

АКУСТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Т. XIV

АКАДЕМИЯ

апрель

1968

НАУК

май

Вып. 2

СССР

июнь

Основан в 1955 году

Выходит 4 раза в год

МОСКВА

УДК 534.2

ПОДЛЕДНЫЕ МОРСКИЕ ШУМЫ.

ОБЗОР

В. В. Богородский, А. В. Гусев

Подледные морские шумы являются интересным и очень малоизученным физическим процессом, присущим Северному Ледовитому океану. Начало исследований шумов «открытых» * океанов и морей относится еще к 40-м годам нашего столетия. В настоящее время имеется большое число публикаций на эту тему. Шумы морей с ледовым покровом на их поверхности привлекли внимание исследователей только в конце пятидесятых годов. Это, вероятно, было связано главным образом с открывшимися перспективами осуществления подледных трансарктических плаваний.

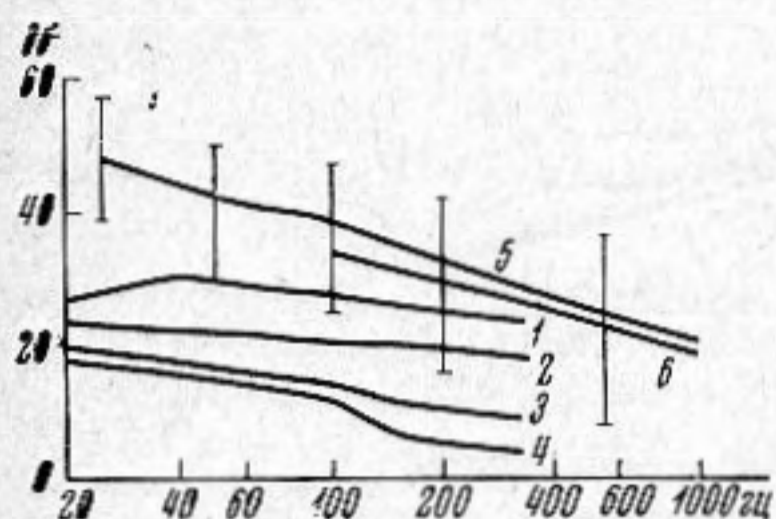
Если для открытых океанов и морей источники динамических шумов в инфразвуковом и звуковом диапазонах частот так или иначе связаны с поверхностным волнением, воздействием на поверхность моря брызг и струй, срываемых с гребней волн ветром, и т. п. [1, 2], то при наличии сплошного ледового покрова такие источники должны отсутствовать. В то же время можно ожидать существования иных источников шума, которые связаны с наличием на поверхности моря сплошного или разрушенного ледового покрова. Хотя до настоящего времени опубликовано сравнительно небольшое число работ, посвященных исследованию морских подледных шумов, рассмотрение результатов этих исследований и сравнение их с известными сведениями о шумах открытых океанов и морей представляют определенный интерес.

Прежде чем переходить к рассмотрению результатов опубликованных исследований по подледным шумам, необходимо отметить, что соответст-

* Под «открытым» понимаются моря и океаны, свободные ото льда.

Характеристика условий измерений	Авторы работ									
	Милл [3]	Д. Макферсон [4]			А. Милл и Д. Гантон [5]			И. Грин и Б. Бак [6]	Ф. Пейн [7]	Д. Гантон, А. Милл [8]
Время измерений	4—5/IV 1959 г.	11—14/I 1961 г.	6—9/II 1961 г.	4—8/IV 26—29/IV 1961 г.	27—28/IV 1961 г.	1—2/IX 1961 г.	10—15/II 1963 г.	8—23/IV 1963 г.	В течение 66 дней в период декабрь — апрель 1961—1962 гг.	5—18/II 1964 г.
Характеристика ледовой обстановки	припай толщиной 2,3 м	чистая вода	припай толщиной 0,3 м	припай толщиной более 1 м	припай, 95% пака и 5% годовалого льда	дрейфующий лед, 30% пака, 70% годовалого льда	припай, 95% пака 5% годовалого льда	дрейфующий лед	все фазы образования, роста и разрушения припая	припай, 95% пака и 5% молодого льда
Глубина места, м	200		35		480	480	100	больше 100	40	250
Способ крепления гидрофона	на дне		на дне		на дне			подвешен со льда, заглубление до 60 м	на дне, соединен 10 км кабелем с лабораторией	на дне
Методика регистрации шумов	5-минутные записи через 1/2 часа	продолжительные записи на самописец и 10-минутные магнитные записи			Магнитофон 5-минутные записи через час		15-минутные магнитные записи при различных характерах и уровнях шума	три записи в сутки	6 записей в сутки на 4-канальный рекордер в 7-октавных полосах и 7-минутные магнитные записи	20-минутные магнитные записи при различных характерах и уровнях шумов

