

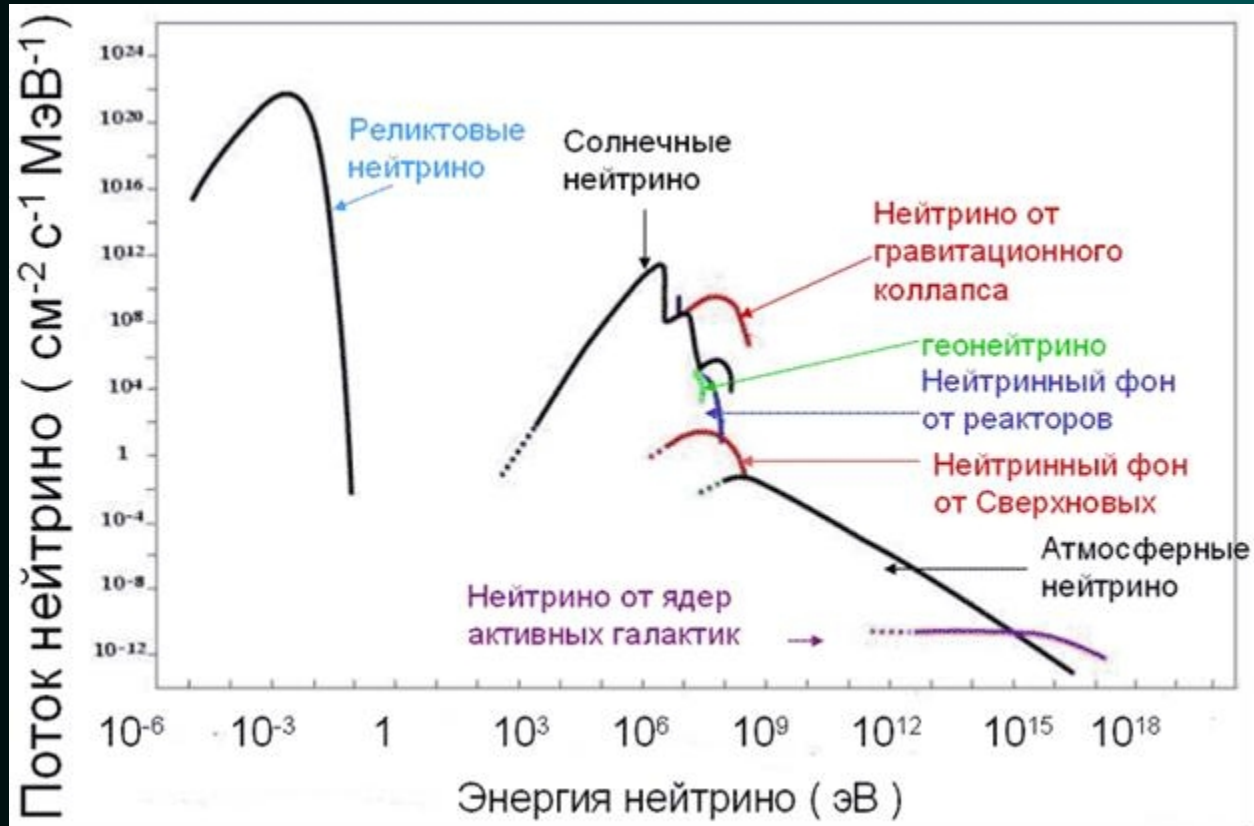
# Нейтринные телескопы

## Источники нейтрино

## Методы регистрации

энергия нейтрино (эВ)	Источники нейтрино		Методы регистрации	
	Энергия (эВ)	Источники	Местоположение	Методы
$10^{21}$	$10^{21}$	Сверхмассивные частицы Грейзен-Зацепин-Кузьмин		Детекторы ШАЛ Радио Акустика (?)
$10^{18}$	$10^{18}$	Активные ядра галактик Сверхновые	Подводные	Черенковские
$10^{15}$	$10^{15}$	Центр нашей галактики Гамма всплески Объекты яркой фазы		
$10^{12}$	$10^{12}$			
$10^9$	$10^9$	Темная материя Космические лучи	Подземные	Черенковские Радиохимические Сцинтилляционные
$10^6$	$10^6$	Солнце Земля		
$10^3$	$10^3$			
1	1			
$10^{-3}$	$10^{-3}$	Реликтовое излучение		Нет

