

**XXIV научная конференции по радиофизике,  
посвященная 75-летию радиофизического факультета**

**Эксперименты по реконструкции параметров донных  
слоев в Черном море при использовании когерентных  
сейсмоакустических импульсов в присутствии  
реверберационных помех и шумов судоходства**

В.И. Калинина<sup>2)</sup>, А.И. Хилько<sup>1,2)</sup>, А.И. Малеханов<sup>1,2)</sup>

*1) ННГУ им. Н.И. Лобачевского*

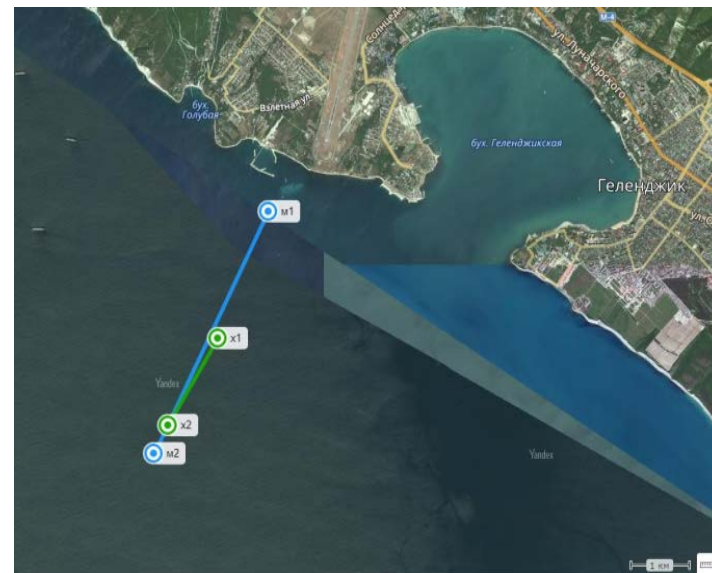
*2) Институт прикладной физики РАН*



# Анализ системы наблюдения



НИС «Аквамарин»



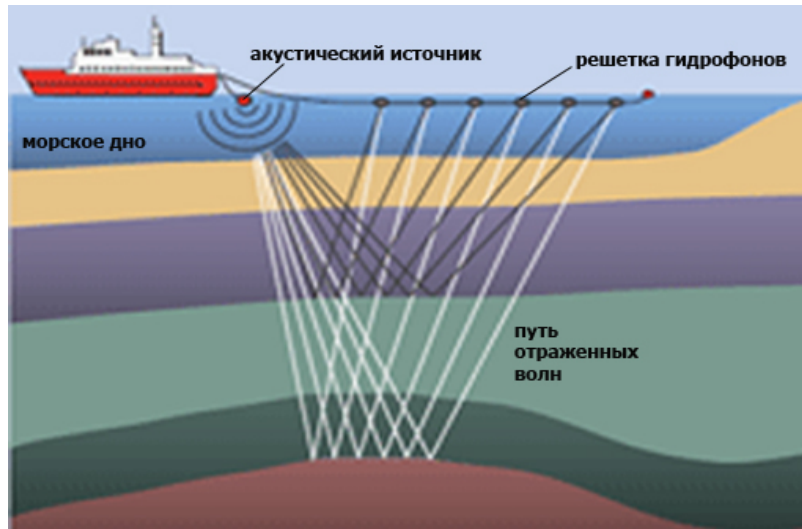
Галс при когерентном сейсмопрофиле в Черном море (зеленая линия)

Проведение постановки излучателя в подводное положение



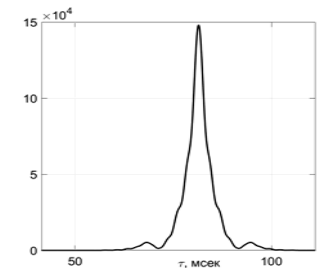
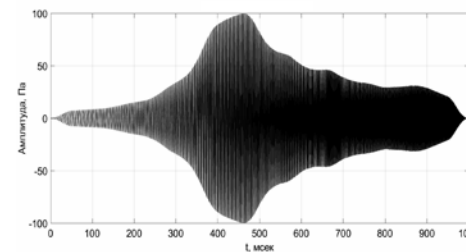
Постановка приемной косы для проведения профилирования

