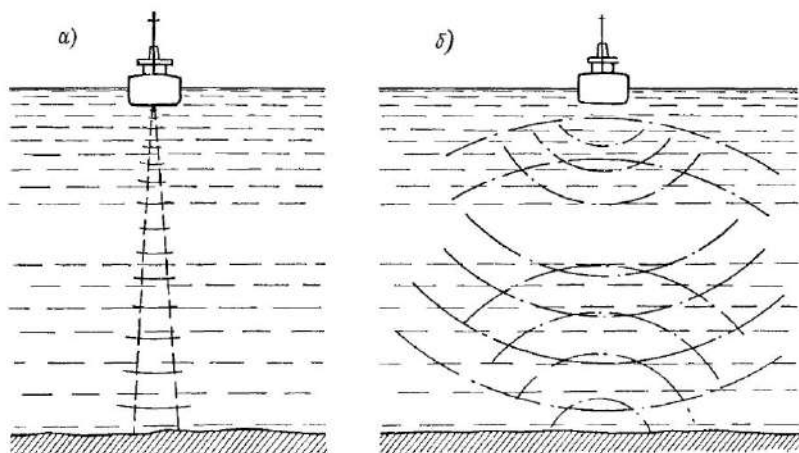
либо подводного холма или уклона дна, расположенного где-то сбоку от курса судна.

При больших глубинах моря влияние сигналов, отражающихся от частей дна в стороне от курса судна, меньше. Но зато вследствие большой длины пути луч в воде может ослабиться до уровня помех. Во избежание этого рабочую частоту эхолота понижают.

Напротив, у самых мелководных, например, речных эхолотов частота сигналов должна быть весьма высокой, чтобы звуковые лучи были «жесткими», т. е. имели длину волны, малую в сравнении с измеряемой глубиной. Иначе эту глубину не измерить с нужной точностью.

Трудно даже примерно назвать количество судов во всем мире — пассажирских, торговых, военных, — на которых установлены эхолоты. Во всех направлениях бороздят океаны многочисленные исследовательские и гидрографические суда, снабженные высокочувствительными

эхолотами. За период Международного геофизического года и Международного геофизического сотрудничества (1957—1961 гг.) и в последующие годы более 25 советских исследовательских судов, и среди них всемирно-известные «Витязь», «Ломоносов», «Обь», «Полярник», «Айсберг», «Океанограф», производили эхолотные промеры в различных районах Тихого, Атлантического, Северного Ледовитого, Индийского океанов, в Чукотском, Беринговом, Чер-



Эхолотирование в глубоком море: а — сигнал ультразвукового эхолота ослабляется вследствие увеличенного затухания высокочастотных звуков в море; б — сигнал эхолота звуковой частоты достигает дна океана, а отраженное от дна эхо приемника эхолота — без заметного затухания.

ном, Балтийском, Баренцевом и других морях. Несколько десятков судов участвовало в аналогичных измерениях от США, Франции и других стран. А ведь еще не так давно, в двадцатых годах, монополистом измерений глубин эхолотом было одно-единственное немецкое судно «Метеор», совершившее несколько экспедиций по Атлантическому океану.

Все данные измерений глубин, как и других измерений, предпринятых в порядке Международного геофизического сотрудничества, систематизировались и обобщались в двух Мировых центрах данных, один из которых находится в Москве.

С помощью эхолота советскими учеными в районе Антарктиды обнаружена и исследована глубоководная впа-



Литературные герои о гидроакустике.

60-е годы XIX века

Директор пробирной палатки Козьма Прутков «Часами измеряется время, а временем жизнь человеческая; но чем, скажи, измеришь ты глубину Восточного океана?»

Ответ нашего современника

60-е годы XX века

Ученик 4-в класса Кузьма Прутиков: «Конечно, эхолотом! И притом относительно низкочастотным, учитывая большие глубины океана».

дина длиной более тысячи километров, названная по имени одного из открывателей Антарктиды — Лазарева. Одна из американских экспедиций в 1953 г. открыла в районе желоба Тонга в Тихом океане «подводный Эверест».

Вот что сообщила по радио группа, обнаружившая подводную гору, другой группе, находившейся в этот момент на втором экспедиционном судне:

«...Дно поднималось так круто, что сперва мы решили, что потеряли запись глубины. Но, включив динамик эхолота, мы убедились, что это было действительно дно, и мы смогли прослушать отраженные сигналы. Нас интересовало, прекратится ли когда-нибудь подъем. Мы заключали всевозможные пари — всех волновало, когда будет обнаружена вершина. Эта гора со склонами крутизной до 12° поднялась с глубины 27 600 футов; следовательно, высота ее достигала девяти с лишним километров».

Как видим, высота подводной горы даже превышает высоту наибольшей из вершин, расположенных на поверхности суши, — Эвереста-Джомолунгмы.

Высота тихоокеанской «подводной Джомолунгмы» примерно соответствует наибольшей глубине Атлантического океана, также обнаруженной эхолотом. Эта глубина равна 9200 м и находится она близ о. Гаити. Интересно, что первые эхолотные промеры в районе о. Гаити производились еще в 1852 г. Но несовершенные эхолоты того времени не позволили определить местоположение наибольшей глубины.

Своеобразным подарком к столетнему юбилею измерений эхологом в этих местах явилось открытие в августе 1952 г. упомянутой глубоководной впадины в точке с координатами 19° северной широты и 68° западной долготы.

Открыл ее «мастер рыбного промысла» М. Фридриксен.

В наши дни идет интенсивное освоение оставшихся «белых пятен» на дне мирового океана. Так, в один из своих рейсов советское судно «Витязь» сообщило об обнаружении им в средней части Тихого океана нескольких не известных ранее подводных гор. Эти горы уступают подводной Джомолунгме, но тоже имеют солидную высоту — более 3 км.

Подводные горные хребты с потухшими вулканами были обнаружены «Витязем» и в Индийском океане. На картах морского дна в экваториальных районах появились русские имена: пик Афанасия Никитина (к юго-востоку от Цейлона), пик Бардина (к северу от Мадагаскара), вулкан Вавилова, горный массив Папанина и др.

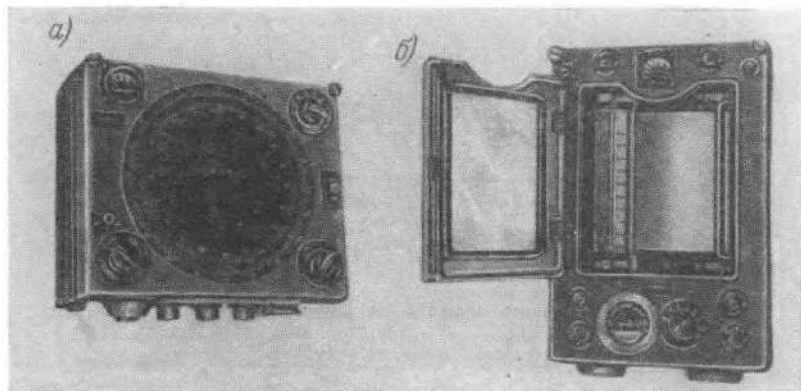
Не всегда измерение больших глубин эхолотом происходит достаточно успешно. На пути звукового луча могут встретиться звукорассеивающие слои, облака газовых пузырьков. Если к тому же дно сильно поглощающее, то сигнал, приходящий к приемнику эхолота, будет весьма слабым.

Четкой записи глубины не получится. Из этого затруднения пытаются выйти, погружая на заданную глубину излучатель и приемник эхолота. Индикатор же, естественно, находится на самом судне. При записи к глубине, фиксируемой погруженным вибратором-приемником, автоматически добавляется глубина погружения вибратора. Работа с опускаемым вибратором, конечно, сложнее, но это окупается четкостью записи.

Эхолот-поводырь, эхолот „водяная улица“ и эхолот-топограф

Поговорим о конструкциях эхолотов и о проблемах, связанных с их усовершенствованием.

Всякий, кто из года в год, будучи на Выставке достижений народного хозяйства в Москве, заходит в павильон «Водный транспорт», может видеть, как совершенствуются



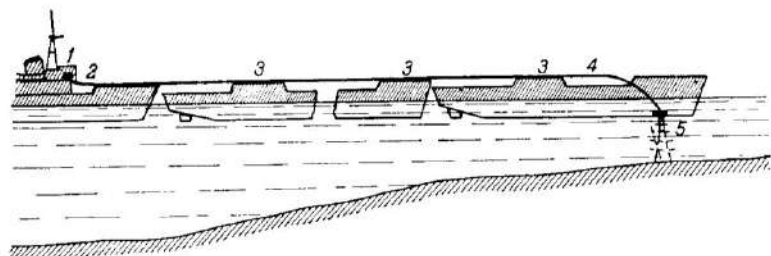
Регистрирующее устройство эхолота НЭЛ: а — указатель глубин; б — эхограф.

отечественные приборы для измерения глубин, будь то навигационные морские эхолоты, измеряющие с точностью до 1% глубины в несколько тысяч метров, или эхолоты для рек с нижним пределом измерения глубины... 20 см. Одной из интересных особенностей последнего является возможность отнесения вибраторов-приемников очень далеко от индикаторной части.

Для чего это делается?

Известно, что в настоящее время исключительно широкое распространение получило речное судовождение методом толкания. В 1958 г. на Волге, например, появилось плавучее сооружение длиной более четверти километра. Три большие секции — баржи — и буксир-толкатель составляли по существу одно целое судно водоизмещением около 9 тыс. т. Скорость движения этого составного судна была почти на треть больше скорости обычных буксирных

караванов. Ввиду увеличенной скорости и длины каравана точный промер глубины был особенно необходим. Можно ли обеспечить такой промер, если указатель эхолота располагается на самом буксире, т. е. далеко позади «носа» каравана? Оказывается, можно. Речной эхолот конструируют таким образом, чтобы имелась возможность выносить вперед на 200—300 м вибратор, связанный кабелем с указателем. Там вибратор с помощью болтов или магнита прикрепляют к дну головной баржи. Эхолот выполняет функцию своеобразного поводыря, указывая капитану



Применение эхолота на караване барж.

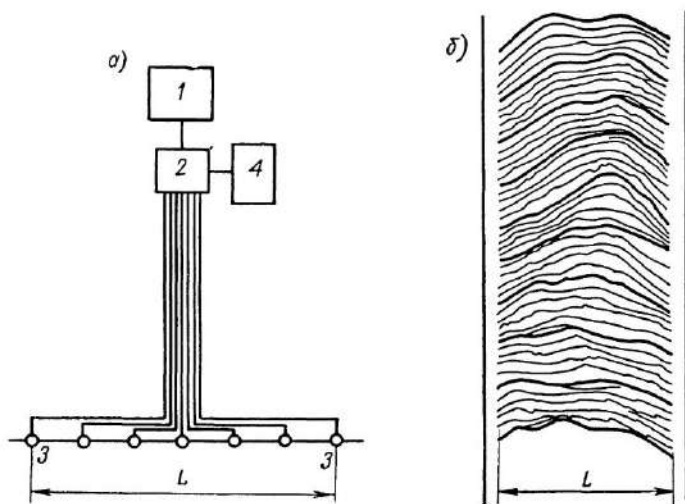
1 — буксир-толкач, 2 — аппаратура эхолота в рубке буксир-толкача, 3 — баржи; 4 — кабель эхолота; 5 — вибратор эхолота.

буксира, когда можно двигаться, а когда следует остановиться или замедлить ход.

А вот еще эхолот, на этот раз иностранный. Точнее, это целая группа вибраторов-эхолотов, располагаемых за судном в линию, перпендикулярную направлению движения судна. Ширина такой буксируемой группы эхолотов достигает 50 м и более. С помощью коммутационного устройства эхосигналы со всех вибраторов подаются на указатель. Линии, вычерчиваемые на ленте указателя, изображают рельеф дна, как если бы на него смотреть под углом слегка сверху. Достаточно судну с подобным много-вибраторным устройством один раз пройти, например, по какому-либо каналу, чтобы получить полный рельеф дна, увидеть места обвалов, мелей.

Изобретатель этого «широкозахватного» эхолота немецкий ученый и инженер Фаренгольц назвал свой эхолот «водяной улицей». Может быть, его правильнее было бы назвать «водяными граблями». По крайней мере, изображения тех образцов буксируемых эхолотов, которые Фаренгольц демонстрировал на III Международном конгрессе

по акустике в конце 1959 г., отдаленно напоминали грабли. Но если есть водяные грабли, то, может быть, появится и «водяная борона»? В ней эхолоты располагались бы по площади квадрата или прямоугольника, и на карту дна сразу наносился бы целый район. Затем судно, ведущее промер, делало бы быстрый «скачок» вперед и замедляло ход лишь к моменту, когда «борона» займет новый район, сопредельный с предыдущим. Таким путем скорость и точ-



Общая схема эхолота «водяная улица» [а] и образец записи профиля дна [б].

1 — генератор импульсов; 2 — коммутатор вибраторов; 3 — вибраторы; 4 — индикатор; 5 — образец записи на ленте индикатора.

ность эхопромеров увеличилась бы в десятки раз по сравнению с промерами одиночным эхолотом.

Мы не случайно упомянули о точности эхопромеров. Дело в том, что современных исследователей-гидрографов, да и мореплавателей уже не удовлетворяет та «обобщенная», усредненная информация о морском дне, которую дает обычный эхолот с относительно широким звуковым пучком.

Эхолот «водяная улица» представляет известный шаг вперед в направлении увеличения точности съемки структуры дна различных естественных водоемов. Но он все же весьма громоздок, и выходить с ним далеко в океан рискованно, так как океанские штормы могут разрушить

буксируемые сооружения с вибраторами. На помощь здесь приходят предложенные в последние годы многолучевые системы эхолотов, а также системы с пространственным сканированием (разверткой) звукового луча.

Угловая ширина луча в многолучевых эхолотах мала ($1-3^\circ$). Эти узкие лучи веером «освещают» дно на расстоянии до 100—500 м по траверзу корабля и позволяют



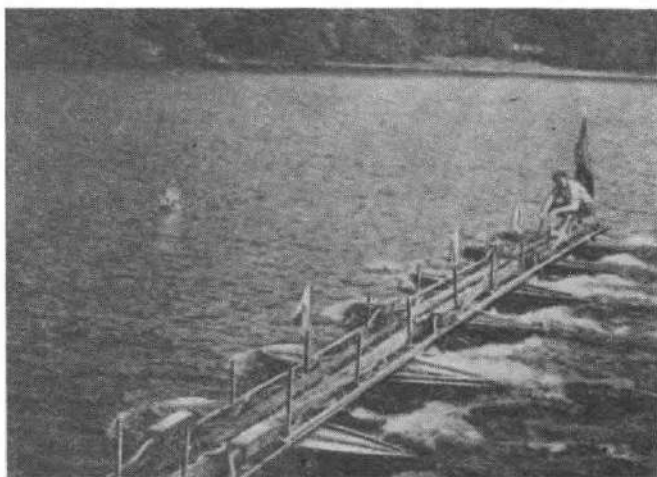
По бортам судна — не грузовые стрелы, а штанги с вибраторами эхолота. Они опускаются на воду, как только судно начинает эхолотирование.

разделить отражения от отдельных узких пиков и склонов на дне. Эхо от каждого луча воспринимается в отдельных каналах электронной части эхолота, а затем эти сигналы поступают на самописец или катодный индикатор. По характеру изменений положения отметок от отдельных эхо на экране индикатора во времени можно определить, какова величина уклона дна в траверсном направлении судна и в каком именно направлении идет уклон дна — в сторону правого или левого борта. Ясно, что с обычным эхолотом, фиксирующим некоторую интегральную величину отражения от освещаемого звуковым пучком участка дна под кораблем, такую информацию получить невозможно.

При симметричном относительно вертикальной оси положении лучей эхолота иногда бывает трудно распознать,

от какого именно луча — правого или парного ему левого — приходит отражение от того или иного участка дна. Поэтому переходят к несимметричному положению лучей — с уклоном к одному из бортов судна. Эта система, как будет видно, таит в себе еще больше возможностей.

Многолучевую систему можно было бы построить из ряда автономных вибраторов, но тогда каждый из них

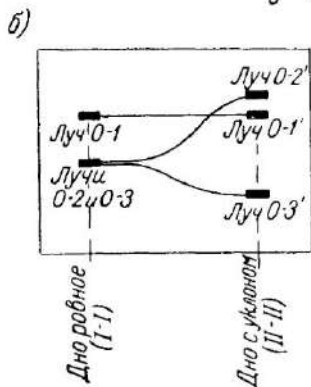
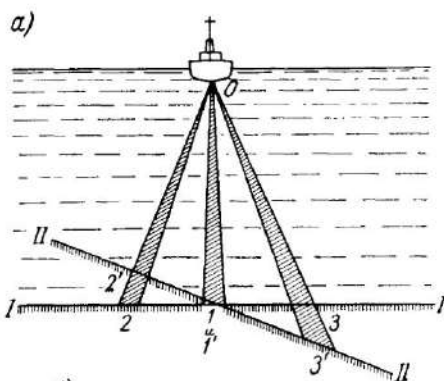


А это не какое-либо водноспортивное сооружение, а также устройство для широкозахватного эхолотирования. Мостки с вибраторами эхолота, заключенными в обтекатели, укрепляются по обоим бортам гидрографического судна.

имел бы большую ширину зеркала, т. е. был бы весьма громоздким (вспомним, что для получения узконаправленного звукового пучка надо увеличивать отношение размеров зеркала вибратора к длине излучаемой им звуковой волны). При совместном действии ряда вибраторов получается характеристика направленности излучения (и приема), имеющая один острый главный максимум и ряд расположенных по обе стороны от него так называемых добавочных максимумов. Амплитуды этих максимумов, характеризующие силу излучения или чувствительность приема на соответствующих углах (в данном случае в вертикальной плоскости), составляют 10—20 и даже 60—70% от амплитуды главного максимума и зависят

от рабочей частоты, числа приемников и способа их расположения.

Добавочные максимумы для шумопеленгаторов и для обычных конструкций эхолотов — явление нежелательное,



Принцип действия многолучевого эхолота [а] и изменение картины эхотметок от отдельных лучей на экране эхолота при появлении на дне уклона [б].

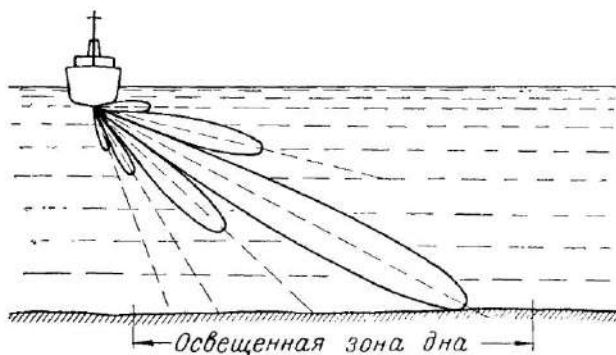
I-I — дно ровное; эхо от участков дна, освещаемых крайними лучами, приходит позже, чем эхо от участка дна под кораблем; *II-II* — дно с уклоном; эхо от левого луча приходит раньше, а эхо от правого луча — позже, чем эхо от центрального луча.

так как они содействуют приему паразитных сигналов от различных участков дна и других объектов. Но если систему вибраторов эхолота повернуть так, чтобы главный максимум составлял определенный угол с вертикалью, то недостаток, связанный с наличием добавочных максимумов, можно обратить в преимущество.

Прежде всего мы получим определенную систему лучей, которую можно приспособить для «освещения» довольно широкой полосы дна, причем распределение «освещения» дна будет как раз таким, что плотность записи от отдельных лучей станет примерно одинаковой. В самом деле, самый удаленный участок обследуемой полосы дна (до 400—500 м от корабля), от которого отражение самое слабое, будет «освещаться»

наиболее мощным главным максимумом характеристики эхолота. Более близкие к судну участки дна дают большее отражение как вследствие малости отстояния их от судна, так и вследствие того, что угол падения луча на дно в этих участках близок к прямому. Чем ближе освещаемый уча-

сток к кораблю, тем больше эхосигнал от него, но вспомним, что для принятой ориентации вибраторов — тем меньше амплитуды добавочных максимумов, т. е. чувствительность эхолота. Все это и обусловит примерно одинаковую амплитуду эхосигналов на индикаторе эхолота от различных участков просматриваемой полосы дна. Записи эхосигналов от различных лучей будут располагаться на бумаге самописца эхолота рядом, совершенно так же, как располагаются на дне места, освещенные соответствующими лучами.

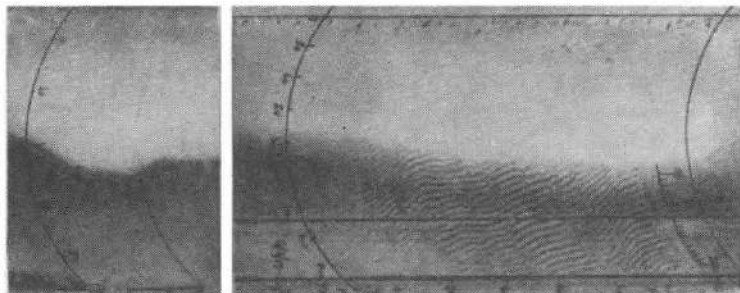


Использование многолучевой системы для гидроакустического обследования широкой полосы дна.

При пользовании многолучевым эхолотом не только ускоряется процесс обследования дна (например, 5 кв. миль дна могут быть обследованы за 20 часов), но и резко улучшается четкость воспроизведения картины дна. Отчетливо фиксируются отдельные скальные выходы на дне, песчаные волны высотой более полуметра, узкие впадины ложа дна. В некоторых случаях четкость изображения морского дна приближается к четкости изображения, получаемого с помощью подводного телевидения. Однако скорость эхопромеров во много раз превышает скорость телевизионной подводной съемки. Очевидно, мы здесь имеем дело уже не просто с эхолотированием, а с чем-то близким к полуавтоматическому подводному «звуковому топографированию». О точности действия звукоподводных «топографических» устройств свидетельствует тот факт, что телефонный кабель, уложенный на морском дне, легко обнаруживается ими.

Аналогичные по точности эхопромеров результаты могут быть получены с помощью сканирующих систем, в которых один или несколько звуковых лучей пробегает по ряду параллельных трасс, «считывая» участки дна подобно построчному считыванию страницы книги. Иными словами, процесс здесь совершенно аналогичен процессу, имеющему место при движении электронного луча в телевизионных передающей и приемной трубках.

Существенное влияние на точность работы эхолотов, особенно узконаправленных, оказывает качка корабля, вы-



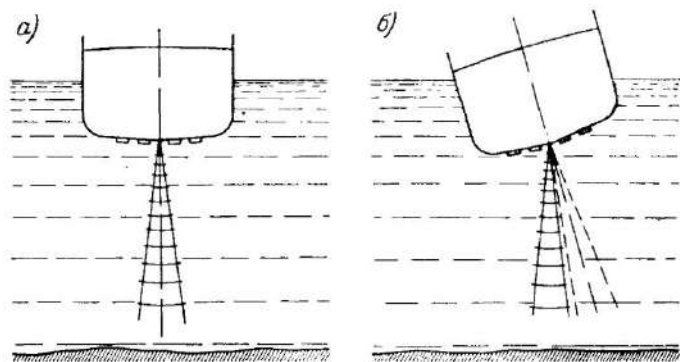
Образцы записи рельефа дна обычным (слева) и многолучевым (справа) эхолотом.

зывающая рысканье луча, рябь и перерывы в эхограммах. Для уменьшения влияния качки применяют пространственную стабилизацию вибраторов, при которой положение плоскости зеркала вибраторов относительно дна остается практически неизменным. Для эхолотов с одиночным вибратором проще всего осуществить механическую (по принципу маятникового подвеса) или гироскопическую стабилизацию.

Сложные системы вибраторов труднее поддаются стабилизации такого рода. В последнее время достигнуты определенные успехи в осуществлении электронной стабилизации лучей эхолотов. Суть ее в самых общих чертах состоит в том, что электрические напряжения рабочей частоты, подаваемые на излучающую систему эхолота, все время перераспределяются между отдельными ее вибраторами в такт качке, так что положение главного и добавочного максимумов остается неизменным в пространстве, несмотря на непрерывно меняющийся крен корабля.

Мы кратко коснулись всех упомянутых в заголовке эхолотов. Но хочется еще раз вернуться к эхолоту-поводырю, только к поводырю усовершенствованному.

Как и полагается современной системе, он — дистанционный. В 1963 г. японцы Хасимото и Като осуществили с помощью телевизионного устройства «Телесаундер» передачу показаний эхолота (или рыболокатора) на расстояние 4 км с судна на берег или на другое судно. Ведущий



Принцип электронной стабилизации вибраторов эхолота при качке: а — качки нет, звуковой пучок направлен вниз; б — корабль накренился: за счет перераспределения энергии между вибраторами эхолота сохраняется вертикальное положение оси звукового пучка (пунктиром показано прежнее положение звукового пучка).

каравана судов по показаниям своего эхолота может сообщать следующим за ним судам с большей осадкой данные эхопромеров. В штурманской рубке каждого судна кроме записи глубин непосредственно под килем судна непрерывно идет запись глубин, находящихся несколько впереди.

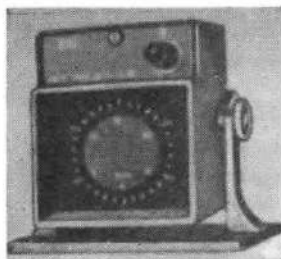
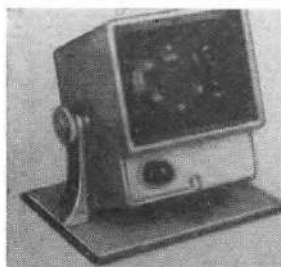
Удобно? Конечно, удобно. С тех пор система «Телесаундер» еще совершенствовалась. Ею заинтересовались рыболовы.

Очень подкупает возможность для каждого судна рыболовецкой флотилии знать, что пишут рыболокаторы других судов флотилии.

Впрочем, о рыболокации речь впереди.

Будильник или эхолот? И здесь автоматизация

Рассмотренный выше эхолот Фаренгольца с буксируемыми вибраторами — это эхолот-гигант. Но есть и эхолоты-карлики. Это переносные эхолоты, эхолоты, устанавливаемые на шлюпках, ботах. Таковы, в частности, отечественные переносные эхолоты ПЭЛ. Один из них измеряет глубины в пределах 0—300 м, а второй, более миниатюрный, в пределах 0,2—60 м.



Размеры указателей современных эхолотов для небольших судов мало отличаются от размеров дорожного будильника.

Еще недавно рекорд миниатюрности держал английский эхолот «Гекта». Он собран на полупроводниках, вес его вместе с вибратором меньше пуда, а размеры усилителя и индикатора лишь в полтора раза превышают величину мужской ладони. Вибратор эхолота изготовлен из титаната бария и имеет рабочую частоту около 200 кгц. Мощность батареи эхолота составляет доли ватта, у разработанных ранее малых эхолотов она достигала десятков и сотен ватт.

Эхолот предназначен для измерений в прибрежных районах моря, имеющих глубины до 60 м. Он может быть быстро смонтирован на яхте, моторной шлюпке. С помощью такого эхолота, установленного на шестиметровой яхте, производилась запись профиля дна в Ла-Манше.