# Спектр нейтрино различного происхождения



# Пределы астрофизики высоких энергий



I. Активные ядра галактик и гамма-всплески (GRB) – чрезвычайно мощные источники частиц и излучений во Вселенной

II. Протоны отклоняются мощными ЭМ полями галактик и взаимодействуют с источниками ЭМ излучений

IV. Только нейтрино могут проникать из самых удалённых частей Вселенной

III. Гамма-кванты взаимодействуют с космическим фоном

Источники частиц и излучений

Протоны высоких энергий

нейтрино

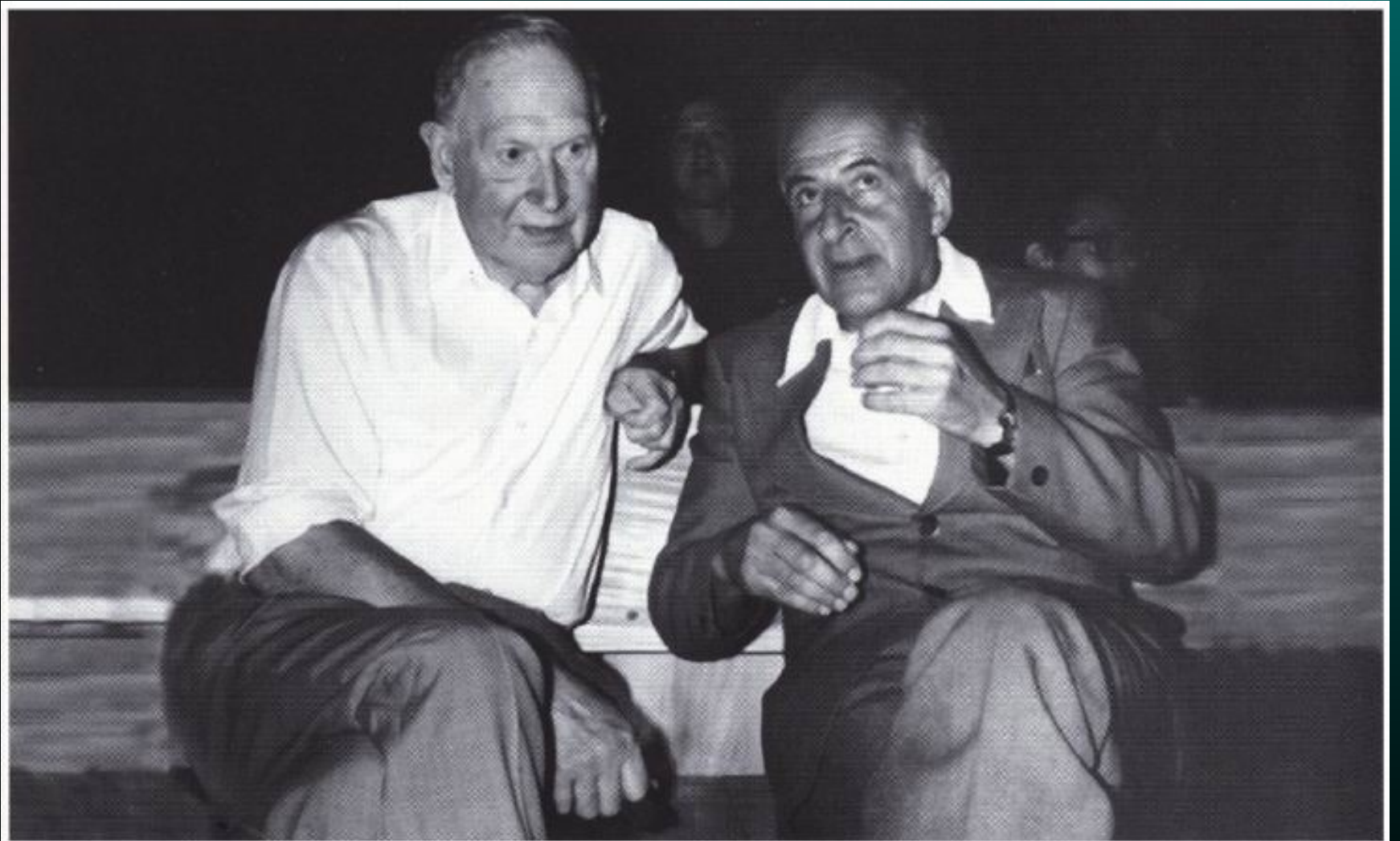
Гамма-кванты высоких энергий

Отклонение низкоэнергичных протонов



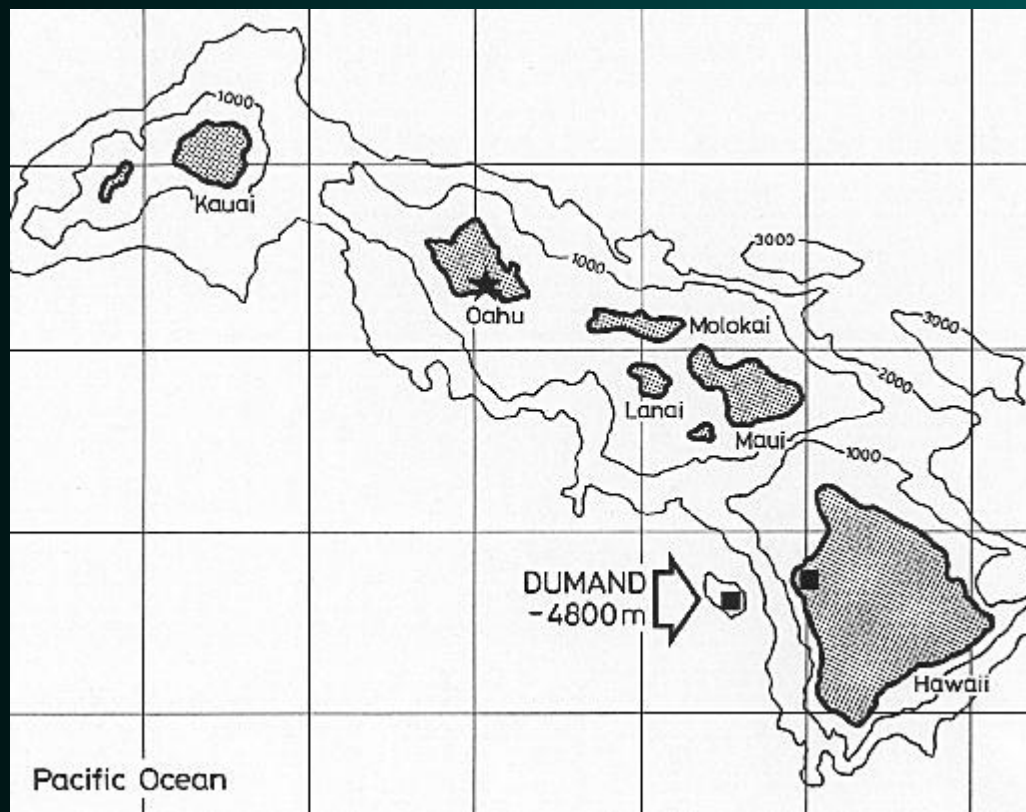
# Черенковский метод регистрации нейтрино