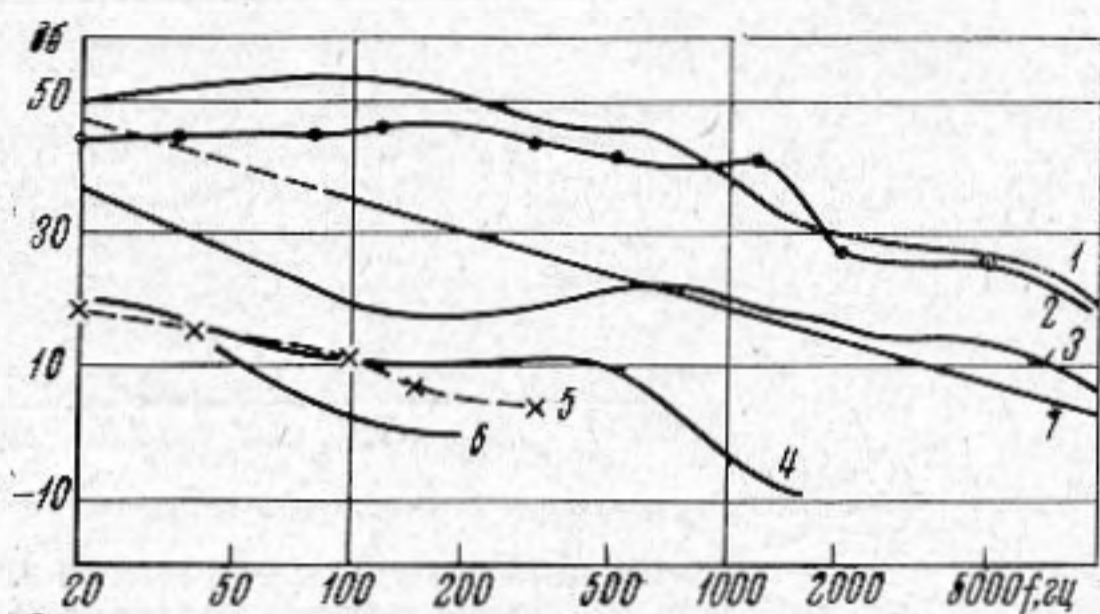
венные измерения производились в основном под припайными льдами в сравнительно мелководных районах среди островов Канадского Арктического архипелага [3, 5, 8], в бухте Бофорта [6] и в заливе Святого Лаврентия около острова Принца Эдварда [4, 7]. Для правильной оценки объема экспериментальных данных, условий их получения и статистической обоснованности выводов в таблице приводятся краткие характеристики условий измерений и методики исследований.



Фиг. 1

Фиг. 1. Усредненные спектры подледных шумов:

1 — перед началом замерзания, 2 — лед 9—10 баллов, толщина 30 см; 3, 4 — лед 9—10 баллов, толщина 1 ÷ 1,5 м; 5 — усредненный спектр подледного шума, согласно работе [6]; 6 — спектр шумов открытого океана при штиле по Кнудсену [10]

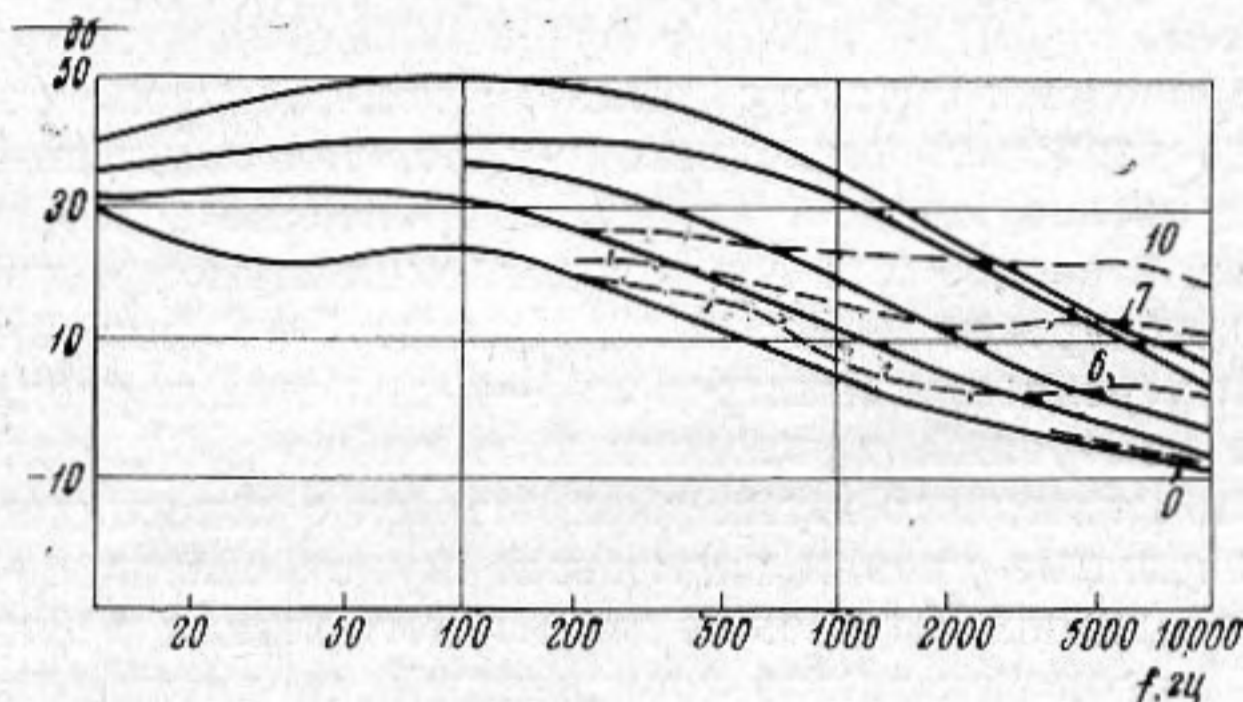


Фиг. 2

Фиг. 2. Спектры подледного шума:

1, 2 — спектры, соответствующие максимальным уровням (февраль) по данным работы [5]; 3 — минимальный спектр для того же периода [5]; 4 — минимальный спектр (апрель) [5]; 5 — минимальный спектр (апрель) по данным работы [4]; 6 — минимальный спектр по данным работы [7]; 7 — минимальный спектр шума открытого океана при штиле по Кнудсену [10]

Измерения подледных шумов производились в основном со льда [3, 5, 6, 8, 12]. Только в работе [7] использовалась береговая лаборатория, связанная 10-километровой кабельной линией с гидрофоном, установленным

