

УДК 551.463

НЕКОТОРЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ДАННЫЕ  
О ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ АНИЗОТРОПИИ РЕВЕРБЕРАЦИИ

© 1997 г. Р. А. Вадов, Д. В. Гужавина, С. И. Дворников

Акустический институт им. Н.Н. Андреева  
117036 Москва, ул. Шверника, 4

Поступила в редакцию 06.02.96 г.

Описываемые эксперименты, целью которых являлось изучение характеристик подводной реверберации в зависимости от угла наблюдения в широком диапазоне азимутальных углов, охватываемых диаграммой направленности приемной антенны, были проведены в марте–апреле 1992 года. Приемная антенна располагалась неподвижно у дна шельфовой зоны при выходе из берегового клина. В качестве источника звука использовался стационарно установленный на дне вблизи от приемной системы ненаправленный тонально-импульсный излучатель. Излучались сигналы частотой несколько сотен Герц и длительностью несколько секунд. Реверберационные сигналы регистрировались по 80 пространственно разнесенным каналам, перекрывающим азимутальные углы от  $120^\circ$  до  $210^\circ$ . Диаграмма направленности приемной системы, соответствующая одному каналу, составляла примерно  $2^\circ$ . Гидролого-акустические условия во время экспериментов соответствовали зимним условиям распространения звука, характеризующимся наличием сформировавшегося приповерхностного канала (см. рис. 1). После согласованной фильтрации принятых сигналов, выполненной на ЭВМ "PLURIMAT" была получена картина азимутальной зависимости уровня реверберации, представленная на рис. 2.

Как видно из записей, временные зависимости уровней реверберации, начинающиеся примерно на 10 с после излучения сигнала сильно изрезаны, перепады в уровнях реверберации по отдельным направлениям достигают 20–30 дБ. Наблюдается также значительная азимутальная зависимость уровней реверберации. Так, на азимутальных углах  $120^\circ$ – $160^\circ$  довольно сильный (40–50 дБ) реверберационный сигнал, уменьшающийся с увеличением азимутального угла, наблюдался до дистанции 30–40 км. Такая сильная засветка этих "восточных" каналов приемной системы происходит, по-видимому сильным сигналом, отраженным от берегов каньона, расположенного к северу от точки приема (за счет бокового поля антенны).

Сигналы, принятые с азимутальных направлений  $170^\circ$ – $190^\circ$ , отличаются большой локализацией не только по дистанции, но и по пространственно-разнесенным каналам. С помощью построения эллипсов рассеяния для различных отрезков времени и данной конфигурации приемной и излучающей систем все локальные выбросы на кривых спада уровня реверберации были поставлены в соответствие с участками крутой части материкового склона, интенсивно рассеивающими звук. Таким образом, проведенные эксперименты показали, что рельеф дна является одной из основных причин азимутальной анизотропии распространения звука в прибрежных районах океана. Полученные результаты согласуются с исследованиями, результаты которых изложены в работе [1].

Для последующего анализа было проведено сглаживание огибающих суммы реверберации и шумовой помехи на временном интервале 5 с при разных направлениях распространения звука (для

