

## Дальнее распространение звука в Баренцевом море

Р.А. Вадов, Н.К. Абакумова\*

Акустический институт имени Н.Н. Андреева РАН 117036, Москва, ул. Шверника, 4  
(Статья поступила 17.11.2014; Подписана в печать 10.12.2014)

В Баренцевом море в летне-осенних условиях неоднократно в разные годы (начиная с 1972 года по 1989 год) ставились опыты по дальнему распространению взрывных и тональных сигналов с участием научно-исследовательских судов Акустического института. По материалам этих опытов проводится анализ пространственно-энергетической и временной структуры звуковых полей, изменения звуковых полей, обусловленного потерями звуковой энергии в донных отложениях, и его частотная зависимость, обсуждаются возможности построения акустической модели дна, согласуемой с результатами проведенных опытов.

PACS: 43.30.XM

УДК: 551.463

Ключевые слова: Баренцево море, профили скорости звука, звуковые поля.

### ВВЕДЕНИЕ

Баренцево море [1–4] — типично шельфовое море со сложным рельефом дна. Фактически дно Баренцева моря — подводная равнина с неровной поверхностью. Из донных отложений в южной части Баренцева моря преобладает песок, местами — галька и щебень. На возвышенностях центральных и северных частей моря — илистый песок, песчанистый ил. Всюду заметна примесь грубообломочного материала, что связано с ледовым разносом и широким распространением реликтовых ледниковых отложений. Мощность «современных четвертичных» осадков в северных и средних частях менее 0,5 м, вследствие чего на отдельных возвышенностях древние ледниковые отложения находятся практически на поверхности.

На гидрологических процессах, протекающих в море, существенно сказываются как внедряющиеся теплые воды одного из ответвлений Гольфстрима (Нордкапского течения) так, и пересеченный рельеф дна (Атлантические воды распространяются на восток по углублениям дна). В мелководной юго-восточной части моря сезонные изменения температуры воды хорошо выражены от поверхности до дна. Зимой отрицательная температура воды отмечается во всей толще. Весенний прогрев распространяется до горизонтов 10–12 м, от которых температура резко понижается ко дну. Летом толщина верхнего прогретого слоя увеличивается до 15–18 м, далее температура в слоях скачкообразно понижается с глубиной. Глубже в слое 50–100 м, не затронутом зимней вертикальной циркуляцией, температура несколько повышается и равна около  $-1^{\circ}$ , таким образом, между 50 и 100 м наблюдается холодный промежуточный слой. В нижележащих горизонтах проходят атлантические воды, и температура повышается до  $+1^{\circ}$ . В тех впадинах, куда не проникают теплые воды, и происходит сильное выхолажи-

вание, температура воды зимой и летом довольно однородна по всей толще, особенно зимой, а летом от небольших положительных значений на поверхности она понижается примерно до  $-1,7^{\circ}$  у дна.

На большей части Баренцева моря соленость увеличивается от 34,0% на поверхности до 35,10% у дна. В меньших пределах изменяется соленость по вертикали над подводными возвышенностями. В большей части моря сезонные изменения вертикального хода солености выражены довольно слабо. Летом поверхностный слой опреснен, а с горизонтов 25–30 м начинается резкое увеличение солености с глубиной. Зимой скачок солености на этих горизонтах несколько сглаживается.

Типичные изменения профилей скорости звука с глубиной, зарегистрированные во время проведения опытов по дальнему распространению взрывных сигналов в центральной части Баренцева моря (летне-осенний сезон), представлены на рис. 1а, б.

При проведении рассматриваемых нами опытов (июнь-июль месяц) разница значений скорости звука у дна и на оси слабовыраженного подводного звукового канала не превышала 3–5 м/с, а в августе-сентябре в юго-восточной части моря — 0,2–0,3 м/с. Максимальный перепад скорости звука на всей глубине колебался в пределах 25–35 м/с.

### 1. ОПЫТЫ ПО ДАЛЬНЕМУ РАСПРОСТРАНЕНИЮ ЗВУКА В БАРЕНЦЕВОМ МОРЕ

Опыты с тонально-шумовыми источниками проводились не во всех районах — в районе расположения приемного судна на первой и второй трассе, а также вблизи от района расположения приемного судна при проведении работ на третьей и пятой трассах. Некоторые результаты анализа экспериментальных материалов, полученных в этих опытах, приведены в работах [5–9]. С взрывными источниками было проведено шесть опытов на трассах протяженностью от 230 до 320 км. Взаимное расположение этих трасс представлено на рис. 2. Во время проведения опытов приемное судно лежало в дрейфе в начале каждой трассы, отмеченном флаж-