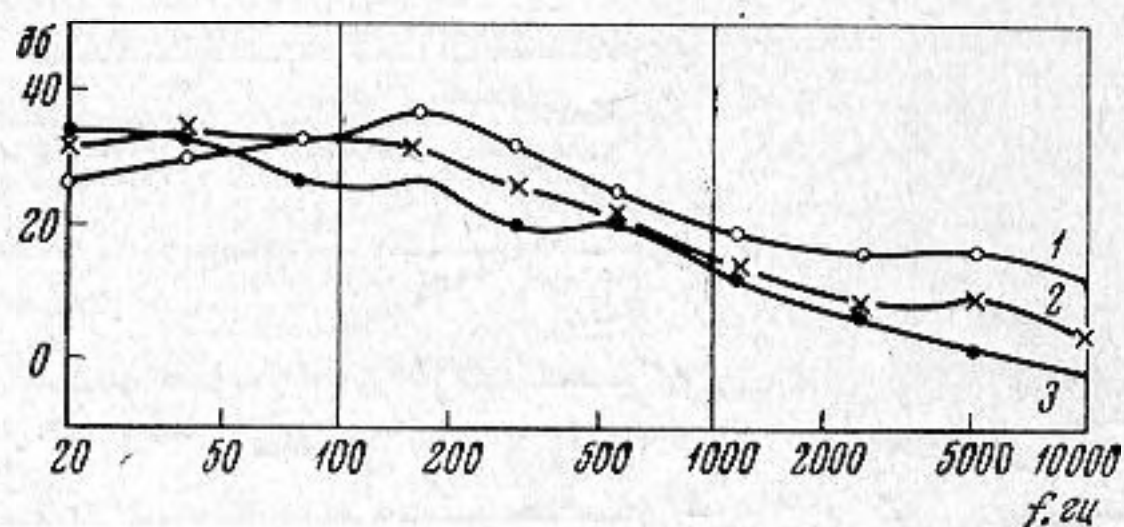


Фиг. 3. Кривые спектральной плотности шумов подо льдом по данным работы [8].

Сплошные линии — шумы, вызываемые термическим растрескиванием льда при отсутствии ветра, штриховые — шумы, связанные с ветром

на дне. Последний способ исследований, конечно, позволяет получить сведения, относящиеся к определенному району, однако он позволяет производить круглогодичные измерения и накапливать большой статистический материал по выявлению сезонных изменений шумов и связи их с гидрометеорологическими условиями. Кроме того, в лаборатории на берегу легче организовать обработку и анализ материалов с использованием стационарных устройств.

При всех измерениях, кроме работ [6, 12], применялось погружение гидрофонов с помощью устройств, устанавливаемых на дне. Этот способ, применимый в сравнительно мелководных районах, видимо, позволяет в какой-то мере избавиться от рывков кабеля гидрофона при больших скоростях течения или при сильном дрейфе льда, которые, по данным автора работы [9], могут вызвать появление пиков в спектре шума в области



Фиг. 4. Спектры подледного шума в летне-осенний период, согласно работе [5]:

1 — при слабой подвижке тонкого льда; 2, 3 — типичные спектры летнего периода

инфразвуковых частот. С точки зрения исключения подобных помех представляет интерес опыт авторов работы [5], показывающий, что при измерениях шумов с дрейфующего льда даже на глубинах около 500 м возможно устанавливать гидрофоны на дно и производить 5-минутные магнитные записи с постепенным сматыванием кабеля с лебедки по мере дрейфа льдины.

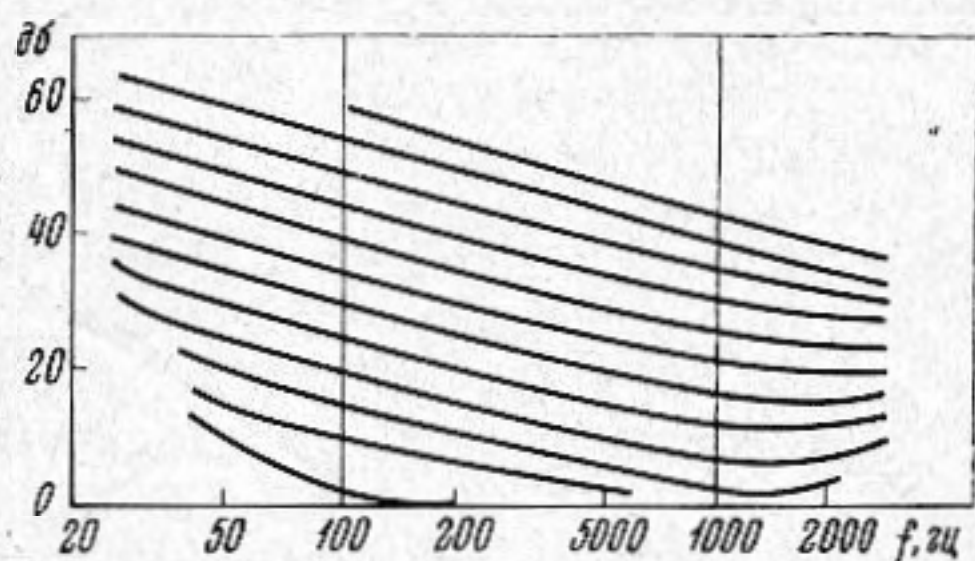
Уже первые работы по исследованию подледных шумов показали, что наблюдаются характерные импульсные шумы, возникающие при образовании термических трещин во льду, шумы, связанные с подвижками льда, а также шумы, обусловленные переметанием снежных зерен по поверхности льда и срывом вихрей при обдувании ветром неровной поверхности снежного покрова.

На фиг. 1 приведены первые опубликованные спектральные характеристики звукового давления подледных шумов, полученные Макферсоном [4]. Здесь и на последующих подобных графиках по оси ординат отложены приведенные к полосе 1 гц уровни давления шумов в децибелах относительно нулевого уровня $2 \cdot 10^{-5}$ н/м². Кривые 1—4 фиг. 1 представляют собой результат усреднения спектров за 3—4-дневный период.

Результаты измерений, приведенные в работе [4], показывают, что средний уровень подледного шума уменьшается с консолидацией ледового покрова. Минимальные уровни подледных шумов оказались примерно на 20 дБ ниже приводимых Кнудсенем для полного штиля в открытом океане [10]. На фиг. 1 приведен также усредненный за двухнедельный период спектр подледного шума по данным работы [6]. Вертикальные линии показывают диапазон изменения наблюдавшихся уровней на отдельных частотах.

