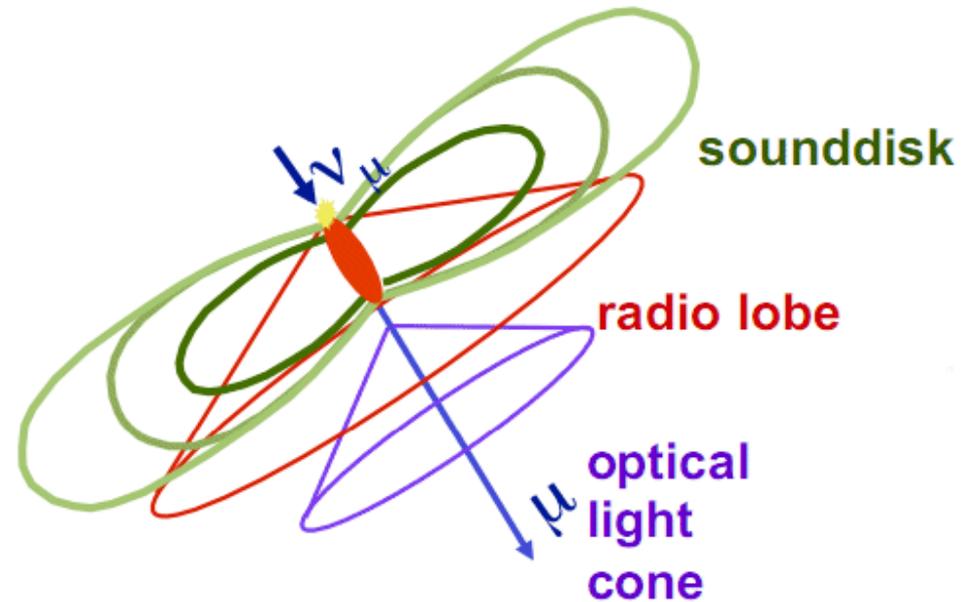


Исследования по акустическому детектированию нейтрино

*Лаборатория новых методов
детектирования нейтрино и других
элементарных частиц ИЯИ РАН*

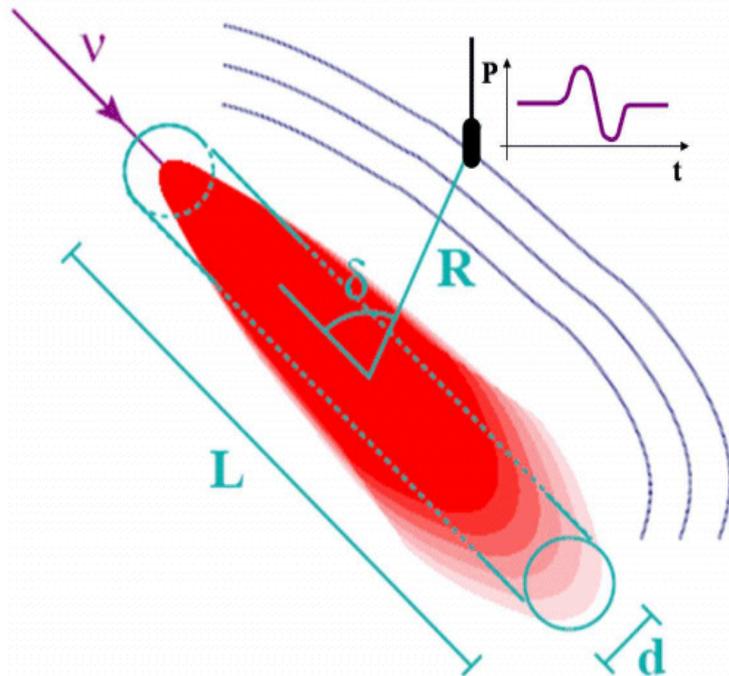
Детектирование нейтрино сверхвысоких энергий

- изучение взаимодействия нейтрино с нуклонами и электронами при энергиях, недоступных современным ускорителям
- внегалактические нейтрино высоких энергий – уникальный источник информации о процессах в глубинах Вселенной



1976 г. Г. Аскарьян, И. Долгошеин и Р. Боуэн предложили акустический метод детектирования нейтрино высоких энергий в океане, позволяющий существенно увеличить полезный объем детектора

термоакустическая модель генерации звука [1]



$$p = \Upsilon (E/R) M' \quad \Upsilon = v_s^2 (k/C_p)$$

$$M' = (f^2/2)(\sin x/x) \quad f = v_s/(2d)$$

$$x = (\pi L/2d)(\sin \delta)$$

p - амплитуда давления

Υ - коэффициент Грюнайзена

E - энергия каскада

R - расстояние до источника ,

k - коэффициент теплового расширения,

C_p - теплоёмкость

v_s - скорость звука,

f - частота,

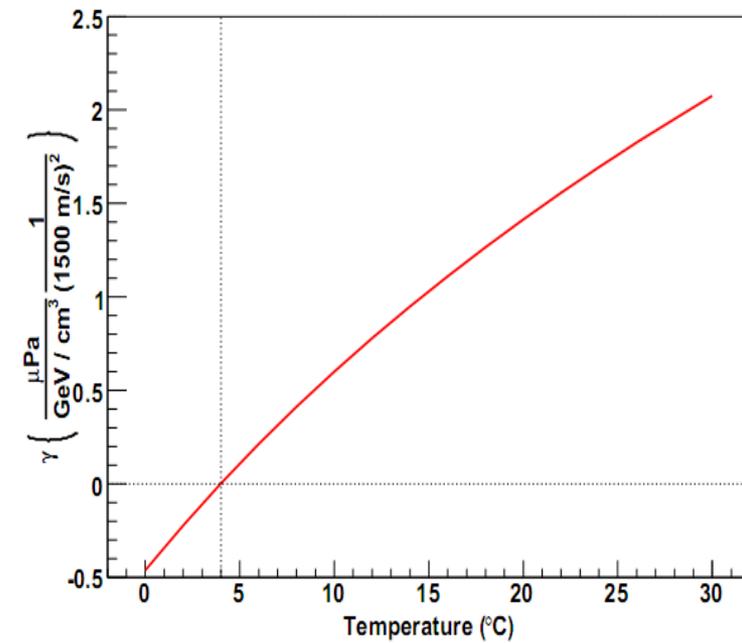
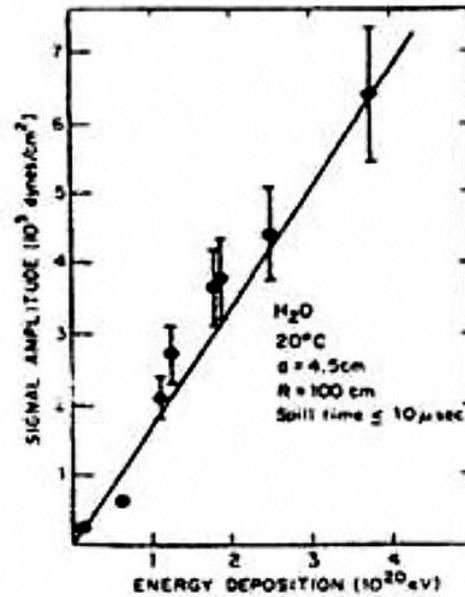
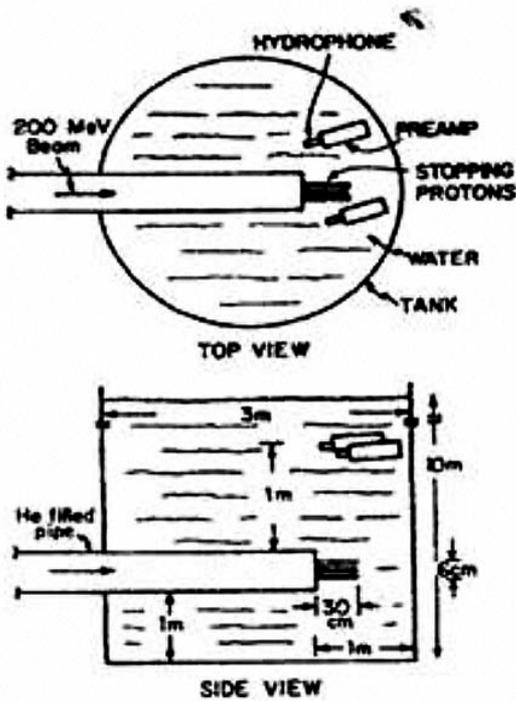
d - диаметр каскада

