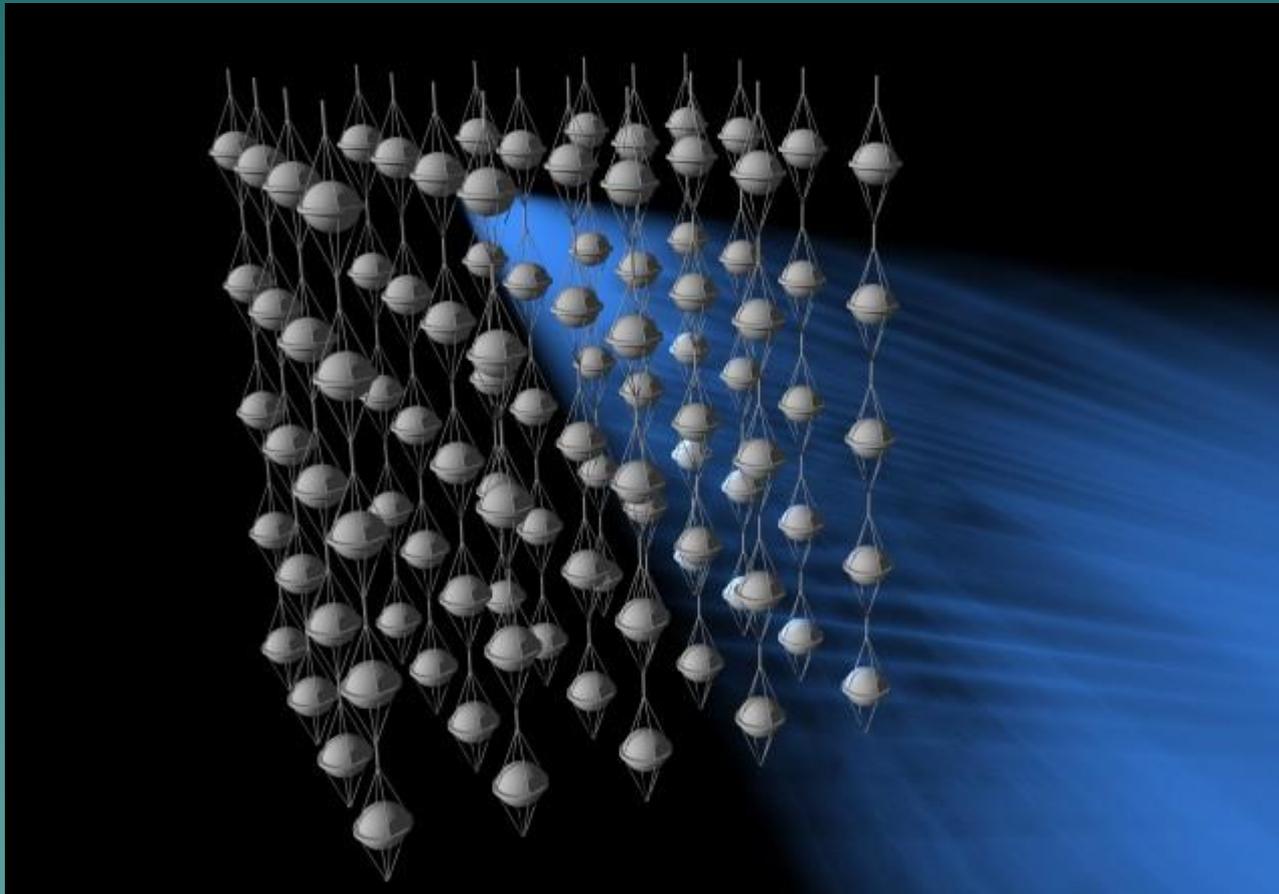


# Глубоководные нейтринные черенковские телескопы



# Пределы астрофизики высоких энергий

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

Источник частиц и излучений