# Анализ системы наблюдения

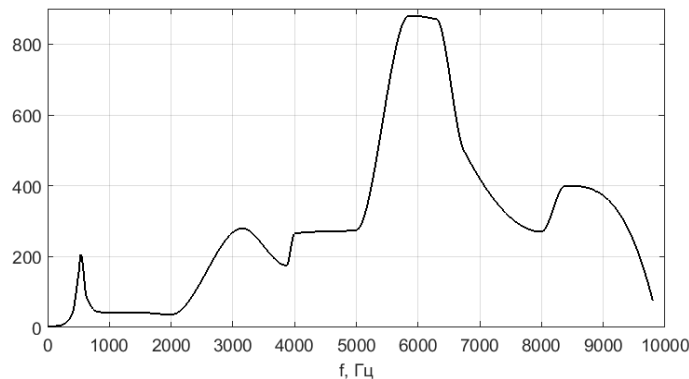


## УСЛОВИЯ И ПАРАМЕТРЫ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

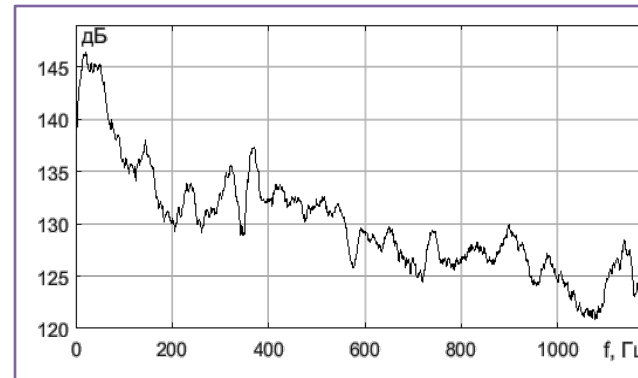
1. Излучатель на глубине 20 метров
2. Сейсмокоса из 16 гидрофонов, расположенных с шагом 1.5 метра, на глубине 17.5 метров и расстоянии 5 метров от НИС
3. Скорость буксировки 3 узла
4. Излучались ЛЧМ импульсы в интервале от частот 200 Гц до 8 кГц, длительностью от 1 сек с периодом 1.5 сек
5. Мощность излучения от 50 до 100 Вт
6. Входной С/Ш при измерениях составлял величину от 0 до -5 дБ
7. Глубина места в районе измерений порядка 44 – 52 м



## АЧХ акустического излучателя, полученная при морских испытаниях в широком частотном диапазоне

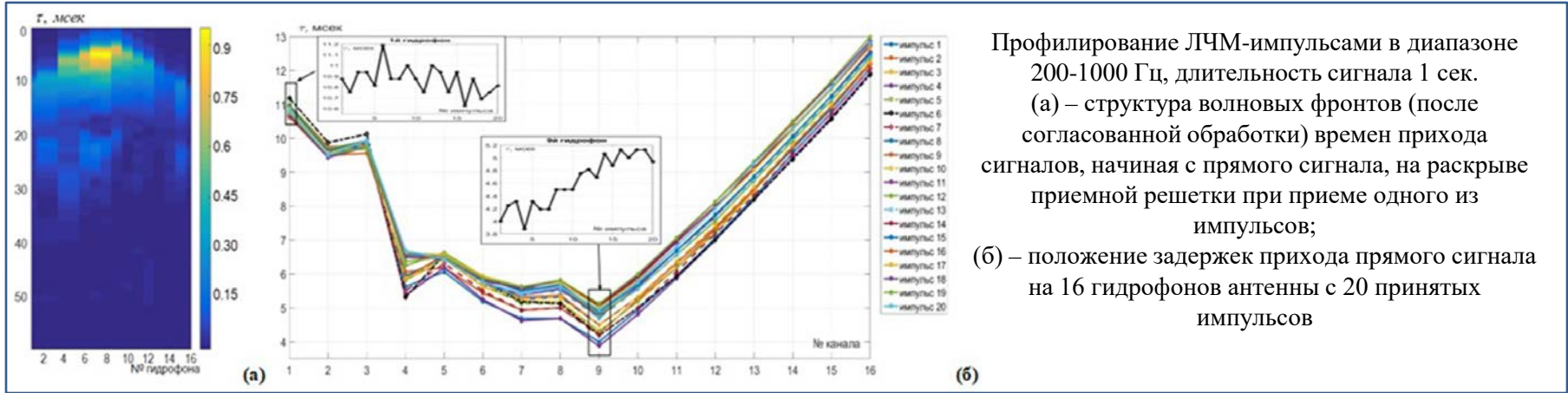


Тестовый сигнал, полученный с учетом измеренной АЧХ излучателя в полосе от 200 до 1000 Гц и соответствующий ему импульсный отклик согласованного фильтра