Миниатюризация излучателей и индикаторов эхолотов, широкое применение электронных микроэлементов и блоков, печатных схем позволяют и дальше уменьшать размеры эхолотов. В настоящее время созданы эхолоты, индикаторы которых почти не отличаются от дорожных будильников.

Аналогия с будильником просит быть продолженной. Индикаторы современных эхолотов можно сделать таким образом, чтобы при определенной глубине под килем

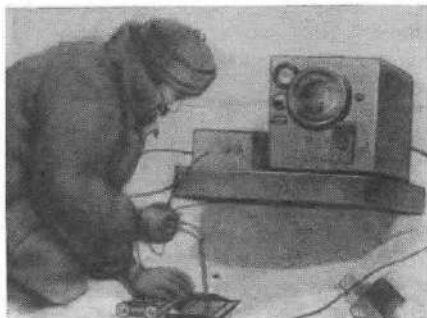
судна в рубке или каюте, где установлен индикатор эхолота, раздавался сигнал. Молчит эхолот-будильник — спокоен штурман, и капитан может подремать после долгого дежурства. Но вот раздался тревожный звонок. Глубина уменьшилась до опасного предела. Впился в индикатор эхолота штурман, вахтенный схватился за ручку машинного телеграфа и проснулся в своей каюте капитан. . .

Можно себе представить, сколь удобно использовать микроэхолот, установленный на малом высокоманевренном судне, не только при движении его на мелководье, но и для «ощупывания» дна в любых местах какого-либо фарватера, рейда, гавани с целью определить, нет ли еще где-нибудь затопленных судов или их обломков, столь щедро оставленных в наследство второй мировой войной.

Во всех областях электроники (да и не только электроники) миниатюризация идет рука об руку с автоматизацией. Внедряется

автоматизация и в эхолотирование. С 1963 года бороздит воды Балтийского моря и его заливов финское гидрографическое судно «Тауво» — один из первенцев автоматизированного эхолотирования. Его эхолот связан со специальными счетными блоками, усредняющими значения глубин за несколько промеров. Эти усредненные значения выдаются для нанесения на карту. Разрабатываются разнообразные печатно-цифровые устройства, в которых значения глубин отпечатываются с заданным шагом непосредственно на стандартной морской карте, заложенной в индикаторный прибор эхолота.

В каком бы направлении ни совершенствовалась техника эхолотирования, ясно одно — достижения еще будут. Достижения, которые окончательно заставят сдать механические лоты в музей и приблизят эру автоматического звукового подводного топографирования дна мирового океана. Достаточно вспомнить в этой связи еще об одной новинке техники эхолотирования — измерении глубины через слой



Определение глубины моря эхолотом с поверхности ледового покрова.

льда. Мы уже упоминали, что в СССР при строительстве Куйбышевской ГЭС глубина реки определялась эхолотом с поверхности льда. В 1961 г. в Канаде для этой цели был создан портативный морской эхолот, который легко перевезти из одной местности в другую на вертолете. Он работает на частоте 22 кгц, вибраторы его устанавливаются на льду, на слое вязкого масла, что обеспечивает надежный акустический контакт поверхности вибратора со льдом и большую отдачу звуковой энергии в лед.

Несмотря на то, что во льду имеются пузырьки воздуха, интенсивно поглощающие звуковые колебания, надледный эхолот при толщине льда 2,5 м надежно регистрировал дно моря подо льдом на глубине 1700 м. Подобные эхолоты разработаны теперь и в ряде других стран.

Рыболокация и китолокация

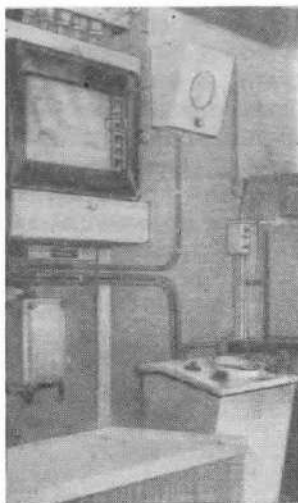
Поскольку сигналы гидролокатора могут отражаться от подводных лодок, мин и даже от скоплений планктона и облаков газовых пузырьков, то они могут отражаться также от рыбных косяков, стай. Само собой разумеется, что и более крупные обитатели моря — киты, дельфины должны отчетливо обнаруживаться на экранах гидролокационных индикаторов. Так возникло важнейшее направление развития гидроакустической техники, связанное с применением эхолокационных приборов в рыбном и (пока в несколько меньшей степени) китовом промысле.

Рыболокаторы могут определять местонахождение рыбных скоплений в горизонтальном, вертикальном или в обоих этих направлениях. Как и эхолот, рыболокатор состоит из приемно-излучающих вибраторов, генератора импульсов и индикаторной части, в которую входят эхограф, дающий запись рыбных скоплений, и визуальный катодный индикатор, часто именуемый фишлупой. Для слухового восприятия эха служит динамик «рыбный гонг», «фишгонг», на который от приемных вибраторов подается преобразованный сигнал относительно низкой звуковой частоты, не превышающей обычно 800—1000 гц. Звуковой сигнал, воспринимаемый от динамика или через наушники, существенно облегчает момент установления эхосигнала и его классификацию.

В отличие от четкого эхосигнала, воспринимаемого от сосредоточенного хорошо отражающего звук предмета (корабль, скала), эхосигнал от рыбного косяка, представ-

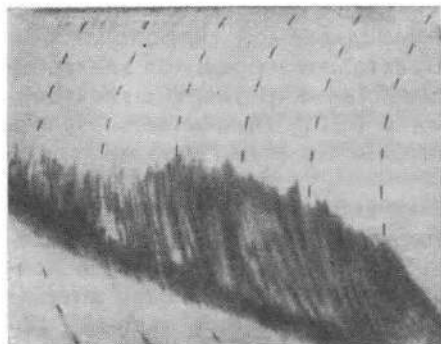
ляющего протяженную «рыхлую» цель, звучит мягко, раскатисто. Сильно разреженные скопления рыбы дают нечеткое эхо, однако и обловы таких разреженных скоплений, например, сельди, могут иметь промысловое значение. На достаточно близком расстоянии от современного рыболокатора отдельные рыбы тоже могут давать четкие эхосигналы.

При нахождении рыбных скоплений вблизи дна эхосигнал от них может сливаться с эхосигналом от дна, как, например, это имеет место на прилагаемой эхোগрамме придонного косяка ставриды. С целью облегчения распознавания придонных рыбных скоплений в рыболокатор вводят устройство, именуемое «белой линией». Принцип его действия заключается в самых общих чертах в том, что при отражении звука от грунта, который обычно



Установка рыболокатора-эхолога на траулере. Слева — эхограф, внизу — катодная фишлупа, справа наверху — «рыбный гонг».

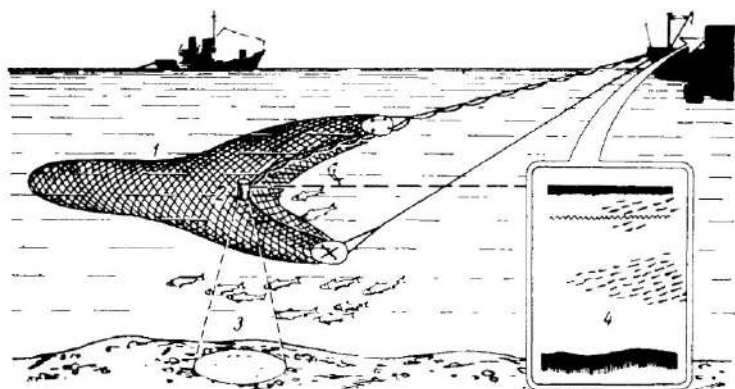
значительно более плотен, чем рыбное скопление, вход усилителя рыболокатора на момент замыкается. Отсутствие сигнала на границе между дном и скоплением рыбы отображается на эхোগрамме белой линией, откуда и происходит название устройства. Введение этого устройства в рыболокаторы вертикального действия значительно увеличивает поисковую эффективность приборов.



Эхোগрамма косяка ставриды большой протяженности. Запись сделана отечественным рыболокатором «Скорпион-1».

За последние годы в ФРГ, Японии и СССР получила распространение еще одна новинка — так называемый прицельный лов рыбы с помощью гидроаку-

стических приборов. При таком лове излучатель-приемник рыболокатора устанавливают не в днище рыболовного судна, а в верхней части зева рыболовного трала. На экране рыболокатора в этом случае видны нижняя часть сети трала и рыба, входящая в полость трала, а также находящаяся ниже этой полости. Команда промыслового судна получает при этом возможность сразу видеть, на какой глубине находятся наибольшие скопления рыбы и до какой степени необходимо заглублять трал.



«Прицельный» лов рыбы.

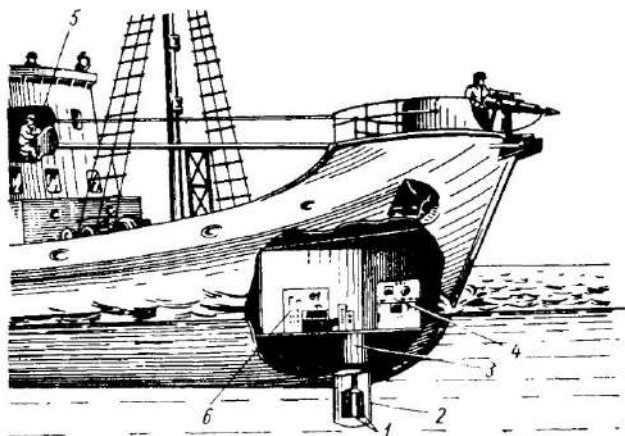
1 — трал; 2 — вибратор эхолота, установленный в передней части трала; 3 — конус освещенности эхолота на дне; 4 — запись на экране отметчика эхолота, установленного на промысловом судне.

Можно пойти дальше по пути централизованного использования информации, передаваемой гидролокатором прицельного трала, и ввести автоматизированное электронное управление оружием лова. Такие траулеры с электронным мозгом проектируются в СССР. Применяется запись рыбных скоплений на магнитные барабаны для последующего анализа.

Обычному расположению вибраторов горизонтальных и вертикальных рыболокаторов свойствен еще один существенный недостаток, связанный с особенностями распространения звука в море. Было замечено, что после шторма (а ведь шторм в океане — довольно частое явление) эффективность обычных звуковых и особенно ультразвуковых рыболокаторов уменьшается. Объясняется это насыщением поверхностного слоя моря после сильного волнения пузырьками воздуха, захватываемого волнами из атмос-

феры. В этом слое звуковые волны сильно поглощаются, и слой оказывается непроницаемой преградой для луча рыболокатора.

Опыт, проведенный советской научно-исследовательской подводной лодкой «Северянка», показал, что в то время как гидролокатор надводного промыслового судна в послештормовой период был «слеп и глух», гидролокатор погруженной лодки в том же самом районе обнаружи-



Установка китолокатора на китобойном судне

1 — приемно-излучающая система; 2 — обтекатель приемно-излучающей системы; 3 — шахта для подъема приемно-излучающей системы с обтекателем; 4 — приводной мотор для подъема обтекателя; 5 — индикаторное устройство китолокатора; 6 — генератор сигналов, подаваемых на излучатель.

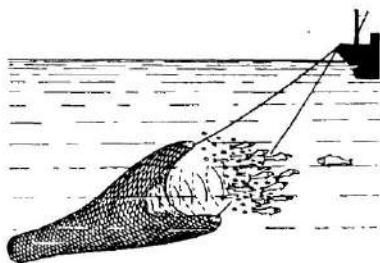
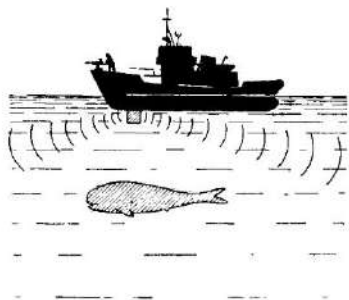
вал скопления сельди. В принципе можно создать эффективные подводные траулеры, но, пожалуй, проще было бы снабдить надводные рыбопромысловые суда глубинными опускаемыми поисковыми гидролокаторами.

Такой гидролокатор должен опускаться под насыщенный воздухом поверхностный слой воды. Опускному гидролокатору не страшна качка судна, он удален от основных источников помехи — гребных винтов и механизмов судна. Это один из перспективных, на наш взгляд, путей совершенствования рыбопромысловой техники.

Киты также способны давать достаточно сильное гидролокационное эхо. Оно более четкое, чем отражение от протяженной рыбной стаи, и напоминает эхо от подводной

лодки. (За эту свою особенность китообразные, кстати сказать, поплатились. По подсчетам американских специалистов, около двухсот китов было атаковано и поражено торпедами во второй мировой войне: их приняли за вражеские подводные лодки.)

Гидролокаторы специальной конструкции устанавливают на китобойные суда весьма часто. Вибратор такого китолокатора размещается в носовой части судна в выдвижном обтекателе, а индикатор — в рулевой рубке. В районе гарпунной пушки в небольшом укрытии может быть расположен репитер (дублирующий индикатор).



Обитатели моря приспосабливаются к орудиям лова.

Хитрый кит «Главное — держаться в конусе тени китолокатора» Вожак рыбьей стаи перед «прицельным» тралом «Выпустить отражающее облако газовых пузырьков и — уходить!»

Гидролокатор заметно облегчает китобоям первичный поиск китов, особенно в свежую погоду и при ограниченной видимости. Известно, что некоторые виды китов могут нырять на большую глубину. Гидролокатор позволяет оценить, в каком направлении и на какую примерно глубину нырнул кит. Правда, это возможно лишь тогда, когда ныряние не слишком стремительно, т. е. когда за время излучения и приема одной посылки (2—3 сек. и более) кит не уходит на слишком большую глубину, далеко за пределы освещаемой зоны гидролокатора.

Оказалось также, что иногда можно с помощью гидролокатора не только обнаружить кита, но и в какой-то мере повлиять на его поведение. При испытаниях мощных китолокаторов был замечен интересный факт: киты довольно чувствительны к интенсивному звуковому лучу и стараются «сбежать» от него. Как можно использовать это обстоятельство? Если обнаруживается намерение кита нырнуть

на большую глубину или уйти в сторону от флотилии китобойных судов, то можно направить луч локатора ниже, правее или левее кита, и тогда у кита отпадает охота пересекать «звуковой барьер».

Техника позволяет буквально образом «обкладывать» кита со всех сторон. Так что скоро, пожалуй, главной проблемой станет не то, как ловить китов, а то, как сохранить их поголовье.

Физики и рыбаки

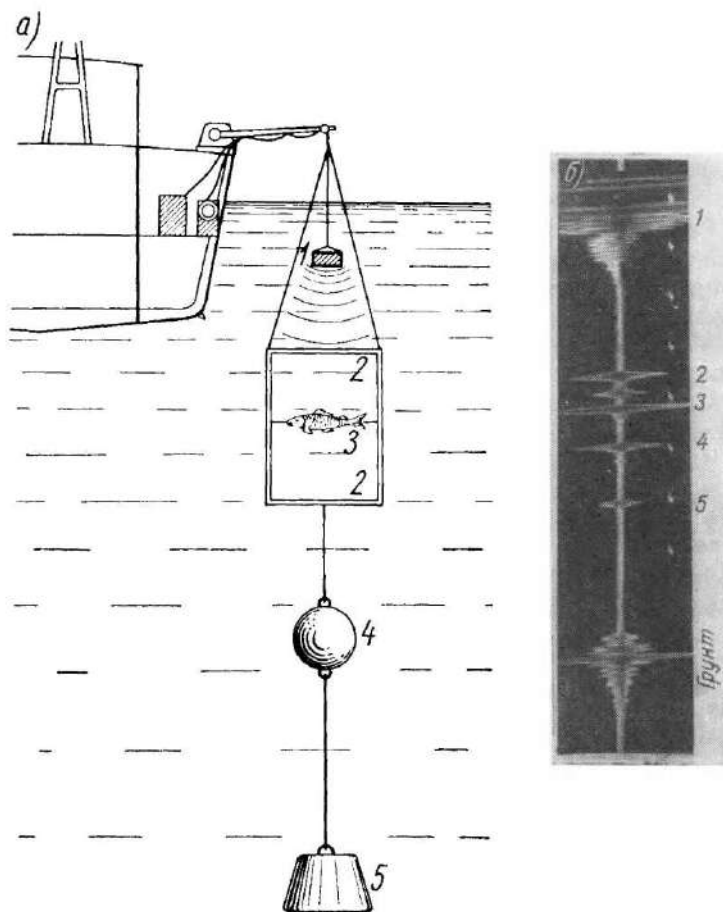
Растущему населению земного шара требуются все большие уловы рыбы, но, с другой стороны, сама рыба становится более осторожной и «опытной», подобной, как выразился один специалист-рыболов, «пуганой лесной дичи». Бывалый рыбак сегодня уже мало что может сделать, используя одну лишь «ловецкую интуицию». Необходимы строго научные методы. На помощь рыбакам приходят физики-акустики.

Честь вспахивания «научной целины» в области рыбопромысловой гидроакустики в нашей стране принадлежит Е. В. Шишковой. На протяжении ряда лет она занималась исследованием формирования эхосигнала от различных рыбных скоплений, определением методов оценки рыбных косяков по показаниям рыболокатора.

...Сентябрь 1959 года, Штуттгарт. В нескольких залах идут заседания 3-го Международного Конгресса по акустике. В одной из секций делает доклад Е. В. Шишкова. Но вот доклад окончен, делегаты окружают кафедру. Учительные японцы, поблескивая стеклами очков и открытыми в улыбках зубами, аплодируют русской женщине-ученому. Японцы — лучшие в мире специалисты по рыбопромысловой гидроакустике, и их похвала кое-чего стоит. Это понимают и раскрасневшаяся Екатерина Васильевна, и все другие участники советской делегации, радующиеся ее успеху. . .

Столь же успешными были выступления Е. В. Шишковой на последующих международных конгрессах, ее статьи в отечественной печати. Какие же исследования она производила? На рисунке показана схема установки, разработанной Е. В. Шишковой. В этой установке гидролокационный излучатель-приемник облучает рыбу, подвешенную на тонких капроновых нитях против вибратора. Отражение от рыбы сравнивают с отражением от эталонной сферы определенного радиуса. Именно так в гидроакустике, не только

«мирной», но и военной, принято характеризовать отражающую силу подводных препятствий. Когда говорят, что сила данной цели составляет, например, 3 метра, это озна-



Установка для определения отражающей способности рыб на различных частотах и образец записи эхосигналов на киноплёнке.

1 — гидролокационный излучатель-приемник; 2 — деревянная рама; 3 — исследуемая рыба; 4 — эталонная сфера; 5 — груз.

Номера эхоимпульсов на пленке соответствуют номерам отражающих объектов, указанным на схеме установки.

чает, что цель дает такое же отражение, как сфера радиусом в 3 метра, установленная от гидролокатора на расстоянии, равном расстоянию до цели. Расстояния до под-

водных препятствий и до эталонной сферы при измерениях отражающей способности должны быть различными, иначе они давали бы совмещенное эхо. Но при обработке записей эхосигналов на киноплёнке, чтобы получить возможность сравнивать амплитуды отражения, все подводные отражатели «приводят» к одному расстоянию с учетом законов распространения звука в воде.

В результате опытов были получены «эквивалентные радиусы» рыбных скоплений в зависимости от частоты рыболокатора и плотности рыб в стае. В частности, установлено, что при наличии у данной породы большого плавательного пузыря отражение звука от рыбы заметно увеличивается (это же, как мы упоминали в первой части книги, заметили и исследователи, занимающиеся проблемами поглощения звука в море).

Е. В. Шишкова и другие исследователи определили не только величину отражения сигналов рыболокатора от рыбных стай, но и степень затухания сигналов в стаях различной плотности. Этим созданы предпосылки для промысла рыбы на просвет (возможно, что такой способ когда-нибудь и будет осуществлен). При этом способе акустические сигналы, излучаемые одним из рыбопромысловых судов в направлении нахождения рыбной стаи, воспринимались бы другим судном, находящимся на фиксированном расстоянии от первого. По степени ослабления сигнала в стае определялась бы плотность рыбы в данном скоплении, протяженность скопления и целесообразность отлова рыбы.

На очереди и другие задачи. Например, ловля рыбы в океане на больших глубинах. Здесь без ученых-гидроакустиков вообще не обойтись. И вот уже десятки, сотни советских судов выходят к берегам Канады, Африки. Лов ведется на глубинах 600—700 метров и более. Методы обнаружения и оценки рыбных скоплений здесь должны быть особенно четкими и быстрыми, иначе мечты о хорошем улове останутся мечтами.

А наблюдение за движением масс планктона с помощью замеров морской реверберации? Интереснейшая задача. Продолжительная реверберация — планктона мало, короткая реверберация — попали в места, богатые планктоном. А где планктон — там рыба. Довести бы до практиков решение такой задачи! А уменьшение помех рыболокатору со стороны самого рыбопромыслового судна!

.. Не пытайтесь застать Е. В. Шишкову, ее коллег В. Г. Ажажа, А. С. Шейна и других во Всесоюзном научно-

исследовательском институте рыбного хозяйства и океанологии. В семи случаях из десяти вам ответят: «Она (или он) в экспедиции». В Москве их можно наверняка поймать разве что под Новый год. Таков, видимо, удел физиков, взявшихся помогать рыбакам. . .

Потомки листригонов берут на вооружение электроакустику

Кому не памятно великолепно написанные Куприным картины жизни черноморских рыбаков прошлого? Писатель нашел в них сходство с экзотическими листригонами, встреченными Одиссеем во время его странствий.

Буйный ветер современности отовсюду выветривает экзотику. Чуть ли не «хорошим тоном» считается ныне говорить о ней с легким оттенком иронии. Но по крайней мере в одной из черноморских профессий экзотики и сейчас предостаточно. Эта профессия — дельфиноловы, или, как их еще называют, — дельфинеры. Во всех странах налажен промышленный лов дельфинов.

В СССР начиная с 1966 г. промышленный лов дельфинов запрещен сроком на 10 лет, однако производится отлов их для научных исследований, для которых также необходимо довольно большое количество дельфинов.

Современные потомки Ивана Егоровича, Юры Паратино и других купринских «листригонов» давно, задолго до ученых-биологов, заметили, что дельфины — одни из образованнейших в акустическом отношении морских обитателей. Родилась мысль использовать для их поимки подводные звуковые сигналы. Так было предложено устройство, которое рыбаки по простоте душевной назвали «рыбацким телефоном», хотя сходство с телефоном здесь более чем отдаленное. Это попросту ударный источник мощного подводного звука, служащий для загона дельфинов, этих чутких к шуму существ, в рыбацьи сети — аламаны. Схема использования «рыбацкого телефона» примерно такова. Баркасы, снабженные «рыбацкими телефонами», и два сейнера загоняют косяк дельфинов в аламан, после чего третий, осовной сейнер замыкает кошель невода.

Ученые-акустики из Всесоюзного научно-исследовательского института рыбного и озерного хозяйства (ВНИРО) проделали эксперименты по улучшению способа загона дельфинов в аламан путем применения на сейнерах мощ-

ных источников звука — гремящих буев. Эти буи излучают в воду шум, составляющие которого располагаются в весьма широкой полосе частот — от 10 гц до 10 кгц, причем уровень шума возрастает по мере увеличения скорости хода сейнера. При использовании таких акустических буев был получен значительный промысловый эффект: уменьшилась продолжительность времени, необходимого для загона дельфинов в аламан, уменьшилось число дельфинов, ускользающих из ловушки, в которую их загоняют рыбаки.

Но вот беда: дельфины способны привыкать к искусственным непрерывным подводным шумам, после чего перестают бояться их. В качестве одной из мер нарушения этой «привычки» дельфинов предлагается включать шумящие буи периодически. Однако в период «молчания» буев никто не может помешать дельфинам броситься в сторону, обратную той, в которую их загоняют.

Как же быть? Вот тут-то и заявляет о себе электроакустика. Вместо шумящих буев можно применить мощные электроакустические преобразователи, работающие по заданной программе и излучающие попеременно тональные колебания различной частоты, резкие шумы и другие звуки, особенно неприятные для дельфинов.

По мере совершенствования техники лова черноморским дельфинерам и рыбакам придется все больше и больше знакомиться с электроакустикой — областью техники, неведомой не только их предкам, но еще недавно и им самим.

Потонувший колокол

Представьте себе, что вы проходите на судне проливом Ла-Манш севернее Дувра. Спуститесь (или поднимитесь) в штурманскую рубку. Впереди одни из самых опасных в мире мелей — мели Гудвина. Они явились причиной гибели в разные времена многих десятков судов. Вы слышали краем уха, что мели ограждают установленные на трех плавучих маяках мощные подводные колокола.

Штурман уже включил динамик гидроакустической станции. Из него полился мелодичный, торжественный, чуть меланхоличный звон. Смахивает на траурную мессу по погибшим здесь кораблям и людям. Месса ли? Прислушайтесь получше. На близком расстоянии колокол звучит звонче, бодрее и даже, кажется, быстрее следуют его удары. Мы уже несколько искушены в гидроакустике и

понимаем, что так, собственно, и должно быть. Чем ближе к источнику, тем меньше расплывается во времени звуковой импульс в воде, тем больше в нем звуков высоких частот. Колокол звучит живее, он служит живым людям, помогает им уйти от опасности. Об этом и мечтал когда-то творец сказочного «потонувшего колокола» литейщик Генрих. Только здесь опасность не духовная, о которой скорбел Генрих, а самая что ни на есть вещественная.

А фея Раутенделейн, должна же появиться и она, раз зазвонил потонувший колокол. Не эта ли девушка с аквалангом у воды? Быть может, в наш уважающий практические деяния век фея решила порвать со своим легкомысленным прошлым и теперь работает смотрительницей подводного маяка?

Впрочем, пора прощаться со сказкой. Если малограмотный литейщик и обладал интуицией, позволявшей ему сработать первоклассный колокол, то все равно ему, литейщику, не придумать было бы хитроумной электрической схемы, приводящей в движение эти и подобные им подводные колокола на различных морях.

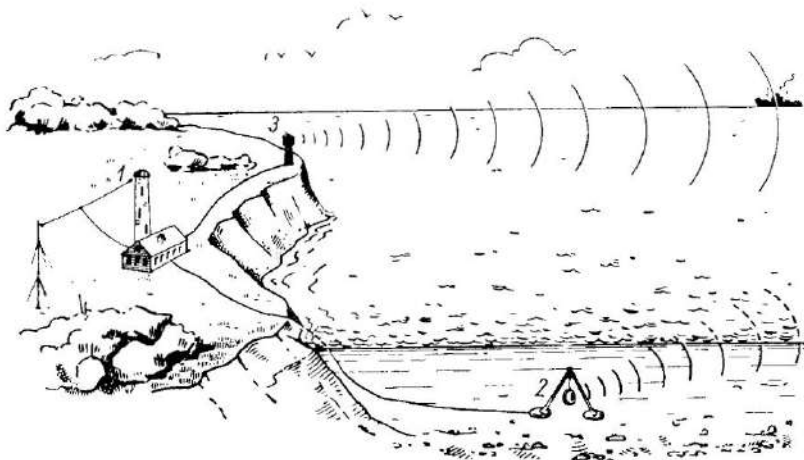
В России колокольная подводная сигнализация использовалась довольно давно. Более того, в 1912 г. была выдвинута идея использования в трудных метеорологических условиях для ориентации судов вблизи берегов не одного подводного звука, а в сочетании с радиосигналами. Группа штурманов Балтийского флота предложила определять на военных кораблях расстояние до берегов по разности времени прихода радиосигналов и звуковых сигналов от подводного колокола. При этом была успешно решена задача точного определения малых интервалов времени. Руководил этой разработкой старший штурман крейсера «Баян» А. Щенснович.