\*E-mail: aba\_nin@mail.ru

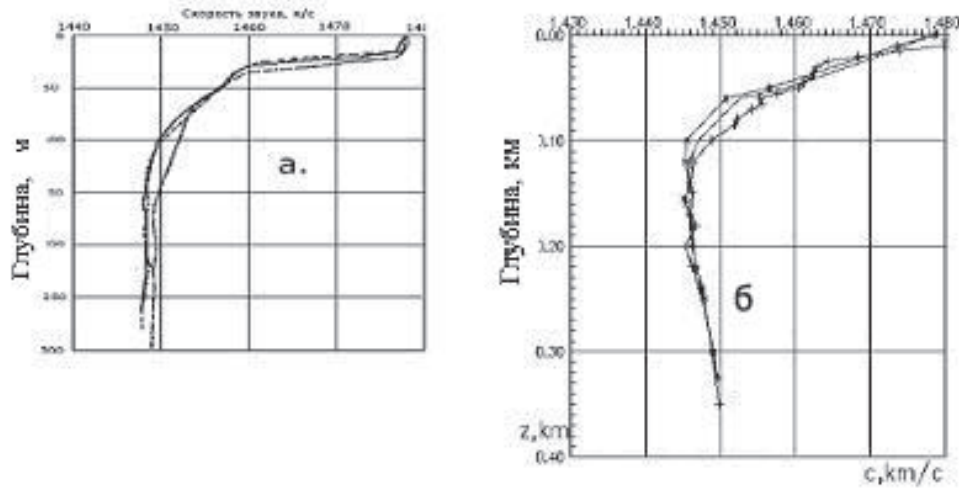


Рис. 1: Изменения профилей скорости звука с глубиной, характерные для района проведения исследования: а — придонный звуковой канал, б — слабо выраженный подводный звуковой канал

ком. Излучающее научно-исследовательское судно перемещалось по трассе от начала трассы к концу, и на определенных дистанциях от приемного судна производились взрывы.

В работе [5] представлены материалы, полученные в разные годы (первый и второй опыты) практически на одной и той же трассе при существенно различающейся гидрологической обстановке. В первом опыте — придонный канал по всей трассе, во втором опыте трассу пересекала фронтальная зона, на которой придонный канал трансформировался в слабо выраженный подводный звуковой канал. Подбирались такие характеристики дна, при которых экспериментальные законы спада по характеру спада согласуются с расчетными законами. В работе [6] основное внимание уделялось оценке характеристик дна, лучшим образом, объясняющим полученные в третьем опыте на разных частотах законы спада уровня звукового поля с расстоянием. При этом использовалась программа В. Д. Крупина, разработанная им для расчета звукового поля точечного источника в волновом приближении для горизонтально-слоистой модели морской среды. Трасса разбивалась на три участка, различающихся глубиной, характеристиками многослойного дна и профилями изменения скорости звука в водной среде. Производилась искусственная стыковка расчетных значений уровня звукового поля на границе участков трассы. К сожалению, правомерность такой стыковки вызывает большие сомнения. Материалы этого же опыта приводятся и анализируются в работе [7]. В этой работе на основе анализа гидрологических условий вдоль исследуемой трассы делается заключение о присутствии фронтальной зоны, которую трасса распространения пересекала на расстоянии  $\sim 150$  км от точки приема. Экспериментальные законы спада уровня

звукового поля сравниваются с результатами расчетов, выполненных по лучевой программе А. В. Вагина [10] для двумерно-неоднородной среды (дно-жидкое полупространство).

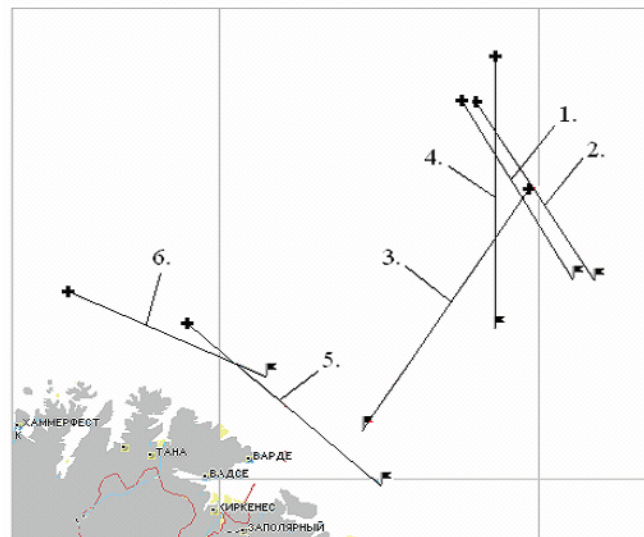


Рис. 2: Взаимное расположение шести трасс дальнего распространения взрывных сигналов, флажок — местоположения приемного судна, крестик — конец трассы

В работах [8, 9] анализируются материалы пятого и шестого опытов, проведенных в мелководной юго-восточной части моря осенью (на расстоянии  $\sim 50$ – $100$  км от берега). Излучающее судно, совершая рейс по трассе, сбрасывало заряды с соответствующими интервалами до тех пор, пока принимающий корабль уже не может обнаружить звук взрыва. При глубине источ-

ника 100 м, прием осуществлялся на глубинах 15, 100, 220 м (в пятом опыте) и 50, 100 м (в шестом опыте). Длина трасс достигала 300 км. Экспериментальные законы спада уровня звукового поля с расстоянием сопоставлялись с расчетами, выполненными в лучевом приближении программе Вагина А. В. [10]. До расстояний  $\sim 250$  км экспериментальный закон изменения звукового поля близок к цилиндрическому закону с дополнительными изменениями, вызванными неполным отражением от дна.