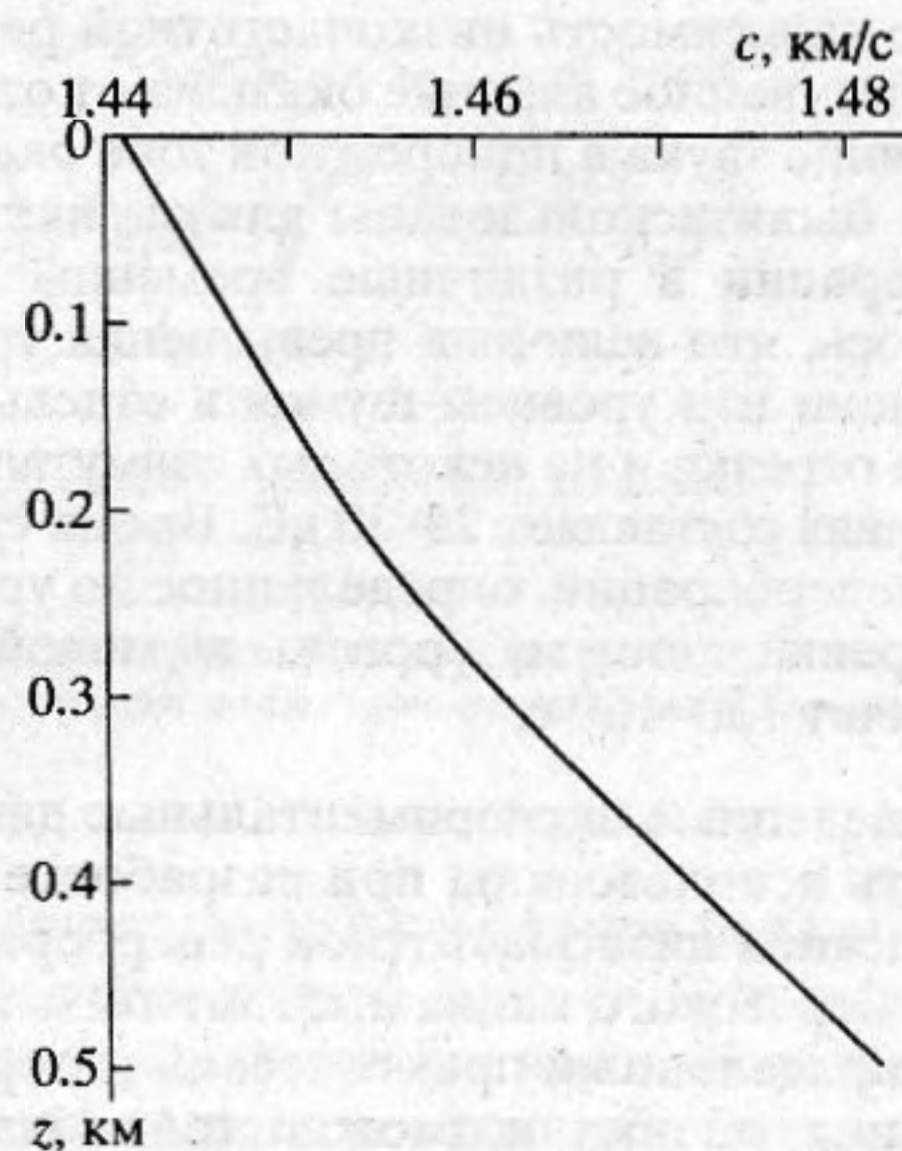


Рис. 1. Профиль изменения скорости звука с глубиной, характерный для района и времени проведения эксперимента.