# Проект DUMAND (1976-1995)

## The Deep Underwater Muon and Neutrino Detection

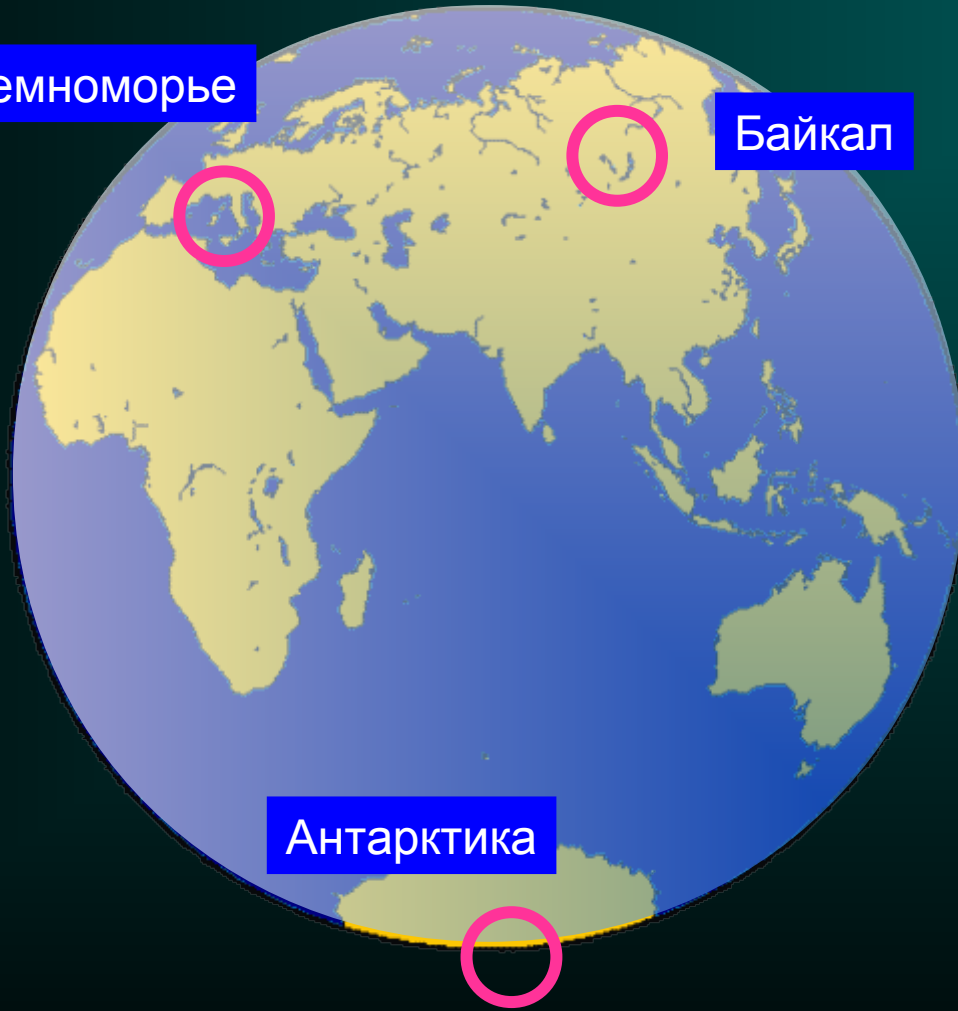


# Современные нейтринные телескопы

Средиземноморье

Байкал

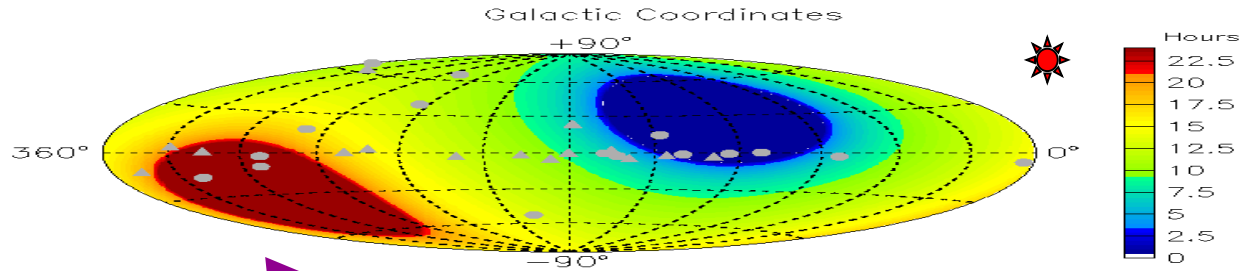
Антарктика





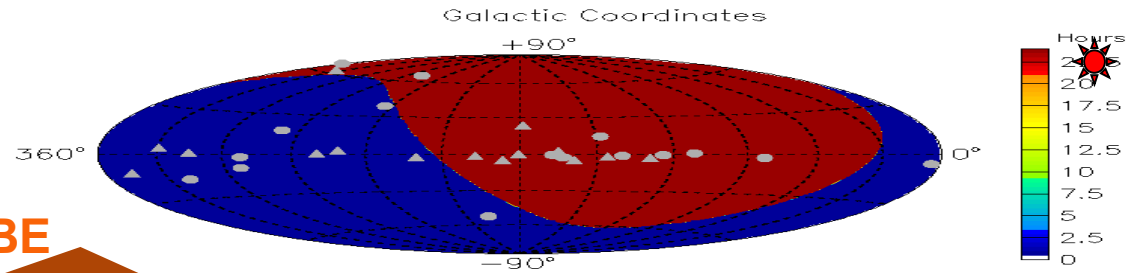
# Предсказываемое распределение нейтрино