#### А. Условия проведения опытов с взрывными источниками звука

При распространении звука в мелком море спадение уровня звукового поля существенно зависит от характеристик дна. Как правило, при анализе экспериментальных материалов помимо физических (акустических) характеристик донных осадков большое внимание уделяется таким характеристикам дна, как профиль изменения глубины моря вдоль исследуемой трассы. На рис. 3 представлены результаты эхолотных промеров, выполненных во время проведения первого, третьего и четвертого опытов, а также пятого и шестого опытов. Наклон дна практически на всех трассах был заметно меньше  $1^\circ$ . Трасса первого (и второго) опыта пересекала желоб, глубина моря в начале трассы резко увеличивалась с 280 до 370 м, а затем плавно уменьшалась с 370 до 225 м. В третьем опыте при удалении от приемного судна шло увеличение глубины моря, а в четвертом — ее уменьшение. Изменения глубины моря вдоль этих трасс происходили в пределах от 170–180 до 300–350 м. Представленные на рис. 3 результаты эхолотных промеров подтверждают присутствие в районе проведения исследований крупных структурных элементов (подводных возвышенностей и желобов), пересекающих его в разных направлениях, а также существование более мелких неровностей.

При проведении второго опыта в трех точках 250-километровой трассы дальнего распространения были взяты пробы грунта (колонки высотой  $\sim 30$ –60 см). Пробы состояли из вязкого ила серо-зеленого цвета. При проведении третьего опыта научным сотрудником Акустического института С. Б. Аверьяновым измерения характеристик верхних слоев грунта проводились более детально [7]. Пробы грунта брались с помощью прямой грунтовой трубки длиной 4 м (внутренний диаметр 60 мм). При обработке проб измерялись скорость звука, плотность и влажность, определялся гранулометрический их состав. Измерения показали хорошую корреляцию гранулометрического состава верхних слоев грунта с рельефом дна. На банке (начало трассы) осадки представлены крупноалевритовыми, во впадине — мелкоалевритовыми илами. По результатам измерений скорость звука в дне, как правило, увеличивалась с глубиной. При этом градиент скорости звука составил  $\sim 100$  л/с. Скорость звука в верхнем

4-метровом слое грунта изменялась в пределах 1480–1600 м/с, плотность — в пределах 1,5–1,55 г/см<sup>3</sup>.

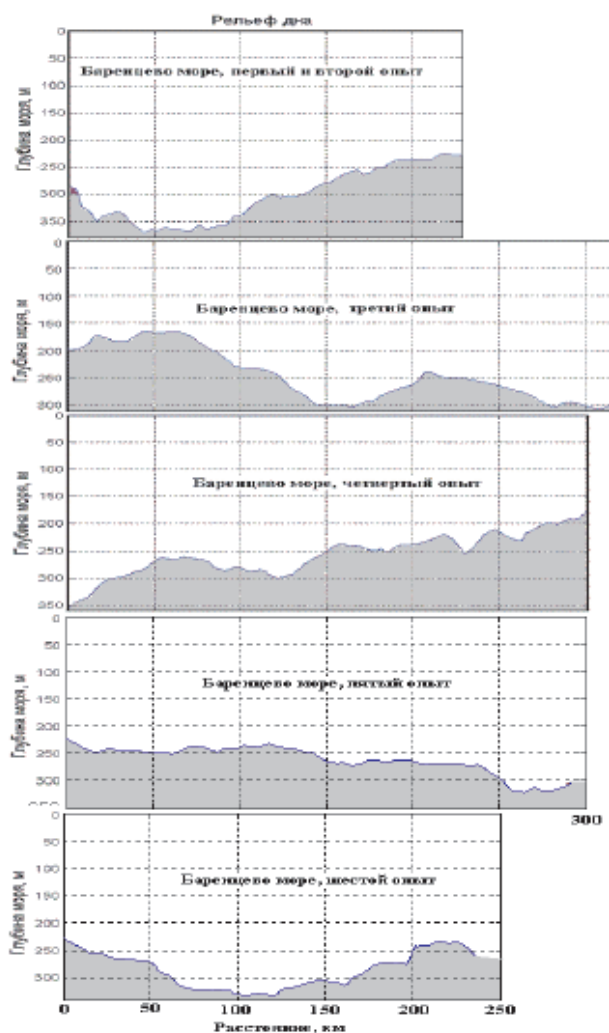


Рис. 3: Результаты эхолотных промеров, выполненных при проведении опытов с взрывными сигналами. (Наклон дна практически на всех трассах был заметно меньше  $1^\circ$ )