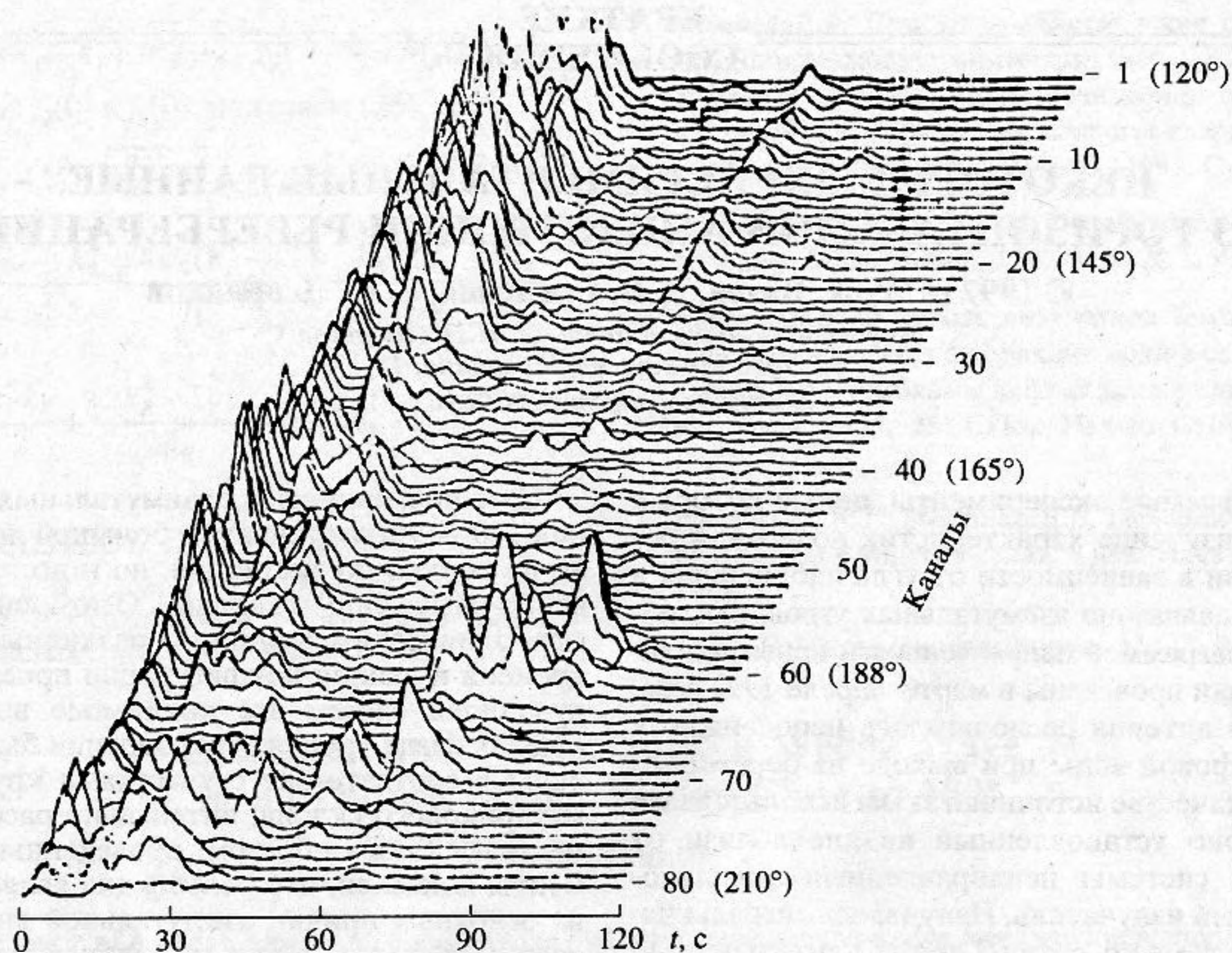


Рис. 2. Азимутальная анизотропия реверберационного сигнала.

условий практически совмещенного излучения и приема). На сглаженных кривых отчетливо просматриваются характерные особенности поведения временных зависимостей реверберационного процесса, отмеченные выше. Как показали результаты обработки полученных данных, на временную зависимость низкочастотной реверберации существенное влияние оказывают отражение и рассеяние звука в прибрежной зоне океана. Эти данные были использованы для оценки уровней реверберации в различные временные отрезки. Оказалось, что величина превышения уровня реверберации над уровнем шумов в отдельные временные отрезки и на некоторых азимутальных направлениях составляет 25–30 дБ. Время существования реверберации, определенное по уровню, на 6 дБ превышающему уровень шумовой помехи, составляет 150–160 с.

Приведенные экспериментальные данные могут быть использованы при разработке моделей для описания низкочастотной реверберации в условиях берегового клина и, кроме того, представляют определенный практический интерес с точки зрения оценки возможностей обнаружения подводных объектов и дальности действия различных гидроакустических комплексов. Экспериментальные исследования, проведенные с це-

лью изучения физической природы и особенностей подводной реверберации, показали, что в прибрежном океане доминирующую роль в формировании реверберации играют процессы отражения и рассеяния звука на поднятиях дна окружающей акватории [1]. Установлено, что даже при сильном ветре основным источником реверберации является рассеяние звука на морском (океанском) дне.