Mediterranean km<sup>3</sup>

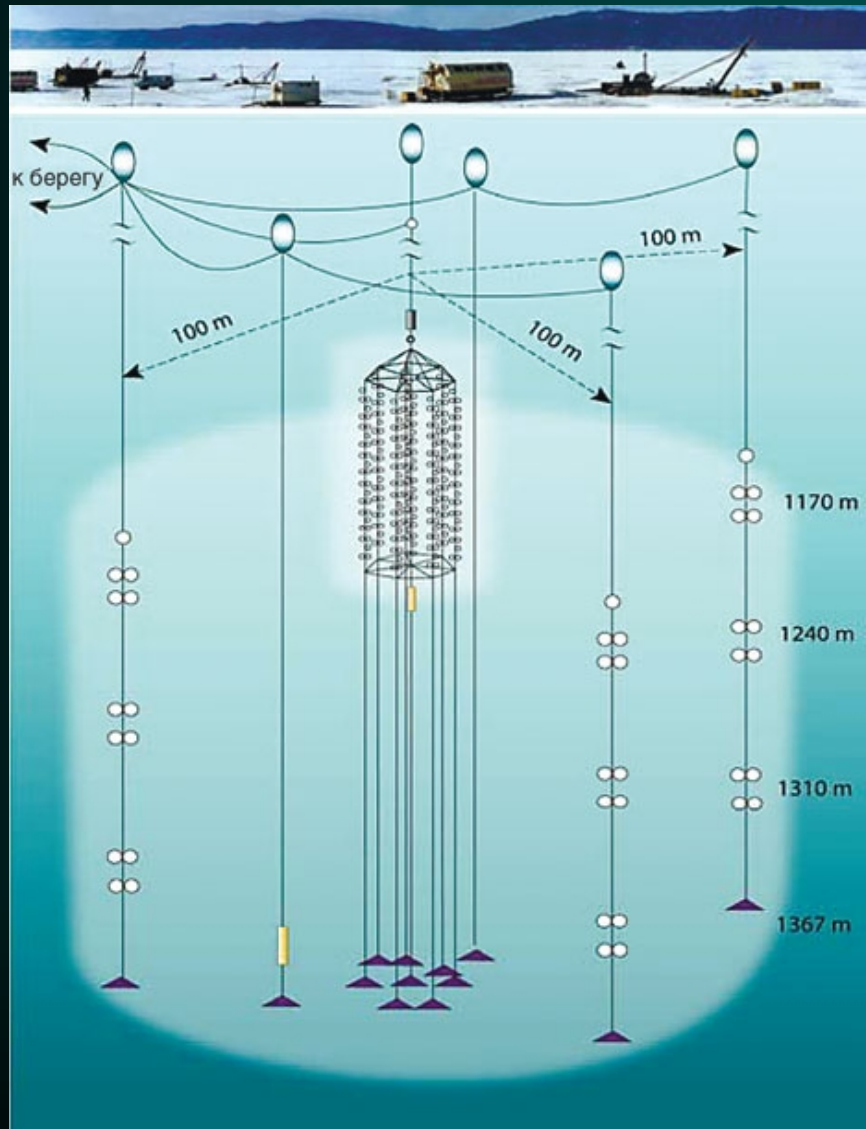


ICECUBE

Galactic coordinates



# Байкальский нейтринный детектор



# Антарктические телескопы

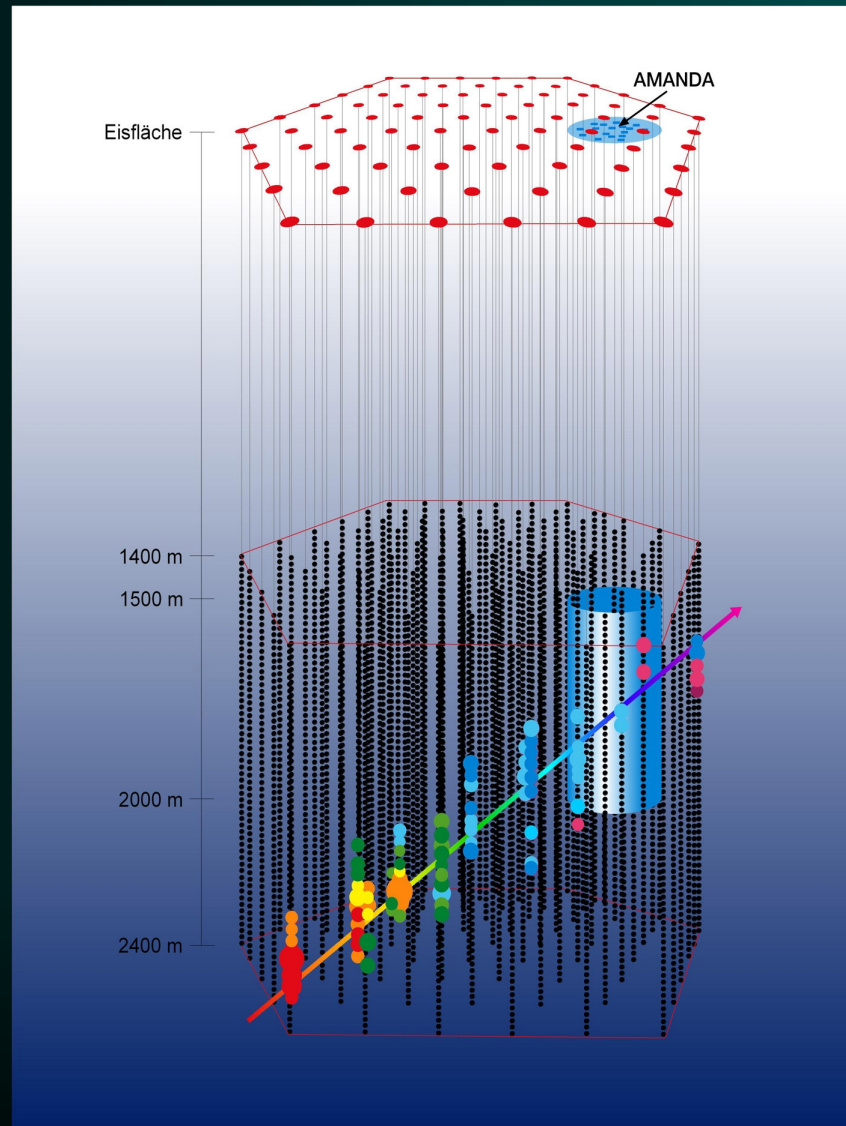




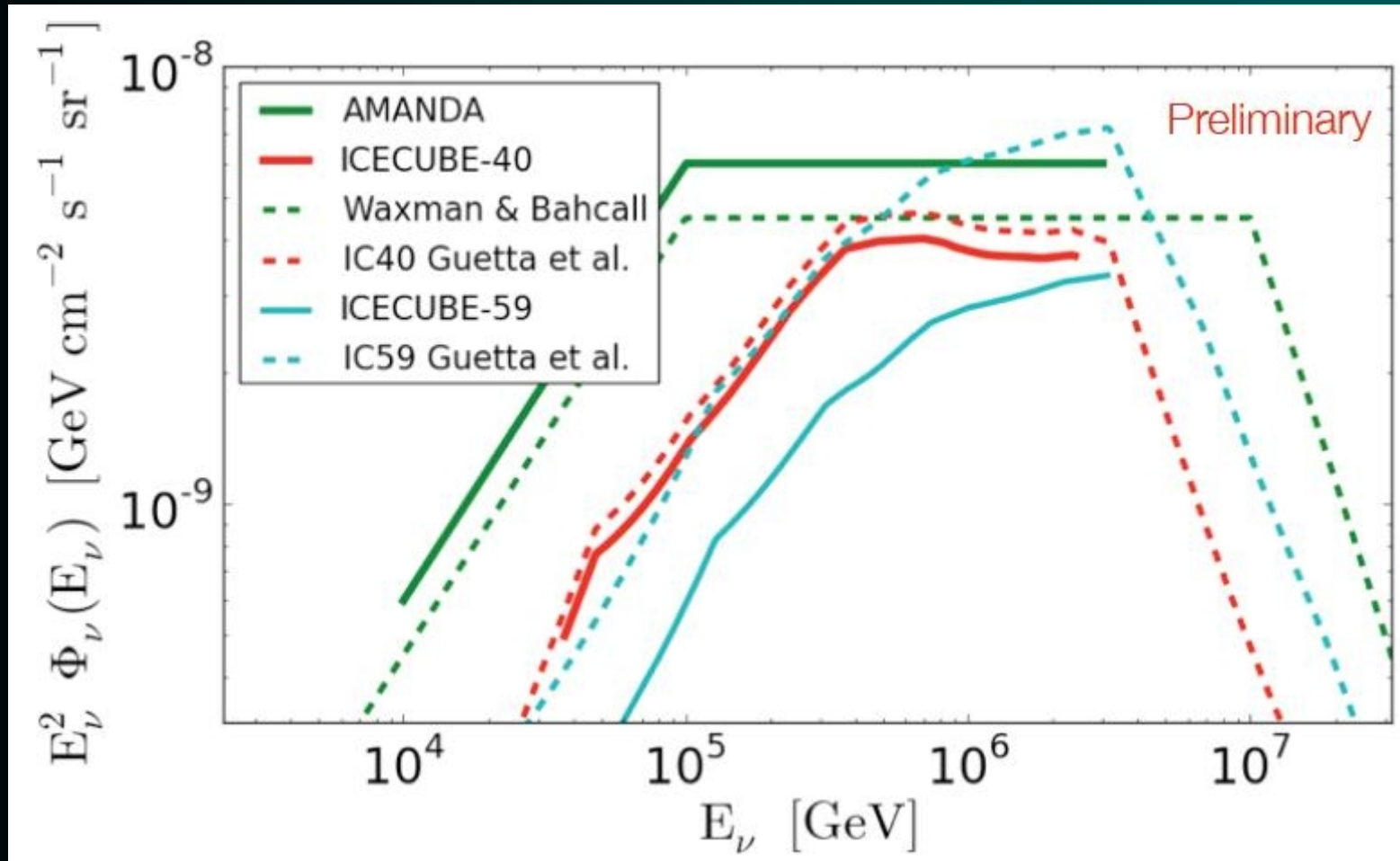
# Антарктические телескопы

- Проект AMANDA (Antarctic Muon And Neutrino Detector Array) - (1993-2000 гг)
- Проект AMANDA-II (2000-2008 гг)
- Проект IceCube (с 2004 г.)