Опыты по дальнему распространению взрывных сигналов в Баренцевом море проводились в разные годы (с начала 70-х до конца 80-х гг.). Все опыты проводились в летне-осенних условиях (конец июня — начало сентября месяца). Гидрологические условия при проведении заметно различались. В первом опыте придонный звуковой канал наблюдался на всей исследуемой трассе. В качестве примера на рис. 4 приводится поле скорости звука, построенное по шести профилям изменения скорости звука с глубиной, зарегистрированным на разных расстояниях от приемного судна. Изменения температуры, солености и гидростатического давления производились прибором «Исток-3». Расчет скорости звука по измеренным температуре, солености и давлению выполнялся по формулам Вильсона [12]. Во втором опыте трасса оставалась практически той

же, но гидрологические условия заметно изменились (рис 2). На расстоянии  $\sim 100\text{--}150$  км от точки приема сформировалась фронтальная зона, в которой придонный канал плавно переходил в слабо выраженный подводный звуковой канал [5]. При проведении этого опыта помимо измерений профиля  $C(z)$  в восьми точках по дистанции с помощью обрывных термозондов типа «ТЗО-2» были проведены замеры изменений по глубине температуры воды. В отличие от этих опытов в четвертом опыте слабо выраженный придонный звуковой канал наблюдался по всей трассе. Материалы первого, второго четвертого опытов представлены в виде взрывных сигналов, записанных с большим превышением над шумовой помехой на профессиональных магнитофонах, и затем (в лабораторных условиях) преобразованных в цифровую форму с частотой квантования 10 кГц (с соответствующей антиэлайзинговой фильтрацией).

## 2. НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОПЫТОВ, ПРОВЕДЕННЫХ С ВЗРЫВНЫМИ ИСТОЧНИКАМИ ЗВУКА

На рис. 5 (слева) представлены взрывные сигналы, принятые на расстоянии 1–11 км от источника, четвертый опыт (период пульсации газового пузыря: 25 мс). Результаты расчетов, проведенных в лучевом приближении по программе Тебякина В. П. [13], разработанной для горизонтально-слоистой среды, неплохо согласуются с экспериментом, учитывая тот факт, что изменения глубины моря на этом участке трассы не превышали  $\pm 10$  м при среднем ее значении 345 м.

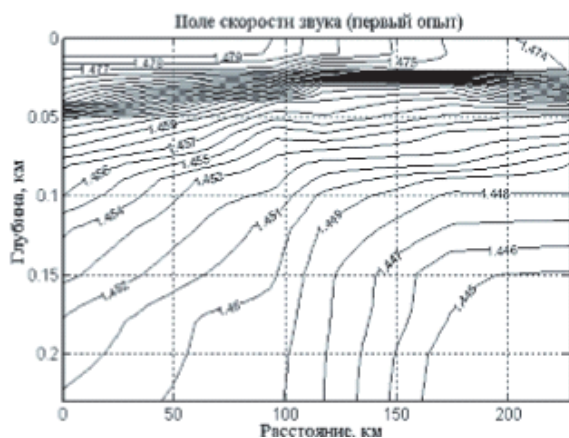


Рис. 4: Поле скорости звука, характеризующее условия распространения звука в первом опыте

В структуре звукового поля точечного источника, формируемой в условиях слабовыраженного ПЗК при подрыве зарядов ВВ на глубине 100 м и расположении приемника на глубине 170 м, водные (не коснувшиеся дна, поверхности) сигналы присутствовали прак-

тически на всей трассе четвертого опыта. За водным сигналом следуют отраженные (рассеянные) от дна-поверхности сигналы. Сигналы соседних лучей различаются на одно отражение от дна. На рисунке (на расстоянии 10,8 км от источника) хорошо просматривается четверка (отмечена знаком «а»), средние сигналы которой испытали 13 отражений от дна. Нетрудно для этой четверки оценить расстояние между соседними касаниями дна, которое составило  $\sim 10,8/12,5 = 0,864$  км. По расчету угол выхода этих сигналов из источника (относительно горизонта) составил около  $+40^\circ$  и  $-40^\circ$ . Пришли они к приемнику с опозданием относительно водного сигнала на  $\sim 2,35$  с. С некоторым опережением относительно этой четверки пришли к приемнику четверки, коснувшиеся дна 12, 11, 10 и т. д. раз. С увеличением числа касания дна заметно уменьшается амплитуда сигналов четверки.

На рис. 5 (справа) представлены взрывные сигналы, принятые на расстоянии 1–11 км от источника в первом опыте. Временная структура этих сигналов формировалась в условиях придонного звукового канала. Период пульсации газового пузыря в этом опыте составил около 40 мс — применялись заряды ВВ большей мощности. В формировании временной структуры сигналов на этом участке трассы также помимо сигналов, отраженных от дна, участвовали чисто водные сигналы.

Структура сигналов в этом опыте заметно отличается от структуры сигналов, формировавшихся в условиях слабовыраженного ПЗК. Принципиальных различий в рельефах дна на этих двух трассах также отмечено не было. Структура сигналов в условиях придонного звукового канала заметно отличается от структуры сигналов, формировавшихся в условиях слабовыраженного ПЗК. Если в многолучевых сигналах четвертого опыта четверки сигналов отраженных от дна хорошо разделяются между собой вплоть до 11 км, то в многолучевых сигналах первого опыта начиная с 5–6 км сигналы, отраженные от дна, практически не разделяются между собой. В первом опыте сигналы, отраженные от дна следуют сплошным потоком непосредственно за водным сигналом, уменьшаясь по амплитуде по мере увеличения числа отражений от дна. Длительность многолучевого сигнала в четвертом опыте на ближних расстояниях от источника заметно превышает длительность сигнала на тех же расстояниях в первом опыте.