Соответствующие приборы были изготовлены, испытаны, и в конце 1915 г. последовало донесение в столицу: «Ввиду благоприятных результатов командующий (флотом — И. К.) просит разрешения об установке радиогидрофонных приемников на всех боевых судах первых двух рангов». В 1915—1917 гг. радиогидрохронометрические станции, подающие звуковые и радиосигналы, были установлены на маяках «Сарычев», «Уттэ», «Дагерорт», Либавском и на ряде кораблей Балтийского и Черноморского флотов.

Идея радиогидрохронометрии получила мощное развитие в наше время. В местах подводных мелей, банок, в узких проливах на островах, мысах, у подходов к портам

устанавливаются комбинированные радиоакустические маяки. Это — сочетание радиомаяка кругового обзора с гидроакустическим излучателем и иногда также с мощным излучателем воздушного звука — диафоном (наутофоном).

Электроакустические подводные излучатели, естественно, предпочтительнее подводных колоколов. Они обеспечивают большую интенсивность излучения, частота



Комбинированный радиоакустический маяк.

1 — радиомаяк; 2 — подводный звукоизлучатель; 3 — воздушный звукоизлучатель (наутофон, диафон).

излучения может быть такой, чтобы достигалось наилучшее соотношение «сигнал — помеха», а звуковые посылки — более резкими, т. е. с более крутым фронтом импульса, чем у звуков колокола.

Существует несколько методов обсервации судов по сигналам радиогидроакустического маяка. В одном из них после посылки синхронизированных во времени основного радиосигнала и гидроакустического импульса радиомаяк продолжает излучать со строго определенными и заранее известными интервалами дополнительные точечные радиосигналы. По числу дополнительных сигналов, принятых на судне между основным радиосигналом и гидроакустическим импульсом, судят о времени, которое было затрачено на прохождение звукового импульса в воде. Умножив это время на скорость звука в воде, определяют

дистанцию от судна до маяка. Место судна или корабля на карте находится в точке пересечения прямой, соответствующей радиопеленгу на маяк, и окружности, соответствующей определенному в этот момент расстоянию до подводного излучателя звука.

А воздушный излучатель — диафон? Он включается преимущественно во время тумана, когда с моря не видно берегов и оптических маяков. Конструкции диафонов самые разнообразные. Часто применяют мощные сирены и пневматические излучатели, по принципу действия близкие к органным трубам. В последние годы разработаны излучатели, основу которых составляют металлические или пластмассовые резервуары, похожие по форме на репу или чечевицу. Диафон возбуждается с помощью электромагнита или электрической катушки, подобной катушке динамика. Частота возбуждения соответствует резонансной частоте оболочки. При резонансе оболочки звуковая мощность, излучаемая диафоном, наибольшая. Частота излучения подбирается так, чтобы обеспечить достаточную дальность и широкий сектор излучения.

Затухание звука в воздухе, особенно при наличии тумана, более сильное, чем в воде. Поэтому диафон трудно приспособить для определения расстояния от судна до берега. Но у диафона есть одно несомненное преимущество перед гидроакустическим излучателем: для восприятия его сигналов не нужна гидроакустическая станция. Воздушные звуковые сигналы могут быть приняты людьми на любом маленьком судне, шлюпке, оказавшихся в беде поблизости от берега.

Мы рассказали о комбинированных радиоакустических маяках. Разумеется, гидроакустические маяки могут использоваться и отдельно от радиомаяков, так же, как радиомаяки отдельно от подводных звуковых маяков.

Скорее экзотический, нежели удобный и надежный «потонувший колокол» медленно, но верно вытесняется электроакустическими подводными излучателями. Цепочка таких звукоподводных маяков располагается на якорях на дне по средней линии обслуживаемой трассы движения судов. Расстояние между излучателями-маяками варьируется от полукилометра до километра. В любой момент времени судно получает сигналы от пяти-шести маяков. Уровень сигнала будет максимальным, если судно находится на правильном курсе.

Цепочка подобных донных гидроакустических маяков с непрерывным излучением обеспечивает точность веде-

ния судна по курсу в пределах 2°. Если один из маяков в цепи отказывает, навигация по трассе продолжается, так как расстояние между маяками в несколько раз меньше дальности их действия. Отказавшие маяки вылавливают сеть с траулера, наведение которого на маяк осуществляется гидролокатором с острой направленностью.

Питание звукоподводных маяков производится с помощью электрических батарей, а в простейших случаях — по кабелю с берега. И то и другое едва ли уж столь совершенно: срок службы батарей ограничен, а кабель может повреждаться. Постепенно вслед за подводными колоколами будут отмирать и маячные излучатели, питаемые с берега или с помощью электрических батарей. Что же грядет им на смену?

В гидроакустику пришел атом

Собственно говоря, атом пришел в гидроакустику с десятков лет назад, а это по современным представлениям — срок не такой уж малый. Как только урановые стержни были опущены в атомный реактор «Наутилуса» и начали вращаться его турбины, гидроакустические установки подводной лодки перешли на атомное питание. Однако основным назначением атомного реактора было все же обеспечение движения самой подводной лодки. Но вот совсем уж недавно, несколько лет назад, стали действовать сооружения — подводные звуковые маяки, в которых атомная энергия поставлена на службу только гидроакустике.

Как же устроен атомный гидроакустический маяк? Источником питания в нем служит небольшой атомный котел, работающий на стронции-90, который, как известно, получается в виде побочного продукта при расщеплении урана в реакторах. Запас стронция-90 рассчитан на 10 лет непрерывной работы маяка, после чего котел должен перезаправляться.

Пар из котла поступает в преобразователь, где энергия пара преобразуется в энергию движения рабочей жидкости — масла, подводимого затем к гидравлическому излучателю звука. Из преобразователя пар поступает в конденсатор, где вновь превращается в жидкость (установка работает на замкнутом цикле).

Атомный котел и преобразователь покрыты толстым слоем изоляции с целью биологической и коррозионной защиты. Атомный маяк разработан частной фирмой США,

которая, естественно, не могла обойтись без рекламы. В печати сообщалось, в частности, что изоляция обеспечивает защиту частей маяка от коррозии в море на срок 2000 лет. Попробуй, проверь!

Но даже эти рекламные восхваления, похожие на лукавые пожелания Ходжи Насреддина своему шаху, не в состоянии испортить впечатления от нового гидроакустического маяка. Атомный котел, парогидравлический преобразователь

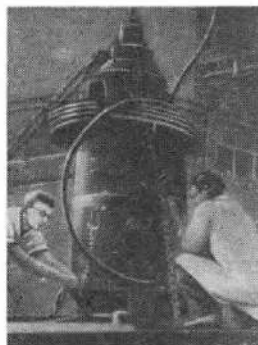
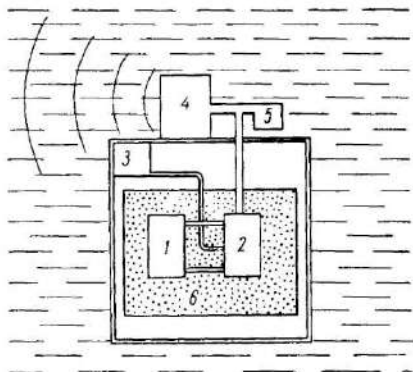


Схема гидроакустического маяка с атомным питанием.

1 — атомный котел; 2 — преобразователь энергии пара в гидравлическую энергию; 3 — конденсатор пара; 4 — гидравлический излучатель; 5 — масляный резервуар; 6 — радиационная и коррозионная защита
Справа — подготовка атомного гидроакустического маяка к установке в море

зователь, конденсатор пара, запасный резервуар для масла, наконец, гидравлический излучатель — все это, вмещенное в объем размером чуть побольше домашнего бака для белья! Сооружение, безусловно, выдающееся.

Устройство главной части маяка — гидравлического излучателя звука — пока не описывается. Это может быть излучатель мембранного типа, подобный предложенному в России еще в начале века, гидравлическая сирена или гидравлический свисток, аналогичный известному в воздушной акустике мощному свистку Гальтона. Каково бы ни было устройство излучателя, он обеспечивает устойчивую дальность действия маяка в 20 миль. Маяк сначала испытывался в Чесапикском заливе на глубине 8 метров, затем на Бермудских островах на глубине 70 метров и, наконец, в июле 1964 г. удобно поселился на постоянное жительство

в Атлантике на глубине 4600 метров примерно в 750 милях от г. Джексона (Флорида).

Атомные гидроакустические маяки предполагается выставлять в районах рифсов, мелей, банок, в местах, указывающих судам вход в узкости, проливы, каналы. Кроме того, учитывая транспортабельность атомных звуковых маяков, легкость их установки и подъема, было предложено обвеховывать подобными маяками места устойчивых придонных рыбных скоплений.

Со временем подводные атомные станции будут, разумеется, служить не только для гидроакустической сигнализации, но и для питания подводных исследовательских снарядов, различных бурильных и добывающих машин, химических перерабатывающих установок и т. п. Области применения атомных устройств в подводной технике будущего попросту необозримы. Но каждый гидроакустик может с законной гордостью напомнить, что первое проникновение атома на дно океана (в стационарных установках) произошло именно в гидроакустике.

Еще о помощи кораблевождению

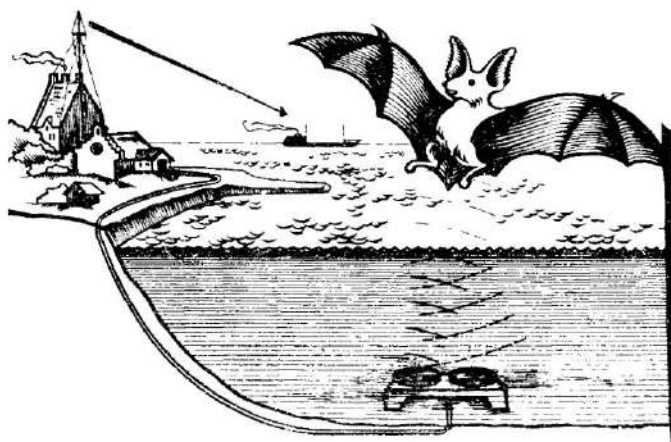
Эхолотами и звукоподводными маяками не исчерпывается перечень средств, которые может предоставить современная гидроакустика в помощь навигаторам.

В устьях рек и узкостях, куда суда могут безопасно войти лишь во время приливов, устанавливаются указатели уровня приливов. Это по существу обращенный эхолот, вибраторы которого установлены на дне. Такие «эхолоты наоборот» были установлены, в частности, в устьях некоторых английских рек. Эхоуказатели по радио снабжают необходимой информацией подходящие к берегу суда. Но не только для судовождения может быть ценной информация об уровне приливов и о зависимости этого уровня от времени суток и времени года. Эти данные, бесспорно, будут широко использованы на приливных гидроэлектростанциях, строящихся в СССР, во Франции и других странах.

На судах появляются новые приборы — акустические лаги. Действие этих приборов основано на том, что сопоставляется разница во времени прохождения звукового сигнала между двумя точками на судне в направлении его движения и в обратном направлении.

По мере совершенствования техники использования корабельных гидроакустических средств — гидролокаторов и шумопеленгаторов — их роль в кораблевождении также возрастает.

Какие же навигационные задачи можно решать с помощью гидроакустических станций? Это прежде всего ориентация судна и определение его места в прибрежных районах. Для помощи в подобных случаях привлекаются обычные морские карты, на которых наносятся дополни-

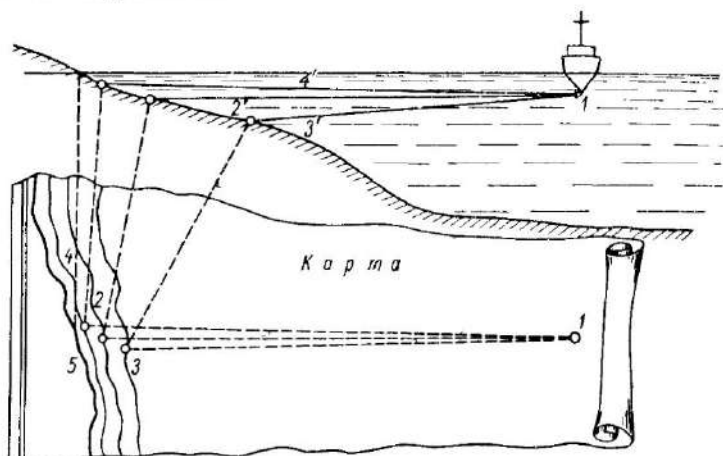


Летучая мышь над ультразвуковым указателем уровня приливов: «Неужели и под водой у меня появились родственники!!»

тельные линии — «отражающие изобаты», т. е. глубины, соответствующие глубине погружения вибратора гидролокатора данного судна. (Именно в местах этих глубин дно, как нетрудно догадаться, дает наибольшее гидролокационное отражение при горизонтальном положении луча гидролокатора.) Старые добрые морские карты глубин часто служат теперь морякам дважды — не только для указания глубины под килем (если известно местоположение судна), но и, так сказать, на расстоянии, на котором гидролокатор в состоянии «ощупать» береговую линию.

Так как направление лучей гидролокатора вследствие их искривления — рефракции — может отличаться от горизонтального, то и отражающие участки дна могут лежать выше или ниже так называемой теоретической изобаты. При отрицательной рефракции луч отклоняется вниз и от-

ражающие изобаты находятся дальше от берега, чем теоретическая изобата; при положительной рефракции (например, зимой — при охлаждении верхних слоев воды) луч гидролокатора отклоняется от горизонтали вверх и отражающие изобаты располагаются ближе к берегу, чем теоретическая изобата. Эти перемещения отражающих изобат в течение года (а иногда и в течение дня) также учитываются штурманами.



Влияние условий распространения звука на положение отражающей изобаты на карте глубин.

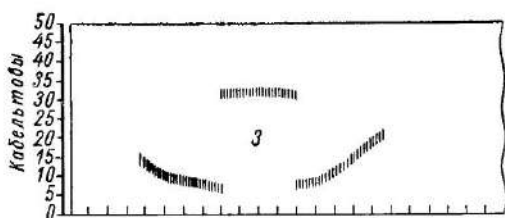
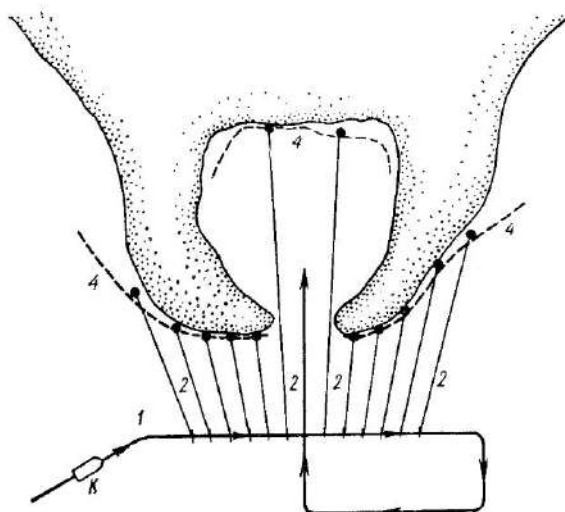
1 — гидролокатор, 2 — теоретическая отражающая изобата (для данной глубины погружения вибратора гидролокатора), соответствующая хорошим условиям распространения звука, 3 — отражающая изобата при отрицательной рефракции, 4 — отражающая изобата при положительной рефракции, 5 — береговая линия, 2', 3', 4' — пути лучей при различных условиях распространения звука.

Да простит читатель несколько условное и примитивное сравнение, но луч гидролокатора скользит по отражающей изобате, как по направляющей. На рекордере гидролокационной станции в это время выписывается кривая береговой линии. Линия ровная — хорошо, опасности нет. Но вот отражающая изобата начинает круто приближаться к кораблю. Мель или банка? Надо держаться подальше от берега.

Штурман не отрывает взгляда от записи рекордера. Внимание, наискосок по курсу корабля появилось какое-то бесформенное пятно. Похоже на затонувшее судно. Встреча с ним на мелководье куда как неприятна. Принять вправо, держаться подальше! И на карте отметить для

других мореплавателей, что в этом прибрежном районе попадают затопленные суда.

Тянется, тянется линия изобаты. То чуть дальше пойдет от корабля, то приблизится. И вдруг — обрыв. Перо скак-



Обнаружение кораблем входа в бухту или гавань с помощью гидролокатора.

1 — линия курса корабля; 2 — направление лоцирования, 3 — запись отражения от прибрежного склона дна на рекордере; 4 — изобаты, указывающие отражающие участки дна для данной глубины погружения гидролокатора.

нуло куда-то далеко и там продолжает выписывать кривую. Для непосвященного это внезапное исчезновение берега удивительно, но склонившиеся над рекордером знают: открылся долгожданный вход в бухту, и сейчас на рекордере пишется отражение от внутреннего дальнего берега бухты. А вот перо скакнуло обратно — горло бухты

кончилось и опять пошла сплошная линия внешнего берега. Можно разворачиваться и входить в горло бухты. Кстати, и входной маяк проглянул сквозь туман, а из динамика гидроакустической станции доносится шум прибоя...

Упомянем еще об одном предложении, позволяющем определять местоположение судов в море. Предложение важно прежде всего для подводных судов, которые могут производить обсервацию, не всплывая на поверхность.

В строго определенные расписанием моменты в нескольких точках океана, географические координаты которых известны мореплавателям, взрываются заряды. Время прихода звука взрывов фиксируется на подводной лодке, производящей обсервацию. Умножение разности времени между взрывами и приходом звука на скорость звука в воде дает, естественно, расстояния до точек взрыва. Раствором циркуля, равным найденным расстояниям, описывают из соответствующих мест взрывов дуги окружностей (изостадии). Точка пересечения изостадий указывает местоположение подводной лодки. Обсервация закончена.

Американец Мауред идет дальше и предлагает установить во многих, заранее определенных местах мирового океана мощные стационарные излучатели, которые периодически посылали бы звуковые импульсы. Тогда обсервацию можно будет производить под водой чуть ли не в любой точке океана. Окажется ли жизнеспособной и эффективной такая система? Поживем — увидим.

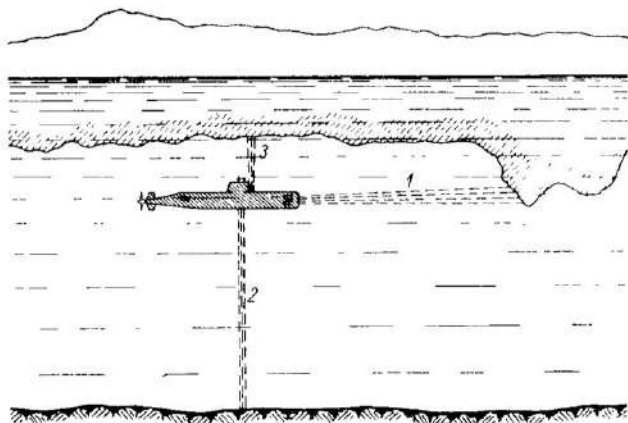
Вокруг света подо льдом за полчаса

Современный человек осуществил мечту Жюль Верна, высказанную им около столетия назад: созданы подводные корабли, способные произвольное время не всплывать на поверхность моря, ходить под ледяными полями. Но чтобы подводные лодки, имеющие атомные двигатели, могли совершать длительные подводные и «подледные» рейсы, люди на них должны знать, что находится впереди и вокруг лодки. Такие сведения они могут получить под водой только с помощью гидроакустики.

Великий французский романист знал о хороших условиях распространения звука в воде. Один из героев его романа о капитане Немо, профессор Аронакс, при походе «Наутилуса» подо льдами с тревогой отмечал: «...грохот ледяных обвалов передавался жидкой средой с ужасающим нарастанием». Но время появления перед читателями

капитана Немо было временем затишья в гидроакустике. Этому содействовали неудачные опыты американца Мори, который в 1855 г. поторопился сделать вывод о невозможности применения звука для целей подводного обнаружения. Может быть, поэтому на «Наутилусе» капитана Немо не было гидроакустики.

Зато на современном «Наутилусе» — первой американской атомной подводной лодке — во время рейсов подо льдами Арктики работало более десятка гидроаку-



Подводная лодка в подледном плавании.

1 — луч гидролокатора или эхоайсбергомера; 2 — луч эхолота; 3 — луч эхоледомера.

ционных приборов, позволявших одновременно контролировать глубину моря под килем, расстояние по вертикали от лодки до дна льда, толщину льда, убеждаться в отсутствии по курсу лодки мелей и свисающих вниз ледяных столбов, ибо профиль нижней поверхности ледяного покрова, как выразился один из командиров подводных лодок, «фантастически неровен и превосходит все, что когда-либо об этом думали». Было создано даже гидролокационное устройство, способное определять при плавании подо льдом контуры полыньи во льду над лодкой, а при плавании под водой — высоту волн на поверхности моря.

В мелком Чукотском море в летнее время подводная лодка «Наутилус» буквально ползла подо льдом. «Перо самописца (эхоледомера) находилось настолько близко к нулевой линии, которая показывала положение верхней

части рубки, что, казалось, лед уже касается рубки»,— свидетельствовали участники похода. И действительно, в некоторых местах расстояние от рубки до льда не превышало 1,5 м, но на глубину уйти нельзя было по той простой причине, что, как показал эхолот, лодка и так шла у самого дна. Чтобы не пропасть в ледяной ловушке, «Наутилусу» пришлось повернуть обратно и повторить свой рейс осенью, когда, как оказалось, подводная ледовая обстановка была лучше.

А вот еще один рейс, на этот раз американской атомной лодки «Скейт». Лодка уже несколько дней шла подо льдом, приближаясь к Северному полюсу. Наконец, командиру доложили:

— Мы на полюсе!

— Измерить толщину льда, — приказал командир, — приготовиться к всплытию!

Но что это? Только что эхоледомер указывал на тяжелый лед над лодкой, а теперь перо прибора приблизилось к нулевой линии. Подводная лодка проломилась относительно тонкий лед и всплыла. Затем она вновь

погрузилась и продолжала свой путь подо льдом. Всего за 12 дней она прошла подо льдом более 3000 миль и десять раз выходила на поверхность. За полгода до этого лодка «Скейт» совершила еще один такой же поход. Она же, отойдя на небольшое расстояние от полюса, затем за двадцать с небольшим минут сделала подо льдом полный оборот около полюса. Это было первое столь короткое путешествие вокруг света под водой и подо льдом.

Во время подводных рейсов современные лодки используют не только активные гидроакустические приборы — эхоледомеры, эхолоты, гидролокаторы, но и приборы подводного прослушивания. При одном из первых всплытий в Арктике «Скейту» удалось найти разводье (полюнью) таких размеров, что только рубка лодки оказалась на поверхности. В этом положении подводная лодка связалась по радио с американской ледовой станцией «Альфа», в районе расположения которой, как оказалось, имелись значительно большие разводья. Со



Марка, выпущенная в США в честь подледного трансполярного плавания «Наутилуса».

Сверху — Роберт Пири, совершивший за 50 лет до плавания «Наутилуса» поход к Северному полюсу.

станции сообщили, что в ближайшем от нее разводе будет непрерывно работать в качестве источника подводного шума мотор шлюпки. Ориентируясь на этот шум, «Скейт» по показаниям шумопеленгатора нашел подо льдом дорогу к станции «Альфа» и всплыл точно в указанной полынье. Этот скромный сам по себе опыт подтвердил, что находящиеся подо льдом подводные лодки можно наводить в требуемую точку с помощью мощных источников подводного звука.

Своими рейсами в Арктике атомные подводные лодки показали полную возможность круглогодичных операций в этой, казалось, труднодоступной части земного шара. Некоторые горячие головы в США даже начали называть Арктику «уютным районом» для операций, подразумевая в первую очередь военные операции. «Уютный район»... Знал бы об этом капитан Немо, лодка которого едва не погибла, пробираясь ощупью в подводной ледяной пещере!

Но, конечно, «уютность» Арктики — преувеличение. И не для военных операций будет использован этот район, а для трансконтинентальных рейсов грузовых, а может быть, и пассажирских подводных судов. Такие рейсы под полюсом позволят намного сократить время доставки различных грузов. Так, рейс подо льдами из Японии в Европу займет не более декады. Воплотятся в жизнь, правда, быть может, несколько неожиданным образом, слова великого русского ученого Д. И. Менделеева, сказанные им еще в конце прошлого века: «У России так много берегов Ледовитого океана, что нашу страну справедливо считают лежащей на берегу этого океана. Мои личные пожелания в этом отношении сводятся к тому, чтобы мы этим постарались воспользоваться как можно полнее и скорее, сперва со стороны достижения Северного полюса..., а потом со стороны правильного торгового движения».

Нет никакого сомнения, что в течение ближайших полутора десятков лет, а весьма вероятно, и ранее, наладится регулярное подводное сообщение в Арктике. Залогом этому служат и рейсы советских подводников, совершающих подобно своим американским коллегам плавания подо льдами. У кого из нас не загоралось гордостью сердце, когда в газетных столбцах, таких, казалось бы, будничных, мелькали предельно краткие сообщения о легендарных подледных походах наших военных моряков.

1962 год. Подводный атомоход «Ленинский Комсомол» ...под командованием Героя Советского Союза

Л. М. Жильцова... успешно выполнил правительственное задание... прошел подо льдами Арктики в районе Северного полюса. (Вместе со всем экипажем лодки Северный полюс посетил в этот раз молодой матрос, забившийся, подобно герою Майн-Рида, в трюм при отплытии лодки; «заяц» долго находился под угрозой строгого административного взыскания, но получил вместо него ... медаль «За отвагу»...).

1963 год. Арктический поход подо льдами к Северному полюсу совершила другая советская подводная лодка. Командир—Герой Советского Союза капитан 2-го ранга Ю. А. Сысоев. Лодка всплыла точно на Северном полюсе. В точке полюса водружены государственный флаг Советского Союза и флаг Военно-Морского Флота СССР. К одному из флагштоков моряки прикрепили герметический пенал с запиской: «Очередное посещение Северного полюса подводной лодкой Военно-Морского Флота Союза Советских Социалистических Республик 29 сентября 1963 года».

Очередное посещение... Сколько их было с тех пор и сколько еще будет. И всегда во время этих походов мерцали в отсеках лодок экраны гидроакустических станций. Да, дело идет к регулярным сообщениям под шапкой арктических льдов. Какое открывается поле деятельности для создания совершенных гидроакустических приборов подводной навигации, столь необходимых при будущих межматериковых подледных рейсах!