На фиг. 2—5 приведены типичные спектры подледных шумов, полученные различными авторами. Кривые 1—3 на фиг. 2 относятся к февралю [5]. В период проведения измерений температура воздуха изменялась от -10 до -27° , скорость ветра — от 0 до 15 м/сек; наблюдалось медленное переметание снега. Кривая 4 показывает спектр минимального шума, полученный в апреле [5]; для сравнения здесь же приведен спектр 5 минимально подледного шума в апреле по данным работы [4] и спектр минимального шума 6 по данным работы [7]. Наконец кривая 7 показывает усредненный спектр минимального шума открытого океана при штиле по Кнудсену [10]. Легко видеть, что минимальные уровни подледных шумов в диапазоне звуковых частот могут быть на 20—30 дБ ниже мини-

мальных шумов открытого океана. Годом позже в том же районе был получен ряд спектров подледных шумов, представленных на фиг. 3 [8]. Спектры, изображенные на фиг. 3 сплошными линиями, получены в период, когда скорость ветра была близка к нулю, а шумы вызывались термическим растрескиванием верхнего слоя припайного льда. Для спектров подледного шума, связанного с этим явлением, характерным является наличие широкого максимума в районе 100—300 гц и наклон $7 \div 8$ дб/октаву в сторону высоких частот. Штриховыми линиями на фиг. 3 показаны спектры шума, соответствующие различным значениям скорости ветра и полученные при потеплении, когда шумы термического треска льда отсутствуют. Параметром при штриховых кривых является скорость ветра в м/сек. При этих условиях уровень подледного шума в диапазоне 1—10 кгц является более или менее постоянным и определяется главным образом средней скоростью ветра. Заметим, что кривые 1, 2 на фиг. 2 также соответствуют импульсному шуму, с возможным наложением ветровой составляющей шума.



Фиг. 5. Спектры шумов под припаем по данным работы [7]

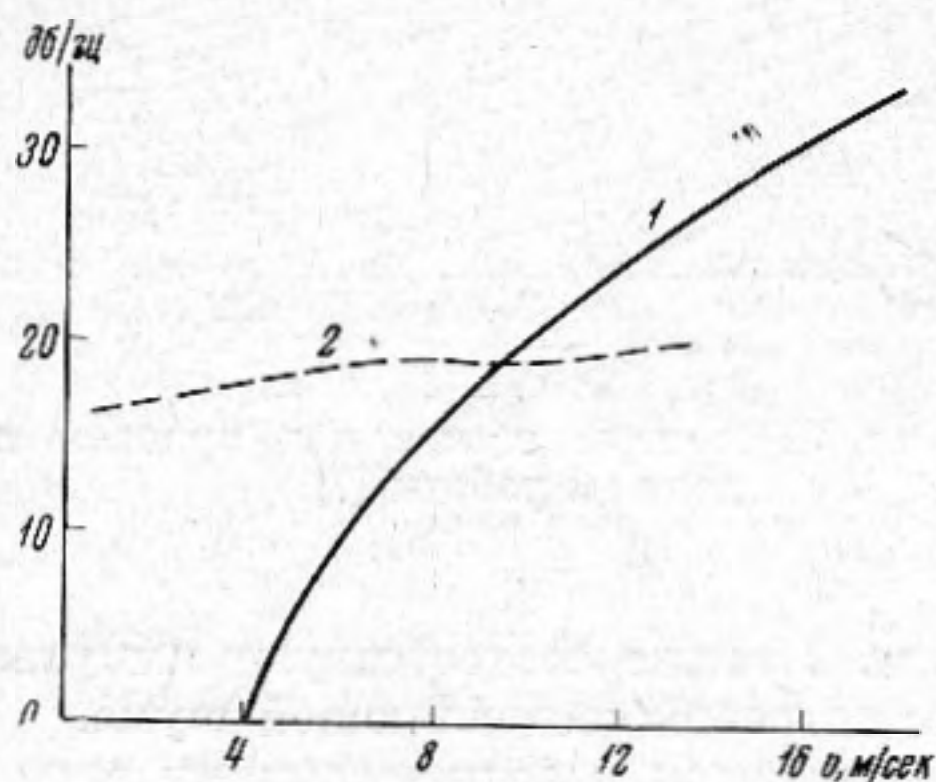
Спектры, приведенные на фиг. 4, относятся к летне-осеннему периоду. Температура воздуха изменялась в пределах $-3-6^\circ$, лед был пористый, с большим числом снежиц. В результате начавшегося замерзания на разводьях образовался лед до 5 см. Удары и шумы разрушения льда отсутствовали. Только кривая 1 относится к периоду, когда наблюдались слабые подвижки. На спектрах фиг. 4 также существует широкий максимум в диапазоне 100—200 гц, хотя уровень шума примерно на 15 дб ниже максимального в зимний период.

Несколько отличные данные о спектральных характеристиках подледного шума приведены в работе [7]. На фиг. 5 приведен ряд типичных спектров, соответствующих различным уровням подледных шумов за 66-дневный период измерений. Приведенные спектральные характеристики являются прямыми линиями в большей части частотного диапазона с наклоном от -3 дб/октаву при низких уровнях до -5 дб/октаву — при высоких. На частотах выше 1 кгц при низких уровнях наблюдалось повышение спектральной плотности с ростом частоты. Высокие уровни шума были связаны с движением льда. Отличие спектральных характеристик подледных шумов по данным работы [7] от результатов других работ может быть связано с особенностями района измерений, хотя усредненные спектры работы [4] для аналогичных условий также отличаются от приводимых в работе [7].