На рис. 6 представлены взрывные сигналы, принятые в первом и четвертом опытах на расстоянии от источника с 10 км до 160 км (с шагом  $\sim 10$  км). Водные сигналы в четвертом опыте исчезают лишь на расстоянии, превышающем  $\sim 125\text{--}135$  км от источника. К приемнику эти сигналы приходят первыми. Они существенно превышают сигналы, отраженные от дна. За водными сигналами следуют слабые (по сравнению с ними) сигналы, отраженные от дна и поверхности, плавно спадая по уровню. В первом опыте на этих расстояниях от источника водные сигналы отсутствуют. Многолучевой сигнал состоит только из сигналов, отраженных

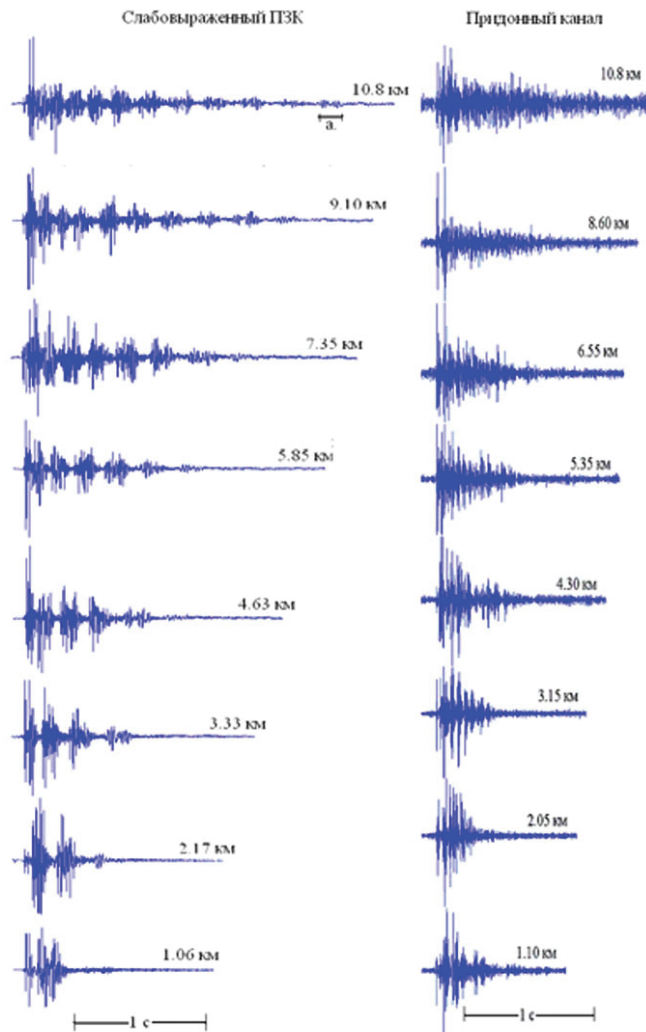


Рис. 5: Структура сигналов, принятых на малом расстоянии от источника, в условиях слабого ПЗК (глубине источника 100 м, глубине приема 170 м), а также в условиях придонного канала (глубине источника 100 м, глубине приема 150 м)

от дна-поверхности. По сравнению с сигналами четвертого опыта они выглядят более мощными (если не учитывать коэффициентов усиления приемных систем) и более протяженными во времени.

На рис. 7 представлены спектры взрывных сигналов, принятых в четвертом (в условиях слабовыраженного ПЗК) и в первом опытах (в придонном звуковом канале) и одной той же глубине подрыва, равной 100 м. Здесь, по оси абсцисс показана частота в диапазоне 0,0–0,5 кГц в линейном масштабе, и по оси ординат — амплитуда взрывного сигнала в степенях десяти. Характерной чертой спектров многолучевых взрывных сигналов является их модуляция, обусловленная двухимпульсностью исходного зондирующего сигнала — ударная волна и импульс первой пульсации газового пузыря. Вес заряда в первом опыте ~ в 10 раз превышал вес заряда в четвертом опыте. Период пульсации