L - длина каскада

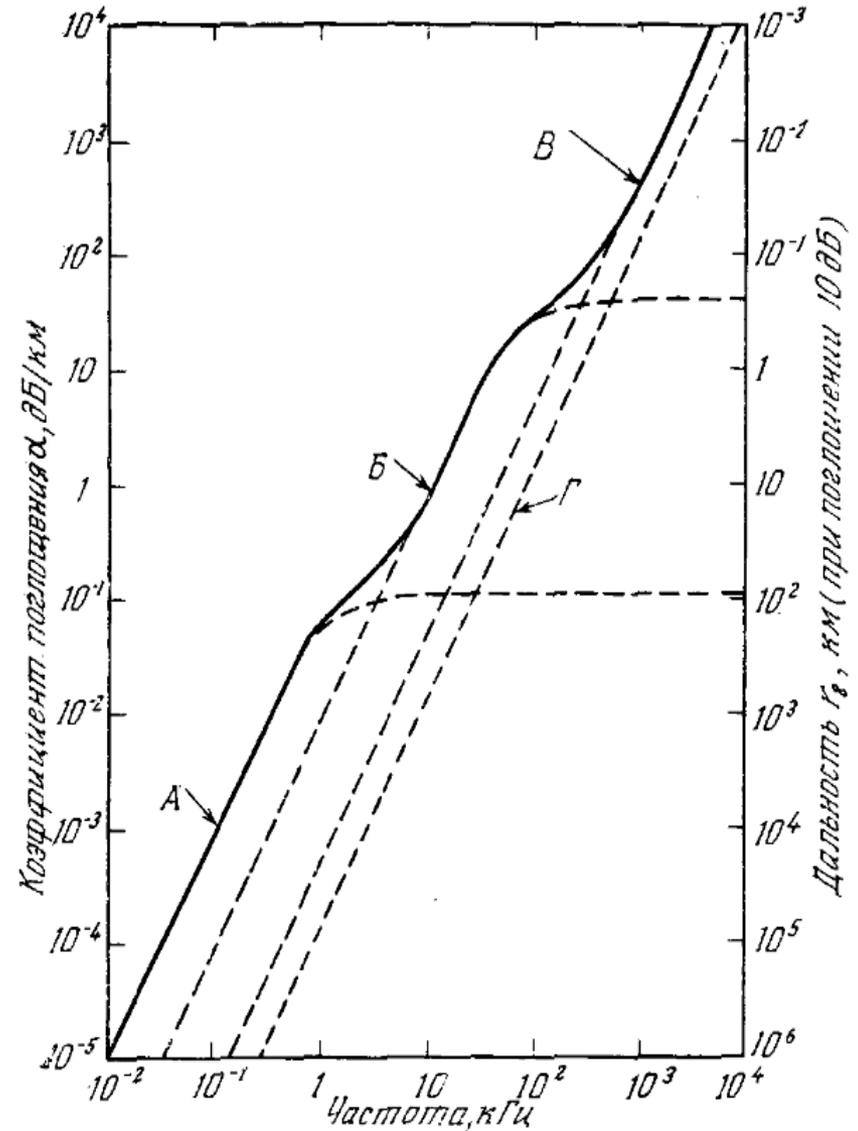
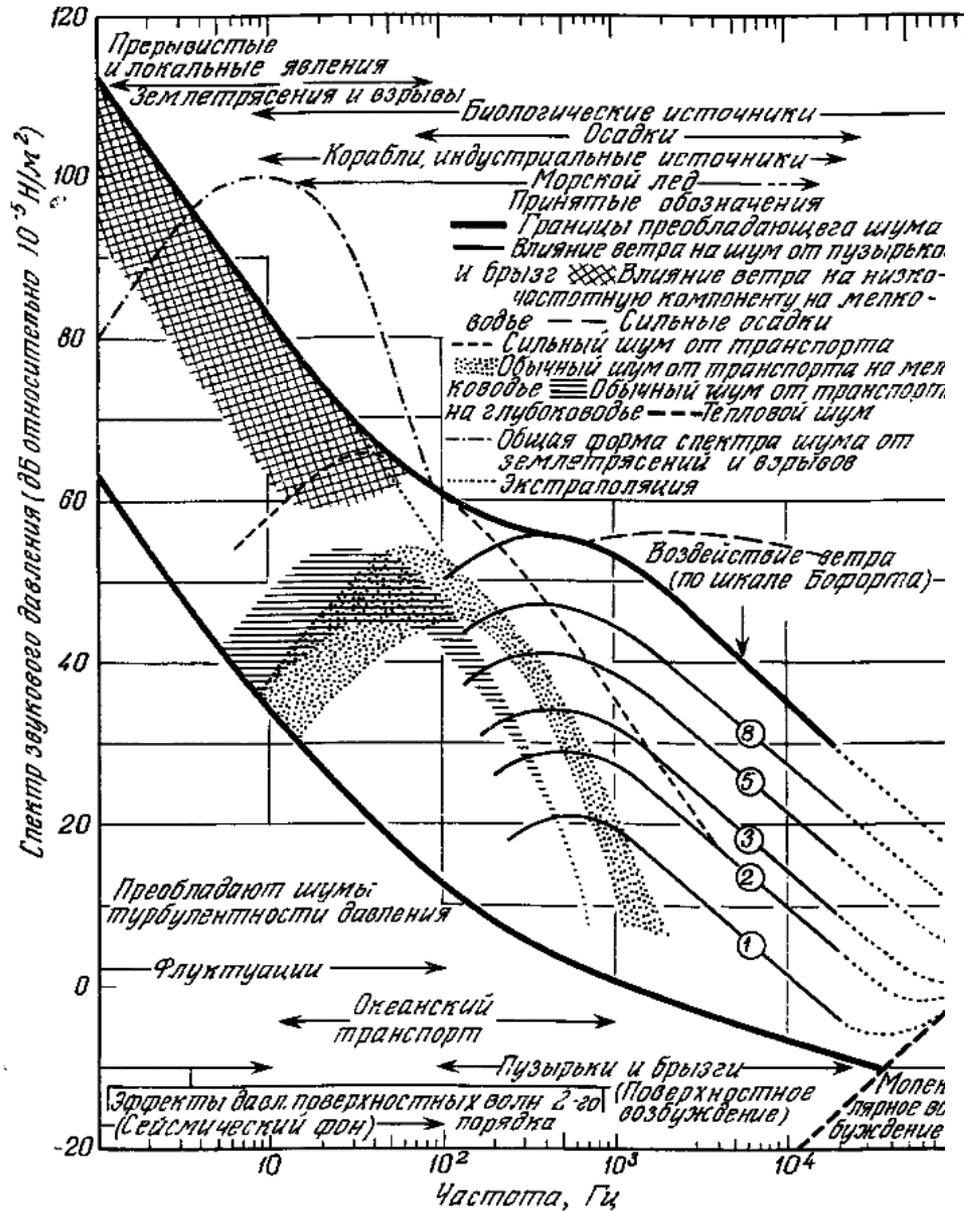
δ - угол между нормалью к каскаду и направлением на приемник