# Антарктические телескопы

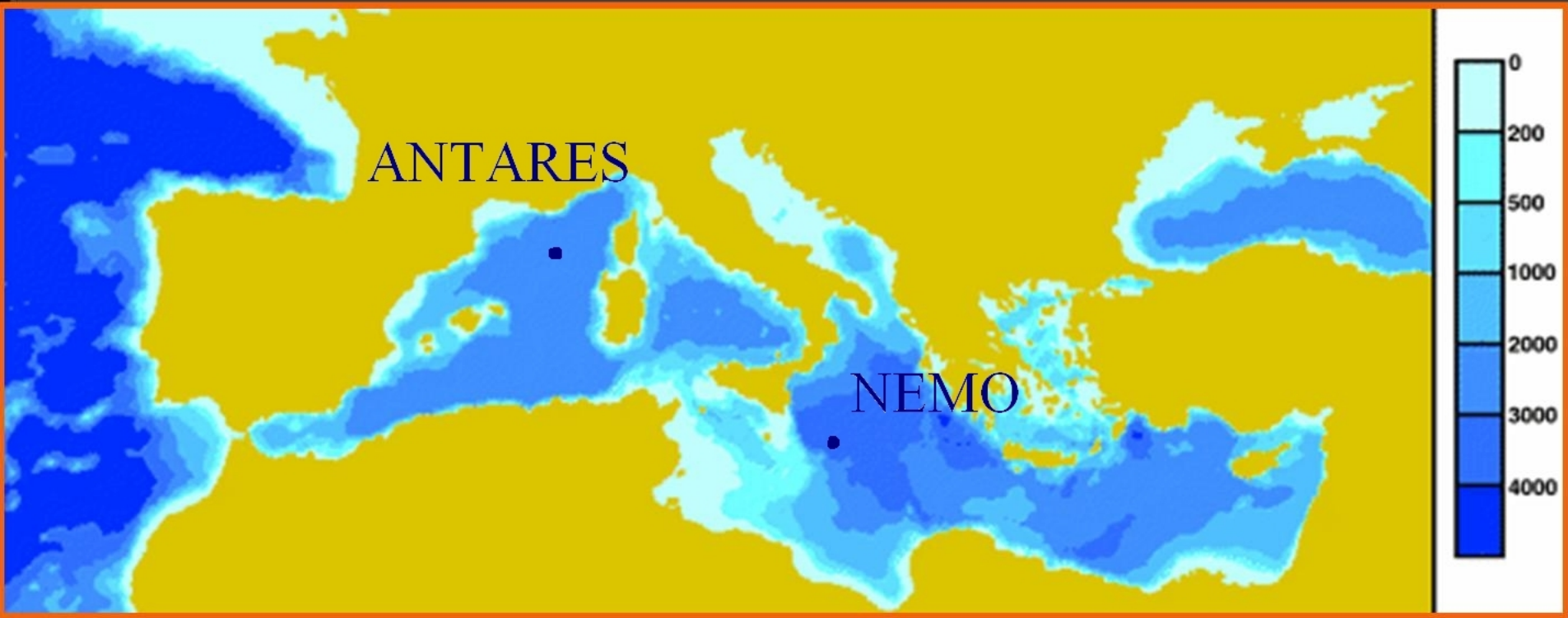


# Проблема чувствительности нейтринных телескопов



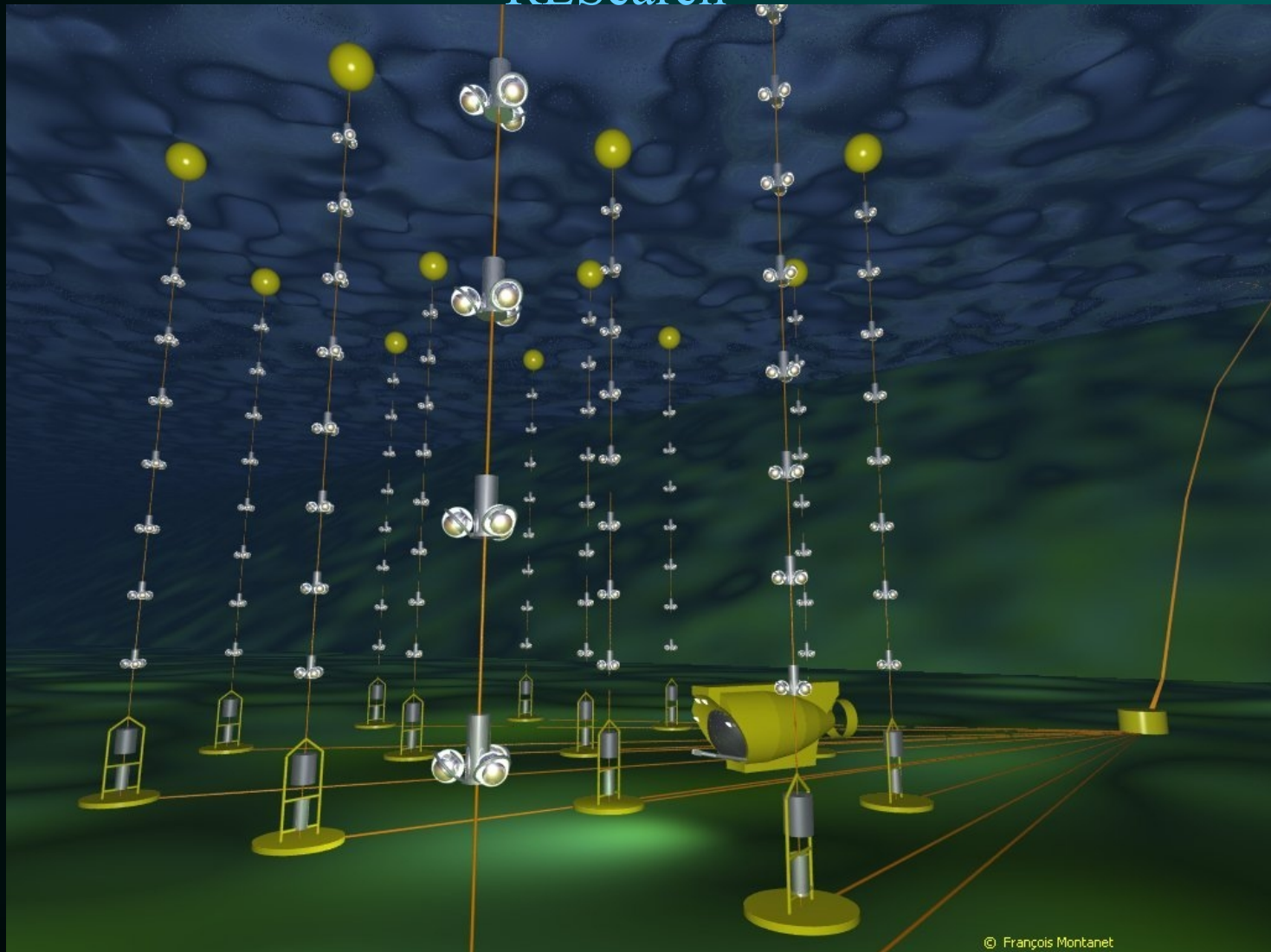
# Средиземноморские телескопы





# Проект ANTARES (2008)

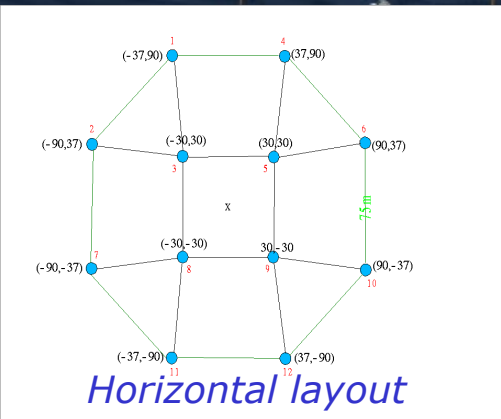
Astronomy with a Neutrino Telescope and Abyss environmental  
RESearch