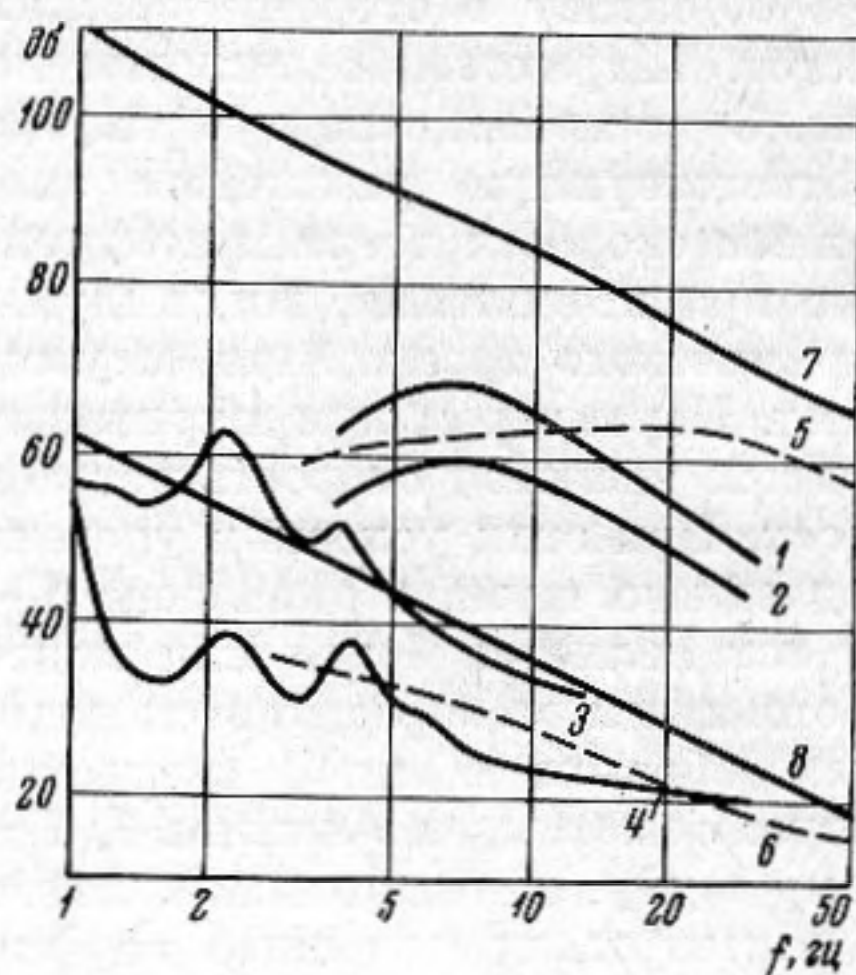
Количественные оценки связи подледных шумов с гидрометеорологическими условиями возможно производить только при длительных наблюдениях. Таких наблюдений, как видно из таблицы, было выполнено очень мало. В работе [6] произведена оценка коэффициента взаимной корреляции между интенсивностью подледного шума на частоте 50 гц и местной скоростью ветра. При нулевом сдвиге во времени коэффициент взаимной корреляции оказался равным $+0,47$.

Авторы работы [8] из ряда наблюдений выбрали периоды, когда шумы термического растрескивания льда отсутствовали, и построили зависимость уровня шума в децибелах относительно $2 \cdot 10^{-5}$ н/м² от скорости ветра v , м/сек (фиг. 6). Кривая 1 отвечает полосе частот $3,2 \div 6,4$ кгц, где меньше всего проявляется импульсный шум термического растрескивания (см фиг. 3). Ветровая составляющая подледного шума, по мнению авто-

ров работ [8, 11], связана с переметанием снежных зерен по поверхности льда, а также с возможным образованием звука вследствие срыва вихрей на шероховатостях снежного покрова при обдувании его ветром. Зависимость 1 фиг. 6, очевидно, может быть справедлива только для зимнего периода, так как летом, при наличии дрейфующего льда и пространств открытой воды, характер связи шума с ветром может измениться. В работе [7] приводятся данные о связи скорости ветра и интенсивности подледного шума на частоте 141 гц (кривая 2 на фиг. 6), показывающие слабую



Фиг. 6



Фиг. 7

Фиг. 6. Зависимость подледного шума для разных участков спектра от скорости ветра

Фиг. 7. Спектры подледных шумов в инфразвуковом диапазоне частот:

1, 2 — максимальный и минимальный спектры по данным работы [3]; 3, 4 — максимальный и минимальный спектры по данным работы [5]; 5, 6 — максимальный и минимальный спектры подледного шума по данным работы [16]; 7, 8 — максимальный и минимальный спектры шумов открытого океана по данным работы [1]

корреляцию между этими величинами. Наличие связи между скоростью ветра и уровнем подледного шума, по мнению автора работы [7], должно являться результатом воздействия ветра на движение льда, которое может быть главной причиной возникновения шума. Эта зависимость во многом определяется особенностями ледовой обстановки и зависит от фазы развития припая. Различие спектральных характеристик подледных шумов, приведенных на фиг. 3 и фиг. 5, показывает, что использование зависимостей фиг. 6 в качестве универсальных невозможно.

Для выявления связи уровней подледных шумов с температурой воздуха авторы работы [8] параллельно с записью шумов регистрировали распределение температуры по толще льда. Эти измерения показали, что в верхнем слое льда при резком похолодании из-за больших температурных градиентов возникают напряжения, приводящие к растрескиванию льда. Однако, как отмечают эти же авторы, уровень шума больше зависит от скорости понижения температуры, чем от ее абсолютного значения. На зависимости уровня шума от температуры воздуха, видимо, должна сказываться также толщина снежного покрова на льду. Термический треск может появиться и в весенний период, когда после дневного прогрева поверхности выступающих частей пакового льда и торосов лучами солнца к вечеру наступает резкое их охлаждение. Максимальные уровни подледного шума под припаяем в зимний период могут достигать значений, эквивалентных шумам открытого океана при волнении около 3-х баллов.

Данные о подледных шумах в области частот ниже $20 \div 30$ гц очень скудны. На фиг. 7 приведены спектральные кривые, соответствующие максимальным и минимальным наблюдаемым уровням [3, 5]. На той же

фигуре для сравнения даны спектры шумов открытого океана, соответствующие минимальному и максимальному уровням [1]. Спектры 1 и 2 построены по результатам анализа в октавных полосах и относятся к периоду, когда отсутствовал импульсный шум, связанный с термическим растрескиванием и подвижками льда [3]. Узкополосный анализ магнитных записей для того же периода показал наличие острого максимума в области частот 6,5—7,6 гц. Возникновение этого максимума авторы работ [3, 5] объясняют образованием стоячих волн между дном и поверхностью при возбуждении колебаний ледяного покрова ветром. Остальные составляющие спектра подледных шумов оказались не зависимыми от местной скорости ветра. Не выделялась в спектре подледного шума и частота, соответствующая изгибным колебаниям ледяного покрова. Согласно работе [13], эта частота определяется соотношением $f = 109/H$, где H — толщина ледяного покрова в футах, f — частота в герцах. Отсутствие в спектре подледных шумов этой составляющей говорит о том, что наблюдавшиеся скорости ветра (до 9 м/сек) не возбуждали заметных колебаний ледяного покрова.