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

Протоны высоких энергий

IV. Только нейтрино могут проникать из самых удалённых частей Вселенной

нейтрино

Гамма-кванты высоких энергий

III. Гамма-кванты взаимодействуют с космическим фоном

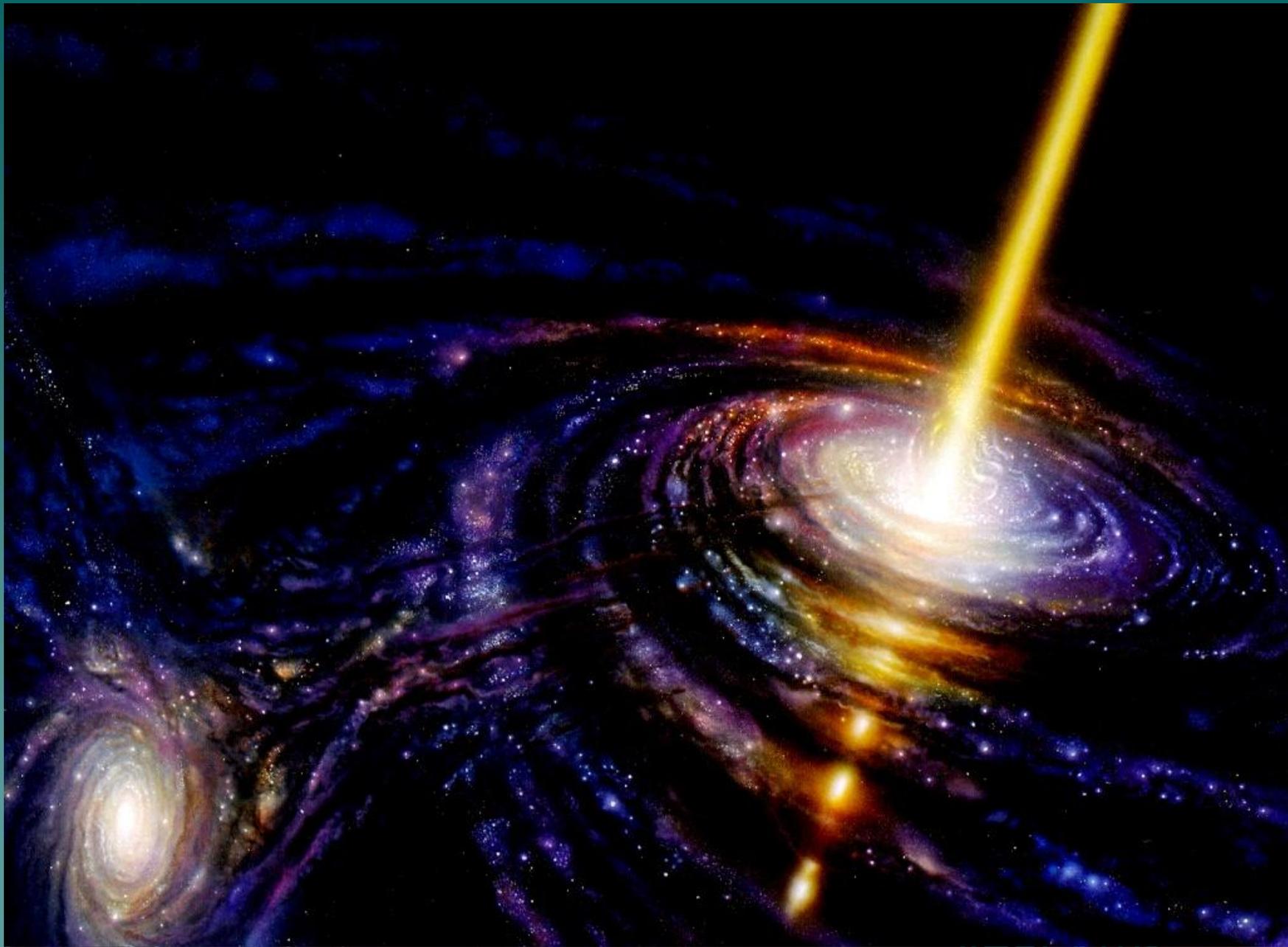
Отклонение низкоэнергичных протонов



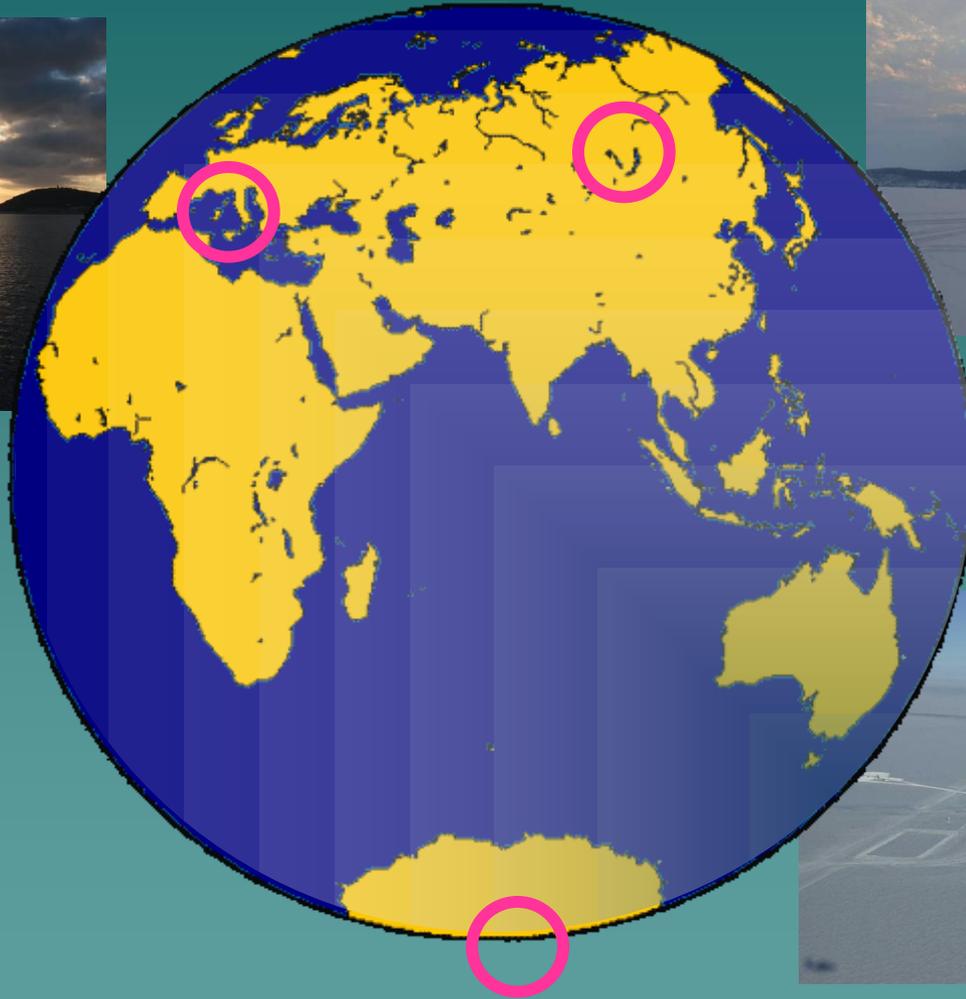
# Черенковский метод регистрации нейтрино