Эксперимент по генерации звука пучком протонов

[L. Sulak, 1978]



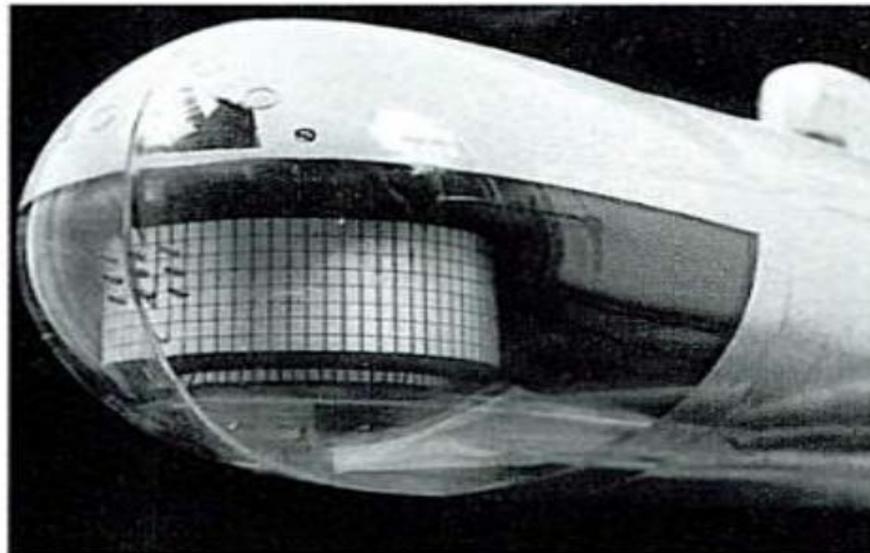
Гидроакустика в океане



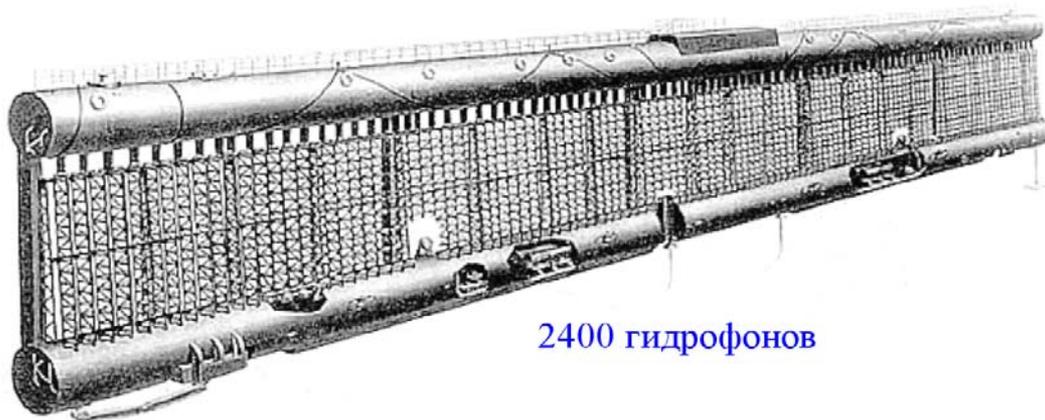
Гидроакустические антенные решетки

МГ-10М - диаметр 1,6 м, высота 1,0 м,
F < 25 кГц 132 гидрофона

АГАМ - глубина 200 м, высота 16,8 м,
длина 102,5 м, F < 1,5 кГц
2400 гидрофонов



This model probably shows MGK-300 as installed on board a "Victor"-line. (Morphysiprobor)