Большой уровень реверберационной помехи, сильно затрудняющий в некоторых случаях работу гидроакустических комплексов, заставляет искать пути его снижения. Кроме обычно рекомендуемых способов снижения реверберационной помехи (подавление бокового поля приемной антенны, уменьшения ширины диаграммы направленности, оптимизации выбора мест постановки излучающей и приемной антенн и др.) существует еще метод уменьшения уровня реверберации при обработке сигналов. Этот метод основан на том, что в некоторых случаях, при медленно меняющихся гидрологических характеристиках морской среды, при постоянных зондирующих импульсах и при неподвижном излучателе и приемнике, форма реверберационного сигнала, обусловленного рассеянием на дне, будет повторяться от реализации к реализации, что позволя-

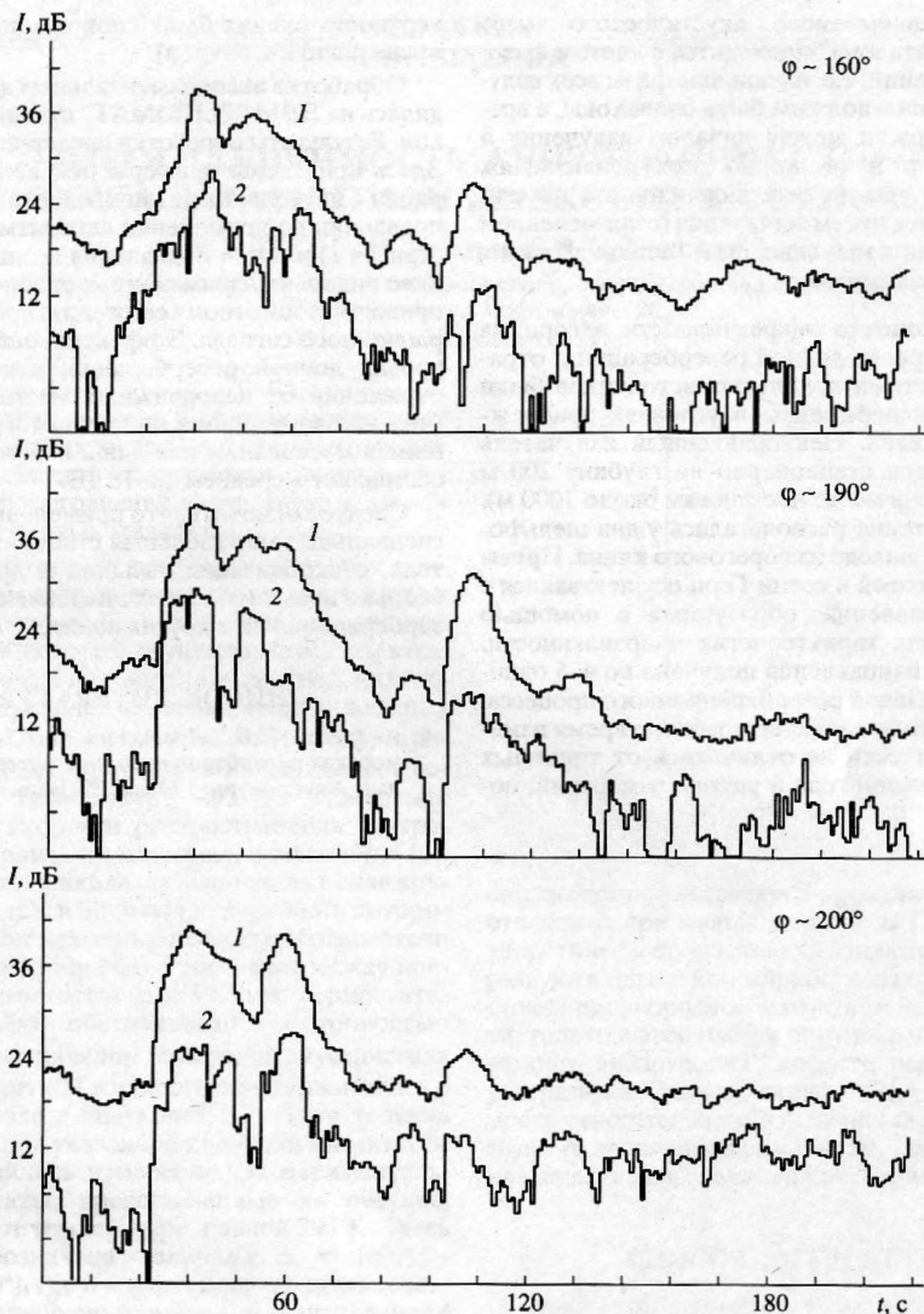


Рис. 3. Примеры огибающих реверберации при различных азимутальных направлениях приема. 1 – огибающая реверберации до применения алгоритма подавления, 2 – огибающая реверберации после применения алгоритма подавления.

ет скомпенсировать при обработке детерминированную составляющую реверберации.

Алгоритм подавления отражений от местных предметов (скал, берега, донных поднятий и т.п.) и детерминированной составляющей донной реверберации включает в себя получение “эталона” – детерминированной части рассеянного поля. При

этом желательно максимальное подавление случайной составляющей сигнала. Это осуществляется путем усреднения возможно большего количества однотипных реализаций. Тогда случайная составляющая в пределе будет стремиться к нулю. Полученный таким образом “эталон” представляет собой детерминированную состав-

ляющую принимаемого акустического поля. Получение "эталона" проводится с учетом фазовых соотношений, т.е. начальные фазы всех излучаемых сигналов должны быть одинаковы, а временные задержки между началом излучения и приемом одни и те же во всех реализациях. Уменьшение уровня реверберационной помехи осуществляется путем вычитания (с применением синхронизации начальных фаз) "эталона" из исследуемой реализации.