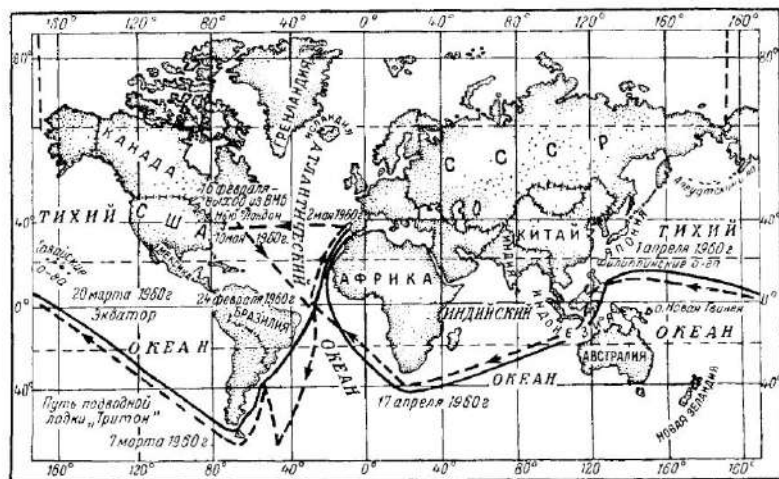
Еще подводные кругосветки, на этот раз—настоящие

Приходится просить извинения у читателя за длинное, по-старомодному, название. Разговор (достаточно, впрочем, краткий) пойдет сначала о подводном кругосветном плавании, которое совершила в 1960 г. американская подводная лодка «Тритон».

В стране, где обойтись без рекламы труднее, чем убить отца родного, в рекламе, разумеется, не было недостатка и на этот раз (спешим оговориться: реклама началась после удачного окончания похода, до этого поход держался в строгой тайне). Сам замысел уже носил рекламный привкус. Лодка должна была пройти по маршруту первого на планете кругосветного путешествия, то есть путешествия Магеллана. Магеллан плыл без карт, но здесь

зато кругосветное плавание совершилось под водой. Считалось поэтому, что трудности, стоявшие перед участниками обоих путешествий, почти равны.

Оставим на совести его авторов справедливость этого утверждения, но отметим, что маршрут «Тритона» практически совпадал с маршрутом Магеллана, если не считать допущенного зигзага у берегов Аргентины, да того обстоятельства, что испанский порт Кадис являлся не началь-



Маршрут кругосветного подводного плавания «Тритона».

Сплошной линией показан путь Магеллана.

ным и конечным пунктом экспедиции, как у Магеллана, а ближайшим портом перед окончанием экспедиции.

Указывалось далее, что подводная лодка вообще не будет всплывать на поверхность. Это, однако, пришлось сделать для передачи на надводный корабль больного члена экипажа. Кроме того, подводная лодка неоднократно привсплывала под перископ для обсервации по звездам и солнцу и для связи с командованием.

Разумеется, почти трехмесячное кругосветное подводное путешествие общей протяженностью более 36 000 миль — это прежде всего триумф атомной энергетики (хотя и здесь не обошлось без неприятностей: неоднократно были зарегистрированы неисправности и даже аварии). Но в какой-то мере это и триумф средств навигации, в том числе гидроакустических. Вот первая фраза

командира подводной лодки после ее погружения, обращенная к вахтенному офицеру:

«— Примите на себя управление кораблем. Я пойду в корму. Эхолот пусть работает непрерывно. Внимательно следите за показаниями гидролокатора. Вызовите меня, если услышите что-нибудь».

С помощью эхолота не только контролировали глубины в близких от берегов местах, но и проверяли правильность направления движения путем сличения данных измерения глубин с данными карты. Понятна поэтому тревога командования и экипажа лодки, когда в Тихом океане вышел из строя вибратор эхолота. Случай редкий, но он произошел именно в этом ответственном походе.

Попытки гидроакустиков лодки смастерить самодельный вибратор из... кастрюли и трансляционного динамика не увенчались успехом, и дальше лодка пошла под водой, ориентируясь лишь по показаниям гидролокатора.

И тут свершилось то, что морякам показалось чудом. Гидролокатор очень уверенно вел лодку под водой. Вот еще несколько выдержек из рассказа командира «Тритона».

«Мы шли к проливу Суригао (в Филиппинском архипелаге — И. К.), и по карте, на которой был проложен наш маршрут, было видно, что глубина должна будет уменьшиться внезапно с нескольких тысяч метров до менее пяти десятков. Если мы пропустим этот момент, то вертикальная стена впадины неумолимо окажется на нашем пути.

Бесшумно, самым малым ходом наш огромный корабль скользил по направлению к препятствию, отыскивая на вершине подводного хребта сравнительно небольшое ущелье, через которое мы должны были пройти...

...На экране гидролокатора была хорошо видна выемка в массивном барьере впереди нас. Это был пролив Суригао. Сравнение предыдущих показаний гидролокатора с последующими указывало на то, что глубина у входа в ущелье была около двухсот метров. Конечно, по сравнению с глубинами в несколько тысяч метров в какой-нибудь миле или двух к востоку эта глубина была небольшой, но вполне достаточной для прохода «Тритона».

«В 07.43 31 марта мы вошли в пролив Суригао».

Из вахтенного журнала:

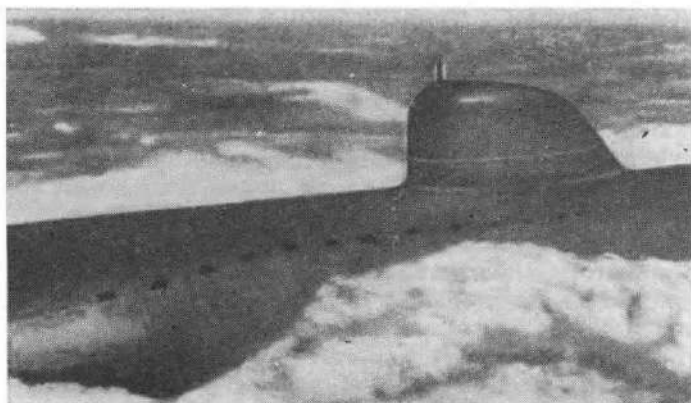
«...13.20. Вошли в пролив Хилутанген (перед морем Сулу — И. К.). Идем на юг. Теперь мы пойдём на значительно большей глубине и на более высокой скорости хода.

13.24. Профиль пролива на экране гидролокатора очень четкий. Увеличили глубину погружения до 45 метров.

14.34. Вышли из пролива Хилутанген. Идем по проливу Бохоль. Увеличили скорость хода до 15 узлов, глубину погружения — до 60 метров».

И еще:

«...11.05. Проходим отмеченную на карте подводную гору. Наш гидроакустик, конечно, обнаружил ее своевре-



Один из советских подводных атомоходов, совершивших групповой подводный поход.

менно. В этом отношении мы становимся прямо-таки экспертами».

Как видим, гидролокатор действительно был для лодки исправным лоцманом. И тут однажды последовал доклад, которого, как отмечает командир, он опасался больше всего: вслед за эхолотом вышел из строя и гидролокатор. К счастью для подводной лодки, дело было лишь в неисправности одной из ламп. После замены лампы гидролокатор вновь заработал, и это, как отметил командир, привело его самого, старпома и штурмана снова в хорошее настроение.

Гидролокатор же поставил последний штрих в экспедиции. 2 мая 1960 г. в районе Кадиса был установлен гидролокационный контакт с эсминцем «Уикс», находящимся в назначенной точке randevу.

Так закончился этот разрекламированный позже поход американской подводной лодки.

Американской... А советские подводные атомоходы? Реклама никогда не была нашей национальной гордостью. Когда эта книга уже находилась в издательстве, маршал Р. Я. Малиновский сообщил с трибуны XXIII съезда КПСС о групповом подводном кругосветном походе советских атомных подводных лодок. Сообщил по-деловому, предельно просто. Столь же простым и лаконичным было интервью адмирала флота С. Г. Горшкова журналистам. Но что таилось за этой простотой?

Групповой поход... Отряд подводных лодок под командованием контрадмирала А. И. Сорокина за полтора месяца прошел под водой около 40 тысяч километров, ни разу не всплыв на поверхность. Были пройдены различные климатические зоны, несколько раз пересечен экватор.

Вот где пришлось поработать гидроакустикам! Связь между подводными лодками по гидроакустическому телефону, контроль дистанций между лодками с помощью гидролокатора (ведь при современных скоростях подводных лодок опасность их столкновения при групповом плавании достаточно велика). Непрерывная круглосуточная полуторамесячная гидроакустическая вахта!

Американцы, задумав свой подводный кругосветный поход, претендовали на звание новых Магелланов. Но, пожалуй, более верны слова песни, сложенной на одном из советских атомоходов во время нашей подводной групповой кругосветки:

*«Живут Магелланы в России
и время торопят вперед...»*

В чехарду с айсбергами

Среди прочих опасностей одна подстерегает мореплавателей в северных и умеренных широтах. Опасность эта, бывшая грозной во времена «Титаника», сейчас, благодаря развитию радиолокации, в значительной мере утратила свою остроту. Утратила остроту, но не исчезла. Речь идет об айсбергах.

Только от гренландских ледников ежегодно откалывается и сваливается в океан около 15 000 айсбергов. По Атлантике блуждают целые ледяные острова, достигающие иногда полукилометра в длину. А в водах Антарктики был даже замечен айсберг, периметр которого составляет 1000 морских миль, что в несколько раз превышает, например, периметр острова Готланд. Впрочем, такие

айсберги здесь не редкость. В 1965 г. в районе станции Молодежная сел на мель айсберг-феномен. Площадь той его части, которую удалось осмотреть с самолета, достигала семи тысяч квадратных километров, а длина — 140 километров!

Но для гибели судна не требуется столкновения со столь большим айсбергом; вполне достаточно айсберга, размеры которого меньше самого корабля. Как ни печально, но случаи столкновения кораблей с айсбергами наблюдаются и в настоящее время. Вот почему в Северной Атлантике несет постоянную службу (особенно в «айсберговый сезон» — с февраля по июль) «Международный ледовый патруль», имеющий в своем распоряжении патрульные суда и самолеты.

Торговые и пассажирские суда, курсирующие в районах, где вероятно встреча с айсбергами, пользуются текущей информацией ледового патруля. И на самих этих судах ведется регулярное визуальное и радиолокационное наблюдение за движением айсбергов. Оказывается, однако, что радиолокационное отражение от айсберга — далеко не регулярная вещь. Подобно плоскому зеркалу, скошенные стенки айсберга могут отбрасывать радиозохо вверх или в сторону от корабля, несущего радиолокатор. Отечественные исследования в районе Земли Франца-Иосифа показали, что амплитуда радиосигнала от айсберга может изменяться в десять-двадцать раз в зависимости от его ракурса относительно судна. Айсберг высотой с четырехэтажный дом вообще не был обнаружен судовой радиолокационной станцией. На фоне радиоотражений от плавающего льда этот айсберг давал лишь малозаметный теневой сектор. Естественно, что в подобных случаях большим подспорьем для надводного корабля явилось бы дополнительное гидролокационное обнаружение айсбергов. Ведь подводная часть айсбергов значительно больше надводной и дает весьма сильное гидролокационное отражение.

А как быть подводным лодкам? У них ведь в погруженном состоянии радиолокационные станции вообще не действуют. Между тем уже сейчас в ряде стран разрабатываются подводные танкеры водоизмещением в десятки тысяч тонн; подводные лодки используются для различных исследований в море. И, как мы уже упоминали, именно в высоких широтах подводные лодки, способные ходить под ледяным покровом, будут применяться особенно широко. Для погруженной подводной лодки главным и единственным средством обнаружения айсбергов

является гидролокатор. Для целей индикации айсбергов был создан даже специальный гидролокатор, названный эхоайсбергомером. Это — гидролокатор с непрерывным излучением и с модуляцией частоты, подобный описанному нами ранее (вспомним главу, где говорилось о потерянном времени, которое на поверку оказывается совсем не потерянным).

Рассказ об испытаниях эхоайсбергомера на американской подводной лодке «Сидрэгон» («Морской дракон»), сделанный ее командиром, довольно колоритен. Командир, опытный подводник, доверявший гидроакустическим приборам, привык, как он сам говорит, к размеренному щелканью эхолотов и эхоледомеров, ритмичным сигналам гидролокатора; но пронзительный визг и вой эхоайсбергомера, когда тот «почуял» айсберги, поначалу просто выводил командира из себя. (Почему именно вой, спросит иной читатель; вспомним, что в приборе осуществлялась модуляция частоты излучаемых колебаний.) Но вот лодка достигла района близ Гренландии, где концентрация айсбергов составляла один на квадратную милю. Визг и вой из динамика эхоайсбергомера стал непрерывным. Неплохое предупреждение.

В наставлениях по кораблевождению в полярных районах указывается, что температурные напряжения в массе айсберга в сочетании с сотрясением от звуковых колебаний или от морской волны могут в любое время привести к отделению от айсберга больших его участков, которые после падения в воду всплывают на поверхность часто на значительном удалении от основной массы айсберга. В самой этой массе происходит тогда перемещение центра тяжести, и айсберг может опрокинуться, после чего постепенно займет новое положение равновесия.

Поэтому кораблям и судам рекомендуется ни в коем случае не проходить вблизи айсбергов.

Вблизи . . . А под ними? Надо полагать, тем более. Все же «Сидрэгон», надеясь на свой эхоайсбергомер, подошла к одному из айсбергов (точнее, «осколку» айсберга), определила по прибору глубину погружения его подводной части и . . . поднырнула под него.

Аппетит приходит во время еды. Ободрившись, «Сидрэгон» устроила настоящую чехарду с айсбергами. В течение недели лодка еще 21 раз поднырнула под девятью айсбергами. Среди них были «экземпляры» длиной до четверти километра в одном направлении и до полукилометра в другом, с высотой подводной части 90 метров.

Эхоайсбергомер давал сведения не только об осадке айсберга, но и о ширине его подводной части.

Иногда команда лодки слышала сильные подводные «взрывы». Звуки «взрывов» доносились по пеленгу, по которому эхоайсбергомер показывал присутствие айсберга. Они означали, что разрушался айсберг. Идти под такой айсберг не рекомендовалось. Но если слышался лишь шум растрескивания — это было еще ничего.

Выяснилось, что слой температурного скачка может искажать сигналы эхоайсбергомера, как это имеет место с сигналами любого гидролокатора. Однажды из-за такого явления лодка была на волосок от гибели. Значит, надо нырять «с запасом», учитывая некоторые погрешности в определении осадки айсберга, а также то, что в подводной части айсберга могут свисать узкие, но достаточно неприятные для подводной лодки ледяные колонны.

За время плавания экипаж лодки свыкся с новым прибором и уже не пугался, когда эхоайсбергомер... «пронзительно визжал, требуя к себе внимания».

Спасение утопающих — дело не только самих утопающих

Мы уже упоминали о подводном звуковом канале, открытом в конце 40-х — начале 50-х годов. Подводный звуковой канал существует практически всегда и в любом районе мирового океана. Неудивительно, что родилась мысль использовать его для обнаружения точного места катастроф на море. Суда, терпящие бедствие, летчики, оказавшиеся на поверхности моря после аварии, могут сбросить в воду специальные глубинные бомбочки. Звук от взрыва этих бомбочек распространяется по подводному звуковому каналу и улавливается приемными постами системы дальнего гидроакустического обнаружения, которых в Атлантическом и Тихом океане насчитывается уже несколько десятков.

Точка мирового океана, в которой раздался взрыв сигнальной бомбочки, определяется по данным, поступающим от отдельных гидроакустических постов. Действия постов запрограммированы, и место взрыва бомбы, т. е. место катастрофы определяется автоматически с большой точностью. По данным сообщений в «Журнале Американского акустического общества» точность действия постов даль-

него гидроакустического обнаружения системы «Софар», расположенной в Атлантическом океане, составляет 50 м на дистанции до 1000 миль. Что и говорить, точность отличная. Упомянутый научный журнал — орган солидный, и нет оснований не доверять ему.

Система дальнего акустического обнаружения в Атлантике уже не однажды содействовала тому, что терпящим бедствие на море была оказана помощь. Акустические посты на Тихом океане открыли тайну гибели японского гидрографического судна, исчезнувшего без вести в 1952 г. к югу от Японских островов. Анализ гидроакустических сигналов, воспринятых постами, показал, что как раз в этом районе и в это время происходило очень сильное извержение подводного вулкана. Без сомнения, судно попало в зону действия этого вулкана. Через некоторое время были обнаружены обломки судна.

Надо полагать, что роль гидроакустических постов в деле спасения человеческих жизней на море будет возрастать. И причина здесь, как это ни странно на первый взгляд, связана с космосом. Придет время, когда в околоземном пространстве будут летать одновременно многие сотни и тысячи космонавтов. Советские космонавты отлично освоили посадку на твердую землю. Американцы, как известно, пока предпочитали земле воду, хотя это и не всегда оправдывалось. Но, так или иначе, человечество все чаще будет сталкиваться с посадкой космонавтов и снарядов в открытом море: ведь площадь океанов и морей составляет 71% от площади всей земной поверхности, и в аварийных ситуациях вероятность посадки на воду весьма велика.

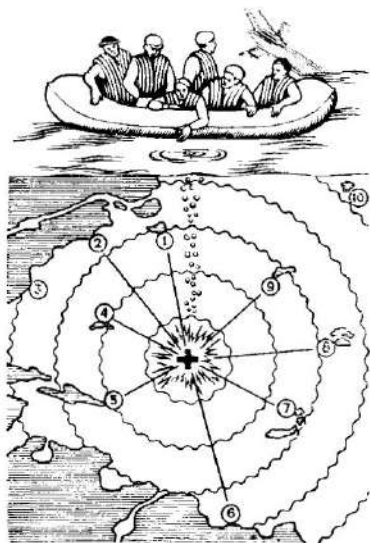


Схема расположения гидроакустических станций системы «Софар» в Атлантическом океане.

1 — Ньюфаундленд; 2 — мыс Сейбл; 3 — мыс Хатгерас, 4 — Бермудские острова, 5 — Виргинские острова; 6 — Форталеза (Бразилия); 7 — острова Зеленого мыса, 8 — Канарские острова; 9 — Азорские острова; 10 — мыс Клэр

Ввиду возможности аварийных космических посадок, в Декларацию правовых принципов исследования и использования космического пространства, утвержденную Генеральной Ассамблеей ООН в декабре 1963 г., был введен пункт 9, в котором, между прочим, указывается: «Государства рассматривают космонавтов, как посланцев человечества в космос, и оказывают им всемерную помощь в случае аварии, бедствия или вынужденной посадки на территорию иностранного государства или в открытом море. . .» Сказано четко и не без оттенка торжественности.

Конечно, в случае посадки на землю космонавт может слать сигналы бедствия только по радио. Но везде, где есть море, там есть не только радио, но и гидроакустика. В некоторых случаях гидроакустика может лишь «подстраховать» радиосигналы или радиосвязь. Однако в случае выхода из строя радиоаппаратуры гидроакустика останется единственным средством, позволяющим плывущему или тонущему человеку или космическому снаряду сообщить о себе на достаточно далекие расстояния. В самом деле — взрывной патрон, портативная сигнальная бомбочка принадлежат к средствам, которые едва ли выйдут из строя при любом ударе о воду. И гидроакустические посты дальнего обнаружения, число которых, без сомнения, значительно увеличится, окажут терпящим бедствие космонавтам ту посильную помощь, которую эти посты сейчас оказывают морякам и авиаторам.

Раз уж мы заговорили об участии гидроакустиков в спасении (или попытках спасения) людей на море, давайте коснемся еще одной прискорбной истории. Хотя она произошла с военным кораблем, но произошла в мирное время, причем совсем недавно. Вот почему этот случай (как и некоторые другие истории о современных подводных лодках) занял место в разделе о мирном применении гидроакустики.

„Трешер, отвечайте, ради бога!“

День 10 апреля 1963 г. навсегда останется черным днем в памяти подводников США (да и не только США). В этот день погибла во время пробного глубоководного погружения в Атлантике новейшая американская атомная подводная лодка «Трешер» со 129 людьми на борту.

Максимальная скорость. Громадная предельная глубина погружения. Минимальная шумность. Автоматическое уп-

равление движением. Автоматическая стрельба по гидроакустическому пеленгу. Так характеризовались свойства этой лодки, гордости американского подводного флота.

Предполагают, что то, что произошло, явилось следствием повреждения какого-либо трубопровода лодки. Однако точно причина (или причины) гибели «Трешера» не установлена до сих пор, хотя на поиски лодки или ее отдельных частей уже затрачены средства, значительно превышающие те, которые когда-либо затрачивались в мире на поиски погибшего корабля. Гибель «Трешера» породила обширную литературу, в которой подробно обсуждаются все аспекты этой «трагедии века» подводников. Мы здесь коснемся лишь вопроса о значении средств гидроакустической техники при морских испытаниях «Трешера» и последующих его поисках.

Список этих средств открывается гидроакустическим телефоном. Гидроакустическому телефону «Гертруда», установленному на «Трешере» и на обеспечивающем испытание надводном судне «Скайларк», суждено было стать средством, через которое гибнущие на «Трешере» люди осуществили свой последний контакт с остальным миром.

Сеансы гидроакустической связи происходили каждые 10—15 мин. Через час после начала погружения «Трешера», в 9 час. 02 мин., ничего еще не предвещало печального исхода. На запрос со «Скайларка» «Трешер» ответил, что все в порядке и что подводная лодка следует прежним курсом. Однако уже в 9 час. 10 мин. ответа «Трешера» на очередной запрос не последовало. Напрасно зывал штурман «Скайларка»: «Отвечайте, отвечайте, ради бога! . . .» Из глубин океана доносились лишь неясные звуки, похожие на шум сжатого воздуха при продувании цистерн.

Но вот в эту сумбурную смесь звуков ворвался сдавленный голос с «Трешера»: «. . . предельная глубина. . .», заглушенный раскатистым гулом и грохотом. Все было кончено, хотя в тот момент никто еще не подозревал об этом.

«Скайларк» продолжал гидроакустический и радиопоиск («Трешер» мог выпустить буй с радиопередатчиками), непрерывно сбрасывал сигнальные гидроакустические патроны. Одновременно в эфир были даны сигналы о потере связи с «Трешером».

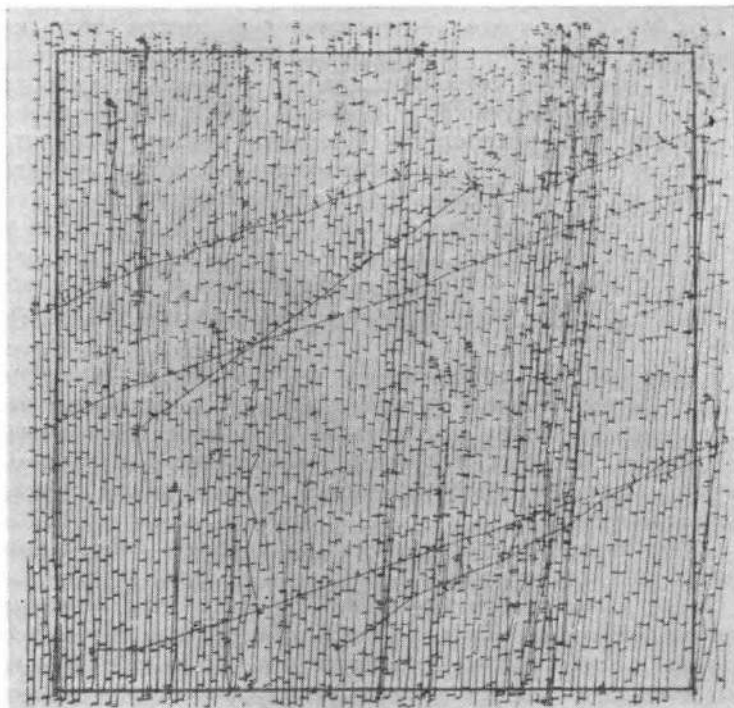
Прибывшей срочно в район испытаний «Трешера» подводной лодке «Сивулф» показалось, что она слышит лязг и стук металла, доносящиеся из глубины. Возможно ли? Ведь глубина океана в районе испытаний — более двух километров, и «Трешер», если он опустился на дно, все

равно раздавлен колоссальным давлением воды. Шумопеленгаторы «Сивулфа» значительно совершеннее, чем у какого-либо из находящихся в месте аварии надводных кораблей. «Сивулф» находится на достаточно большой глубине, где условия распространения звука лучше, чем у поверхности. Руководящий поисками командир флотилии подводных лодок Эндрюс во избежание помех «Сивулфу» немедленно удаляет из района поисков все корабли. Но теперь океан безмолвствовал. Видимо, «Сивулф» воспринимал ранее шум одного из мечущихся по поверхности кораблей. Первый, основной акт трагедии закончился. Людей «Трешера» уже никто не мог спасти.

Национальный престиж, необходимость установления причин аварии (ведь строилась целая серия лодок типа «Трешер»), наконец, безмерное горе родных и друзей моряков и кораблестроителей, погибших на «Трешере», — все это заставило правительство США организовать в чрезвычайно широких масштабах поиски остатков подводной лодки, провалившейся в глубины Атлантики. Двадцать три судна в разное время приняли участие в поисковых работах. Четверо из них, снабженные новейшими глубоководными эхолотами с самописцами, много недель бороздили здесь океан, а квадрат площадью 100 квадратных миль, центр которого находился в месте предполагаемой гибели «Трешера», был буквально ощупан ими. По общему признанию, плотность эхолотных промеров в этом районе превосходила все известное до настоящего времени. Однако отчетливого эхоконтакта с тем, что когда-то было «Трешером», установить не удалось. Виной этому был толстый слой ила, в который с большой скоростью врезался корпус погибшей лодки. Не большой успех выпал в это время и на долю других поисковых глубоководных средств — магнитометров, дозиметрических и телевизионных установок.

С помощью прецизионных эхолотов удалось получить несколько «спорных» эхоконтактов. Один из них, названный «дельта» (эхоконтакты обозначались греческими буквами), вполне мог быть эхом от затонувшей лодки. Но по-прежнему не хватало данных для классификации эхоконтактов. Тогда родилась мысль о гидроакустическом «моделировании». Было предложено затопить одну из старых подводных лодок, проследить ее путь в глубину с помощью эхолотов и гидролокаторов, а затем, когда она достигнет дна, сравнить эхо от нее с эхосигналами, полученными в нескольких местах в районе гибели «Трешера». Ра-

зумеется, никто не мог гарантировать, что этот способ идентификации эхосигналов оправдает себя, ведь и вторая лодка могла глубоко врезаться в илистый грунт. Тем не менее старая подводная лодка «Торо» была уже направ-



Читатель, невзначай подумавший, что перед ним образец модернистской графики, жестоко ошибся бы. Рисунок, сделанный по достаточно печальному поводу, представляет трассы эхолотирования при поиске затонувшей подводной лодки «Трешер». Поперечные черточки указывают места эхолотных промеров. Сторона квадрата равна 10 милям. Обращает на себя внимание большая плотность эхолотных промеров.