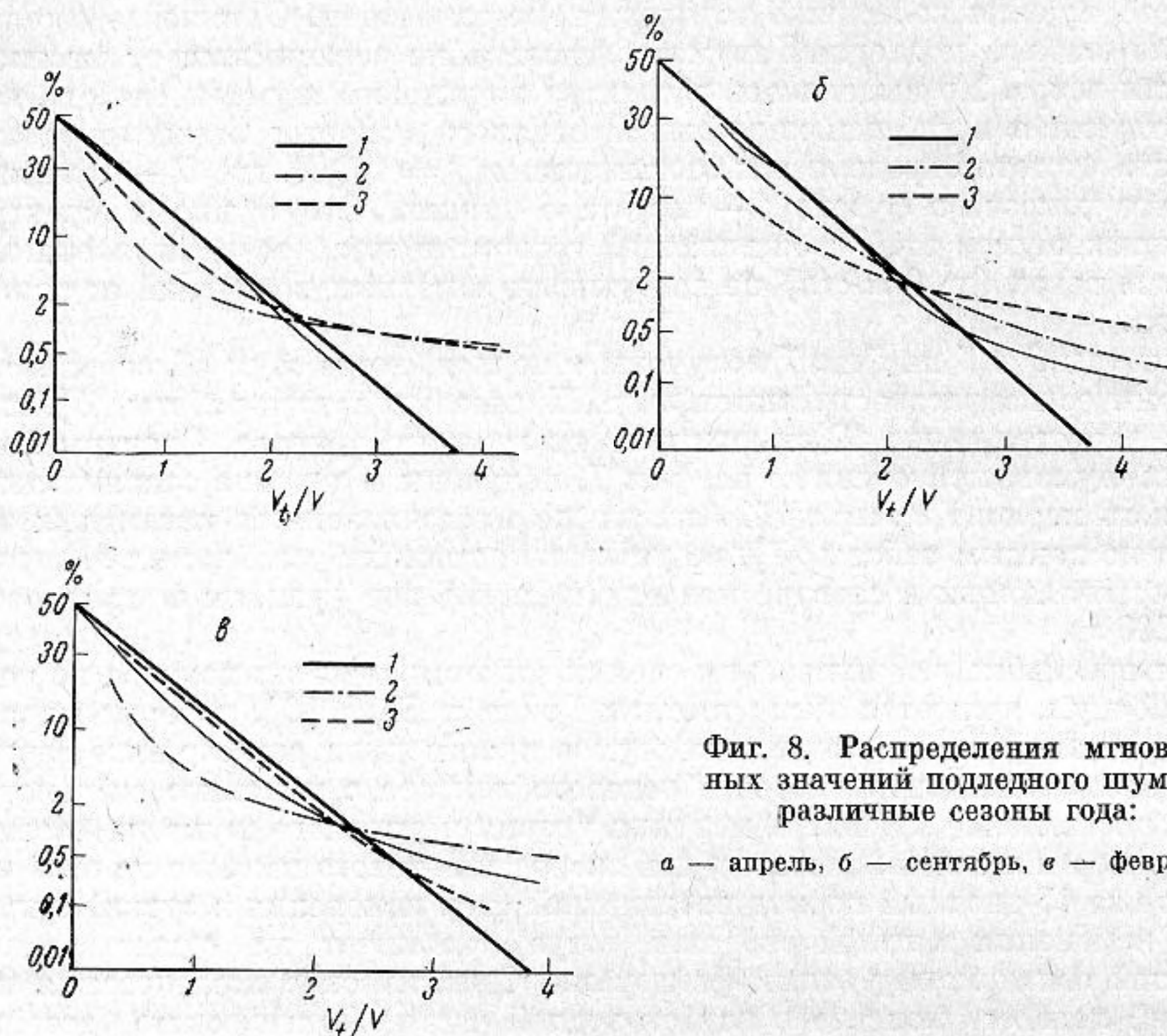
Спектры 3 и 4 на фиг. 7 получены в период, когда шум обуславливался термическим растрескиванием льда. По мнению автора работы [5], шумы на частотах выше 10 гц исходили от ледового покрова. Спектры подледных шумов, приведенные на фиг. 7, получены в течение сравнительно короткого периода измерений. Анализ же многочисленных магнитных записей, по данным работы [7], не установил наличия устойчивых дискретных составляющих в спектре подледного шума под припаем в диапазоне $0 \div 4800$ гц.

Интересными, с точки зрения оценки влияния ледового покрова на подледный шум, являются эксперименты Грина и Бака [6], которые параллельно с измерениями подледных шумов производили регистрацию вертикальной колебательной скорости ледового покрова с помощью сейсмографа. Сопоставление кривых изменения уровня подледного шума на частоте 50 гц и вертикальной колебательной скорости ледового покрова на этой же частоте за 15-дневный период наблюдений (три измерения в сутки) с кривыми изменения местной скорости ветра указывает на существование заметной связи между этими факторами. Сейсмические исследования колебаний ледового покрова в глубоководной части Арктического бассейна [14, 15] показали, что наблюдаются периоды от 0,1 до 60 сек. Подобные колебания ледового покрова могут быть причиной повышения уровня подледного шума в диапазоне до 10 гц (фиг. 7).