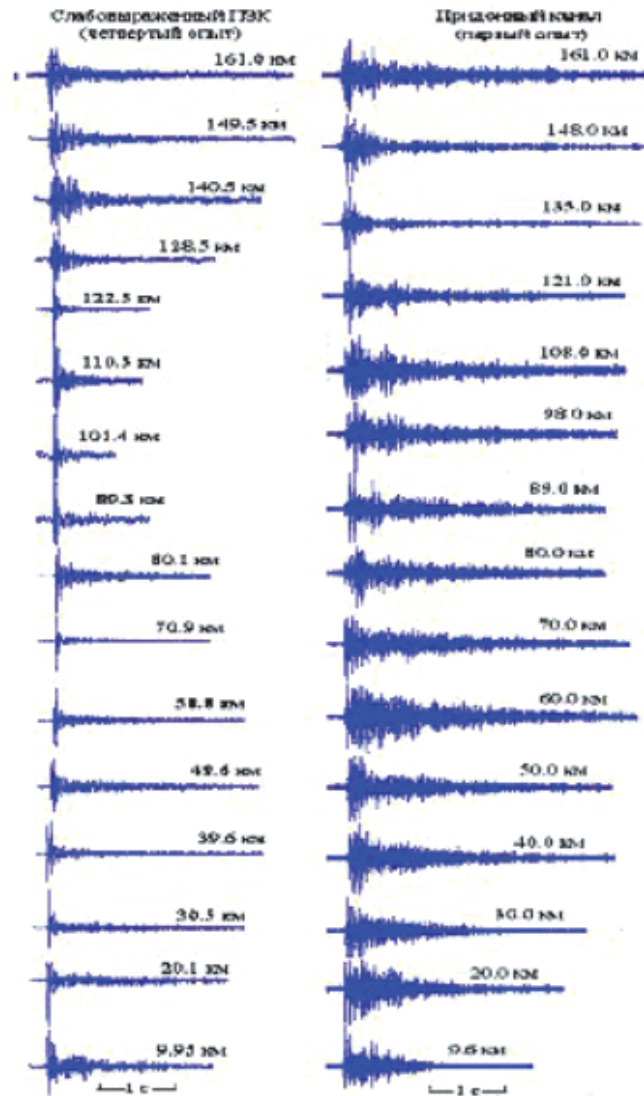


Рис. 6: Структура сигналов, зарегистрированных в опытах на удалении от источника до 160 км. Сигналы — в условиях слабого ПЗК — (глубине источника 100 м, глубине приема 170 м, четвертый опыт), а также в условиях придонного канала (глубине источника 100 м, глубине приема 150 м, первый опыт)

газового пузыря пропорционален кубическому корню от веса заряда [14]. Период модуляции спектра в свою очередь обратно пропорционален периоду пульсации.

Таким образом, период модуляции спектра в четвертом опыте (40 Гц) несколько больше, чем в два раза превышает период модуляции спектра взрывов (19 Гц), принятых в первом опыте. Модуляция спектров наблюдается как в условиях слабовыраженного ПЗК, так и в условиях придонного канала, когда все сигналы, приходящие к приемнику, претерпевают многократные отражения от дна и взволнованной поверхности океана. Нельзя не отметить существенное различие в изменениях с расстоянием наклона спектров сигналов чет-

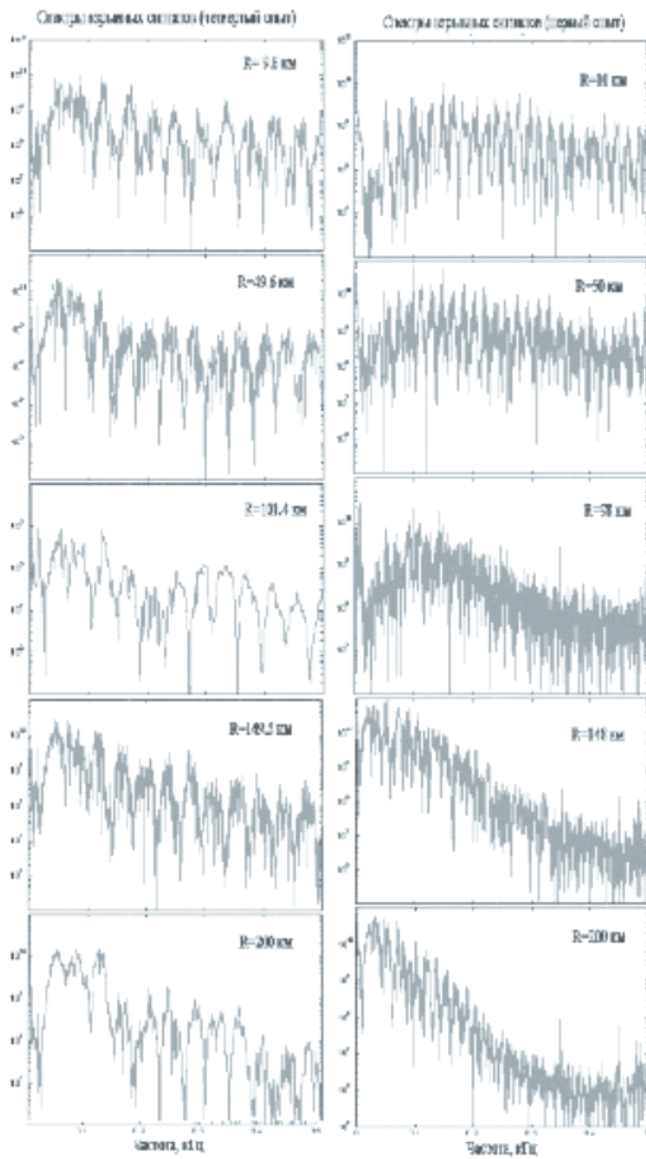


Рис. 7: Спектры взрывных сигналов, принятых в четвертом и первом опытах, при слабовыраженном ПЗК и придонном звуковом канале (глубине источника 100 м)

вертого и первого опытов.