# Глубоководные телескопы



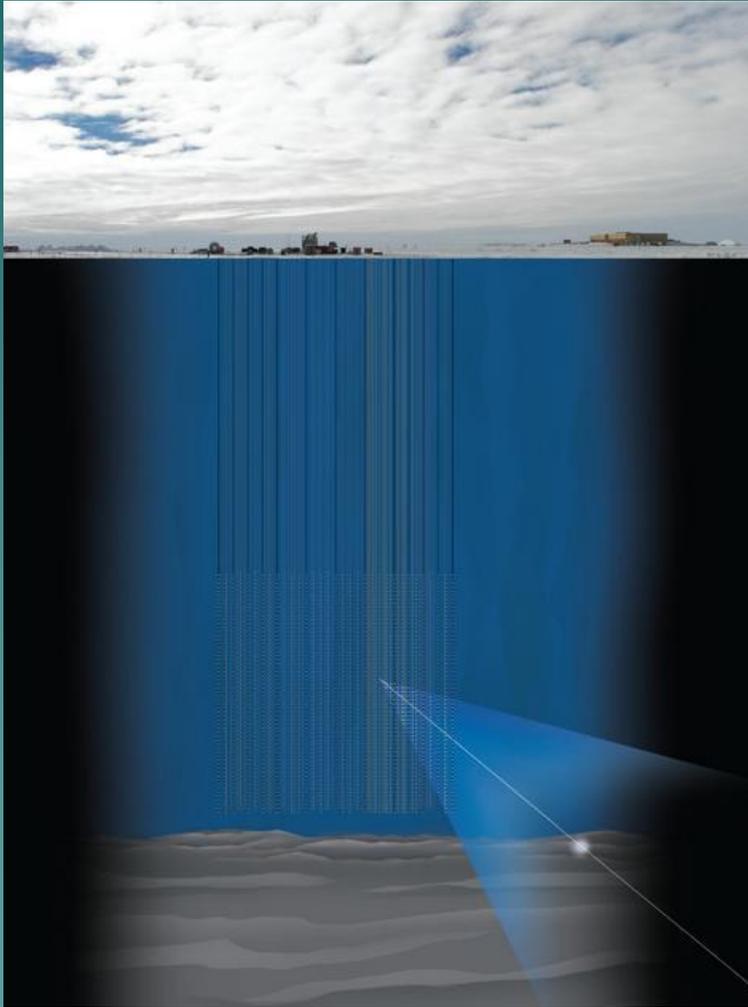
# Байкальский нейтринный детектор



# Телескоп НТ-200

- ◆ Начало работы – 1998 г.
- ◆ Глубина – 1200 м.
- ◆ Количество ОМ – 192
- ◆ Предполагается модернизация (GVD)?