Важной характеристикой подледных шумов является функция распределения мгновенных значений. Анализ этих распределений приводится в ряде работ [5, 6, 8]. Обработке подвергались участки записей шумов различной длительности, от 60 сек до 7 мин. На фиг. 8, а, б, в приведены функции распределения амплитудных значений подледных шумов, полученные в работе [5] для октавных полос в различных участках спектра. По оси ординат на графиках отложено время (в процентах), в течение которого мгновенные значения напряжений на выходе измерительного тракта превышают некоторое значение V_t ; по оси абсцисс отложены значения V_t , нормированные относительно среднеквадратичного значения шумового напряжения V . В этих координатах нормальный закон представляется прямой линией 1. Кривые 2 и 3 на фиг. 8, а, б, в относятся соответственно к диапазонам частот 200—400 гц и 12,5—25 гц. Приводимые данные характеризуют подледные шумы зимнего, весеннего и летне-осеннего периодов; для анализа выбраны те участки спектра, где могут проявиться различные механизмы шумообразования. Функции распределения на фиг. 8, а относятся к концу апреля; для частот 200—400 гц и 12,5 ÷ 25 гц (длительность анализируемых участков 4 мин) они отличаются от нормального закона. Это подтверждает выдвинутую авторами работы [5] гипотезу о том, что высокочастотный шум связан с возникновением

огромного числа мелкомасштабных трещин на поверхности торосов и выступов пакового льда, а низкочастотный — генерируется при возникновении более протяженных трещин на ровной поверхности льда замерзших разводий.

Функция распределения мгновенных значений подледных шумов, относящихся к периоду начала ледообразования на разводьях (фиг. 8, б), для диапазона 200—400 гц более близка к нормальному закону, а в полосе 3,2—6,4 кгц отличается от нормального. По мнению авторов работы



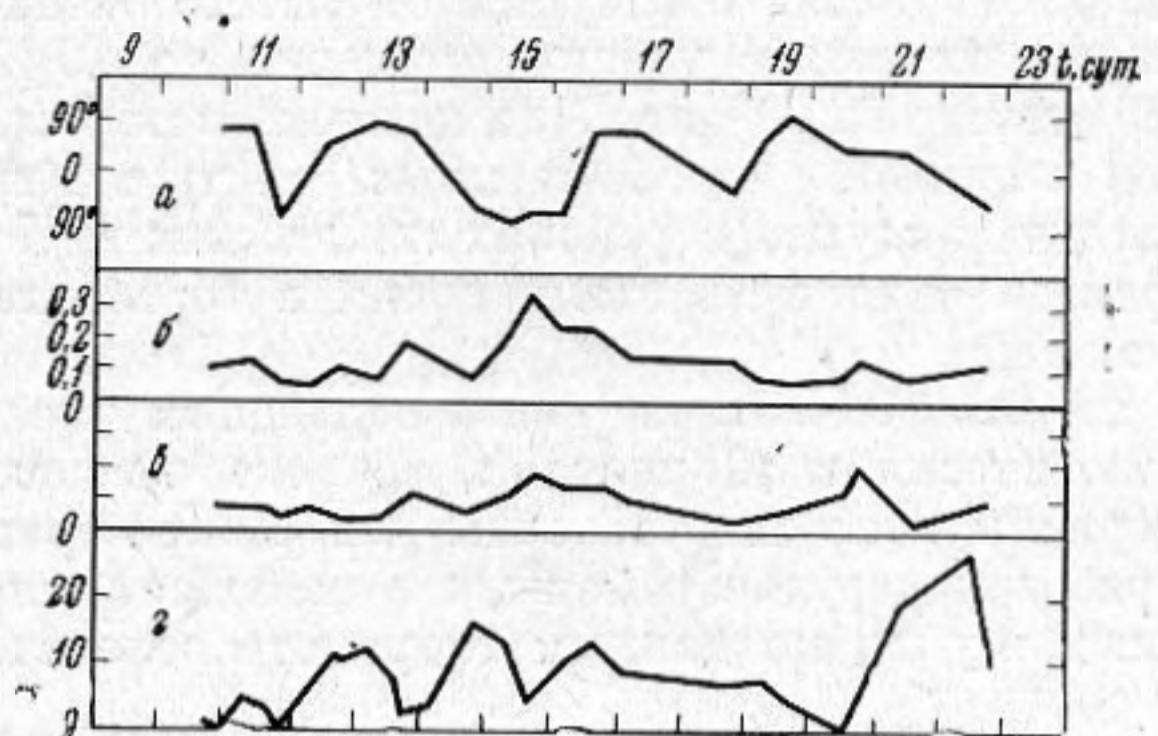
Фиг. 8. Распределения мгновенных значений подледного шума в различные сезоны года:

а — апрель, б — сентябрь, в — февраль

[5], это может быть связано с изменением механизма образования подледного шума по сравнению с весенним периодом. Функция распределения для зимнего периода (фиг. 8, в) на частотах 12 ÷ 25 гц ближе к нормальному закону по сравнению с существенно не гауссовым распределением в весенний период. Объяснения этому пока не найдено.

Измерения авторов работы [6] показали, что по мере увеличения глубины погружения звукоприемника вплоть до 90 м функция распределения все более приближается к нормальному закону (исследовался диапазон частот до 1000 гц, длительности обрабатываемых записей 60 ÷ 100 сек). Это явление объясняется тем, что по мере увеличения глубины увеличивается эффективная площадь ледового покрова, создающая суммарный шум в точке приема звука. Интересным является использование в работе [11] величины эксцесса для численной оценки степени отклонения функции распределения мгновенных значений подледных шумов от нормального закона; коэффициент эксцесса равен нулю для нормального закона и положителен при импульсном характере шума. Для 13-дневного периода измерений подледных шумов зимой 1964 г. были вычислены значения эксцесса для участков магнитных записей длительностью по 7 мин. За этот период для шумов в полосе 200—800 гц были получены значения коэффициента эксцесса от нескольких единиц до сотни. Значения коэффициента эксцесса быстро возрастают при резком понижении температуры воздуха.