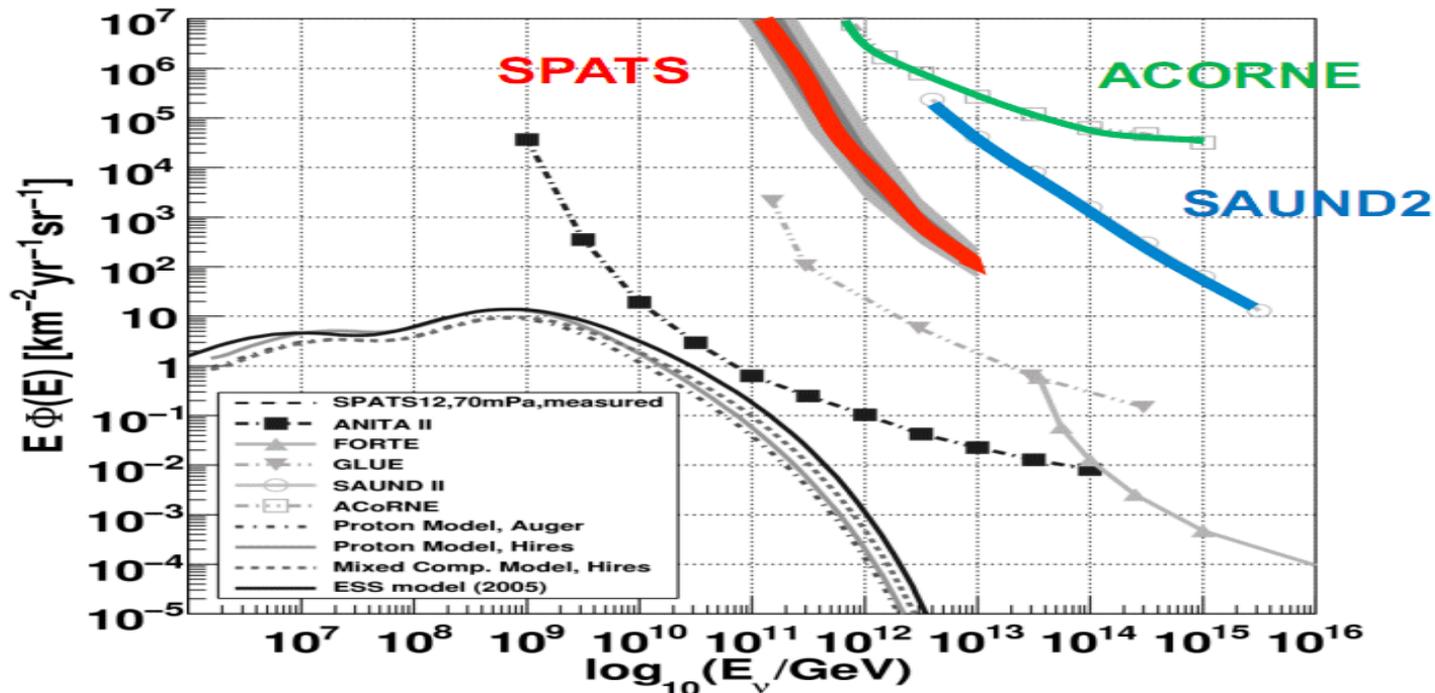
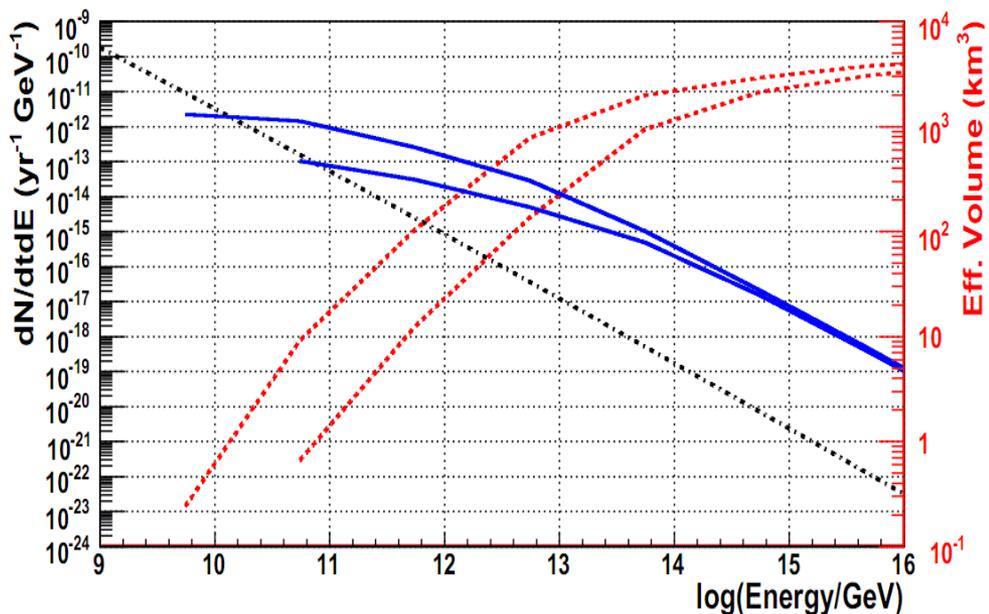
2400 гидрофонов

Рис. 1. Антенная БГАС «Агам».

Основные габаритные характеристики антенны: высота – 16,8 м; ширина – 4,1 м; длина – 102,5 м;
водоизмещение в рабочем положении – 1480 м³; глубина установки – до 350 м

Современные исследования

Experiment	Location	Medium	Sensor Channels	Host Experiment
SPATS	South Pole	Ice	80	IceCube
Lake Baikal	Lake Baikal	Fresh Water	4	Baikal Neutrino Telescope
OvDE	Mediterranean Sea (Sicily)	Sea Water	4	NEMO
AMADEUS	Mediterranean Sea (Toulon)	Sea Water	36	ANTARES
ACoRNE	North Sea (Scotland)	Sea Water	8	Rona military array
SAUND	Tongue of the Ocean (Bahamas)	Sea Water	7/49 ^(*)	AUTEC military array



- число событий для объёма 1 км³
 - эфф. объём (200 модулей)
 - порог 5 mPa (35 mPa)
 - число событий (200 модулей)
- [R. Lahmann, 2011].
[T. Karg, 2006]