# Ice Cube



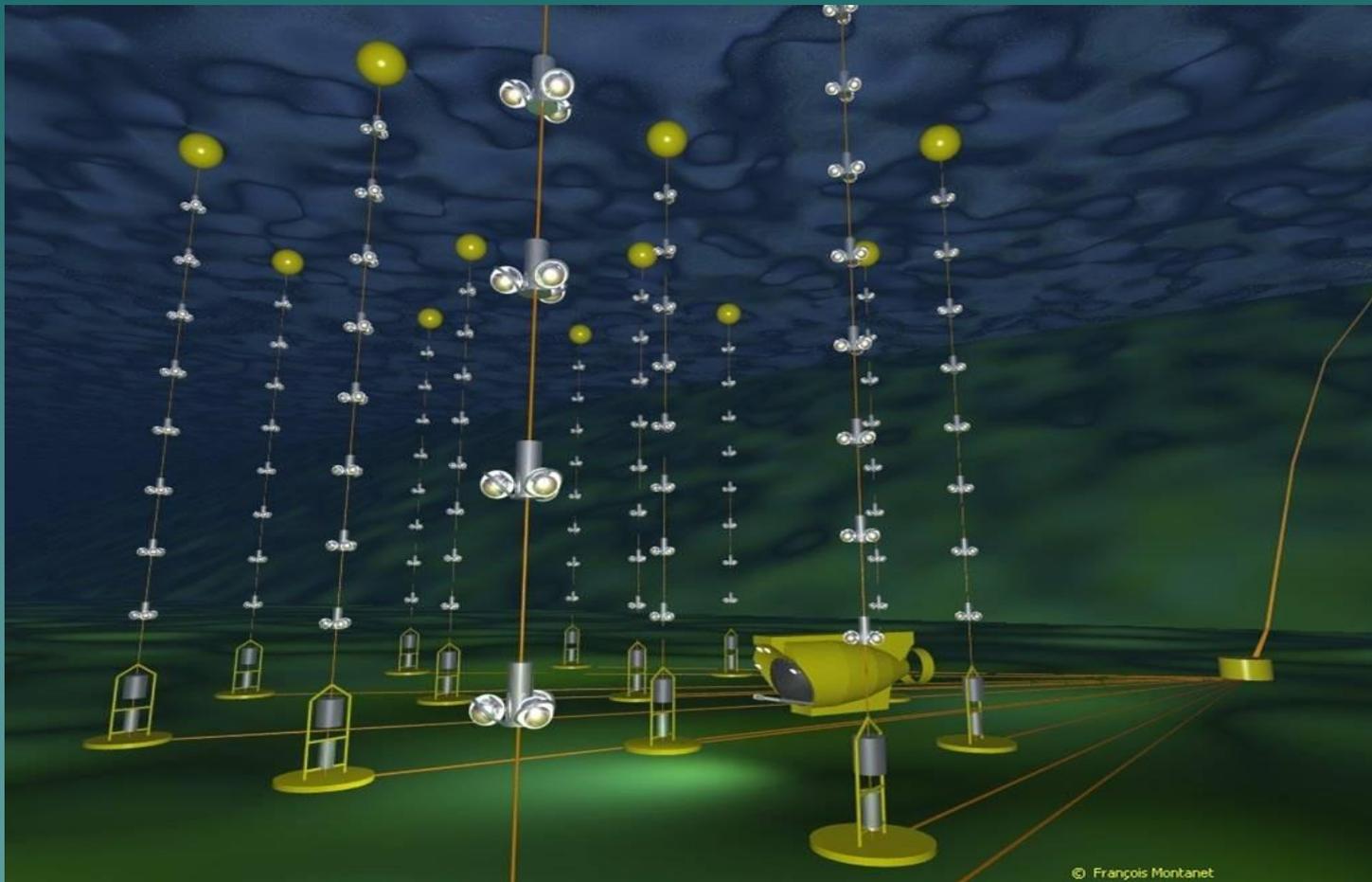
# Ice Cube

- ◆ Начало работы – 2011
- ◆ Глубина – 2400 м.
- ◆ Рабочий объём – 0.9 куб.км
- ◆ Количество ОМ – ок. 5200 (86 струн)

# Средиземноморские телескопы



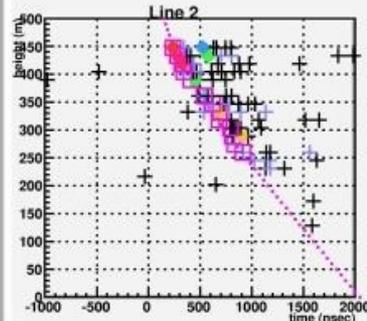
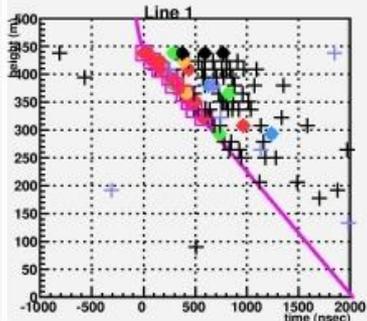
# Проект ANTARES