Существенное различие в наклоне спектров четко проявляется на больших расстояниях от источника. Это различие связано с частотно-зависимыми потерями при распространении взрывного сигнала в разных условиях (слабовыраженный ПЗК в четвертом и придонный канал в первом опытах).

### 3. ЗАВИСИМОСТИ СПАДАНИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ ЗВУКОВОГО ПОЛЯ С РАССТОЯНИЕМ

На рис.8 приведены результаты четвертого опыта, зарегистрированные после спектрального анализа в третьооктавных частотных полосах 100 Гц, 200 Гц, 400 Гц (до 300 км), скорректированные на цилиндрический закон спада уровня звукового поля с расстоянием от источника. Обработка полученных экспериментальных данных производилась с помощью интегратора уровня. Дно и изменяющиеся профили  $C(z)$  оказывают существенное влияние на энергетические характеристики звуковых полей. Распределение различного вида осадков по акватории Баренцева моря по материалам, представлено в работе Кленовой [11]. Исходя из количества частиц  $< 0,01$  мм, были выделены следующие типы осадков: песок с количеством фракции  $< 0,01$  мм до 5%, илистый песок 5–10% мелкой фракции, песчанистый ил 10–30%, ил 30–50%, глинистый ил свыше 50% частиц  $< 0,01$  мм. В районах проведения основных исследований (1-5 трассы), согласно классификации [11], преобладают песчанистые илы.

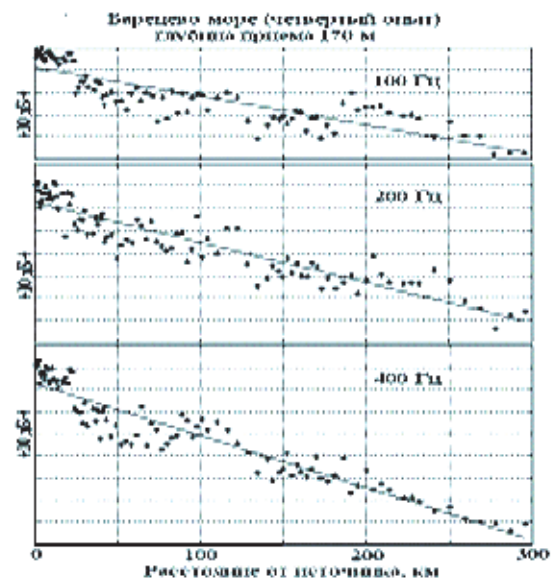


Рис. 8: Спады с расстоянием уровня звукового поля, скорректированного на цилиндрический закон геометрического расхождения (по результатам четвертого опыта)

На рис.9 приведены законы спада звукового поля для экспериментальных данных полученных в пятом опыте, горизонт приема 100 м (точки), и расчетных зависимостей интенсивности для двух типов грунта: «песчанистого ила» — верхняя кривая и «илистого песка» — нижняя кривая. Здесь, показаны цилиндрический и сферический законы геометрического расхождения.

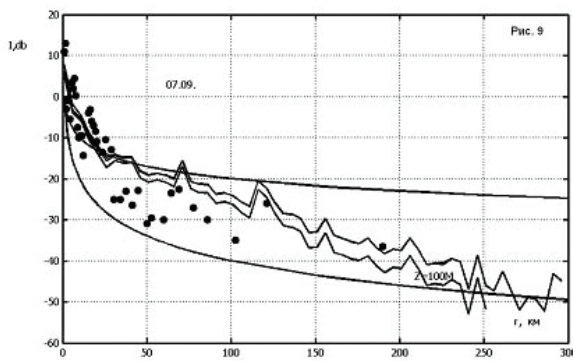


Рис. 9: Законы спадания звукового поля для экспериментальных данных, полученных в пятом опыте, горизонта приема  $z = 100$  м, (точки), расчетных зависимостей для двух типов грунта: «песчанистого ила» — верхняя кривая и «илистого песка» — нижняя кривая. Здесь, показаны цилиндрический и сферический законы спада, верхняя линия и нижняя линия, соответственно

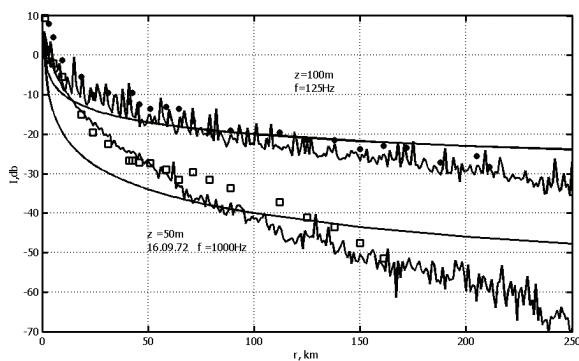


Рис. 10: Спадания звукового поля для экспериментальных данных, полученных в шестом опыте для частоты 1000 Гц, горизонта приема  $z = 50$  м — квадраты и для частоты 125 Гц,  $z = 100$  м — точки. Цилиндрический и сферический законы спада — верхняя линия и нижняя линия