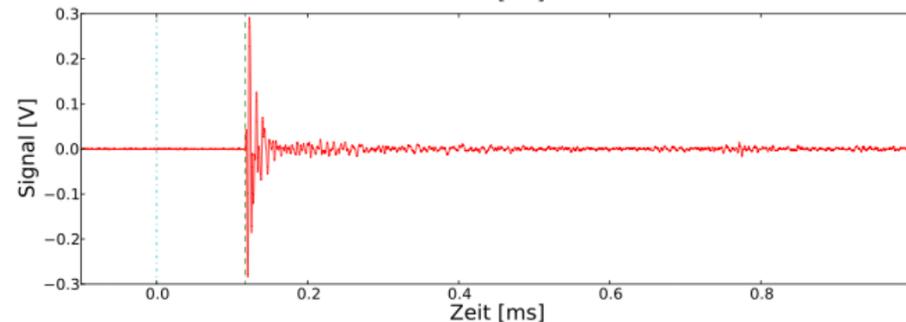
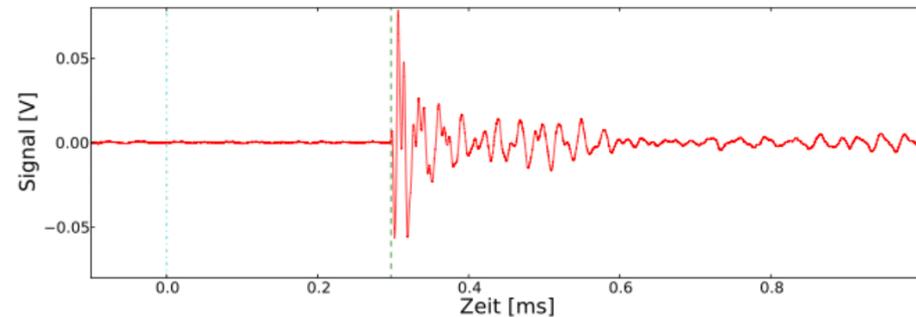
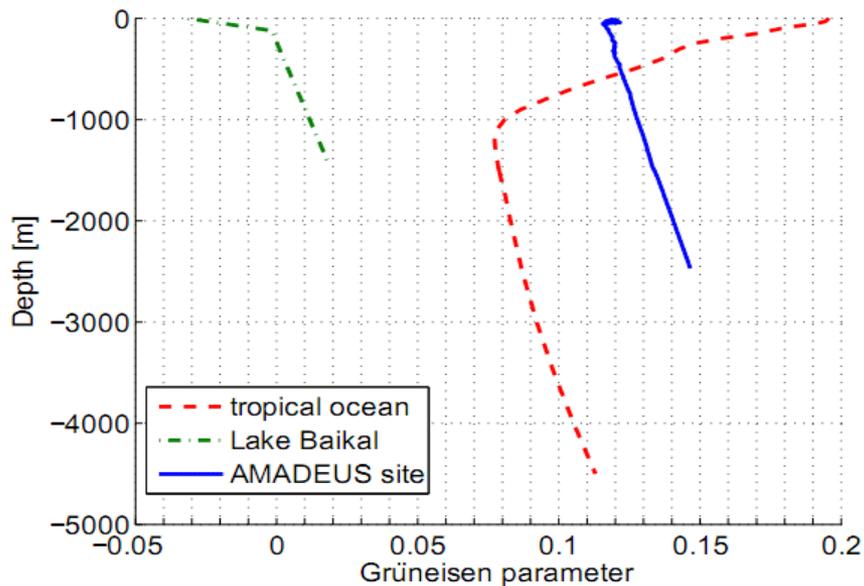
Перспективные среды для акустического детектора нейтрино [R. Lahmann, 2011]

Вода - скорость звука 1530 м\сек
длина затухания > 1000 м

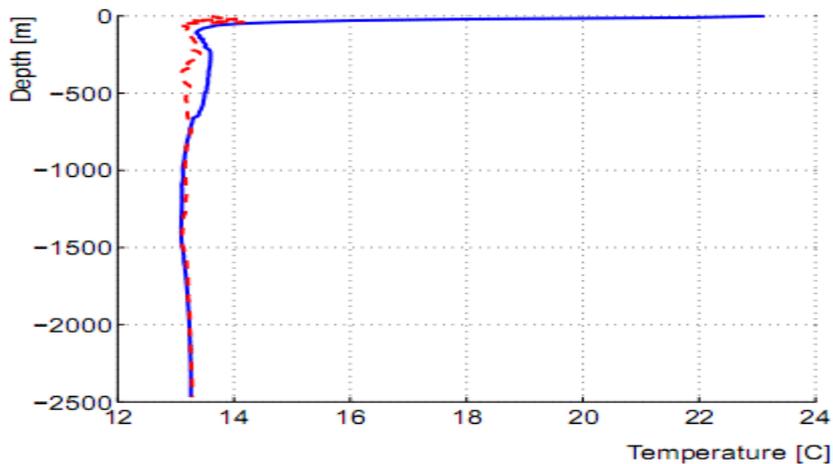
коэффициент Грюнайзена $\Upsilon = 0,153$ $f < 10$ кГц
шумы переменные рефракция средняя

Лед - скорость звука 3920 м\сек
длина затухания ~ 300 м

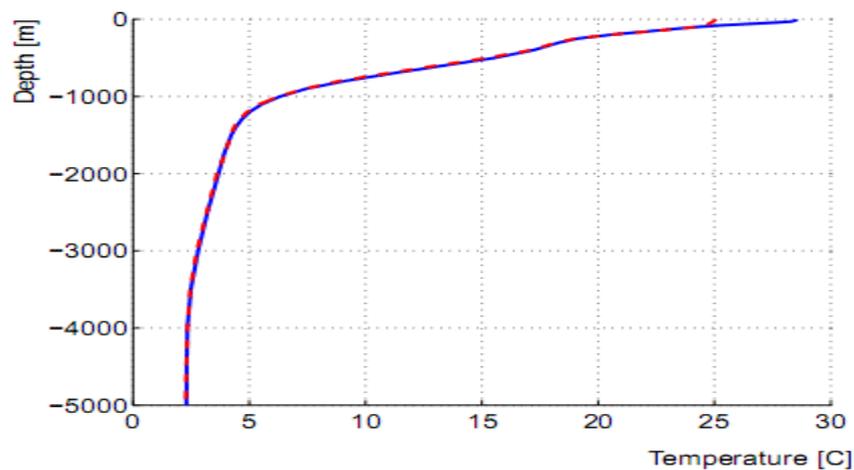
коэффициент Грюнайзена $\Upsilon = 1,12$ $f < 20$ кГц
шумы стабильные рефракция небольшая