С целью оценки эффективности алгоритма подавления уровня донной реверберации и отражений от местных локальных источников были проведены эксперименты в условиях прибрежной зоны океана. Ненаправленный излучатель был установлен стационарно на глубину 200 м (глубина моря в месте постановки около 1000 м). Приемная антенна располагалась у дна шельфовой зоны при выходе из берегового клина. Прием сигналов частотой в сотни Герц осуществлялся с разных направлений, образуемых с помощью формирователя характеристик направленности. Для каждого направления получено по 4–5 однотипных реализаций реверберационного процесса. Гидрологические характеристики во время измерений практически не отличались от типичных для этого времени года и района измерений; по-

верхность океана была спокойная (волнение не превышало 2-х баллов).

Обработка экспериментальных данных проводилась на ЭВМ "PLURIMAT" стандартным методом. Результаты обработки представлены на рис. 3. Здесь приведены примеры огибающих реверберации с нескольких различных азимутальных направлений до применения алгоритма подавления (кривая 1) и после подавления (кривая 2). Отчетливо видно, что применение подобной обработки приводит к заметному снижению уровня реверберационного сигнала. Эффективность подавления уровня донной реверберации, а также уровня отражений от неподвижных местных поднятий материкового склона, оцененная по всем имеющимся материалам для данной серии измерений составляет в среднем 12–18 дБ.

Следует отметить, что применение некоторых специальных мер (большая стабилизация излучателя, синхронизация посылок и др.) может несколько повысить эффект подавления уровня реверберационных и других помех.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андреева И.Б., Луповский В.Н. Бистатистическая морская реверберация вблизи материкового склона // Акуст. журн. 1993. Т. 39. Вып. 4. С. 565–574.