# ANTARES detector (artist's view)

12 lines (about 900 PMTs)  
25 storeys / line  
3 PMTs/storey



14.5 m

350 m

40 km to shore

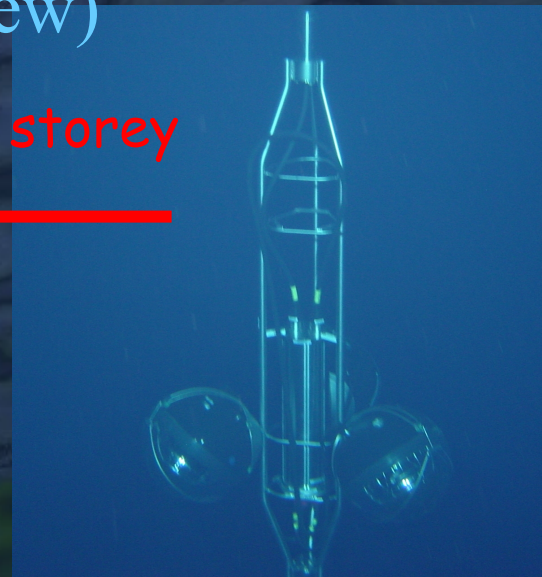
100 m

Junction box

Interlink cables

Sea bed ~ -2500 m

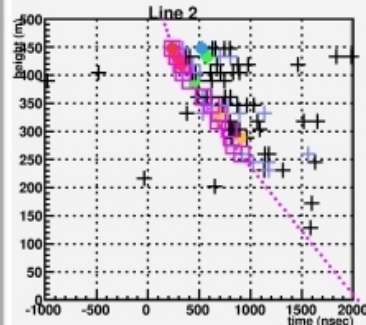
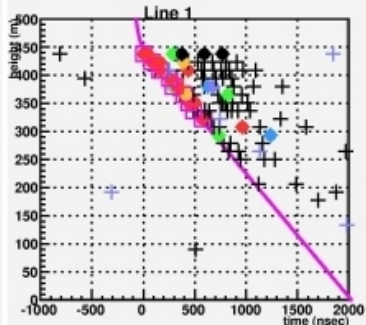
a storey





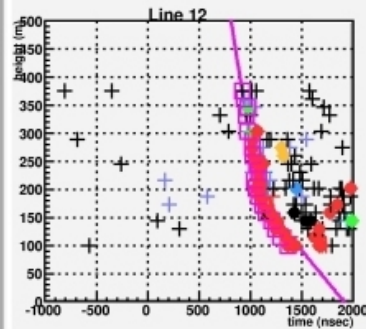
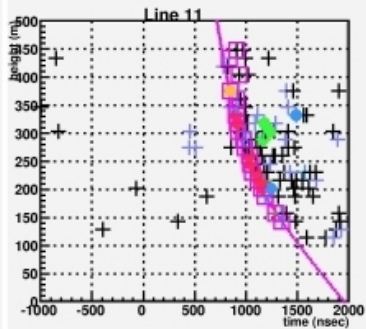
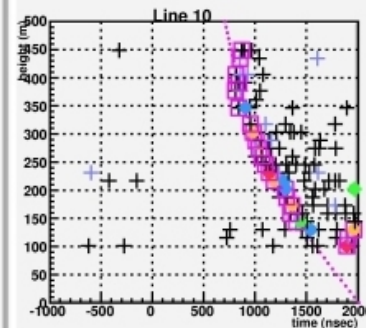
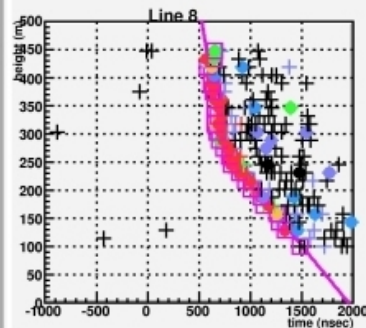
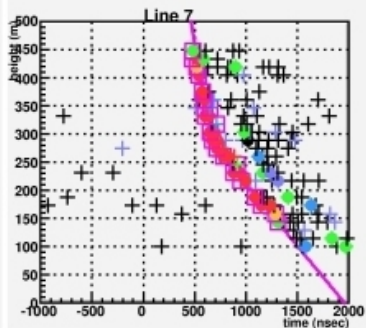
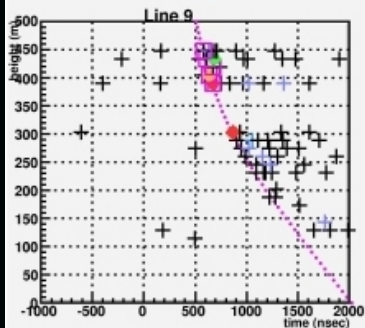
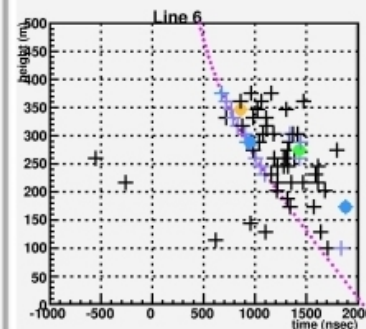
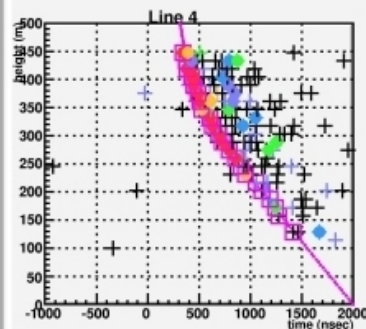
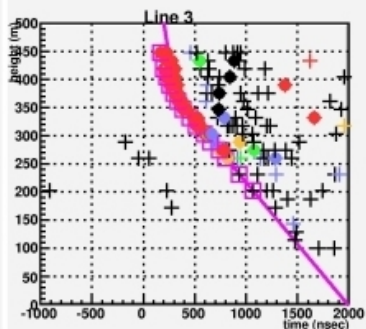
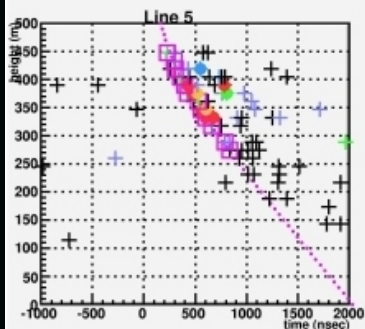


Zenith : 144.3  
Fit on 11 line(s)



Run 34497 Frame 40952  
Mon Jun 2 03:30:15 2008  
Trigger bits 80002020  
Line 1 - 12 Physics Trigger (t