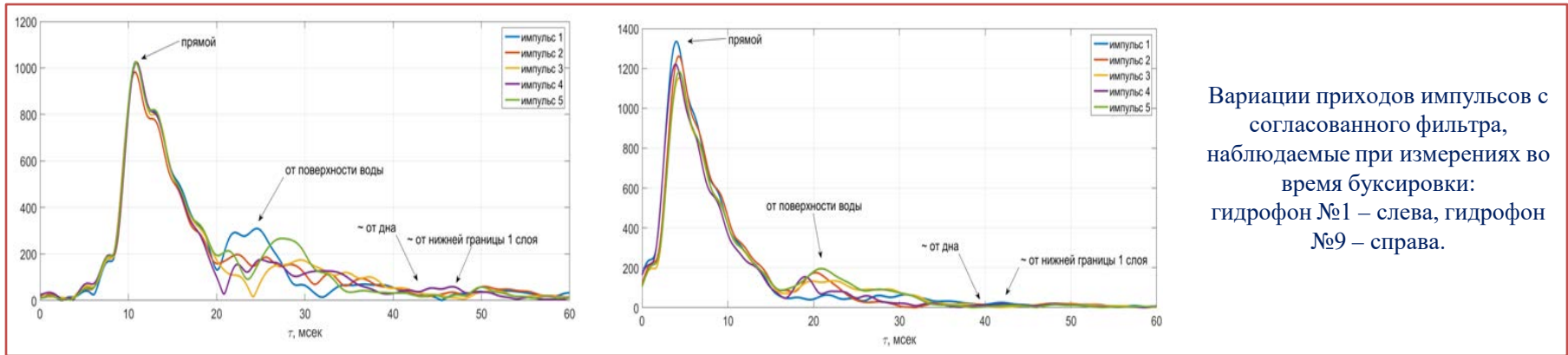


Структура спектра шумов буксировщика

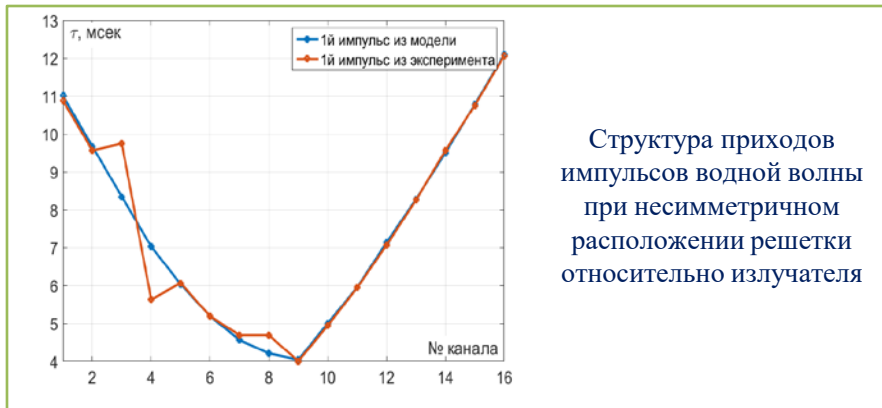
# Анализ системы наблюдения



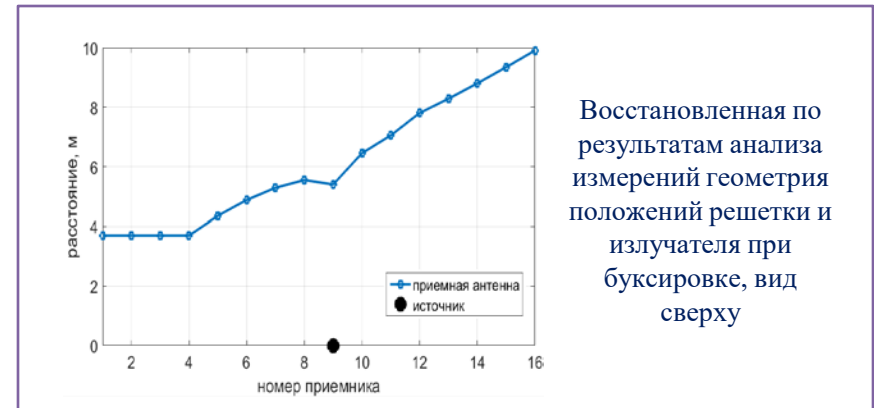
Профилирование ЛЧМ-импульсами в диапазоне 200-1000 Гц, длительность сигнала 1 сек.  
 (а) – структура волновых фронтов (после согласованной обработки) времен прихода сигналов, начиная с прямого сигнала, на раскрыве приемной решетки при приеме одного из импульсов;  
 (б) – положение задержек прихода прямого сигнала на 16 гидрофонов антенны с 20 принятых импульсов



Вариации приходов импульсов с согласованного фильтра, наблюдаемые при измерениях во время буксировки: гидрофон №1 – слева, гидрофон №9 – справа.