Для проверки предположения о том, что подледное шумовое поле, связанное с подвижками льда, может быть анизотропным в азимутальной плоскости, Грин и Бак [6] использовали систему из двух разнесенных по горизонтали гидрофонов (расстояние между ними сначала было 90, затем 30 м) и коррелометра с регулируемой задержкой в одном канале. Направление на выделяющийся источник шума определялось по величине задержки, соответствующей максимуму функции взаимной корреляции шумовых сигналов, воспринимаемых гидрофонами. Результаты измерений,



Фиг. 9. Временные изменения скорости ветра коэффициента пространственной корреляции и азимута, соответствующего максимальным значениям коэффициента корреляции

относящиеся к апрелю 1961 г., приведены на фиг. 9. Здесь *a* — кривая изменения во времени относительного азимута на выделяющийся источник шума при полосе частот 5—1000 гц, *б* — временное изменение максимальных значений коэффициента взаимной корреляции в полосе частот 20—60 гц, *в* — то же, в полосе 5—1000 гц и *г* — изменение во времени скорости ветра (в узлах). Время интегрирования равнялось 10 сек. Эти эксперименты подтверждают анизотропный характер шумового поля. Исследования анизотропии подледного шума в горизонтальной плоскости в диапазоне частот 10—100 гц, выполненные авторами работы [5] с использованием четырех гидрофонов, расположенных по площади 37 м², показали отсутствие заметной корреляции между сигналами с пар гидрофонов. Неубедительные результаты были получены ими и для распределения подледного шума по азимуту. Все это привело авторов работы [5] к выводу о том, что интенсивность шумового поля не зависит от азимутального направления.

Причина столь противоречащих выводов авторов работ [5 и 6] может заключаться в том, что первые производили измерения весной, с дрейфующего льда, а вторые — зимой, под установившимся припаем. Источники шумов в эти периоды были различными. Видимо, шумы, связанные с подвижками льда, имеют анизотропный характер, а шумы термического растрескивания, охватывающие одновременно большую поверхность льда, — изотропны в горизонтальной плоскости.

В теоретической работе [11] предложена идеализированная геометрическая модель для нахождения спектральной плотности подледных шумов, принятых ненаправленным гидрофоном, расположенным на дне. Эта модель строится в предположении поверхностного распределения источников с осесимметричной характеристикой направленности. Предполагается также, что результирующее давление является суперпозицией отдельных импульсов одинаковой формы, но с различными амплитудами, периодами и фазами. Хотя модель не учитывает сигналов, отраженных ото дна, и явления рефракции, рассчитанная по приведенным в работе [11] формулам

спектральная плотность подледного шума создаваемого затухающими по экспоненте синусоидальными импульсами давления, довольно близка к измеренной в реальных условиях в период интенсивного термического треска при отсутствии ветра.

Подводя итог результатов рассмотренных исследований, можно утверждать, что подледное шумовое поле в районе припайных льдов имеет ряд специфических свойств, отличающихся от свойств подводных шумов открытых морей. Максимальные зарегистрированные уровни подледных шумов под припаем эквивалентны шумам открытого океана при 3-балльном волнении, а минимальные уровни примерно на 10 дб ниже минимальных уровней открытого океана. Ход кривых спектральной плотности подледных шумов отличается от обобщенных спектров Кнудсена. Специфичным для подледных шумов в районах припайных льдов являются их импульсный характер и наличие анизотропии в горизонтальной плоскости при подвижках льда.

Несмотря на то, что установлена связь подледных шумов с некоторыми гидрометеорологическими элементами, все же имеющиеся экспериментальные материалы явно недостаточны для распространения выводов рассмотренных работ на другие районы, а тем более для предсказания уровней подледных шумов по данным гидрометеорологических условий.

ЛИТЕРАТУРА

1. G. Wenz. Acoustic ambient noise in the Ocean; spectra and sources. *J. Acoust. Soc. America*, 1962, 34, 12, 1936—1956.
2. А. В. Фурдурев. Подповерхностная кавитация как источник шумов в океане. *Физ. атмосферы и океана*, 1966, 11, 5, 523—533.
3. A. R. Milne. Shallow water under ice acoustics in Barrow Strait. *J. Acoust. Soc. America*, 1960, 32, 8, 1007—1016.
4. I. D. Macpherson. Some under ice acoustic ambient noise measurements. *J. Acoust. Soc. America*, 1962, 34, 8, 1149—1150.
5. A. R. Milne, J. H. Ganton. Ambient noise under arctic-Sea ice. *J. Acoust. Soc. America*, 1964, 35, 5, 855—863.
6. C. R. Green, B. M. Buck. Arctic Ocean ambient noise. *J. Acoust. Soc. America*, 1964, 36, 8, 1218—1220.
7. F. A. Payn. Effect of ice cover on shallow — water ambient sea noise. *J. Acoust. Soc. America*, 1964, 36, 10, 1943—1947.
8. I. H. Ganton, A. R. Milne. Temperature and wind — depended ambient noise under midwinter pack ice. *J. Acoust. Soc. America*, 1965, 38, 3, 406—411.
9. Urick. Flutter noise in suspended hydrophones. *J. Acoust. Soc. America*, 1960, 32, 11, 1498.
10. V. Knudsen, R. A. Alford, I. Emling. Underwater ambient noise. *J. Marine Res.*, 1948, 7, 3, 410—429.
11. A. R. Milne. Statistical description of noise under shorefast sea ice in winter. *J. Acoust. Soc. America*, 1966, 39, 6, 1174—1182.
12. A. R. Milne, J. H. Ganton, D. J. McMillin. Ambient noise under Sea ice and further measurements of wind and temperature dependence. *J. Acoust. Soc. America*, 1967, 41, 2, 523—525.
13. F. Press, M. Ewing. Propagation of elastic waves in floating ice sheet. *Trans. Amer. Geophys. Union*, 1951, 32, 673—678.
14. Е. М. Линьков. Сейсмические исследования за 1955 г. Отчет ЛГУ и Арктического научно-исследовательского института, 1955.
15. K. Hunkins. Waves on the Arctic Ocean. *J. Geophys. Res.*, 1962, 67, 6, 2411—2489.
16. F. A. Payn. Effect of ice cover on shallow — water ambient noise *J. Acoust. Soc. America*, 1967, 41, 6, 1374—1376.

Арктический и антарктический
институт
Ленинград

Поступила в редакцию
4 июля 1967 г.