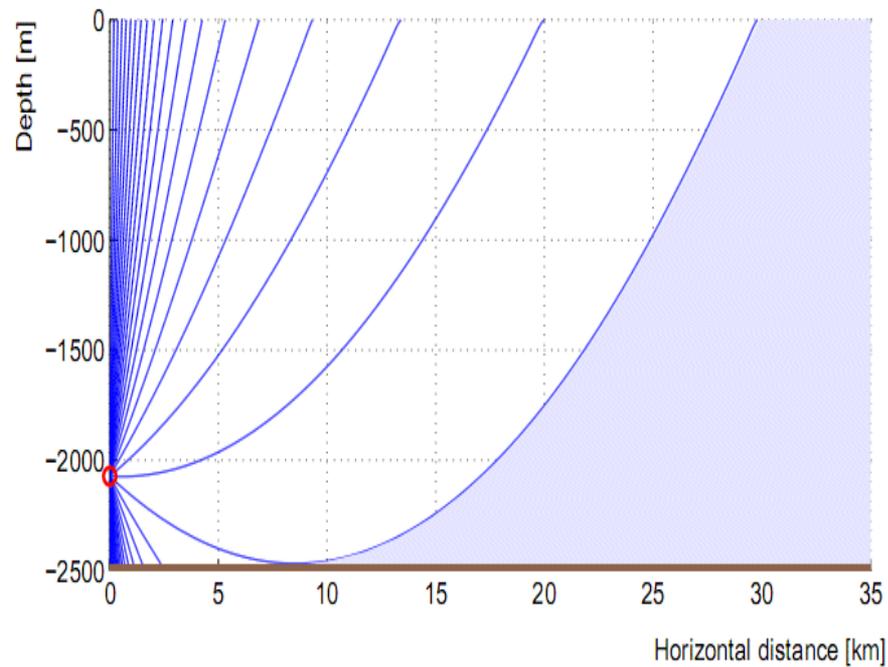
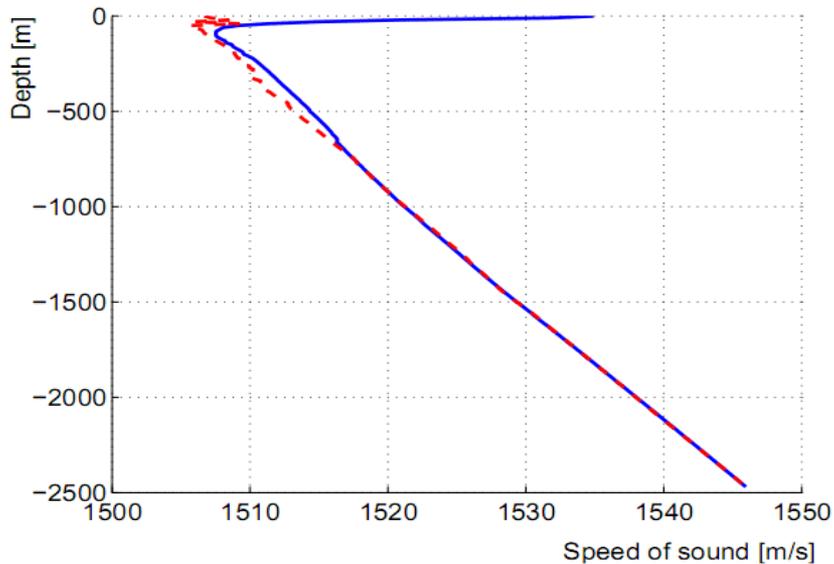
Гидроакустические условия в Средиземном море



(a)



(b)



Наиболее подходящее место для эксперимента - Средиземное море



Измерение коэффициента Грюнайзена

$$\rho = \gamma (E/R) M'$$

$$\gamma = v_s^2 (k/C_p)$$

Импульсный лазер

на алюмоиттриевом гранате с длиной волны излучения **2,94 мкм** (перфоратор «Эрмед-304»).

Длина поглощения света в воде \sim **1 мкм**

Энергия импульса лазерного излучения \sim **0,1 Дж**

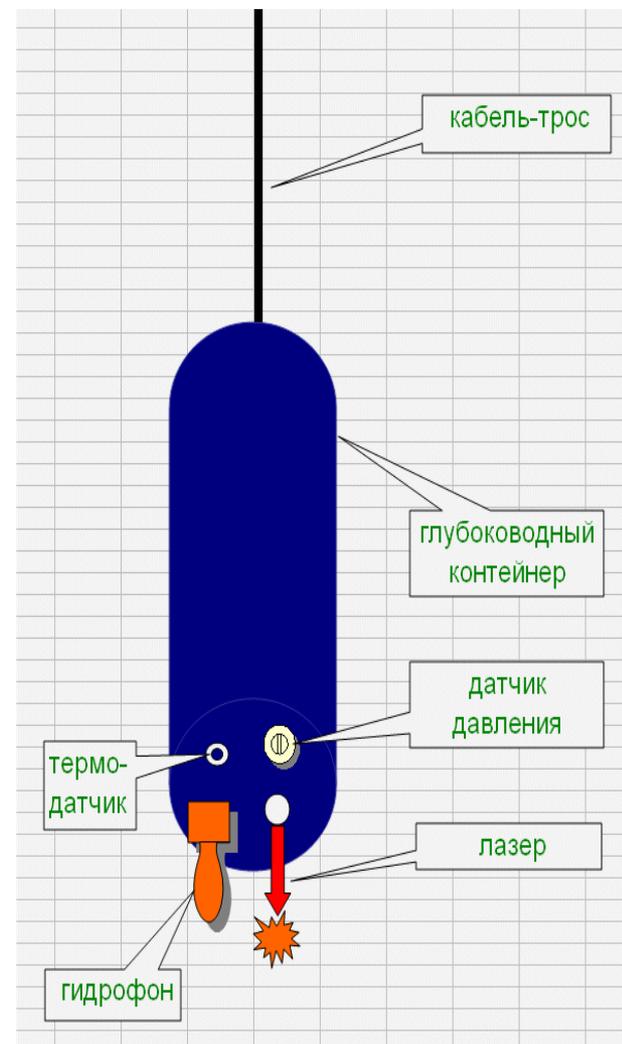
Ширина пучка лазерного излучения \sim **5 мм**