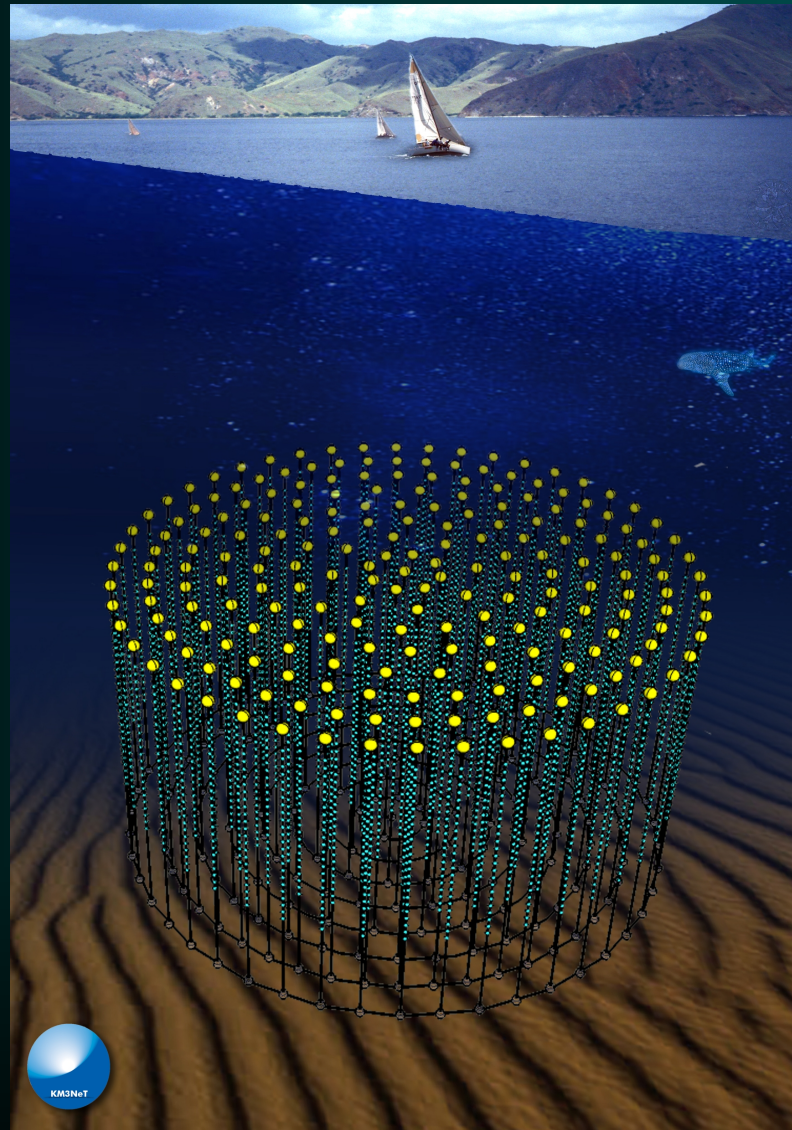
1 2 3 4 5 6 photons  
● ● ● ● ● ●



# Проект NEMO



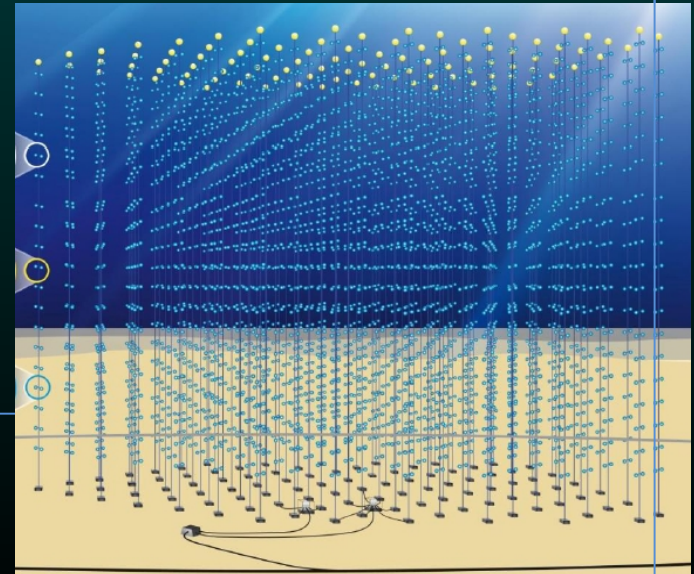
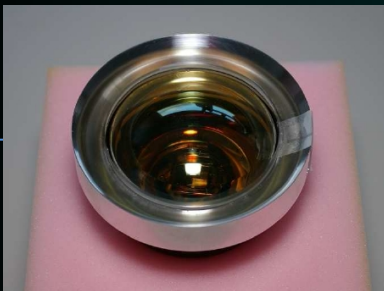
# Проект KM3Net