Структура приходов импульсов водной волны при несимметричном расположении решетки относительно излучателя

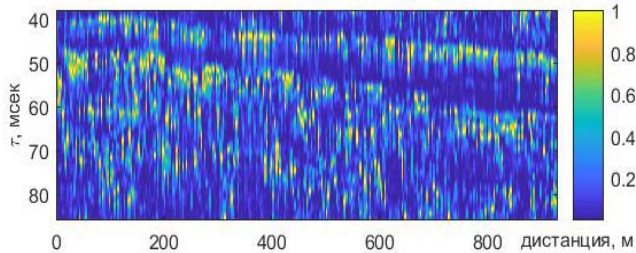


Восстановленная по результатам анализа измерений геометрия положений решетки и излучателя при буксировке, вид сверху

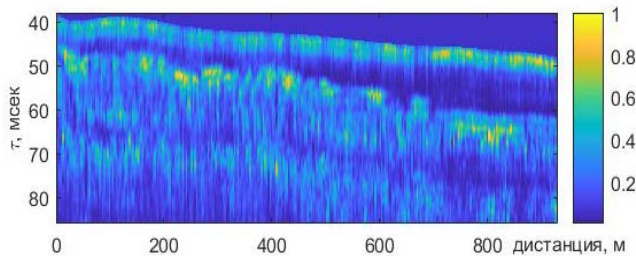
# Возможности устранения реверберационных помех и реконструкция донных слоев в районе полигона в Черном море, полученных когерентным акустическим излучателем мощностью 100 Вт с широкополосными ЛЧМ импульсами и частотно-пространственно-временным накоплением

ЛЧМ,  $\Delta f=200-1000$  Гц,  $T=1$  сек

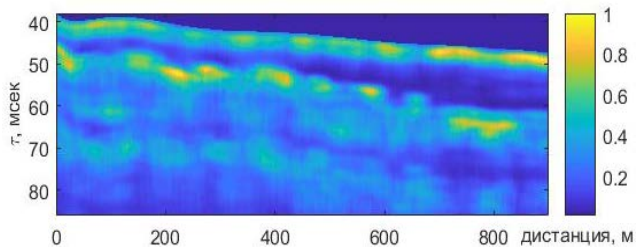
1 гидрофон, выход согласованного фильтра



Когерентное накопление по антенне

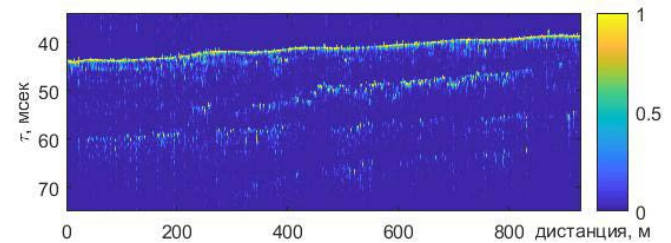


Когерентное траекторное накопление

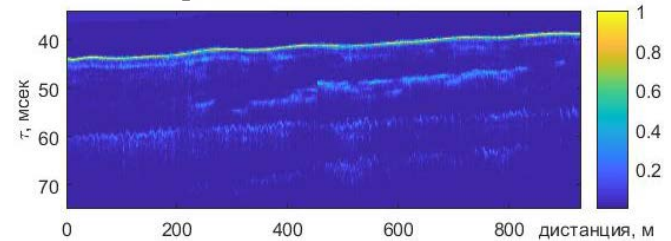


ЛЧМ,  $\Delta f=200-8000$  Гц,  $T=0.5$  сек

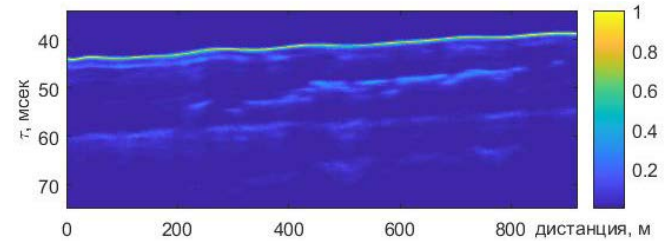
1 гидрофон, выход согласованного фильтра



Когерентное накопление по антенне



Когерентное траекторное накопление



После обработки отношение С/Ш выросло на величину порядка 30 дБ

## **Выводы**

Проанализированы результаты сейсмоакустического импульсного зондирования морского дна в мелководном районе Черного моря в присутствии реверберационных помех и шумов судоходства при буксировке в подводном положении когерентного излучателя и горизонтальной приемной решетки.

Исследовано влияние пространственных флуктуаций гидрофонов при их буксировке с меняющейся во времени скоростью. Показано, что при пространственных вариациях элементов системы сейсмоакустического зондирования морского дна порядка нескольких длин волн поля излучения, возникают интерференционные помехи, ослабляющие эффективность когерентного накопления сейсмоакустических сигналов. Рассмотрены возможности устранения таких помех.

Показано, что при зондировании морского дна в мелководных районах отклики, соответствующие границам донных слоев маскируются шумами корабля-буксировщика, а также реверберацией, возникающей при рассеянии зондирующих сейсмоакустических импульсов на шероховатостях донной поверхности.

Показано, что применение процедур когерентного накопления сигналов позволяет повышать отношение сигнал/шум и выявлять границы, ранее маскируемые помехами.