лена для переоборудования под гидроакустическую модель. Тем временем в районе гибели «Трешера» сбросили в воду старый автомобиль и проследили его путь на дно с помощью гидролокаторов.

Прошло уже более пяти недель со дня исчезновения «Трешера», а успехи в его поисках были более чем

скромными. Наконец, поисковым судам удалось обнаружить на поверхности дна мелкие металлические предметы и запасные части, по всей вероятности, принадлежавшие «Трешеру». Никто, однако, не брался утверждать, что они не могли принадлежать какому-либо другому погибшему кораблю.

Сомнения окончательно разрешились после того, как к поискам приступил глубоководный батискаф «Триест». К этому времени поисковые суда с помощью эхолотов составили подробную карту рельефа дна в районе гибели «Трешера», что, бесспорно, облегчило экипажу «Триеста» его сложную задачу. Гидроакустические средства помогли и в том, чтобы обеспечить регулярный осмотр дна в каждом участке погружения батискафа. Для этого батискаф первоначально, будучи еще на малой глубине, сбрасывал гидроакустические маркеры с излучателями и приемопередатчиками по границам площади, подлежащей обследованию.

В дальнейшем, приближаясь ко дну, батискаф с помощью установленной на нем гидроакустической аппаратуры ориентировался по сигналам маркеров и «прочесывал» дно в пределах площади, ограниченной маркерами. Сигналы маркеров воспринимались и надводными обеспечивающими судами.

Таким путем осуществлялась «привязка» района придонных поисков к карте.

После нескольких погружений «Триесту» под командой капитан-лейтенанта Кича удалось обнаружить «кладбище металла», занимавшее в поперечнике около четверти километра. Принимая все меры предосторожности, чтобы самим не застрять в горах бесформенного лома, экипаж батискафа с помощью дистанционного манипулятора вытаскил и поднял на поверхность кусок металлической трубы с бортовым номером «Трешера». При последующих погружениях «Триест» сфотографировал обломки наружного легкого корпуса подводной лодки и различное мелкое оборудование.

Но основная часть лодки — прочный корпус вместе с заключенными в нем людьми — не была найдена ни в 1963 г., ни в 1964 г., когда поиски были продолжены.

Услышим ли мы когда-нибудь о корпусе и экипаже «Трешера»? Возможно, если конструкторы эхолотов создадут совершенные образцы гидролокационной техники, способные обнаружить останки кораблей, ушедшие в грунт.

Внимание—шторм! Внимание—цунами!

Как это часто бывает, в области акустического прогнозирования штормов и сильных морских волн все началось со случайного обстоятельства. В тридцатых годах советские ученые В. А. Березкин и В. В. Шулейкин, проводя над морем эксперименты с метеорологическими шарами-зондами, заполненными водородом, заметили, что если приблизить к такому шару ухо, в нем возникает болевой импульс. Выяснилось, что это болевое ощущение обусловлено сильными резонансными колебаниями оболочки шара на весьма низких частотах (8—13 гц), на которых звуки еще не улавливаются человеком как слышимые. Шар-зонд наполняли водородом потому, что только при различии акустических свойств сред внутри и вне шара возможны отражение волн от шара и связанные с этим резонансные колебания его оболочки.

Вдали от моря тот же самый шар-зонд не резонировал и не излучал интенсивных волн. В. В. Шулейкин высказал предположение, что, находясь над морем, шар резонирует под действием периодических колебаний воздуха, обусловленных движением ветра над гребнями и впадинами морских волн. Это предположение подтвердилось, и инфразвуковые (т. е. лежащие ниже предела частот слухового восприятия) колебания над морем были наречены «голосом моря».

Другой советский ученый Н. Н. Андреев показал, что голос моря зарождается над волнами вследствие вихреобразования за гребнями волн. При этом колебания могут быть довольно интенсивными, с частотами в несколько герц и даже доли герца. Голос моря оказался весьма низким. Было установлено далее, что сила звука пропорциональна квадрату амплитуды морских волн и почти пропорциональна квадрату скорости ветра относительно волн. А поскольку это так, то по силе голоса моря можно судить о приближающемся шторме.

Голос моря распространяется не только в атмосфере над морем, но и в воде. Так как скорость распространения звука в воздухе и особенно в воде значительно превышает скорость ветра при самом сильном урагане, то голос моря обгоняет ураган и возвещает его приближение. Вот тут-то и оказываются ценными весьма низкие частоты голоса моря: звуки этих частот способны без заметного затухания проходить десятки и сотни километров.

В 1935 г. В. В. Шулейкин докладывал в Академии наук СССР о возможностях нового метода предсказания штормов на море по открытому «голосу моря». В прениях по докладу академик А. Н. Крылов отметил, что некоторые морские животные, по-видимому, обладают способностью воспринимать такие инфразвуковые штормовые предупреждения. Так, морские блохи, рачки, в обычное время обитающие среди влажной гальки, уходят на берег далеко от кромки воды задолго до шторма, когда барометр еще не чувствует его приближения. Медузы, для которых при шторме также опасна береговая линия, удаляются в море.

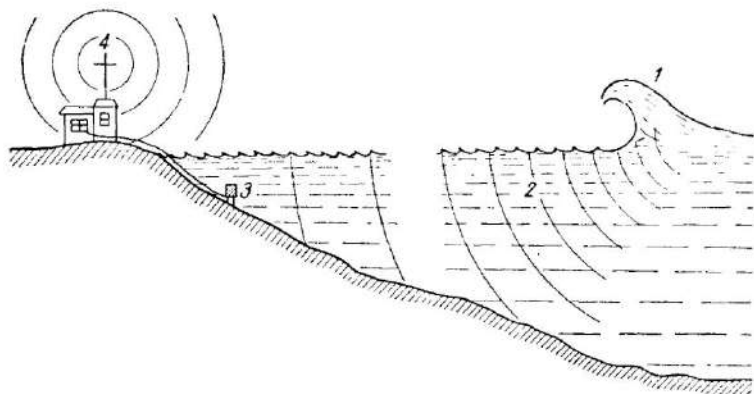
В состав устройства, предложенного для предсказания штормов, входил набор резонаторов для инфразвуковых частот и прибор для фиксации отдельных колебательных составляющих. В настоящее время техника обладает большими возможностями для создания приборов акустического штормового прогнозирования. Разработаны чувствительные инфразвуковые приемники звука в воздухе и в воде и избирательные анализирующие устройства, позволяющие отстроиться от посторонних помех. В Англии В. Мунк с помощью построенных им подводных приемников давления предсказывал шторм, когда он еще был на расстоянии 3000 км от английских берегов. Весьма убедительная демонстрация «голоса» морских волн!

Не отстают и отечественные изобретатели. Группа инженеров на кафедре биофизики Московского университета разработала бионический аппарат для сигнализации о приближении штормов и бурь. Аппарат имитирует схему строения уха у медуз. «Голос моря» улавливается рупором; после усиления шаровым резонатором колебания передаются на пьезокварцевую пластинку, превращающую их в переменное электрическое напряжение. Электрические колебания усиливаются и поступают к чувствительному индикатору-микровольтметру. Индикатор с помощью системы обратной связи соединен с электромотором, управляющим вращением рупора.

Рупор с резонатором устанавливается на палубе судна или на берегу, а вся остальная часть прибора — в закрытом помещении. Электродвигатель вращает рупор в горизонтальной плоскости, а система обратной связи останавливает мотор тогда, когда рупор направлен в сторону прихода наиболее мощных звуков.

По утверждению изобретателей, созданный ими прибор дает сигналы о наступлении шторма за 15 часов, т. е. задолго до того, как его предсказывает самый чувствитель-

ный барометр. Что же касается направления, откуда должен прийти шторм, то оно, по-видимому, указывается не очень уж точно: длина инфразвуковых волн «голоса моря» весьма велика — несколько десятков и даже сотен метров, и для достижения необходимой точности «штормопеленгования» рупор должен иметь чересчур большие размеры (либо следует использовать два разнесенных в пространстве рупора).



Система гидроакустического обнаружения цунами.

1 — волна цунами в океане; 2 — волны сжатия в воде; 3 — гидроакустические приемники, 4 — радиопост оповещения о приближении цунами

Идея, аналогичная идее прогнозирования штормов, лежит в основе предупреждения гигантских приливных волн цунами, образующихся в океане при моретрясениях и опустошающих прибрежные селения. Более двух веков назад русский академик С. П. Крашенинников, составивший свое знаменитое «Описание земли Камчатки», так описывал явление цунами: «...Между тем учинился на море ужасный шум и волнение и вдруг взлилось на берег воды в вышине сажени на три, которая, ни мало ни стояв, забежала в море и удалилась от берегов на знатное расстояние».

Описание выглядит достаточно колоритно и в наше время. Но как сделать, чтобы внезапно не «взлилось на берег воды в вышине сажени на три», а то и поболее, чтобы заблаговременно предупредить прибрежных жителей о приближении цунами? При образовании цунами одновременно возникает волна сжатия, распространяющаяся

в воде со скоростью 1,5 км/сек. Она намного опережает саму волну цунами. На дальневосточном побережье СССР и в некоторых других странах организованы гидроакустические станции для регистрации звуковых подводных волн. При приеме такой станцией сигналов о приближении цунами население прибрежных районов оповещается об этом и эвакуируется из опасных мест. Обычно данные гидроакустических постов предупреждения цунами подтверждаются данными сейсмических станций, фиксирующих подземные толчки, и радиограммами судов, находящихся в море. Но если цунами вызвано оползневыми процессами, а не тектоническими явлениями (а как выяснилось сравнительно недавно, роль оползневых процессов в образовании цунами велика), то сейсмические станции безмолвствуют, и лишь гидроакустика или радио с кораблей в районе образования цунами может предупредить население о бедствии.

Раз уж мы заговорили о гидроакустических предостережениях, следует упомянуть еще о подводных извержениях. Свидетелями подводного извержения оказались в 1957 г. советские океанологи, совершавшие на шхуне «Заря» путешествие по Атлантике.

Советские геоакустики — М. С. Анцыферов и другие, занимающиеся прогнозированием опасных подземных выбросов газа в шахтах, установили опытным путем, что еще задолго до таких выбросов помещенные в породу звукоприемники фиксируют сильные звуковые сигналы. Очевидно, что и при подводных извержениях и геологических катаклизмах в морских районах подводные звуковые волны являются первыми глашатаями начинающихся перемещений геологических масс. К сожалению, эта интересная область применения гидроакустики еще мало исследована, но нет сомнений, что опыт использования гидроакустических станций по прогнозированию мощных волн в море прольет свет на этот важный для науки и практики вопрос.

О приводнении ракет, ныряющих блюдцах и прочем (гидроакустическая телеметрия)

«...Ракета вышла со старта! Сверить еще раз хронометры, включить радиолокаторы и гидрофоны!» — приказал капитан судна-наблюдателя своему помощнику.

Мы не знаем, в какой именно точке мирового океана и когда в последний раз раздалась эта команда. Идет ли речь о советской или американской ракете. Но такие или подобные им команды неизбежно раздаются на нескольких судах, каждый раз, когда в газетах мира и в специальных извещениях для мореплавателей и авиаторов появляется сообщение вроде следующего: «Район такого-то (чаще всего Тихого) океана с координатами. . . широты и. . . долготы закрыт для плавания ввиду испытаний ракет». Гидрофоны используются судами-наблюдателями для определения координат падения ракеты в воду. В простейшем случае это — опускные шумопеленгаторы, но могут применяться и специальные донные гидроакустические системы. Вот краткое описание одной из подобных систем, разработанной в США.

Система, носящая условное наименование «Стар», предназначена для определения точки падения ракет (по-видимому, ближнего и среднего радиуса действия), выпускаемых с испытательного ракетного центра Патрик в штате Флорида. На дне океана по периметру круга диаметром 16 км размещается семь гидроакустических приемопередатчиков, чувствительный элемент которых изготовлен из титаната бария. Как только ракета ударится о водную поверхность в пределах этого круга, акустические колебания воспринимаются приемниками и с помощью частотно-модулированного гидролокатора передаются на обеспечивающий корабль. Каждый приемопередатчик имеет свою несущую частоту, а приемное устройство на корабле — многоканальное, с записью колебаний на многодорожечную магнитную ленту.

Вибраторы приемопередатчиков не только передают сигнал о падении ракеты на корабль, но и реагируют на последующие акустические импульсы запроса, посылаемые кораблем. Это позволяет определить время, необходимое для передачи информации от каждого приемопередатчика до корабля при данном положении его относительно базы приемопередатчиков. Сопоставление этого времени с временем прихода сигналов от удара ракеты о воду от каждого приемопередатчика позволяет точно определить координаты точки приводнения ракеты.

Первые испытания системы «Стар» производились в 1963 г. в Атлантическом океане в полутораста километрах от Багамских островов. База приемопередатчиков располагалась на глубине 4500 м и успешно передавала

информацию на обеспечивающий корабль, расположенный за 25 км от базы.

Приемоответчики системы «Стар» являют собой простейший пример устройств гидроакустической телеметрии, служащих для передачи акустическим путем различных данных из-под воды или под водой. С помощью разнообразных гидроакустических сигналов можно передавать и более сложную информацию, например, данные о скорости движения какого-либо подводного снаряда, о вре-

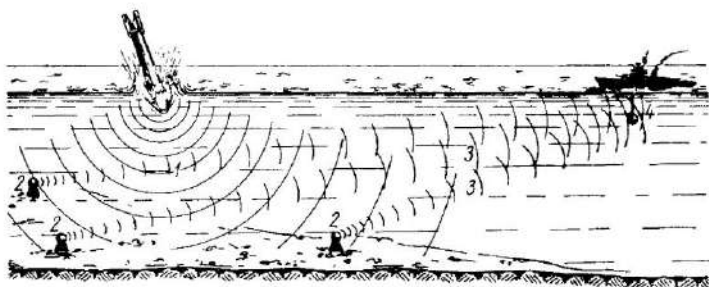


Схема действия гидроакустической системы для определения координат приведения ракет.

1 — звук, излучаемый при соударении ракеты с поверхностью воды; 2 — круговая донная база гидроакустических приемоответчиков, 3 — сигналы, излучаемые приемоответчиками; 4 — гидроакустическая станция корабля-наблюдателя

мени пересечения им створа, о глубине погружения рыболовецкого трала, режимах работы подводных приборов и т. д., и т. п. Передача может быть направленной в горизонтальной плоскости, либо может озвучиваться передаваемыми сигналами весь горизонт.

На некоторых испытательных полигонах, преимущественно гидроакустических, оборудованы линии гидроакустической телеметрии, то есть попросту системы направленных излучателей, передающих через водный объем приемникам ту или иную информацию. Особенно ценны свойства вертикальной линии гидроакустической телеметрии. Попробуйте передать по кабелю информацию с глубины в несколько километров. Такой кабель может легко оборваться от действия собственной тяжести. А если на море волнение, то легко повредить и более короткий кабель. Гидроакустическую «линию» оборвать невозможно.

Весьма интересны и, по-видимому, еще не оценены до конца возможности гидроакустической техники в биотеле-

метрии, т. е. передаче на расстояние данных о состоянии живого организма. Во всяком случае эти возможности в биогадротелеметрии используются пока несравненно меньше, чем в биорадиотелеметрии.

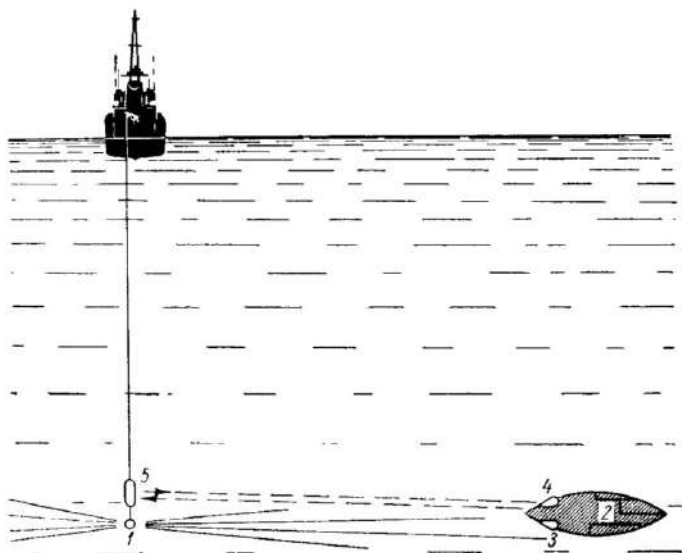
Но кое-какие достижения все же есть и у гидроакустиков. С помощью миниатюрного гидроакустического излучателя, прикрепленного к основанию плавника рыбы (длина излучателя 10 см), было исследовано поведение лососевых рыб в стае. Сигналы излучателя принимались специальной следящей приемной системой (аналогичной системам с автоматическим сопровождением цели, применяемым в военной гидроакустике). Следящая гидроакустическая приемная аппаратура ни на минуту не выпускала из поля зрения рыбу с излучателем. Были зафиксированы характер эволюций и время нахождения лососевых в придонной области моря, что дало ценную информацию для рыболовов.

В биогадротелеметрии в большей мере, чем в биорадиотелеметрии, возникает проблема влияния измерительного средства на объект исследований. В самом деле, радиосигналы практически не воспринимаются живым организмом. Летящий журавль не чувствует, что крошечный радиопередатчик, укрепленный у него на спине, непрерывно передает данные о температуре тела птицы, о режиме движения, числе взмахов крыльев в минуту. Иное дело — гидроакустические сигналы. Если их частота находится в области слухового восприятия морского организма, то сигналы будут пугать его и условия опыта нарушатся. В какой-то мере это будет наблюдаться и тогда, когда частота сигналов лежит вне полосы чувствительности слуха морского обитателя, но мощность сигналов достаточно велика. Они могут создавать болевое ощущение, травмировать слуховые органы, что также не содействует успешному проведению опыта. А как раз для морских организмов слуховые пороги и частотные диапазоны чувствительности слуха изучены недостаточно.

Иное дело — человек. Органы слуха его исследованы очень хорошо, да он не станет пугаться и тогда, когда рядом с ним будут периодически раздаваться резкие звуковые сигналы. Этим способом были переданы на поверхность моря данные о поведении организма подводных пловцов и водолазов при нахождении их на большой глубине длительное время.

...А теперь перенесемся в Средиземное море, где вот уже полтора десятка лет производит свои исследования

замечательный гидронавт и океанограф Жак Ив Кусто. Последняя его работа — цикл опытов под условным наименованием «Преко́нтинент-III» с 70-тонным «подводным домиком», погруженным на глубину в сотню метров. Опыты, начатые в 1965 г., рассчитаны на пятилетие и имеют целью дать оценку возможности жизни человека под водой и до-



Опыт Ж. Кусто по определению поглощения света на различных глубинах в море.

1 — мощный подводный источник света; 2 — «ныряющее блюдце»; 3 — иллюминатор «блюдца» и прибор, регистрирующий силу света; 4 — гидролокатор, измеряющий расстояние до источника света; 5 — гидролокационный отражатель (воздушный баллон).

бычи морских ископаемых (аналогичные опыты производят американцы в морских подводных лабораториях «Силэб», только здесь превалирует военная окраска, например, предусматриваются сеансы связи с искусственным спутником Земли).

Можно не сомневаться, что в числе аппаратуры для исследований, намеченных в операции «Преко́нтинент-III», достойное место занимает и аппаратура подводной акустики — гидроакустические телефоны, средства гидроакустической телеметрии и прочее. Но сейчас нас больше интересует другой, более ранний опыт Кусто, произведенный с «ныряющим блюдцем», которое было сконструировано

им для исследования континентального шельфа — прибрежной части морского дна.

Упомянутый нами опыт имел целью определение затухания света в море на различных глубинах. Мощный источник света устанавливался на определенной глубине и «ныряющее блюдце» с наблюдателем удалялось от него. На борту «ныряющего блюдца» кроме прибора для определения силы света был установлен гидролокатор, а над источником света — воздушный баллон, являющийся хорошим отражателем подводных звуковых сигналов. Таким образом, имелась возможность непрерывно определять дистанцию от наблюдателя до источника света и сопоставлять значение дистанции со значением силы света, а также отмечать расстояние, соответствующее полному исчезновению света на различных глубинах.

Этот эффектный опыт наглядно иллюстрировал возможности гидролокационной аппаратуры в смысле постоянного и продолжительного контроля расстояний при научных исследованиях под водой. Если угодно, это тоже в какой-то мере гидроакустический телеметрический прием, в котором непрерывно учитывается и выдается значение дистанции до подводного объекта.

Сейсмогидроакустика

Сейсмологи всех стран уже довольно давно применяют метод изучения строения Земли с помощью волн, распространяющихся под землей при взрывах специальных зарядов.

Помещать эти заряды в шурфы в земле, по-видимому, не так уж сложно. А как быть в океане? Закладывать заряды в дно? Конечно, можно, но трудно. Попробуйте-ка пробурить скважину на пятикилометровой глубине и погрузить в нее заряд. Да еще в другой такой же скважине разместить приемник звука!

А можно ли при исследовании дна взрывать заряды не в грунте, а в воде? Также, оказывается, можно. Это и есть новое, насчитывающее менее двух десятков лет, плодотворное направление в исследовании строения Земли в районах мирового океана, своеобразный симбиоз сейсмологии и гидроакустики.

В простейшем виде схема гидросейсмических опытов выглядит следующим образом. Испытательное судно опускает в воду заряд и подрывает его. Глубина опускания

заряда варьируется от нескольких метров до нескольких километров, вес заряда достигает нескольких десятков килограммов. В момент взрыва судно посылает радиосигнал. Этот сигнал воспринимается вторым испытательным судном, которое в зависимости от глубины моря и других факторов находится на расстоянии от нескольких сотен метров до нескольких десятков километров от первого.

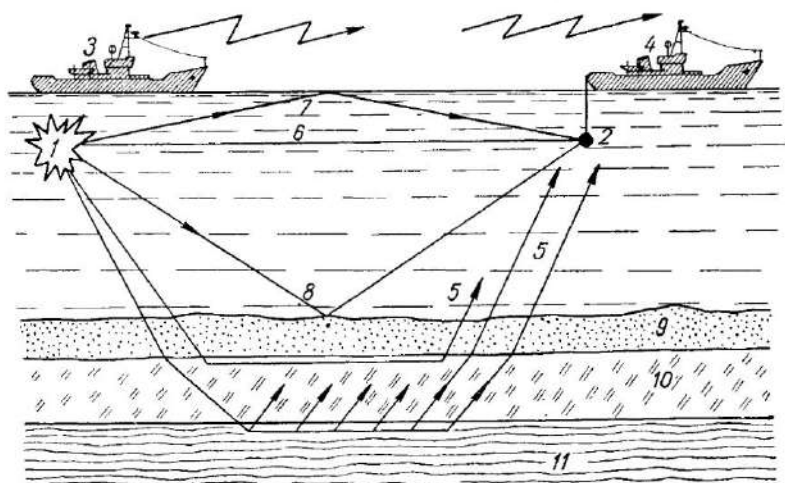


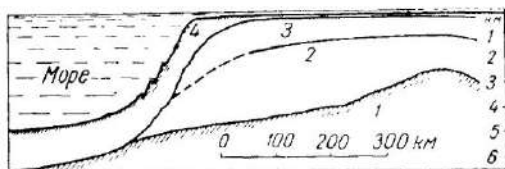
Схема распространения звуковых волн при гидросейсмических исследованиях с двумя кораблями.

1 — заряд; 2 — гидрофоны, 3 — радиопередатчик; 4 — радиоприемник; 5 — преломленная волна; 6 — прямая водная волна; 7 — поверхностная волна; 8 — волна, отраженная от дна; 9 — осадочная порода; 10 — кора Земли; 11 — мантия Земли

Принятый радиосигнал является как бы началом отсчета. Через более или менее продолжительное время к опущенным в воду гидрофонам второго судна начинают приходить и звуковые волны. Первыми достигают гидрофона преломленные волны, т. е. волны, прошедшие через слои Земли. Их путь самый длинный, но зато и скорость распространения звука в слоях Земли больше, чем в воде. Так, скорость звука в породах мантии достигает 8 км/сек, т. е. значительно превышает скорость звука в стали. В коре Земли скорость звука равна 3—4 км/сек, а в слоях осадочных пород, выстилающих кору и являющихся дном океана, она около 2 км/сек. Поэтому волны, распространяющиеся в осадочных породах, заметно отстают от волн, преломленных на границе мантии.

Последними приходят волны, распространяющиеся в водном слое,— прямая водная волна и волна, отраженная от поверхности воды; при малых углублениях заряда и больших расстояниях между испытательными судами она сливается с прямой водной волной. Возможен также прием волн, многократно отраженных в водном слое.

Водная волна имеет второстепенное значение для сейсмических исследований в море, но она позволяет уточнить расстояние между судами (поскольку скорость звука в воде практически всегда может быть измерена), что не-



Профиль и строение дна в одном из районов Атлантического океана, определенные гидро-сейсмическим методом.

1 — скальные породы; 2, 3, 4 — различные типы осадочных пород. Справа — шкала глубин, внизу — шкала расстояний

обходимо для определения скорости движения других волн.

Иногда улавливаются и волны, отраженные от поверхности дна и от земной коры. Эти волны, как и преломленные, могут быть использованы для изучения строения Земли.

С точки зрения техники измерений возможен и другой вариант гидросейсмических исследований — с применением лишь одного судна и выстраиваемых в одну или в несколько линий радиогидроакустических буев, подобных тем, которые применяются для обнаружения погруженных подводных лодок по их шумам. Прошедшие по различным слоям земной коры волны улавливаются гидрофонами буев, которые с помощью радио мгновенно передают обратно на опытовое судно информацию об этих волнах.

Разумеется, нелегко бывает разобраться во всем многообразии звуковых волн, улавливаемых гидрофонами буев или опытовых судов. Не всегда удается принять все ожидаемые типы волн. Но мировая практика накопила уже немалый опыт сейсмогидроакустических исследований. Английские ученые, например, исследовали с помощью

сейсмоакустики рельеф дна Атлантического океана к югу и западу от Англии и Ирландии, где глубина на расстоянии 100 км резко увеличивается от 200 м до 3—4 км. Был обнаружен ряд слоев осадочных пород толщиной до 4—4,5 км. Некоторые из них лишь на ограниченной площади простираются над твердыми базальтовыми породами, во многих местах они как бы сползают с этих пород и потому названы консольными.

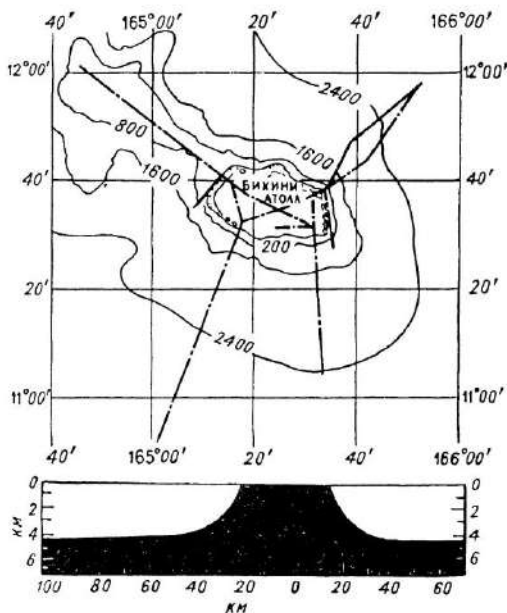
Советские ученые произвели обширные сейсмоакустические исследования в западной части Тихого океана, в Индийском океане, в Японском и Черном морях. Эти исследования позволили определить возраст морских и океанских впадин, темпы донного осадконакопления. Обнаружено, что в то время как в Черном море толщина слоя осадочных пород доходит до 14 км, в Тихом океане она не больше километра. Это легко объяснить, если вспомнить, сколько мощных рек ежедневно, ежечасно несут в замкнутый черноморский водоем бесчисленные кубометры воды со взвешенными частицами ила, глины, органических веществ.