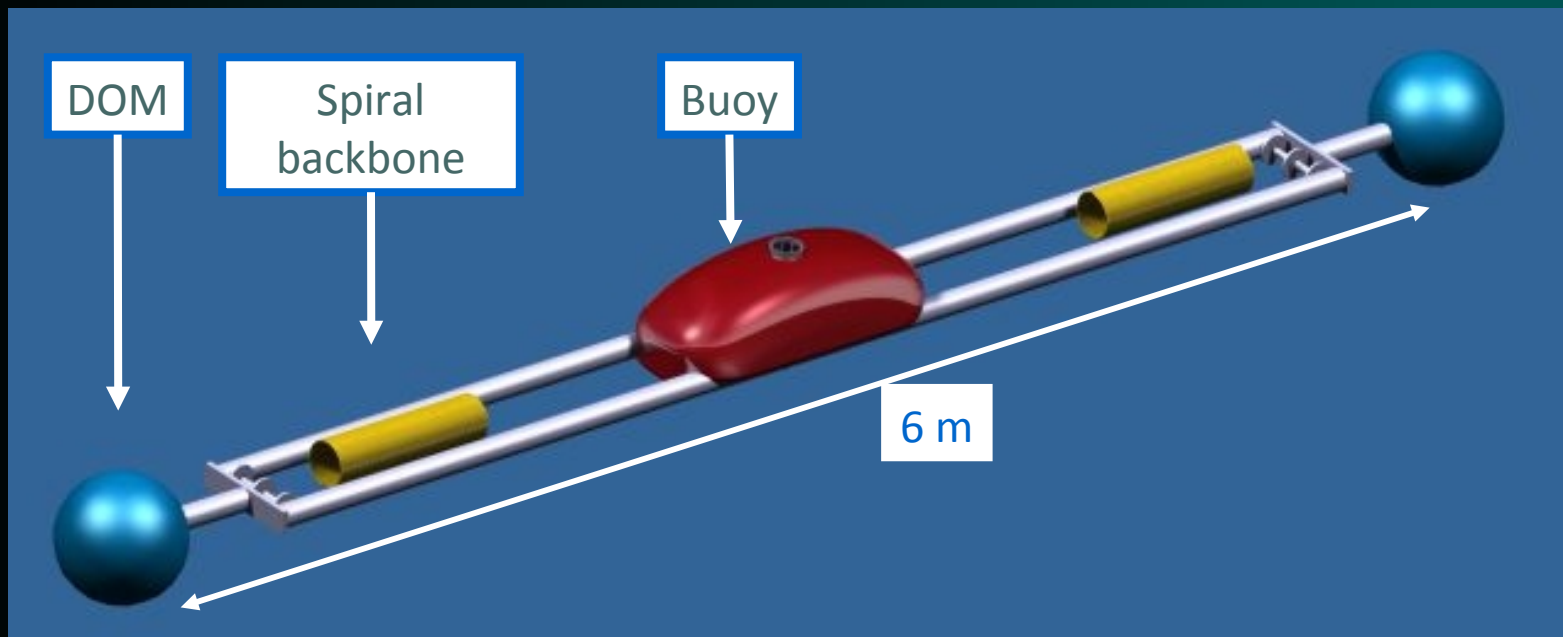


# Конфигурация детектора

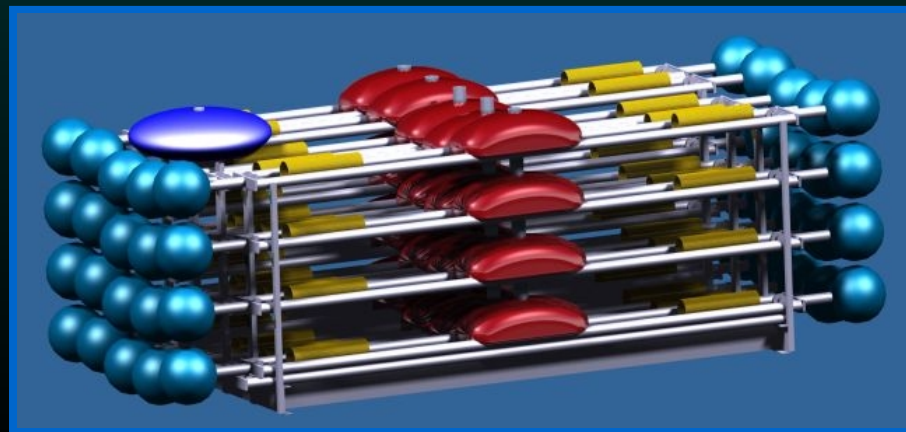
- 310 Detection Units
- $310 \times 40 = 12400$  DOMs = 384400 PMTs (3")
- Construction and deployment time  $\sim 4$  years



# Схема одиночного этажа



Storey with buoyancy  
NEMO Deployment method



# Оптический модуль

- 310 DUs @ 180 m
- 20 floors @ 40 m / DU
  - Active height = 760 m
- 2 Digital Optical Modules\* / floor
- ~ 50 DUs → 1 km<sup>3</sup> volume





# Возможное расположение






# Проект КМ3Net

- Предполагаемые сроки сооружения – 2012-16 гг.
- Предполагаемый объём – ок. 6 куб.км
- Предполагаемая стоимость – 270 млн.€

Участие группы ОЭПВАЯ-  
КОЯФ в создании  
современных нейтринных  
телескопов

# Коллаборация ANTARES

<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ <b>LPC Clermont-Ferrand</b></li> </ul>	Laboratoire de physique corpusculaire - UMR 6533, Clermont-Ferrand Contact : C.Carloganu
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ <b>LAM</b></li> </ul>	Laboratoire d'astrophysique de Marseille Observatoire Astronomique Marseille-Provence (OAMP) (CNRS/INSU - Université de Provence Aix-Marseille I) Contact : S. Basa
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ <b>GéosciencesAzur</b></li> </ul>	Observatoire océanologique de Villefranche-sur-Mer - CNRS, Institut de recherche pour le développement, univ. Nice Sophia-Antipolis, univ. Paris VI) Contact :
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ <b>COM</b></li> </ul>	Centre d'Océanologie de Marseille CNRS/INSU - Université de la Méditerranée Contact : C. Tamburini
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ <b>IFREMER, Centre de Toulon/La Seyne-sur-Mer</b></li> </ul>	Contact : V. Rigaud
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ <b>IFREMER, Centre de Brest</b></li> </ul>	Contact : V. Rigaud
 <b>Russia</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ <b>ITEP</b></li> </ul>	Institute for Theoretical and Experimental Physics, Moscow Contact : A.Rostovtsev
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ <b>Skobeltsyn Institute of Nuclear Physics</b></li> </ul>	Lomonosov Moscow State University Contact : E. Shirokov
 <b>Spain</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ <b>IFIC</b></li> </ul>	Instituto de Física Corpuscular, Valencia Contact : J.-J. Hernandez
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ <b>Polytechnic University of Valencia</b></li> </ul>	Contact : tbd
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ <b>Technical University of Catalonia</b></li> </ul>	Laboratory of Applied Bio-Acoustics Contact : M. André
 <b>The Netherlands</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ <b>NIKHEF and University of Amsterdam</b></li> </ul>	Contact : M. de Jong
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ <b>University of Groningen</b></li> </ul>	Contact : N.Kalantar-Nayestanaki

# Основные направления текущей деятельности группы в средиземноморских нейтринных проектах

- Разработка и создание оптических модулей
- Моделирование и оптимизация конфигурации нейтринных телескопов
- Создание фильтров биолюминисценции
- Разработка критериев достоверности событий
- Анализ экспериментальных данных (ANTARES)
- Разработка алгоритма поиска сверхновых
- Синхронизация с событиями от гамма-всплесков







# Совещание коллаборации ANTARES 6-10 июня 2011 г.





# Наш адрес интернете: <http://antares.sinp.msu.ru>



Neutrino telescope in Europe

- [Division of electromagnetic processes and atomic nuclei interactions INP MSU](#)
- [Division of General Nuclear Physics MSU](#)

[main](#) | [about ANTARES](#) | [our contribution](#) | [our experiments](#) | [publications](#)

[Русская версия](#)

## Dear visitors!

The ANTARES project is the largest project on registration astrophysical neutrino by detection of cherenkov radiation from secondary particles, arising by neutrino interaction with substance of the Earth.

The project is situated in Mediterranean Sea to the south of Toulon. The collaboration involves the scientists from many European countries — France, Germany, Holland, Italy, Spain, Russia and Romania.

Since June, 2009 the group of the Lomonosov Moscow State University takes part in the project. This site tells about activity of our group as a part of the project, about our contribution to the collaboration, etc. Our group consists of young researchers of MSU Skobeltsyn Nuclear Physics Institute and Faculty of Physics.

Our activity in the project proceeds in the fruitful cooperation with other scientific centre, particularly, with [Group III from National Institute of Nuclear Physics](#) (Genoa, Italy)

We hope that these materials will help for all, who works in field of neutrino physics, studies this section of physics or simply is interested in this matter.

## Project team



**Evgeny Shirokov**

Team leader, Ph. D.  
Associate professor MSU

+7 495 939 25 58  
[shirokov@phys.msu.ru](mailto:shirokov@phys.msu.ru)

[vladimir.kulikovskiy@ge.infn.it](mailto:vladimir.kulikovskiy@ge.infn.it)



**Vladimir Kulikovskiy**

Junior scientist  
INP MSU

+39 340 080 67 61

Благодарю за внимание!