Для придонного звукового канала (пятого и шестого опытов) расчетные зависимости спада звукового поля от расстояния сформированы в результате сложения большого числа лучей, и подчиняются определенным законам, скорость спада которых зависит не только от профиля скорости звука, глубины моря и параметров грунта, но и от количества отражений от границ. Во время проведения работ волнение моря достигало пяти баллов (ветер — до 12 м/с).

Для шестого опыта и двух горизонтов приема 50 и 100 м, горизонт излучения, по-прежнему, 100 м, двух частот: 125 и 1000 Гц, грунт — «песок», на рис. 10 показаны законы спадания звукового поля в зависимости от расстояния.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сопоставление экспериментальных зависимостей звукового поля для различных горизонтов приема и различных частот показывает, что на дальних расстояниях от источника, в зависимости от профиля скорости звука, остаются лучи с меньшими кратностями отражения. При этом общее число лучей, приходящих в точку приема, растет и увеличивается их кратность отражения (хотя многократно отраженные лучи вносят маленький вклад в звуковое поле), уровень поля уменьшается (как в спектрах взрывных сигналов на больших расстояниях от источника) за счет утечки энергии в дно.

В заключение выражаем благодарность канд. физ.-мат. наук, старшему научному сотруднику Микрюкову Андрею Васильевичу и старшему научному сотруднику Попову Олегу Евгеньевичу за помощь в работе и проведение расчетов.

- [1] Суховой В.Ф. Моря мирового океана. (Л-д: Гидрометеоздат, 1986). 288 с.
- [2] Залогин Б.С., Косарев А.Н. МОРЯ. (М.: «Мысль», 1999). 400 с.
- [3] Кленова М.В. Баренцево море. В кн. «Океанографическая энциклопедия» (Л-д: Гидрометеоздат, 1974). 632 с.
- [4] Кленова М.В. Современное осадкообразование в Баренцевом море. В кн. Современные осадки морей и океанов. С. 419. (М.: из-во АН СССР, 1961).
- [5] Вадов Р.А. Акуст. журнал. **49**, № 6. С. 751. (2003).
- [6] Агеева Н.С., Крупин В.Д., Перельгин В.П., Студеничник Н.В. Акуст. журнал. **40**, № 2. С. 181. (1994).
- [7] Студеничник Н.В. Влияние дна Баренцева моря на низ-

- кочастотные звуковые поля. // Акуст. журнал. **42**, № 1. С. 134. (1996).
- [8] Абакумова Н.К. Затухание звука в мелком море при отрицательном градиенте скорости звука. IX Всесоюзная акуст. конференция, доклады, секция Д, С. 5. (АН СССР, М., 1977)
- [9] Абакумова Н.К. Вопросы судостроения, сер. Акустика. вып. 11. С. 46. (1978).
- [10] Вагин А.В. Расчет лучевых картин, суммарного звукового поля в точке, его угловой, временной, фазовой и энергетической структуры в двумерно-неоднородной среде. Отчет АКИН, (М., 1974). 63 с.
- [11] Галкин О.П., Швачко Л.В. Акуст. журнал. **51**, № 3. С. 342. (2005).

[12] *Wilson W.D.* J. Acoust. Sos. Amer. **32**, N 10 P.1357 (1960).

[13] *Тебякин В.П.* Raymod52 — базовый комплекс программ для вычисления звуковых полей в слоистонеднородном океане лучевым методом. Отчет АКИН,

1990.

[14] *Койл Р.* Подводные взрывы. (М.: Из-во Иностран. лит., 1950).

## Long-range acoustic propagation in the Barents Sea

**R.A. Vadov**, **N.K. Abakumova**

*N.N. Andreev Institute of Acoustic of Russian Academy of Sciences*

*E-mail: <sup>a</sup>aba\_nin@mail.ru*

In the Barents Sea in summer-autumn requirements repeatedly per different years (since 1972 to 1989) an experience on long-range diffusion of explosive and tone signals including of research courts of the Institute of Acoustic of Russian Academy of Sciences were put. On materials of these experience the analysis of spatial — energy and time frame of sound fields is conducted, losses of sound energy in ground adjournment are estimated and its frequency dependence, the opportunities of build-up of acoustic model of a bottom compounded with effects of conducted experience are discussed.

PACS: 43.30.XM

Keywords: the Barents Sea, the sound speed profiles, sound fields.

Received 17.11.2014.

### Сведения об авторах

1. **Вадов Ромуальд Анатольевич** — канд. физ.-мат.наук, старший научный сотрудник.

2. **Абакумова Нина Константиновна** — научный сотрудник; тел.: (499) 463-21-71, E-mail: aba\_nin@mail.ru.