Исследования на Дальнем Востоке показали, что при переходе из области Охотского моря и Курильских островов в Тихий океан земная кора меняет свое строение — становится тоньше и в ее разрезе обнаруживается только базальтовый слой. Сейсмогидроакустический метод позволил сделать интересное и важное открытие, что в то время как в области Тихого океана толщина земной коры (вместе с водой) не превышает 12 км, у входа в Охотское море она достигает 19 км, а в некоторых местах даже 23 км. В районе Курил кора образует, как говорят сейсмологи, раздутие, ее толщина достигает здесь 33 км. А в Индийском океане толщина земной коры не превышает 7,5 км. Это было установлено также советскими учеными в период 33-го рейса прославленного гидрографического судна «Витязь». При измерениях использовали гидроакустические буи.

Особенно большой размах получили отечественные сейсмические исследования на море с целью разведки нефти и газа. За последние годы произведена сейсморазведка в Каспийском море на площади более 100 тыс. кв. км, разведано свыше сотни геоструктур. Поглядите на карты этих разведанных площадей (впрочем, это можно сделать, лишь заглянув в специальные монографии). Когда-то нефтеносные районы значились только у всемирно известных Нефтяных камней — города на эстакадах. Ныне найдены

многочисленные новые районы, весьма перспективные с точки зрения нефтедобычи. И вообще обнаружено, что вся акватория Каспия — фигурально говоря, «водяная подушка» над огромным природным нефтехранилищем.

Нефтяники намерены отбирать у Каспия в 2—3 раза больше нефти, чем сейчас. На очереди глубоководное бу-



Линии расположения гидрографических судов при атомном подводном взрыве в атолле Бихини и полученный в результате измерений профиль морского дна в этом районе.

рение — на глубинах 80—100 и более метров. Вот когда сейсмогидроакустика, акустические измерения глубин понадобятся в весьма больших масштабах.

Методы нефтяной гидросейсморазведки непрерывно совершенствуются. Внедряется магнитная запись колебаний, начинают применяться приемники с регулируемой пространственной характеристикой чувствительности, что позволяет лучше выделять принимаемые звуковые сигналы на фоне помех. Вместо взрывных источников колебаний используются вибрационные источники — метод, давно известный «чистым» гидроакустикам, но пока еще

считающийся довольно экзотическим у морских сейсмо-разведчиков.

Излучение звуковых колебаний, достаточно мощных для того, чтобы получить отраженные и преломленные волны на больших расстояниях, остается пока серьезной проблемой. В некоторых, правда, редких случаях эта проблема решается автоматически. Во время подводного атомного взрыва в атолле Бикини специальные гидрографические суда с гидрофонами находились на расстоянии до сотни километров в радиальных направлениях от центра взрыва. Уж здесь-то не приходилось заботиться о расстояниях и о выделении сигналов на фоне помех — сила взрыва была более чем достаточной.

Записи воспринятых гидрофонами отраженных и преломленных звуковых волн позволили определить глубину моря и структуру морского дна в этом районе. Была обнаружена подводная горная цепь, стоящая на той же вулканической платформе, что и атолл Бикини. Оказывается, и атомные взрывы на что-нибудь годятся!

Исследование структуры морского дна, природы земной коры под мировым океаном — это, так сказать, большая гидросейсмометрия. Но есть и малая гидросейсмометрия, позволяющая определять локальную структуру морского дна для инженерных нужд. Подобного рода задачи возникают при подводном бурении, строительстве больших дамб, молов, искусственных островов, морских нефтяных вышек. С помощью гидросейсмических методов были проведены работы по разведке трассы будущего тоннеля под Ла-Маншем.

Естественно, что для локальных исследований морского дна не нужны слишком мощные источники подводного звука. Поэтому кроме небольших подводных зарядов применяют электроискровые источники, взрывы газовой смеси, магнитострикционные вибраторы.

Звук во льду и подо льдом

К сейсмогидроакустике примыкает научное направление, ставящее своей целью изучение ледовых и фирновых массивов с помощью упругих волн. По задачам исследований эта, если можно так выразиться, льдоакустика ближе к обычной земной сейсмологии и сейсмометрии; с гидроакустикой ее роднит лишь то, что лед — это замерзшая вода, да, пожалуй, еще то, что применяются довольно вы-

сокие для сейсмологии «акустические» частоты — до 300 гц и более. Чисто звуковые методы используют при прозвучивании образцов льда в лаборатории с целью определения его упругих свойств на различных частотах.

Исследованием распространения звуковых волн в природном льду и в снегу занимались и ранее, например, в Гренландии. Но особенно большого размаха подобные исследования достигли в Антарктиде при изучении ее ледяного купола. О масштабе этих исследований говорит хотя бы тот факт, что лишь за год с небольшим Вторая комплексная советская антарктическая экспедиция израсходовала для этой цели 8000 кг взрывчатого вещества. В районе побережья моря Дэвиса и трассы Мирный — Восток было сделано около полутора тысяч записей звуковых взрывных волн, преломленных и отраженных в различных слоях полярной шапки Антарктиды.

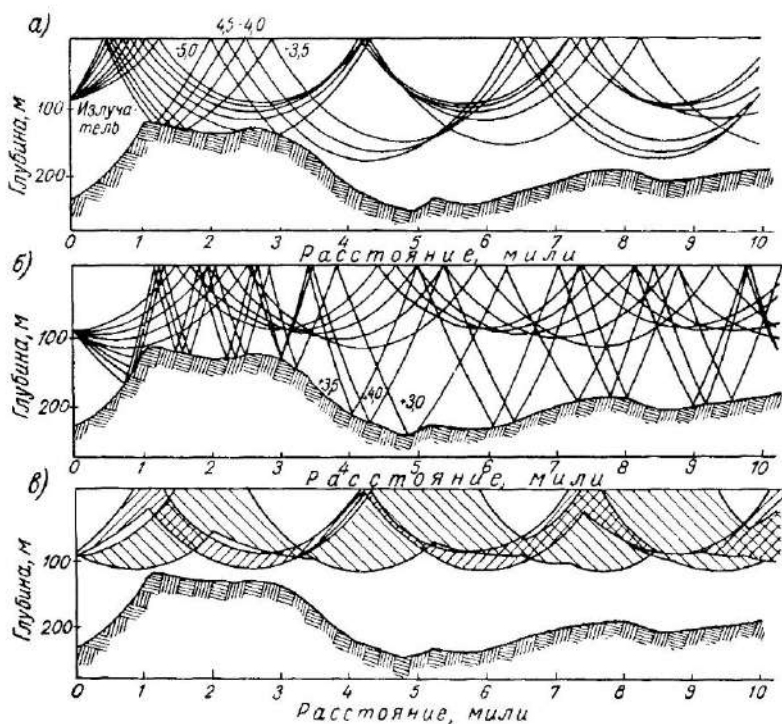
Что же выяснилось в результате этих исследований? Оказалось, что полярная шапка состоит из трех слоев. Наружный — снежно-фирновый — слой имеет толщину менее 50—75 м. Скорость распространения звука в снегу оказалась равной 1000—1500 м/сек, т. е. значительно большей, чем в воздухе, и близкой к скорости звука в воде.

Под наружным слоем расположен основной слой — ледовый; скорость распространения звуковых волн в нем достигает 3800—3850 м/сек. Еще ниже идет слой льда с включениями моренного материала. Дальнейшие исследования в других районах Антарктиды показали, что общая толщина ледового покрова может достигать внушительной цифры 4—4,5 км, причем поверхность коренных пород, на которых сидит ледяная антарктическая шапка, местами на 800—1000 м ниже уровня моря. Впрочем, льдосейсмические исследования в Антарктиде непрерывно продолжаются, и приведенные цифры еще не раз будут скорректированы. Не исключена возможность обнаружения в коренных породах Антарктиды заполненных льдом каньонов.

Если наука о звуке во льду лишь условно может быть причислена к гидроакустике, то вопросы, связанные с распространением звука подо льдом, — это уже чистейшая гидроакустика. Чтобы обратиться к ним, надо перенестись к другому полюсу и заглянуть под арктические льды.

Распространение звука носит здесь еще более причудливый характер, чем в открытом море. Преобладает рефракция звуковых лучей вверх, а дальность распространения звуковых сигналов существенным образом зависит от поглощающих свойств подводной ледовой границы и

варьируется от района к району. Вследствие неровности нижней поверхности льда зоны звуковой тени, образующиеся при рефракции, могут быть в одних случаях особенно протяженными, в других, наоборот, весьма малыми из-за «засветки» отраженными ото льда лучами.



Траектории звуковых лучей при распространении звука подо льдами Арктики: а — ось излучателя направлена вверх; б — ось излучателя горизонтальна; в — излучатель совершает качения в вертикальной плоскости в пределах некоторого угла, при этом озвучиваемая зона наибольшая

Для того чтобы охватить большой диапазон углов в вертикальной плоскости, в которой распространяются звуковые лучи подо льдом, и, следовательно, обеспечить большую дальность распространения и приема сигналов, предлагается использовать качающиеся в этой плоскости вибраторы и гидроакустические системы со сканированием — качением в заданном секторе звукового луча.

Своеобразны подо льдом не только рефракционные явления, но и помехи в работе гидроакустических станций. Если в южных и умеренных широтах гидроакустикам приходится иметь дело с помехами в виде шума волн (а иногда, как упоминалось, и в виде звуков, издаваемых морскими обитателями), то в полярных районах на первое место выдвигается другой источник подводного шума — лед. Да, да, лед шумит, да еще как. Уже в период Великой Отечественной войны советские подводники отмечали тревожный и характерный подводный шум от торошения льдов. Л. А. Власов в своей книге указывает, что торошащаяся льдина издавала такой шум, что долгое время экипаж нашей подводной лодки принимал ее за вражескую лодку.

В 1963 г. специальная экспедиция Тихоокеанской военно-морской лаборатории Канады провела обширный цикл исследований гидроакустических шумов подо льдом. Исследования производились в районе залива Густава-Адольфа, в котором 95% площади воды было покрыто многолетним льдом. «Летний» шум, который посылали в воду льды, отнюдь не походил на зимний. Летом были обнаружены характерные суточные изменения уровня подводного шума. Днем шум почти затихал, но зато ночью, когда лед охлаждался и в нем появлялись трещины, раздавались громкие подводные трески и звуки, похожие на пистолетные выстрелы.

Зимой суточного хода ледового шума не наблюдалось, но его уровень круглые сутки был выше, чем летом. Он достигал уровня шума моря при волнении 3—4 балла, однако был более неоднородным, чем шум моря. Причины? Опять-таки сдвиги ледовых масс, сопровождавшиеся образованием трещин и изломов. Наибольшие уровни шума лежали в полосе частот 100 гц — 10 кгц. Когда затихал шум вследствие торошения и образования трещин, слышался более слабый подводный шум, причину которого поначалу, очевидно, не так-то легко было установить. Оказалось, что его вызывало перемещение гранулированного сухого снега по поверхности льда под действием ветра. Это, так сказать, подводный вой вьюги.

Изучение акустических свойств подледных водных бассейнов продолжается. Полярная акустика — самая молодая отрасль гидроакустики. Сведения о распространении звука под арктическими льдами еще очень отрывочны, «подледное» море медленно и неохотно раскрывает свои тайны.

Но со временем места возможных трансполярных трасс будут изучены очень хорошо, при этом, безусловно, будут обнаружены новые интересные явления и закономерности подледной гидроакустики.

Подводный звук помогает штурмовать Мохо

Мохо — так любящие сокращения американцы окрестили раздел или рубеж Мохоровичича, лежащий между корой и таинственной пока мантией Земли — трехтысячекилометровой двухъярусной «оберткой» жидкого ядра Земли. Некоторые ученые полагают, что верхний слой мантии — магматический и содержит много железа, магния и других важных элементов. Понятно поэтому стремление человечества проникнуть глубже раздела Мохоровичича. Советский академик А. Трофимук выразился на этот счет кратко и сильно: «Есть у нас мечта пробить земную кору до мантии и заполучить оттуда редкие металлы прямо в расплавленном состоянии». В 1960 г. был создан международный комитет по исследованию верхней мантии Земли.

Советские бурильщики — лучшие в мире специалисты этого дела — намечают штурмовать мантию на Камчатке и на Курильских островах, в районах вулканической деятельности. Однако толщина земной коры здесь, как и в других местах на суше, достаточно велика — два-три десятка километров и более. Под океанами толщина земной коры значительно меньше, и тут-то ее решили атаковать американцы.

После ряда пробных опытов приступили к закладке скважины в Тихом океане у острова Гваделупе. Для этого было оборудовано гигантское бурильное судно-плот «Касс-1», в центре которого возвышалась буровая вышка. Как показали гидросейсмические исследования, толщина земной коры здесь всего 5,5 км. Но вот беда: до нее почти четырехкилометровая толща воды. При такой глубине судно не может стоять на якорях. Решили бурить с судна, находящегося на свободном плаву. Тут-то и пришла на помощь гидроакустическая техника.

Вокруг судна с четырех его сторон были установлены на мертвых якорях-грузах гидроакустические буи-приемники, заключенные в алюминиевый обтекатель, имеющий форму эллипсоида вращения. По акустическому сиг-

налу с судна приемоответчики излучали ответные сигналы, в свою очередь принимавшиеся вибраторами судна. Когда судно находилось на пересечении звуковых сигналов всех буев, винты судна бездействовали. Но стоило судну вслед-

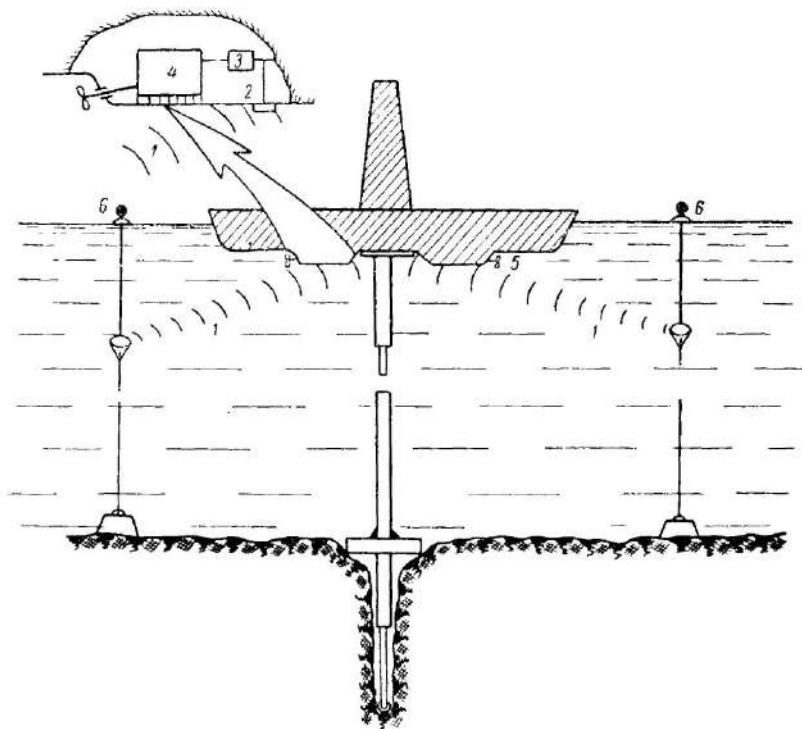


Схема удержания на месте бурильного судна-вышки при бурении глубоководных скважин в открытом море.

1 — звуковые лучи гидроакустических буев, стоящих на якорях; 2 — приемник гидроакустических сигналов; 3 — схема усиления гидроакустических сигналов и управления двигателями; 4 — двигатель; 5 — гребные винты судна; 6 — поплавки со световым сигналом и радиолокационным отражателем.

ствии случайного дрейфа слегка отойти в сторону, как картина принимаемых вибратором звуковых сигналов изменялась; немедленно вводилась в действие следящая система и начинал работать один из гребных винтов, расположенных по всем четырем сторонам этого своеобразного судна. Точность удержания судна на месте скважины составляла 50—100 м, что было достаточно для проведения буровых работ при столь большой глубине.

На поверхности моря местоположение каждого из гидроакустических приемопередатчиков обозначалось буйком-поплавком со световым сигналом. Для дополнительного контроля поплавки снабжались радиолокационным отражателем, и таким образом их расположение можно было видеть на экране судового радиолокатора кругового обзора.

Несмотря на трудности управления схема удержания судна исправно функционировала, пока на глубине около 190 метров не сломался бур, достигший очень твердых пород дна. Вторично попасть в ту же скважину, находящуюся на глубине 3700 м от поверхности моря, оказалось весьма затруднительным. Буровые работы в этом месте океана прекратились. Однако американцы объявили, что с учетом опыта проведенных работ они пробурят скважину до раздела Мохоровичича в другом месте Тихого океана — у Гавайских островов.

...Итак, первая попытка проникнуть в подземное царство Плутона со стороны непутовых владений окончилась неудачей. Может быть, бур перекусил сам Цербер, чудовищный сторожевой пес, поставленный Плутоном? Морское дно Земли получило лишь незначительный булавочный укол. Оливиновый пояс инженера Гарина, бур профессора Челленджера, заставивший Землю содрогнуться, — у литературных героев это получалось лучше.

Человек, разумеется, не остановится на первой попытке, и Плутона еще не раз основательно побеспокоят (будем надеяться, что первыми это успешно осуществят советские специалисты). Ну, а в царстве более покладистого Нептуна у человека довольно хлопот и перспектив уже сейчас. Какие же это перспективы и хлопоты?

Гидроакустика в кладовых Нептуна

Мировой океан... Он занимает около трех четвертей поверхности земного шара; неслучайно один из выступавших на собрании, посвященном 150-летию отечественного судостроения, в шутку отметил, что наша планета, пожалуй, по ошибке названа Землей, а следовало бы назвать ее Водой.

Богатства океана поистине безграничны. В одном кубическом километре морской воды содержится столько магния, сколько его необходимо для мирового авиастроения почти на сотню лет. Если бы от статистики требовалась

максимальная наглядность, достаточно было бы представить, как из-под поверхности моря непрерывным потоком вылетают корпуса самолетов. . . В минералогических образованиях — конкрециях, устилающих дно океана, содержатся миллиарды тонн марганца, никеля, кобальта. В подводных рудных залежах сосредоточено громадное количество редких металлов — радия, титана, ванадия и др. В самой океанской воде растворены миллиарды тонн золота и серебра, миллиарды тонн йода. Девяносто пять процентов необходимого человечеству для лечебных целей брома выделяется из морской воды. Можно сказать, что спокойствие современного и будущего человеческого общества — в океане.

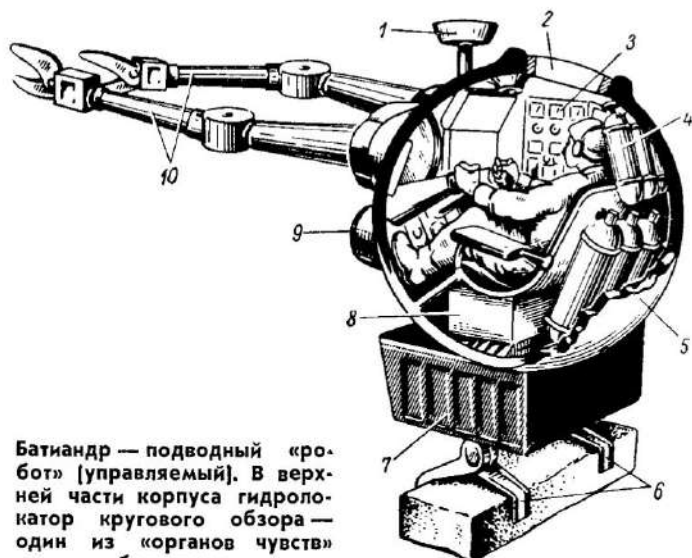
Глубины океана таят необозримые количества растительного и животного планктона, питательных водорослей, могущих служить пищей обитателям суши. Некоторые из них, например хлорелла, уже теперь являются составной частью блюд космонавтов; вещества, полученные из другой водоросли — анфельции — используются при изготовлении десятков блюд и пищевых продуктов, а также в фармакологии. Всего же в пищу различных народностей уже теперь употребляется более полусотни видов морских водорослей.

А далеко не исчерпанные и даже не учтенные полностью богатства рыбного и животного морского мира!

Передо мной разложенные по годам вырезки из газет и журналов. Заголовки — вначале созерцательного, констатирующего, изредка призывного характера: «Целина океана», «Партнер — океан», «Плантации редких металлов», «Богатства океана — на службу человеку». Постепенно тон и содержание статей меняются — указываются практические дела: «Две американские фирмы начали разработку конкреций на дне океана»; «По дну Белого моря пущены косилки, срезающие водоросли на корм скоту, за день убирается до 40 тонн водорослей»; «В Мексиканском заливе нефть добывается из-под дна, находящегося на глубине 180—200 м»; «В Австралии подводные коралловые рифы перерабатываются на цемент. Для этого служат подводные врубковые машины и плавучие землечерпалки, каждая из которых поднимает в час со дна 800 тонн кораллов».

Какова же роль гидроакустической техники в этих работах на морском дне и в водных массивах океана? Может быть, еще не столь велика, как хотелось бы, но достойна внимания.

..Исследовательские глубоководные суда. Советские — «Север», «ТИПРО», «Атланта». Американские — «Алюминат», «Долфин», «Элвин», «Дуглас». Суда английские, японские, французские. С каждым месяцем, да, месяцем, число их множится. А также подводные манипуляторы, танкетки, роботы. Все эти суда и снаряды трудно представить себе без гидроакустических приборов: гидролокатора



Батиандр — подводный «робот» [управляемый]. В верхней части корпуса гидролокатор кругового обзора — один из «органов чувств» батиандра.

1 — гидролокатор; 2 — входной люк; 3 — приборный щит, 4 — баллоны с кислородом; 5 — прочная сфера; 6 — захваты; 7 — энергобак; 8 — аварийный аккумулятор; 9 — прожектор; 10 — манипуляторы

для «обзора» местности на дне или пространства в водной толще; установок звукоподводной связи для переговоров с судами, находящимися на поверхности океана, и с водолазами; шумозаписывающих и шумопеленгаторных установок для фиксации звуков подводного мира и для ориентации под водой. Телеуправляемый подводный аппарат «Мобот» для работ на дне моря может с помощью своей гидроакустической станции обнаруживать отражающие звук предметы на морском дне в радиусе до полукилометра.

Установки для подводной разведки и добычи ископаемых. В американских установках, служащих для взятия проб грунта на больших глубинах в море, гидроакустическое телеметрическое устройство позволяет контролиро-

вать вхождение ковша в грунт и степень закрытия ковша. Все это отображается на ленте самописца, находящегося на борту судна, ведущего изыскательские работы. В советских установках гидрофоны и геофоны используются для определения ориентации рудоносных слоев на дне моря. В институте горного дела имени А. А. Скочинского разработаны схемы установок для добычи полезных ископаемых со дна моря. Управление и запуск некоторых частей этих установок должны производиться с помощью ультразвуковых подводных датчиков. Сигнализация о заполнении донного скипа (ковша) — акустическая, прием сигнала на судне указывает на момент подъема скипа или дальнейшего движения судна.

Все это еще первые ласточки, но фронт наступления на владения Нептуна ширится.

Буй... буй и еще больше буй

Название немного странное и не совсем понятное, не правда ли? Но мы не оригинальны в данном случае. Так была озаглавлена статья, появившаяся в 1965 году в одном из иностранных журналов. Статья до известной степени программная и возвещающая чуть ли не наступление «эры буйев». Под термином «буй» в этой статье, как и в других подобных статьях, понимается полый снаряд (буксируемый, дрейфующий или установленный на якорю) любого размера: от небольшого поплавка до громадного исследовательского судна-платформы. Цель всех этих сооружений — океанографические и отчасти метеорологические исследования. Неслучайно океанографический буй, излучающий радиоволны, стал эмблемой последнего Международного океанографического конгресса, происходившего в 1966 г. в Москве.

Пионером в области дрейфующих гидроакустических буйев можно, пожалуй, считать поплавок, использованный английским океанографом Своллоу для исследования глубинных течений.

Определение скорости морских течений — важное и в то же время весьма трудное дело, особенно, когда это касается глубинных течений. Обычные лаговые измерители скорости, т. е. приборы, в которых вода вращает винт — вертушку, связанную со счетчиком оборотов, становятся здесь весьма неудобными, а на больших глубинах и вовсе непригодными.

Гидроакустический измеритель скорости течений известен довольно давно. Он включает в себя два неподвижных вибратора, расположенных на некотором расстоянии один от другого по течению. Сначала один из вибраторов работает как излучатель, а другой как приемник, затем наоборот. В одном случае скорость течения складывается со скоростью распространения звука в воде, в другом — вычитается из нее. По разности времени прохода звука между вибраторами в этих двух случаях нетрудно найти скорость движения воды, т. е. скорость течения.

Это, так сказать, местный измеритель течений. Но известно, что трассы подводных течений весьма причудливы. Течения могут поворачивать и даже «подниматься» и «опускаться». Одно такое «ныряющее» течение, названное течением Кромвелла, было открыто в 1951 г. в Тихом океане. Впрочем, тогда еще не знали, что оно ныряющее, и потеряли след его восточной части. Лишь в 1962 г. эту часть нашли и установили, что севернее Галапагосских островов течение уходит в глубину. Как быть, если необходимо исследовать скорости и трассы глубинных течений на большом расстоянии? Вот тут-то и пригодился предложенный Своллоу специальный поплавок, могущий плавать на любой заранее заданной глубине. Установленный на поплавке вибратор через строго определенные промежутки времени излучает гидроакустические сигналы. Эти сигналы улавливаются океанографическим судном, географические координаты которого точно известны. Когда поплавок отходит на такое расстояние, что его сигналы заметно ослабевают, гидрографическое судно нагоняет поплавок и вновь определяет свои координаты, «привязывая» таким образом показания поплавка к географической карте.

В 1964 г. в Ленинграде состоялась I Всесоюзная конференция по применению радиофизических методов в океанографических и ледовых исследованиях. Было констатировано, что проведенными исследованиями положено начало формирования наравне с радиоастрономией и радиометеорологией новой отрасли знаний. Эта область понимается достаточно широко: имеются в виду не только собственно радиометоды, но и другие методы, связанные с применением электроники, в том числе гидроакустические. Образован постоянный комитет во главе с видным советским специалистом по радиофизике и акустике профессором В. В. Богородским. Теперь итоговые конференции в этой области будут созываться регулярно.