Длительность оптического импульса \sim **200 мкс**

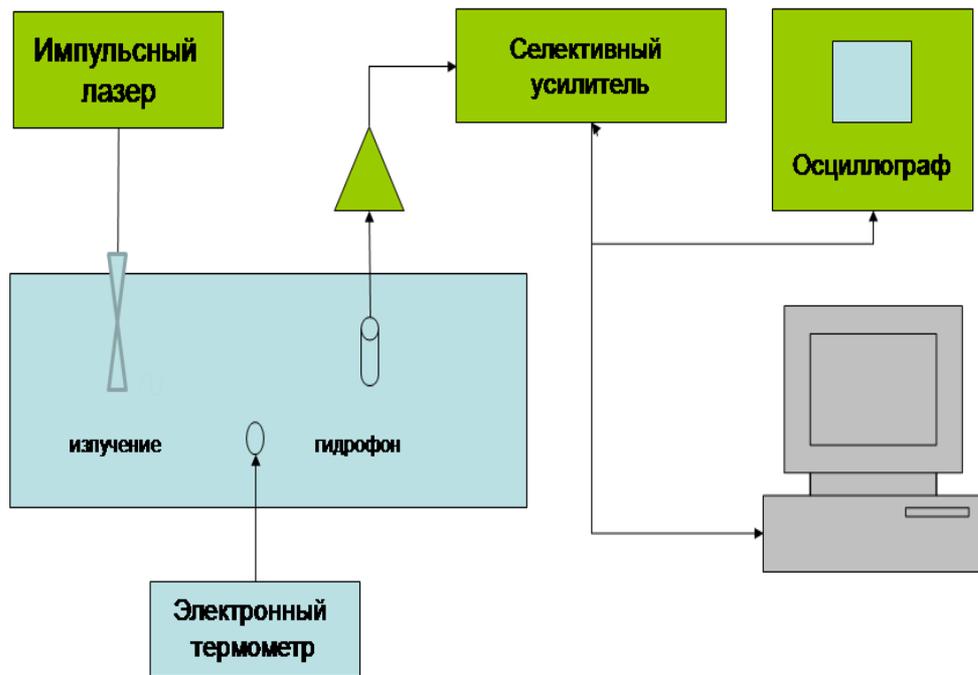
Пьезокерамический гидрофон

чувствительность **60 мкВ/Па**

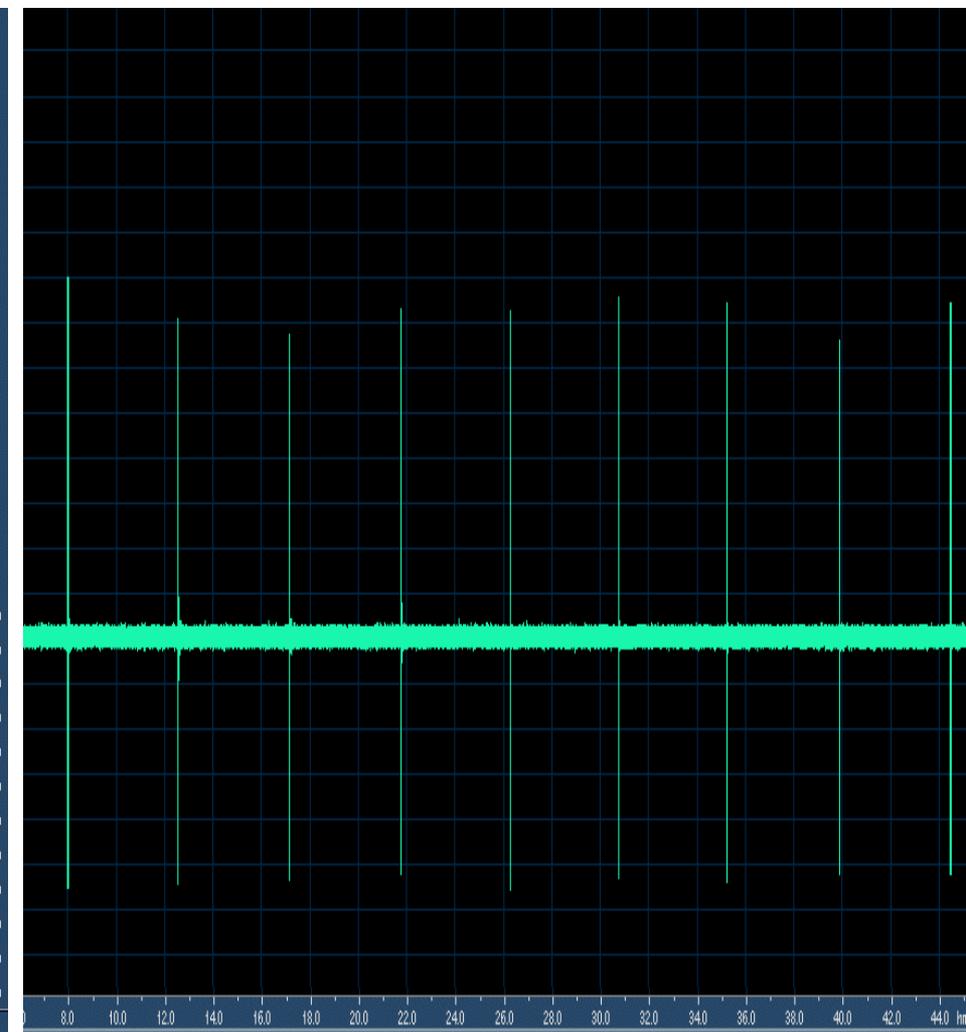
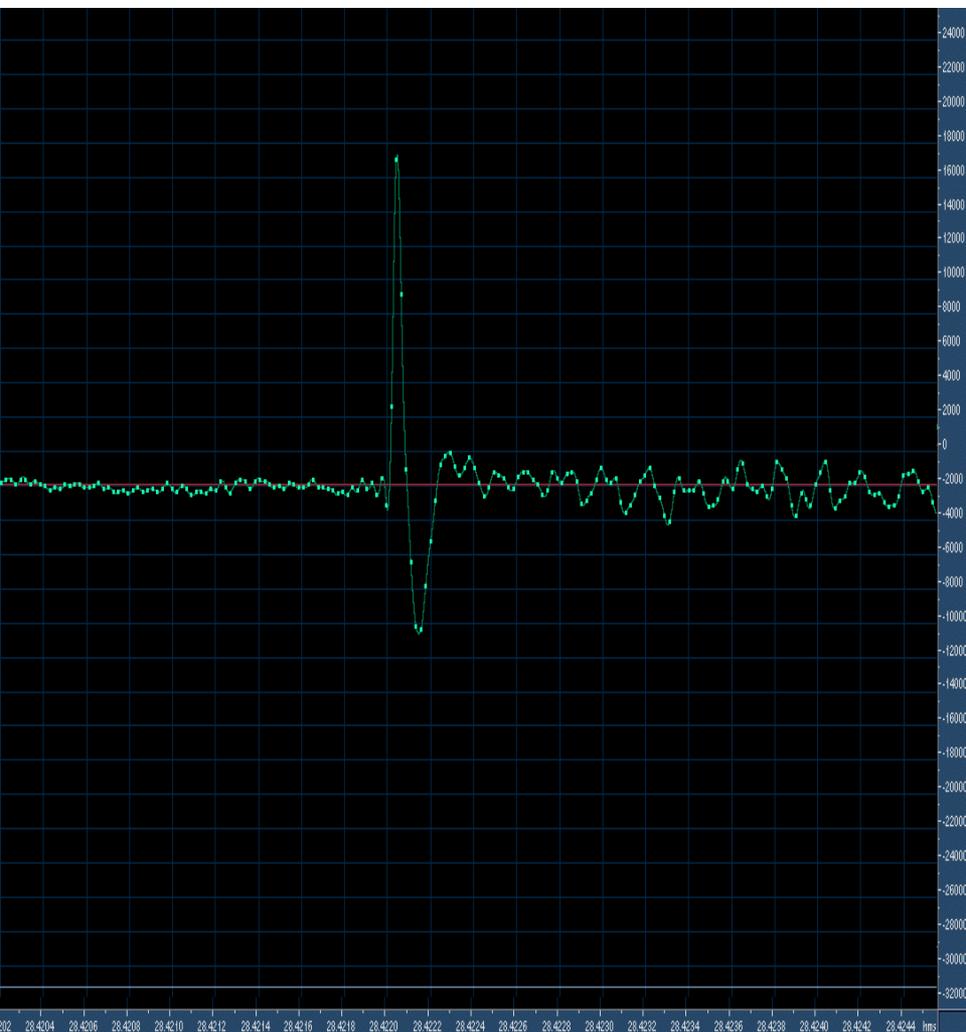
полоса частот **0,1 – 100 кГц**