В том же 1964 г. в Вашингтоне состоялось еще одно совещание под несколько странным, на первый взгляд, названием «Международный симпозиум по океанографическим и метеорологическим морским буям». Целый симпозиум по буям! Есть, чему удивиться.

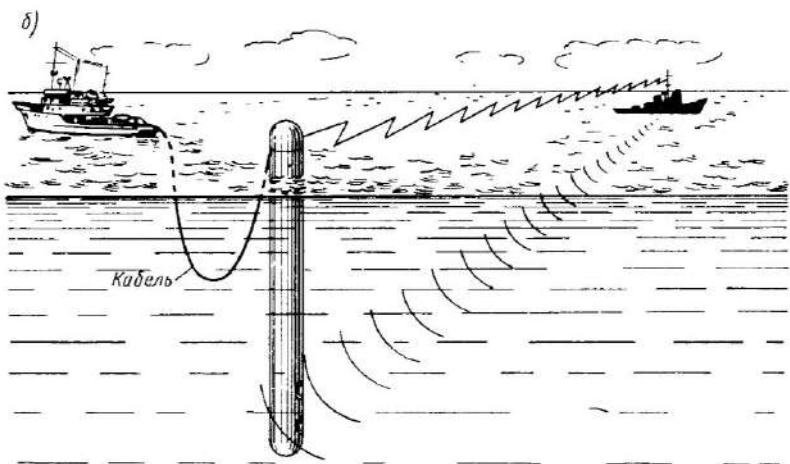
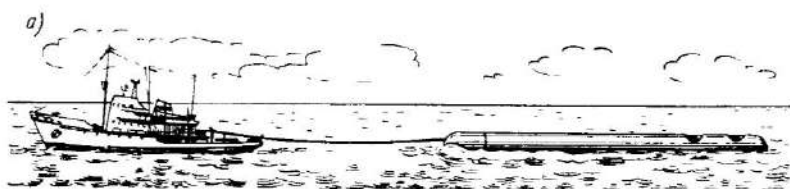
Впрочем, удивляться особенно нечему. Буи начинают множиться в различных странах со страшной быстротой, оправдывая приведенное выше название статьи. Одни лишь США уже установили в Атлантическом и Тихом океанах несколько сотен автоматизированных телеметрических буев. Буи рассчитаны на долговременную автономную работу и устанавливаются один от другого на расстоянии до 600 миль. Аппаратура буя регистрирует информацию от большого числа датчиков (до 100).

Датчики для измерения температуры воды, например, закреплены вдоль якорного троса длиной более 7 км. Установлены датчики для определения скорости распространения звука в воде, солености воды, биологической активности на разных глубинах, а также температуры воздуха на поверхности моря, силы ветра и т. п.

Одна из модификаций буев имеет форму диска весом 22,5 т, диаметром более 12 м и толщиной 2,1 м. Корпус буя разделен на восемь отсеков. Как видно, это довольно солидное сооружение. В центре диска укреплена радиоантенна высотой 12 м. Данные о местоположении буя и воспринятая им гидрологическая и гидроакустическая информация сообщаются по радио по получении кодированного запроса от специальной береговой радиостанции. В принципе таким образом можно практически моментально получить картину, например, скорости звука в различных районах и на различных глубинах мирового океана. Заманчивые перспективы! Заманчивые не только с точки зрения «чистой» океанографической науки, но и ... (опять-таки и в который раз) с военной точки зрения. Становится понятным, почему США в 1965 г. нашли возможным затратить на океанографические исследования более четверти миллиарда долларов, причем половину этой суммы — на океанографические исследования в связи с системой противолодочной обороны.

На этом можно, пожалуй, закончить описание буев в общепринятом понимании этого слова. Мы, наконец, подошли к рассказу о гигантских буях или, если это больше нравится, специальных исследовательских океанографических сооружениях. Вот одна из них под названием «Спар». Это — стальной снаряд-оболочка длиной 107 м

и диаметром 5 м. Внутри него находится гидроакустическая, океанографическая и радиоаппаратура. Гидрофоны и гидроакустические вибраторы, различные датчики для регистрации измеряемых процессов заделаны в обшивку и вынесены на специальных кронштейнах.



Плавучая автоматизированная лаборатория для гидроакустических исследований: а — лаборатория буксируется к месту экспериментов; б — лаборатория в рабочем состоянии; гидроакустические вибраторы принимают звуковые сигналы исследовательских судов, а антенны, расположенные в надводной части, — радиосигналы.

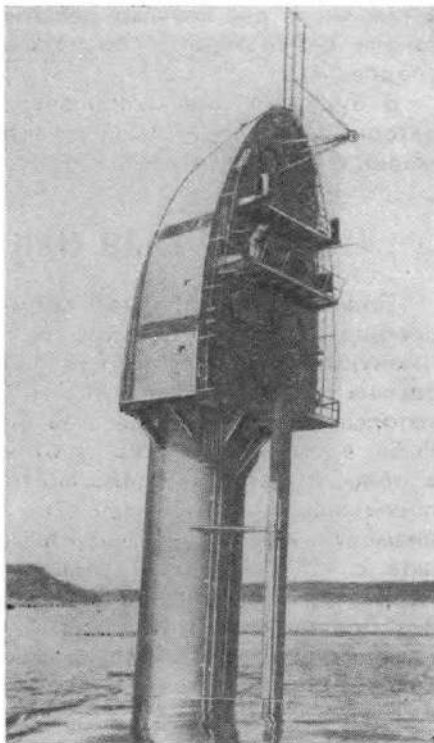
В походном положении снаряд расположен горизонтально на поверхности воды. Исследовательское судно буксирует его. Но вот лаборатория доставлена к месту экспериментов. В кормовые отсеки снаряда поступает вода, и он принимает вертикальное положение. Над поверхностью моря возвышается лишь небольшая часть снаряда — не более 15 м высотой. Здесь расположены радиоприемные и радиопередающие антенны. Кроме того, «поплавок» может быть связан с исследовательским судном кабелем. По кабелю с судна на снаряд могут передаваться

сигналы для приведения в действие различных автоматических устройств лаборатории, а со снаряда на судно — информация о результатах измерений.

Возможности такой лаборатории очень велики: установленные на ней датчики автоматически снимают вертикальный разрез скорости течений, температуры и солености воды. Но главное ее назначение — исследование явлений, связанных с распространением звука на различных глубинах в приповерхностном слое моря. Достаточно какому-либо судну послать гидроакустические сигналы, и поплавков-лаборатория зафиксирует распределение интенсивности этих сигналов на различных глубинах.

Можно выяснить особенности распространения звука под и над слоем температурного скачка (при не особенно глубоком его залегании), исследовать явления фокусировки гидроакустических сигналов, поверхностные отражения звука, рассеяние его на волнении, распределение зон рефракционной тени.

Другое исследовательское сооружение — «Флип», также разработанное ВМС США, отличается от своего автоматизированного собрата тем, что в нем имеются помещения для научного и обслуживающего персонала. Носовая часть сооружения — традиционной корабельной формы, вследствие чего сооружение более мореходно.



Океанографическое исследовательское судно-буй «Флип» в момент работы. Для операторов (находящихся в помещениях носовой части судна) стены сейчас служат полом.

Буи (в широком понимании этого слова) входят в моду и в Европе. На Средиземном море вблизи Ниццы испытывалась плавучая лаборатория в виде трубы весом 250 т и высотой 63 м, из коих над поверхностью моря выступают лишь 10 м. В верхней части трубы имеется площадка для посадки вертолетов. Персонал этого буя — 4 человека, в том числе два научных работника. Основная задача персонала лаборатории — проведение океанографических исследований.

В будущем роль мобильных океанографических лабораторий и буев (особенно автоматизированных), несомненно, сильно возрастет.

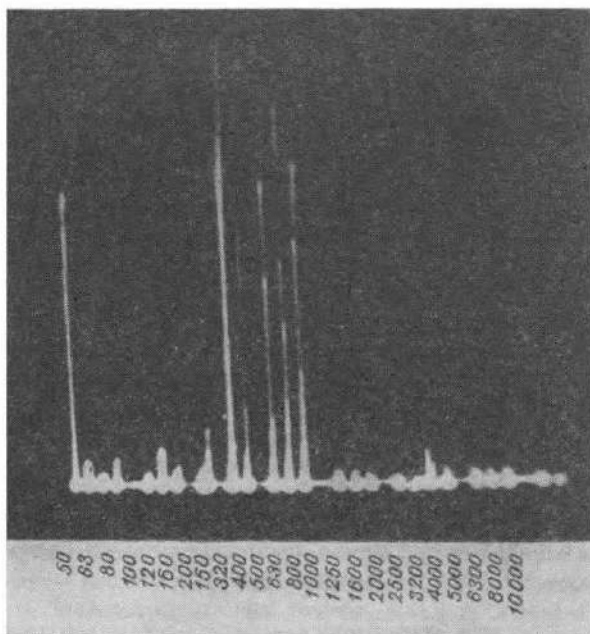
Рыбий глаз или рыбий глас

Пожалуй, в последнее время уже стало тривиальным сообщать, что мир безмолвия, как несколько высокопарно именуют иногда морскую глубину, на поверку оказывается совсем не безмолвным. Мы уже видели, сколь шумны некоторые ракообразные, например, креветки-альфеусы. Рыбы вовсе не собираются от них отставать. Специалисты в области морской биологии справедливо указывают, что пословица «нем, как рыба», по существу является анахронизмом и могла существовать только пока человек не вошел с чувствительным гидрофоном в морские глубины. Напротив, бессмысленная, казалось бы, поговорка «ревет, как белуга» имеет под собой совершенно реальную основу. Белуги действительно ревут, свистят и даже чирикают, почему, вероятно, и получили у англичан название «морских канареек».

Впрочем, так ли уж тривиально утверждать, что рыбы разговаривают? Филологи, например, по-прежнему считают необходимым разъяснять, что стыдно упрекать белугу в шумливости, и что выражение «ревет белугой» произошло от млекопитающего — белухи, которая де, в отличие от белуги-рыбы, обладает «вокальными данными». Напрасное разъяснение!

Это филологи. Не то — рыбаки. Балаклавский рыбак Коля убеждал когда-то Куприна: «Рыбы говорят между собой — это всякий рыбак знает. Они сообщают друг другу о разных опасностях и человеческих ловушках, и неопытный, неловкий рыбак может надолго испортить счастливое место, если выпустит из сетей рыбу».

За последние полтора-два десятка лет у нас и за рубежом возрос интерес к биогидроакустике. Любопытные исследования в этой области гидробиологии были выполнены в СССР В. Г. Ажажа, Н. И. Тарасовым, А. К. Токаревым, Е. В. Шишковой и др. Поразительно многообразным оказывается мир звуков моря. Черноморская ставрида лает,



Спектрограмма звука морского налима. По горизонтали отложены частоты звуковых составляющих, высота столбиков характеризует уровни звукового давления составляющих.

как собака, а распространенная в Средиземном море рыба-барабанщик, оправдывая свое название, издает звуки, похожие на барабанный бой. О «кастаньетках» морских ракообразных мы уже говорили в первой части книги. Звуки, издаваемые кефалью, похожи на цоканье лошадиных копыт, а морской налим урчит и хрюкает. Из спектрограммы видно, что наиболее интенсивные составляющие в спектре звуков, издаваемых налимом, лежат в пределах от 250 до 1000 гц, т. е. в диапазоне основных частот низкого человеческого голоса. Сотрудники Тихоокеанского отделения



У дельфина берут интервью.

Института океанологии Академии наук СССР доказали, хотя и косвенным методом, что «разговаривают» даже считавшиеся абсолютно бессловесными морские звезды.

Ну, а о дельфинах и говорить нечего. В одном из американских океанариумов при наблюдении над 8 полудикими дельфинами было записано в течение четырех часов 1100 звуков, преимущественно свистящих. Американский исследователь Д. Лилли указывает, что дельфины — отличные звукоподражатели. Они легко воспроизводят человеческий смех, отдельные слова и даже

«крики толпы на стадионе». Высказывается предположение, что если когда-либо состоится сознательный диалог человека с животным, то первым собеседником человека будет именно дельфин, у которого отношение веса мозга к весу тела превышает соответствующее отношение у человека.

Мир морских звуков привлекает внимание не только ученых — гидроакустиков и гидробиологов. С давних пор он захватывал воображение поэтов. Сколько звонких словесных красок в такой, например, картине:

*... Там поют среди серых камней,
в отголосках причудливых пен —
Переплески далеких морей,
Голоса корабельных сирен.*

(А. Блок. «Взморье»)

Как известно, сирены, в том числе и корабельные, названы по имени полудев-полуптиц, завлекавших корабельщиков своим пением, тех самых сирен, для спасения от которых хитроумный Одиссей приказал привязать себя к мачте, а своим спутникам велел залепить уши воском.

Но, оказывается, мифические сирены имеют своих реальных двойников. Это ламантины и дюгоны, обитающие у побережья Карибского моря и в некоторых других местах. Эти представители рода сиреновых способны издавать сильные и жалобные крики.

Сирены — довольно крупные морские животные, и понятно, почему их крики слышны далеко. Но и морская «мелочь», банальная селедка настолько громко заявляет о своем присутствии, что ее пицание и мурлыканье улавливается гидрофоном иногда на расстоянии, большем, чем радиус обнаружения сельдяных стай гидролокатором. Экипаж советской научно-исследовательской подводной лодки «Северянка», столкнувшийся с этим явлением, реагировал на него, в частности, тем, что немедленно переименовал издававшуюся на борту лодки стенгазету «Рыбий глаз» в «Рыбий глас».

В США даже выпускаются в продажу долгоиграющие пластинки с записями звуков обитателей моря. Вероятно, современные джазовые композиторы могут найти в этом грохочущем, стрекочущем, воющем рыбьем фольклоре немало готовых фрагментов для своих какофонических опусов. А директор «Дома природы» в Зальцбурге (Австрия) д-р Тратц оборудовал макет подводного ландшафта, в котором специальные громкоговорители доносят до посетителей звуки рыб и морских животных. Эти звуки были записаны на магнитофон специальной экспедицией общества подводного плавания в г. Зальцбурге, которая провела несколько месяцев на Красном море. Не пора ли оборудовать звуковые экспозиции в наших аквариумах. например, в замечательном Севастопольском городском аквариуме или в новом Батумском аквариуме?

Мы не имеем намерения и возможности в пределах данной книги подробно рассказывать о звуках, издаваемых морскими организмами, тем более, что это сделано крупным специалистом-гидробиологом Н. И. Тарасовым в его увлекательной книжке «Живые звуки моря». Остановимся кратко лишь на двух интересных вопросах — о причинах и природе «криков» морских организмов, а также о возможности практического использования человеком явления «рыбьих разговоров».

В силу исключительных трудностей, связанных с исследованием сознательного звукообразования у морских организмов в естественных условиях, вопрос о причинах этого явления изучен недостаточно полно. Все же некоторые данные, полученные частично во время опытов в бассейнах, океанариумах и аквариумах, говорят о том, что причины звукообразования у подводных обитателей мало отличаются от аналогичных причин у земных организмов. Морские обитатели издают звуки при испуге, а также с целью устрашения или оглушения противника, для

приманивания в брачных играх, созывания особей в стаи и вообще для передачи «команд» по сообществу организмов.

На вопрос о возможности практического использования звуков рыб и морских млекопитающих следует с самого начала ответить утвердительно, хотя бы потому, что рыбаки в ряде стран с развитым рыболовством уже давно учли это обстоятельство и используют его для повышения уловов рыбы. Как же не использовать звуки рыб, если, по свидетельству японских биологов, в Желтом море в местах рыбных скоплений экипажам траулеров трудно засыпать ночью от интенсивного шума, несущегося из-под воды!

Древние источники свидетельствуют, что еще финикийцы, греки и другие жители средиземноморского бассейна обнаруживали горбылевых рыб по издаваемому ими звуку. Индонезийские рыбаки и сейчас тренируют слухачей для подслушивания рыб в море и определения местонахождения наиболее плотных косяков. Те же индонезийцы приманивают акул звуками трещотки и человеческими криками.

Аналогичные методы прослушивания и звукоподражания применяются рыбаками других прибрежных или островных стран.

Все это так, но, к сожалению, со времен финикийцев способы промыслового подслушивания или имитации криков рыб почти не изменились, хотя гидроакустическая электронная техника сейчас развивается ускоренными темпами. В сороковых годах нашего века некоторые советские гидробиологи ставили вопрос о промысловой разведке рыб и морских млекопитающих способом подводного прослушивания и приманивания рыб путем передачи в воду записей звуков их сородичей. Наблюдения и опыты, произведенные «Северянкой» и другими советскими экспедиционными судами, подтвердили целесообразность применения подводного прослушивания и звукоимитации в промысловых целях. Высказывается даже мнение о возможности по спектру звуков рыб определять их породу в рыбных скоплениях. Подводную звукоимитацию, по-видимому, можно использовать не только для приманивания рыб требуемых пород, но и для отпугивания (звуками, издаваемыми их исконными подводными врагами) с целью оттеснения рыбных скоплений в места, удобные для лова, или места расположения средств лова.

Нет никакого сомнения, что кроме эхолокации для рыбной разведки скоро будут применять шумопеленгование и

звукоимитацию. Для достижения этого рыболовам следует воспользоваться богатым арсеналом технических средств, которые разработаны военными гидроакустикими в разных странах: остронаправленными высокочувствительными помехоустойчивыми шумопеленгаторами, мощными широкополосными излучателями подводных сигналов, совершенными системами индикации сигналов.

А вот другой пример «электроакустического отпугивания» рыб. Известно, что при работе электростанций на реках значительное количество рыбы попадает в турбины и уничтожается. Не помогают заградительные сетки и другие средства. Как это ни странно, не страшит рыбу зловещий, казалось бы, рев турбин, передающийся по воде. Но попробуйте установить перед турбинами подводные электроакустические вибраторы, которые воспроизводят с помощью усилителей с магнитной записи звуки, издаваемые врагами рыб данных пород. Едва ли найдутся рыбы, которые пожелают приблизиться к каналам турбин.

Рыбы и морские млекопитающие не только хорошо слышат звуки, но и поддаются звуковой дрессировке, в основе которой лежит выработка условных рефлексов. 74-летний американец Л. Бэджли приучил озерных рыб подплывать по свисткам для кормежки. При трех резких сигналах полицейского свистка к берегу подплывают крупные карпы, а при двух длинных и одном коротком свистке на кормежку спешит рыбная мелочь.

Мы не касались пока произвольного звукообразования у морских организмов. По крайней мере об одном случае подслушивания таких звуков стоит рассказать. Исследователи плившего по Атлантике гидрографического судна, вооруженного чувствительными гидрофонами, услышали однажды глухой ритмичный стук. Метроном Нептуна? Источник звука перемещался иногда со скоростью до двенадцати километров в час.

Это-то и навело на правильную мысль. Источник мощного движущегося звука — кит. Но почему звуки столь ритмичны: точно три двойных удара в минуту? Так могло работать только ... сердце голубого кита, мощностью в несколько лошадиных сил, перегоняющее по китовому телу ни много ни мало восемь тонн крови. Подводный живой излучатель был найден. Оставалось неясным, почему звук китового сердца то исчезает, то вновь появляется. Ведь не может же сердце останавливаться?

Вот тут-то и родилась остроумнейшая догадка. Сердце кита изолировано от окружающей среды тканями тела,

которые имеют другое акустическое сопротивление, нежели морская вода, и, следовательно, пропускают наружу лишь небольшую часть звуковой энергии ударов сердца. Поэтому в обычное время работа китового сердца не слышна. Но вот кит открыл рот, чтобы пообедать. И через водяной звукопровод из глотки кита, как из рупора, излучаются звуки сердечных сокращений. Морские биоакустики отныне знают: слышен мощный подводный пульс — это обедает кит. В хороших манерах морскому гиганту, как видно, отказать нельзя: в отличие от многих морских, да и земных обитателей (в том числе двуногих), он возвещает о своей трапезе не урчаньем или чавканьем, а биением собственного сердца. . .

Можно ли видеть дробинку в море (живая гидролокация)

По рассказам зоологов, в темных глубоких пещерах Венесуэлы и некоторых других южноамериканских стран обитает таинственная птица гуачаро. Жизнь в темноте развила у нее способность к эхолокации, позволяющую птице без помощи глаз находить пищу — насекомых.

Нам, жителям северных стран, больше знакомы другие представители животного мира, охотящиеся в темноте,— летучие мыши, также искусно использующие звуковую и ультразвуковую эхолокацию. Эта их особенность была открыта в 1932 г., хотя еще в конце XVIII века итальянец Спалланцани обнаружил, что летучие мыши великолепно ориентируются в темноте и что эта способность каким-то образом связана с органами их слуха. Американский ученый Д. Р. Гриффин, посвятивший свою жизнь изучению различных биофизических проблем, показал, в частности, что локационный аппарат летучих мышей весьма совершенен.

Если сравнивать однородные показатели — дальность локации, излучаемую мощность, вес приемно-излучающего аппарата, то оказывается, что локатор летучей мыши значительно превосходит по эффективности радиолокатор и тем более гидролокатор. Локатор летучей мыши более помехоустойчив, т. е. обладает лучшей способностью выделять полезный эхосигнал на фоне мешающих помех. При опытах мыши улавливали эхосигналы от тонких проволок в присутствии широкополосного мешающего шума столь

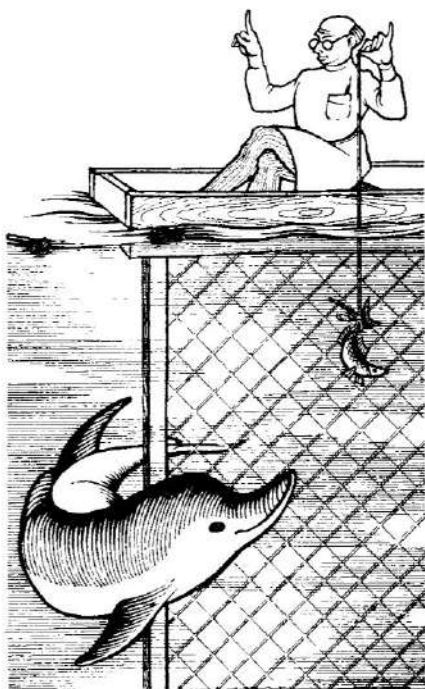
большого уровня, какой только можно было искусственно создать.

У насекомоядных летучих мышей есть родичи, добывающие себе пропитание рыбной ловлей. И тут мы от живой эхолокации в воздухе вплотную подходим к живой гидролокации. Летучие мыши этого вида движутся непосредственно над поверхностью воды. Время от времени они окунают в воду задние лапки с длинными загнутыми когтями и схватывают мелкую рыбешку, находящуюся вблизи от поверхности воды.

Гриффин и его сотрудники заметили, что моменту опускания лап в воду предшествует излучение летучей мышью звукового импульса. Таким образом, явление эхолокации несомненно. Остается пока лишь неясным, улавливает ли мышь

отражение от небольших волн, образующихся при движении рыбы непосредственно у поверхности воды, или отражение от самой рыбы. Расчеты показывают, что, несмотря на значительное ослабление звука при двукратном прохождении его через поверхность воды, сила эхосигнала от рыбы (точнее, от ее наиболее отражающего элемента — пузыря) достаточна для того, чтобы быть воспринятой слуховым аппаратом летучей мыши.

Наиболее интересными из известных подводных представителей живой гидролокации являются дельфины. Опыты в океанариумах и аквариумах, снабженных чувствительной электроакустической измерительной аппаратурой, показали, что дельфины испускают звуковые сигналы, похожие на свист, щелчки и поскрипывания, и при этом



Подводная эхолокация у дельфинов. Даже в мутной воде голодные дельфины безошибочно чувствуют, по какую сторону сетки опущена рыба.

превосходно ориентируются между подводными препятствиями в абсолютной темноте, безошибочно находят мелких рыбок, служащих им пищей.

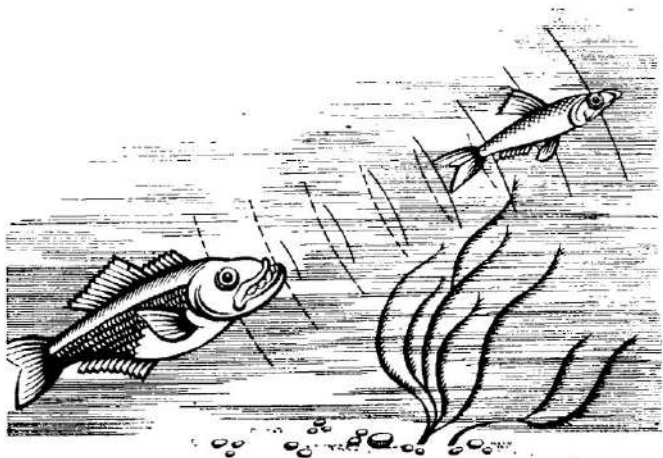
Американские ученые Д. Лилли и Н. Келлог провели множество экспериментов по эхолокации у дельфинов. Оказалось, что дельфины ночью в воде способны обнаружить дробинку на расстоянии в несколько футов, т. е. не уступают в этом отношении летучим мышам, если не превосходят их. Попробуем заставить дельфина искать пищу. Вначале он издает серию скрипов, как будто посылает сканирующий по азимуту импульс. В течение периода «сканирования» дельфин изгибает тело то в одну, то в другую сторону от направления своего движения — по существу аналогично принципу поиска корабельным гидролокатором. Эти посылки продолжаются, пока дельфин не почувствует пищу. Он быстро приближается к ней, а скрипы переходят в щелчки, уже более высокочастотные. Происходит уточнение местоположения пищи.

В полной темноте дельфин способен различать две рыбы и более, т. е. его локатор — «многоцелевой».

С помощью эхолокации ведут поиск пищи и другие морские обитатели — касатки, питающиеся значительно более крупными организмами. Произведенные в 1961 г. исследования в тропиках Атлантики показали, что приемники судовых эхолотов с частотой 10 и 30 кгц легко улавливают звуковые импульсы касаток. Сопоставление с данными визуальных наблюдений касаток и дельфинов дает основание для заключения о возможности различать звуковые импульсы тех и других по интенсивности излучения, продолжительности посылки, форме импульсов и скважности, т. е. соотношению продолжительности посылок и пауз между ними.

Повторяем, дельфины и касатки — это пока еще немногие из известных представителей морского мира, использующие подводную эхолокацию. Но не подлежит сомнению, что в океане на больших глубинах, где царит полный мрак, искусством эхолокации по необходимости владеют многие живые существа, и только несовершенство испытательных средств не позволило нам до сих пор обнаружить глубоководных рыб-гидролокаторов.

Учиться у живых существ — таков лозунг одной из отраслей кибернетики — бионики, науки, изыскивающей принципиально новые технические решения, основанные на моделировании органов живых существ и процессов, протекающих в этих органах. В этом смысле животные, вла-



Там, куда не проникает дневной свет. Рыба-гидролокатор:
«Ага, Допплер выше! Врешь, не уйдешь!»