Экспериментальная установка



Форма и амплитуда генерируемых лазером акустических импульсов

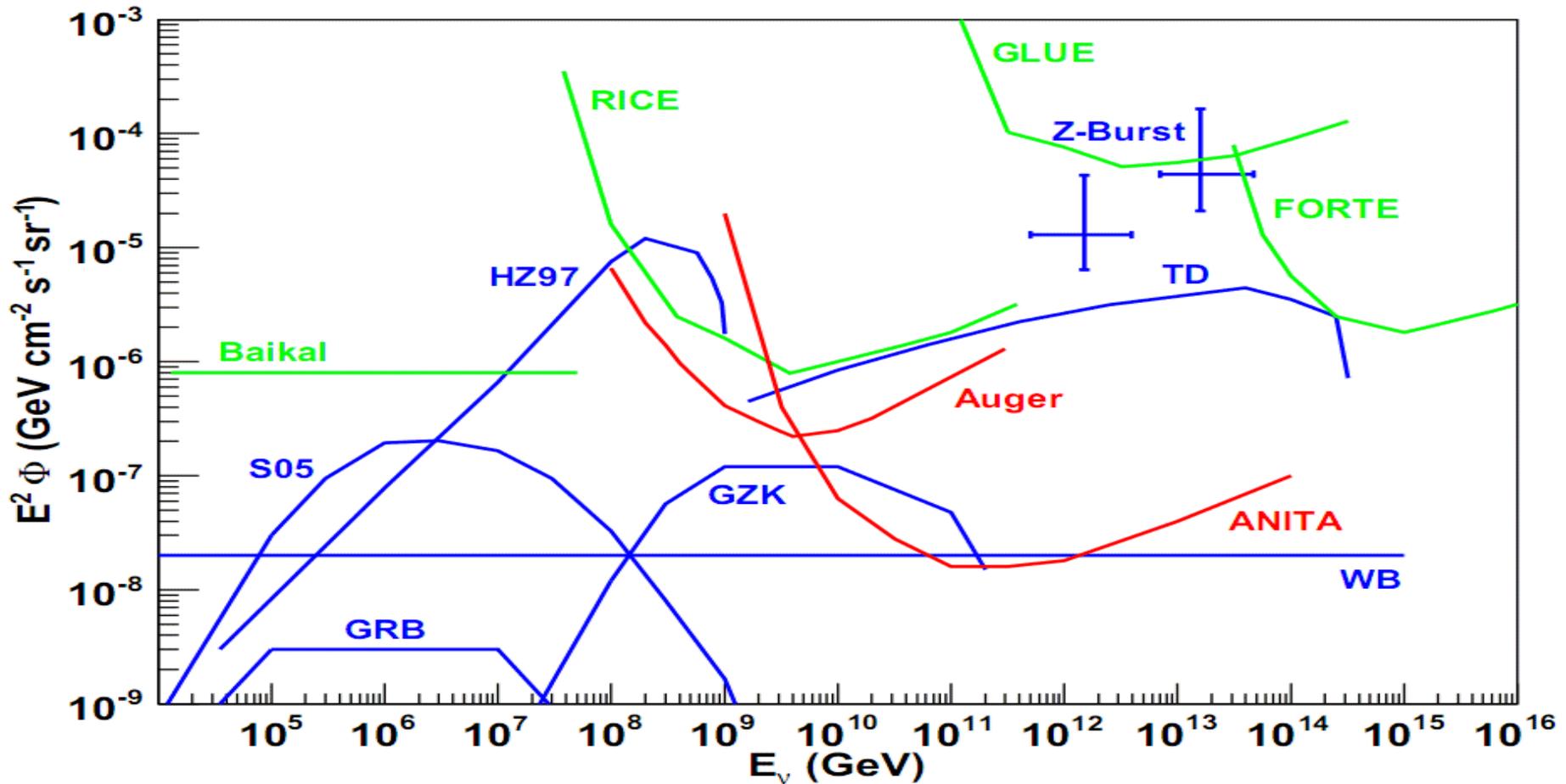


Выводы

1. Компактный импульсный лазер на алюмоиттриевом гранате создает акустический импульс большой амплитуды, не создает заметных помех на тракт акустической регистрации и является привлекательным для использования в автономном приборе для измерения коэффициента *Грюнайзена*.
2. Для исключения эффекта испарения воды необходимо заменить активный элемент лазера на алюмоиттриевом гранат с добавками неодима, излучающий импульс с длиной волны 1,064 мкм и меньшим поглощением в воде
3. Небольшая область поглощения излучения позволяет размещать гидрофон на небольших (до 10 см) расстояниях от оси пучка лазера и упрощает конструкцию измерительного модуля.

Благодарю за внимание

Сравнение теоретических и экспериментальных ограничений на потоки нейтрино [Т. Karg, 2006]



----- теория

----- эксперимент

----- будущие эксперименты

Совместно с лабораториями ИЯИ РАН ЛНИ и ЛАЯ проводились работы по совершенствованию и оптимизации схемы двухкоординатного позиционно-чувствительного газоразрядного детектора нейтронов с конвертирующим слоем из твердого бора-10.

Совместно с лабораторией ИЯИ РАН ЛНИ (В.С.Литвин) подготовлен макет двухкоординатного позиционно чувствительного детектора (ПЧД) тепловых и холодных нейтронов на основе лавинных фотодиодов (МЛФД). для испытаний с изотопным источником нейтронов.

Проведены испытания двух координатного позиционно чувствительного детектора (ПЧД) тепловых и холодных нейтронов на основе лавинных фотодиодов (МЛФД).

Для испытаний использовался источник нейтронов Cf с замедлителем из полиэтилена толщиной 5 см. Получен амплитудный спектр нейтронных импульсов.

Целью работы является разработка системы двух плоскопараллельных узкозазорных диэлектрических резистивных газовых камер, обладающих высокой загрузочной способностью до 10^7 с^{-1} . Система предназначена для получения быстрых коротких временных сигналов с целью последующего использования их в измерении времени пролета и образовании сигнала “мастер” с временным разрешением 0,1 нс.