деющие искусством гидролокации,— объект, достойный самого внимательного изучения конструкторами гидролокаторов. В некоторых областях техники человек еще до сознательного применения бионических принципов ввел в разрабатываемые им технические системы, в частности, в гидроакустические станции, методы и устройства, которые, как оказалось, используются живыми существами. Так, уже довольно давно в гидролокаторы с целью уменьшения влияния помех при приеме введена частотная модуляция сигналов. Подобная же частотная модуляция сигналов применяется летучими мышами и дельфинами.

В области обнаружения человек во многом далеко обогнал другие живые существа. Достаточно вспомнить большие экраны катодных трубок-индикаторов в радио- и гидролокаторах кругового обзора. На этих экранах с послесвечением отчетливо видны все отражающие объекты на много километров вокруг, причем эту картину могут сразу наблюдать десятки людей. Летучие мыши и дельфины, естественно, не располагают такими «общественными» индикаторами. Но мы не уверены, что картина, подобная возникающей на экране катодного индикатора кругового обзора, не воссоздается в мозгу летучей мыши или того же дельфина и что они не способны каким-то образом мгновенно передавать информацию об этой картине своим сородичам.

В некоторых же случаях физические возможности человека и его современные технические творения явно отстают от биологических способностей животных. Например, еще не созданы самолетные или вертолетные гидролокаторы, которые способны были бы подобно локатору летучей мыши-рыболова обнаруживать отражающий подводный объект без погружения в воду излучателя-приемника. Вес систем излучения сигналов на единицу излучаемой мощности, в технических локационных установках больше, чем у живых существ. И, наконец, совершенно непонятной, феноменальной кажется способность этих существ распознавать полезные сигналы, амплитуда которых в десятки и даже, может быть, в сотни раз меньше амплитуд мешающего шума. Напомним, что в шумопеленгаторах уверенное выделение сигнала на фоне помехи возможно лишь при условии, что помеха превышает сигнал в два-три раза (так называемый коэффициент распознавания равен 0,5—0,3).

В настоящее время делаются попытки создать автоматические электронные классификаторы эхоконтакта, которые по двум-трем эхосигналам должны «опознать» и классифицировать эхоконтакт, т. е. установить, являются ли принятые сигналы случайными, ложными или приходят от искомого объекта. Сейчас эти сложные функции выполняет сам оператор. Но возможности человека и его теперешнего электронного двойника в этом отношении значительно уступают возможностям того же дельфина или летучей мыши. Биология оказала бы технике неоценимую услугу, раскрыв механизм мгновенной классификации живыми существами одновременно нескольких полезных эхосигналов, выделенных на фоне сильнейших помех.

Сравнивая с сегодняшними творениями человека уже известные нам живые природные локаторы, мы должны повторить вслед за Грифффином, что результаты такого сравнения вызывают у нас заслуженное уважение к механизмам из плоти и крови, выработавшимся путем естественного отбора в процессе эволюции.

Да только ли локаторы? Природа первая выработала и методы защиты от них. Тельца тех бабочек, на которых охотятся летучие мыши, постепенно в течение многих, многих поколений стали мохнатыми. Волоски поглощают высокочастотные звуковые сигналы и ослабляют эхосигналы локатора летучей мыши. Эти природные звукопоглотители — прообраз противорадиолокационных и противогидролокационных покрытий, разработанных человеком для защиты от созданных им же самим в XX веке локаторов.

Вальс под водой

Гидроакустика и музыкальное искусство — оказывается, возможно и такое сочетание.

Все чаще демонстрируется в наши дни в различных странах красивое зрелище — балет в воде и под водой. Несколько девушек ритмично движутся в воде, образуя кольца, ленты, венчики цветов. Порой они уходят в глубину, но не теряют ритма. Что же позволяет им безупречно чувствовать этот ритм? Музыка. Она звучит не только в воздухе, но и в воде. Если в воздухе передатчиками музыки являются репродукторы, то в воде она лучше всего передается с помощью специальных широкополосных излучателей, способных воспроизводить колебания почти всех частот, на которые реагирует человеческое ухо. Такие излучатели, рассчитанные на диапазон частот от нескольких десятков герц до 15—20 килогерц, созданы в различных странах. Широкополосные излучатели созданы и в СССР.

Веселее плавать в бассейне где-нибудь на туристском лайнере, когда под водой звучит мелодичный вальс Штрауса или чуть экзотическая «гриновская» музыка Андрея Петрова. А «экскурсионное» плавание с аквалангом среди искусственных причудливо освещенных подводных пейзажей? Здесь тоже, пожалуй, не помешает тихая далекая музыка (перемежаемая для желающих рыбьим лепетом).

Упомянутый нами электродинамический излучатель применялся в США для передачи музыки во время плавательных состязаний спортсменов-любителей. Отмечалось, что звучание музыки под водой было очень приятным. Передача была воспринята слушателями даже с большим удовольствием, чем прослушивание музыкальных программ в воздухе. Причина такой реакции пока не известна, так как вопросы восприятия подводной музыки, относящиеся к психоакустике, почти не изучены. В отличие от процесса восприятия «воздушной» музыки здесь большое значение имеет костная проводимость звука, т. е. передача его непосредственно через кости черепа. Возможно, что дальнейшие опыты в этом направлении приведут к появлению обширного племени подводных меломанов-любителей.

На этом, собственно, можно было бы поставить точку. Но попробуем все же хоть уголком глаза заглянуть в будущее той области, о которой мы взялись писать.

IV. ПОМЕЧТАЕМ О ПОДВОДНОЙ ЭРЕ

Итак — океан . . .

Освоение неисчислимых богатств океана, исследование всего его объема, поверхности дна, пород, выстилающих дно, глубинных слоев, широкая организация подводных сообщений потребуют громадных усилий; возникнет множество проблем, число которых попросту трудно представить сегодня. Мы остановимся лишь на тех из них, которые в той или иной мере связаны с подводным звуком.

Заглянем в подводные глубины будущего.

..Как ныне в горах, лесах и тундре, шагают по дну океана отряды разведчиков. Они в скафандрах, к которым помимо оптических приборов прикреплены портативные гидролокаторы и шумопеленгаторы. Электроакустика будущего подарила разведчикам также приборы для подводных переговоров, подобные современным устройствам безбатарейной телефонии, только гораздо более легкие, удобные и, разумеется, не имеющие проводов.

На дне морей и океанов построено множество стационарных подводных лабораторий. В глубоководных местах повисли подводные снаряды, поплыли исследовательские подводные суда. Лучи эхолотов с этих судов заглянули в кратеры подводных вулканов, пробрались в подводные ущелья, всколыхнули придонные бездны. А по дну покатались, поползли глубоководные экипажи, танкетки, подобные тем, которые применя-

лись ранее для осмотра военных гидроакустических приборов в океане. И на всех экипажах кроме световых фар, лишь на несколько метров «пробивающих» придонный мрак, установлены «дальнобойные» звуковые «фары», позволяющие угадывать рельеф морского дна далеко впереди.

Как и следовало ожидать, получили широкое распространение звуковые и ультразвуковые методы разведки морского дна. Остронаправленный звуковой луч — акустический мазер — заменил разведчикам морского дна теодолит. Звуковые волны мчатся в различных направлениях по породам дна, позволяя по скорости распространения звука в породах, а также по его затуханию и отражениям определять структуру дна, наличие в нем залежей полезных ископаемых.

А как бурят разведывательные скважины в породах морского дна? На помощь приходит тот же ультразвук. Метод ультразвуковой долбежки с помощью абразивных порошков был известен еще в середине XX века. На дне моря ультразвуковое бурение — самый простой и естественный способ разведки подводных недр. Громадные статические давления, обусловленные большой глубиной моря, позволяют при работе ультразвуковых вибраторов развить в воде сильные колебательные давления и смещения, что, в свою очередь, усиливает воздействие частиц абразива на поверхность пород, в которых производится бурение.

Орудия гидроакустического поиска рыбы и морских животных радикальным образом усовершенствованы. Чувствительные приборы позволяют с большой точностью определять плотность рыбы в косяках и целесообразность ее отлова. Подводные рыбные траулеры и сейнеры



Подводный пловец с переносным гидролокатором [60-е годы XX века] — быть может, провозвестник массового применения гидроакустических средств на дне мирового океана.

оснащены устройствами для звукового приманивания рыбных скоплений и для загона их в требуемые районы моря. Стационарные океанские гидролокационные и шумопеленгаторные станции, подобные использовавшимся ранее системам дальнего обнаружения подводных лодок, автоматически контролируют движение рыбных скоплений и передают эти данные в счетно-решающие центры, определяющие математические закономерности рыбных миграций и указывающие поисковым судам оптимальные трассы лова.

Для отстрела китов (производимого по специальным разрешениям) служат акустические самонаводящиеся торпеды, подобные тем, которые когда-то использовались для борьбы с подводными лодками, только меньшего размера. За движением китов и торпед следят по экрану чувствительных китолокаторов; если нужно, дополнительными акустическими сигналами корректируют траекторию движения торпеды. Торпеда не только умерщвляет кита, но и поддувает в его внутренности воздух, вследствие чего мертвый кит тотчас же всплывает на поверхность.

Некоторые считали этот экономичный способ промысла недостаточно рыцарским; ссылались на эпоху ручных гарпунов, когда у кита и преследовавшей его шлюпки с гарпунерами шансы были почти одинаковыми. Их, этих сторонников рыцарства, успокаивали тем, что и в нынешний век опасностей в океане более чем достаточно, если не прибавились новые! Природа — серьезный противник и с ней не так-то легко бороться на равных. Чего стоит одно лишь глубинное бурение или работа в донных лабораториях при давлениях в сотни атмосфер, где даже небольшое повреждение снаряда с людьми может быть чревато их мгновенной или, наоборот, медленной, но неотвратимой гибелью. . .

Для возобновления запасов рыбы созданы морские рыбободные питомники. Площади, занимаемые этими питомниками, огромны. Связь между сотрудниками, обслуживающими питомники, и управление подводными роботами-уборщиками были бы крайне затруднены, если бы не подводные звуковые сигналы.

А какие возможности для исследовательской, промысловой и спортивной охоты открылись в местах глубинных скоплений рыб и морских животных! Ультразвуковые ружья почти мгновенно на сравнительно больших расстояниях поражают преследуемые объекты. Ведь уже давно замечено, что рыбы, попадающие в область ультразвуко-

вого излучения вблизи вибратора гидролокатора, бывали контужены и теряли способность передвигаться. Однако в отличие от механических ружей, подводные звуковые ружья не повреждают ткани рыб и животных, что важно для исследований новых пород морских обитателей.

Еще до организации океанских рыбных питомников миллионы гектаров морского дна были засажены вновь выведенными питательными водорослями. Многие люди на земле предпочли пахнущие йодом и устрицами свежие морские водоросли любым продуктам, произведенным на суше. За это их прозвали «морскими вегетарианцами». Для посадки водорослей потребовалось разрыхлить морское дно на громадной площади. Эту работу пытались сначала выполнить с помощью подводных самодвижущихся плугов и борон. Но неуклюжие механические снаряды выглядели довольно беспомощно на неровном морском дне. В СССР еще в шестидесятые годы XX века была высказана идея ультразвуковой вспашки. Эта идея воплощена в жизнь. Над поверхностью дна плавно скользят подводные снаряды с мощными ультразвуковыми вибраторами. Быстрота обработки почвы дна повысилась в десятки раз.

И еще одну идею заимствовали потомки от жителей XX века. Тогда было установлено, что семена многих злаков и растений после облучения ультразвуком обладают увеличенной всхожестью. Теперь на огромных плантациях морские водоросли облучаются ультразвуком, благодаря чему растут почти вдвое быстрее. Ультразвук одновременно убивает селящихся среди водорослей вредителей. Кроме того, с помощью ультразвука удается создавать на больших площадях водорослевых и планктонных плантаций эмульсии различных веществ. Это необходимо для придания водорослям и питательному планктону различных вкусовых качеств и лечебных свойств.

Урожай на подводных водорослевых плантациях убирают специальные машины, управляемые на расстоянии с командного пункта с помощью звуковых импульсов. Основной рабочий орган этих машин-косилок — ультразвуковой нож.

Невиданными темпами развивается подводное сообщение. Грузовые, пассажирские, туристские подводные суда бороздят в различных направлениях воды Северного Ледовитого океана подо льдами. Этот путь стал одним из надежнейших морских путей на земле. В подводной части некоторых ледяных массивов проделаны туннели, организованы стоянки подводных кораблей. Под вечными льдами

так же, как и в других районах, устроены на дне океана шахты для добычи полезных ископаемых. В этих шахтах лучи акустических мазеров направляют движение рудодобывающих снарядов.

Установлено множество подводных звуковых маяков. Заглянувший в подводную полярную лоцию будущего смог бы прочесть там примерно следующее:

«. . . Мыс Дежнев. Выносной проблесковый гидроакустический маяк, частота 5 кгц, мощность 10 квт, проблески через 5 сек., средняя дальность слышимости — 30 миль.

. . . о. Комсомолец (Северная Земля). Мощный подводный звуковой маяк непрерывного действия, частота 1 кгц. Указывает в телеграфном режиме широту нижней границы паковых льдов по состоянию на данную неделю. . .».

На некоторых стоянках подо льдами скапливается большое количество подводных судов. Особенно много их в районе Северного полюса. Ведь сюда ездят на экскурсии так же, как в прошлом на Ниагару или в Никитский Ботанический сад. На подводных «перекрестках» системы кибернетических звуковых светофоров регулируют движение подводных судов.

От широкого развития подводных сообщений в полярных морях больше всего выиграли, естественно, северные страны. Как здесь не вспомнить слова выходца из этих северных краев, гениального Ломоносова: «. . . Между прочими Северный океан есть пространное поле, где. . . усугубиться может российская слава, соединенная с беспримерной пользой. . .».

Российское могущество прирастать будет Сибирью и Северным океаном. . .».

Северный океан, как всякий океан, был полем для приложения гидроакустики. Ну а как же упомянутые Ломоносовым материковые просторы Сибири — здесь уж никакой гидроакустики, как будто, не требовалось.

Так ли?

Исследования, произведенные еще в первые десятилетия Советской власти, показали, что Сибирь, по существу, расположена на поверхности подземного океана. Один только Западносибирский тепловодный подземный бассейн занимает площадь в несколько миллионов квадратных километров. Его объем равен суммарному объему Средиземного и Черного морей. Водоносные слои здесь залегают на глубине всего от 2 до 6 километров.

Вот для детальной разведки этих-то слоев и пригодилась гидроакустическая техника. С помощью вибраторов,

опускаемых в скважины, удалось точно установить глубины подземных сибирских морей, их границы, выяснить, какие из водоемов можно использовать для обогрева жилищ и для обслуживания промышленных предприятий. . .

Вернемся, однако, к настоящим морям. Развитие подводных сообщений потребовало детального изучения глубинных течений. Здесь на помощь человечеству еще с середины XX века пришел подводный звук, источниками которого снабжались дрейфующие на глубине буйки. Оказалось, что в глубинных течениях, этих «подводных реках», особенно в придонных районах океана имеются «пороги» и «водопады», хотя, разумеется, и не столь высокие, как на суше.

Каналы дальней радиосвязи на земном шаре уплотнены до предела. В тех случаях, когда нет необходимости в исключительно быстрой передаче, стали пользоваться гидроакустическим телефоном через несколько особенно стабильных подводных звуковых каналов. Океан наполнился звуками всех частот. Потребовалось создание специального комитета по регулированию диапазонов подводных излучений; это позволило избежать подводного звукового хаоса. Уже в XXI веке царь Нептун оглох окончательно; ему не помогли даже подаренные человеком специальные противозумы — звукозащитные устройства, вставляемые в ушные раковины.

Для прогнозирования гидроакустической «погоды» в различных районах мирового океана также создана международная организация. Исключительно широкое распространение получили системы подводного звукового оповещения о штормах, мощных приливных волнах, о потерпевших аварию на море. В основанном еще в давние времена Комитете по охране человеческих жизней на море появилась новая секция — гидроакустическая.

Все космические снаряды стали снабжаться миниатюрными, но мощными установками звукоподводной сигнализации на случай вынужденного спуска снаряда в океане. Эти станции с автономным атомным питанием действовали не только на поверхности океана, но и на максимальных его глубинах. Не раз случалось, что затонувший космический снаряд давал о себе знать звуковыми сигналами с 8—10-километровой глубины. К нему тотчас же устремлялись спасательные устройства с акустическими системами самонаведения. Процесс нахождения снаряда занимал минимальное время, после чего снаряд извлекался на поверхность.

Подводный звук и ультразвук поставлены на службу человеку будущего не только «в большом», но и «в малом». Ультразвук позволяет оценивать плотность рыбы в каналах рыбонасосов; его стали использовать вместо вредных радиоактивных изотопов для определения консистенции пульпы в пульпопроводах при земляных и рефулерных работах; он служит для полного «обессоливания» морской воды, контролирует уровень топлива в отсеках подводных танкеров, уровни воды в установках для добычи из морской воды тяжелого водорода — дейтерия, на приливных электростанциях и станциях, использующих разность температур поверхностных и глубинных слоев океана, и делает множество других полезных дел.

Угаданы ли в нашей технической мечте хотя бы отдельные конкретные контуры применения подводного звука в технике будущего — неизвестно. Несомненно одно: применение его будет исключительно обширным и многообразным. Свободное коммунистическое общество земного шара, вооруженное силами материалистической науки и практики, поставит себе на службу среди прочих средств современной физики подводный звук — верный союзник в деле покорения природы.

ЛИТЕРАТУРА

- Энгельс Ф. Диалектика природы. Госполитиздат, 1955.
- Ажажа В. Г., Соколов О. А. Подводная лодка в научном поиске. «Наука», 1966.
- Белошицкий В. П., Багинский Ю. М. Оружие подводного удара. Воениздат, 1960.
- Бионика. Сборник статей под ред. Б. С. Сотскова. «Наука», 1965.
- Бич Э., Стил Д. и др. Вокруг света под водой. Воениздат, 1965.
- Буш Г. Такой была подводная война. Воениздат, 1965.
- Власов Л. А. В отсеках тишина. Воениздат, 1964.
- ВМС в будущей войне. Сборник переводных статей. Воениздат, 1964.
- Военно-морское оружие. Сборник переводных статей. Воениздат, 1965.
- Ганф Л. А., Гольцикер А. П. Автоматика на рыболовных судах. Изд-во «Пищевая промышленность», 1965.
- Гибсон Г., Прендергаст М. Германская подводная война 1914—1918 гг. Воениздат, 1935.
- Головко А. Г. Вместе с флотом. Воениздат, 1960.
- Горский Н. Н. Тайны океана. Изд. АН СССР, 1960.
- Гриффин Д. Эхо в жизни людей и животных. Физматгиз, 1961.
- Гумбольдт А. Картины природы. Географгиз, 1959.
- Гэскелл Т. Ф. Под глубинами океанов. ИЛ, 1963.
- Даген Д. Капитан Кусто. Гидрометеоздат, 1966.
- Диомидов М. Н. и Дмитриев А. Н. Покорение глубин. «Судостроение», 1964.
- Еремеев Л. М. и Шергин А. П. Подводные лодки иностранных флотов во второй мировой войне. Воениздат, 1962.
- Зенкевич Л. А. Исследования мирового океана (современные проблемы). «Знание», 1961.
- Зверев С. М. Сейсмические исследования на море. Изд-во МГУ, 1964.
- Иосселиани Я. К. В битвах под водой. Воениздат, 1959.

- Каманин В. И. Гидроакустические станции в кораблевождении. Воениздат, 1964.
- Карлов Л. Б., Шошков Е. Н. Гидроакустика в военном деле. Воениздат, 1963.
- Клюкин И. И. Подводный звук. Судпромгиз, 1963.
- Колышкин И. А. В глубинах полярных морей. Воениздат, 1963.
- Красильников В. А. Звуковые и ультразвуковые волны. Физматгиз, 1960.
- Крылов А. Н. Воспоминания и очерки. Изд. АН СССР, 1950.
- Кукридж Е. Х. Тайны английской секретной службы. Воениздат, 1959.
- Ланжевен П. Избранные труды. Изд. АН СССР, 1960.
- Лилли Дж. Человек и дельфин. «Мир», 1965.
- Логинов К. В. Гидроакустические поисковые приборы. «Транспорт», 1964.
- Локвуд Ч. Топи их всех. Воениздат, 1960.
- Макинтайр Д. Истребитель подводных лодок. Воениздат, 1958.
- Материалы Международного геофизического года и Международного геофизического сотрудничества. Мировой центр данных. М., 1958—1961.
- Материалы III Международного конгресса по акустике. Штутгарт, 1959.
- Морисон С. Битва за Атлантику выиграна. Воениздат, 1959.
- Мясников Л. Л. Неслышимый звук. Судпромгиз, 1963.
- Нарусбаев А. А., Лисов Г. П. Тайна гибели «Трешера». «Судостроение», 1964.
- Ольшевский В. В. Статистические свойства морской реверберации. «Наука», 1966.
- Переписка Председателя Совета Министров СССР с президентами США и премьер-министрами Великобритании во время Великой Отечественной войны 1941—1945 гг. Госполитиздат, 1957.
- Подводная акустика. Сборник переводов лекций под ред. Л. М. Бреховских. «Мир», 1965.
- Простаков А. Л. Гидроакустика в иностранных флотах. «Судостроение», 1964.
- Райт Х. В глубинах Тихого океана. ИЛ, 1961.
- Распространение звуковых волн в океане. Под ред. Л. М. Бреховских. ИЛ, 1951.
- Ричардсон И. Некоторые вопросы прикладной акустики. Воениздат, 1962.
- Руге Ф. Война на море 1939—1945 гг. Воениздат, 1957.
- Савичев Г. Живут Магелланы в России. Изд-во газеты «Красная Звезда», 1966.
- Старосельская-Никитина О. А. Польша Ланжевен. Физматгиз, 1962.

- Сташкевич А. П., Акустика моря. «Судо-
строение», 1966.
- Тарасов Н. И. Живые звуки моря. Изд.
АН СССР, 1960.
- Травкин И. В. Всем смертям назло. Воен-
издат, 1964.
- Угроза из глубины. Сборник переводов. Воен-
издат, 1966.
- Физические основы подводной акустики. Под
ред. В. И. Мясичева. «Советское радио», 1955.
- Фисанович И. И. История «Малютки». Воен-
издат, 1956.
- Ханке Х. Седьмой континент. Гидрометео-
издат, 1964.
- Хасимото Мотицура. Потопленные. ИЛ,
1956.
- Хортон Д. У. Основы гидролокации. Суд-
промгиз, 1961.
- Шишкова, Е. В. Физические основы рыболо-
кации. Пищепромиздат, 1963.
- Шулейкин В. В. Физика моря. Изд.
АН СССР, 1953.
- Щедрин Г. И. На борту С-56. Воениздат,
1959.
- Щекотов Е. Я. Охотники за подводными
лодками. Воениздат. 1960.
- Электрическая торпеда. Воениздат, 1959.
- Aigner F. Unterwasserschalltechnik. Berlin, 1922.
- Albers V. Underwater Handbook. New York,
1963.
- Cushing D. The Uses of Echo Sounding for
Fishermen. London, 1963.
- Shepard F. Submarine geology. New York, 1963.
- Tavolga W. (Editor). Marine Bio-Acoustics
New York, 1964.

Периодические издания

«Акустический журнал»
Доклады Академии наук СССР
Зарубежная радиоэлектроника
(сборники статей)
Морской сборник
«Наука и жизнь»
Океанология
Проблемы Арктики и Антарк-
тики (сборники статей)
«Рыбное хозяйство»
Сборник рефератов по ино-
странному судостроению,
1957—1966.
«Техника и вооружение»
Труды Института океанографии
Труды Океанографической Ко-
миссии АН СССР
Acustica
Electronics

Electronic Design
International Hydrographic Re-
view
Journal of the Acoustical Society
of America
La Revue Maritime
Marine Engineering
Military Review
Missiles and Rockets
Naval Research Reviews
Navigation
Noise Control
Ordnance
Proceedings of the Royal Society
of London
Sveriges Flotta
The Navy
Undersea Technology

Содержание

ОТ АВТОРА 3

I. В МИРЕ ИСКУССТВЕННЫХ ПОДВОДНЫХ ЗВУКОВ 5

Гидроакустика и ее возраст — 5. От резиновой груши до установок с мощностью сельской электростанции — 7. Если нельзя видеть — 9. Нимфа Эхо под водой совершенствует свое искусство — 16. Потерянное время, которое вовсе не потеряно — 24. Амплитуды и фазы на экране — 26. Подводный телеграф и телефон без кабеля — 28. Скептон разоружает скептиков — 31. Миллионнократное эхо — 35. Доплер-эффект — 37. Подводные изгороди и кружева — 39. О звоне бокалов и какое это имеет отношение к гидроакустике — 44. Самый длинный в мире канал — 47. «Гидрофон выл в Галерной гавани» [из истории русской гидроакустики] — 50. Испытания переносятся на «Штандарт», но... — 56. Творец гидролокатора — 60. Между двумя войнами — 63.

II. ГИДРОАКУСТИЧЕСКАЯ ВАХТА ОТКРЫТА 65

«Одного боюсь: возвращения без победы!» — 65. В подводных походах — 67. В борьбе с «волчьими стаями» — 76. Затянувшееся возмездие — 78. Дневник гидроакустической охоты — 80. Тише воды — 81. Господа из Бланкенбурга — 84. На подводной лодке появляются персонажи «Нибелунгов» — 85. Акустический двойник подводной лодки — 91. Концерт креветок — 93. Акустические «горшки дьявола» — 96. Почему это называют тралом, а не трещоткой? — 101. Торпеда-ищейка и некоторые «лисицы» — 104. Радиогидроакустическая эстафета — 109. Техасские вышки шагают в океан — 114. Младшая сестра радиолокации — 116. В море — дома — 117.

III. НА МИРНОМ ПУТИ 121

Вертикальное эхо — 121. Эхолот-поводырь, эхолот «водяная улица» и эхолот-топограф — 127. Будильник или эхолот? И здесь автоматизация — 136. Рыболокация и китолокация — 138. Физики и рыбаки — 143. Потомки листригонов берут на вооружение электроакустику — 146. Потонувший колокол — 147. В гидроакустику пришел атом — 151. Еще о помощи кораблевождению — 153. Вокруг света подо льдом за полчаса — 157. Еще подводные кругосветки, на этот раз — настоящие — 161. В чехарду с айсбергами — 165. Спасение утопающих — дело не только самих утопающих — 168. «Трешер, отвечайте, ради бога!» — 170. Внимание — шторм! Внимание — цунами! — 175. О приводнении ракет, ныряющих блюдцах и прочем [гидроакустическая телеметрия] — 178. Сейсмогидроакустика — 183. Звук во льду и подо льдом — 188. Подводный звук помогает штурмовать Мохо — 192. Гидроакустика в кладовых Нептуна — 194. Буи... буи и еще больше буев — 197. Рыбий глаз или рыбий глас — 202. Можно ли видеть дробинку в море [живая гидролокация] — 208. Вальс под водой — 213.

IV. ПОМЕЧТАЕМ О ПОДВОДНОЙ ЭРЕ — 214.

Литература 221

Цена 58 коп.