# ANTARES

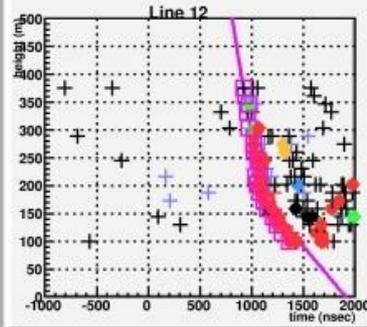
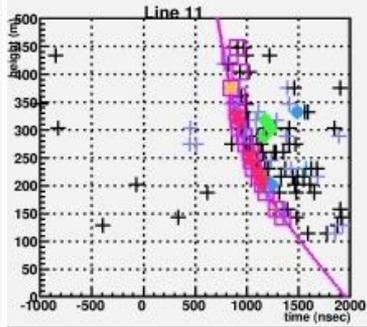
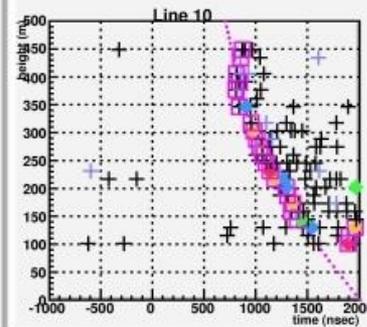
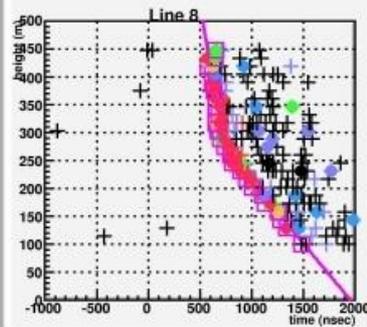
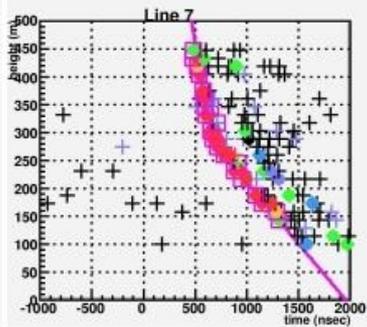
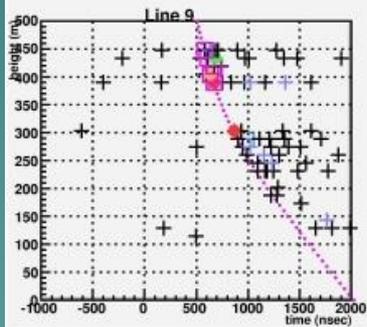
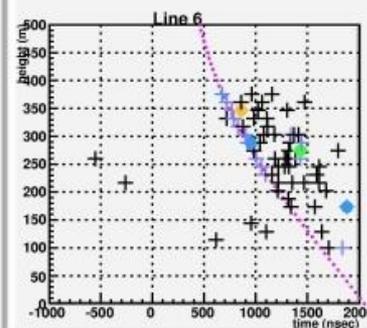
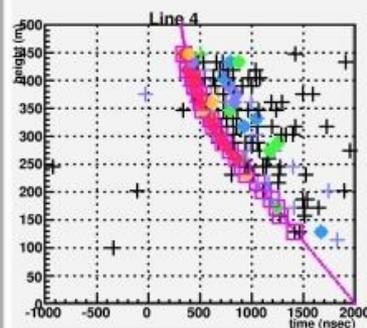
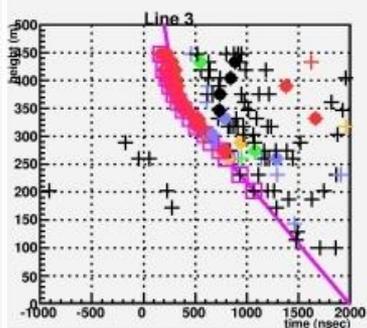
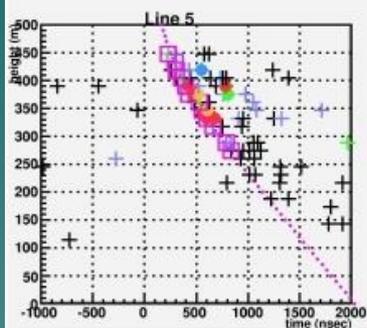
- ◆ Начало работы – 2006 г. (в современной конфигурации)
- ◆ Глубина – 2500 м
- ◆ Рабочий объём – 0.09 куб.км
- ◆ Количество ОМ- прим. 940 (14 струн)

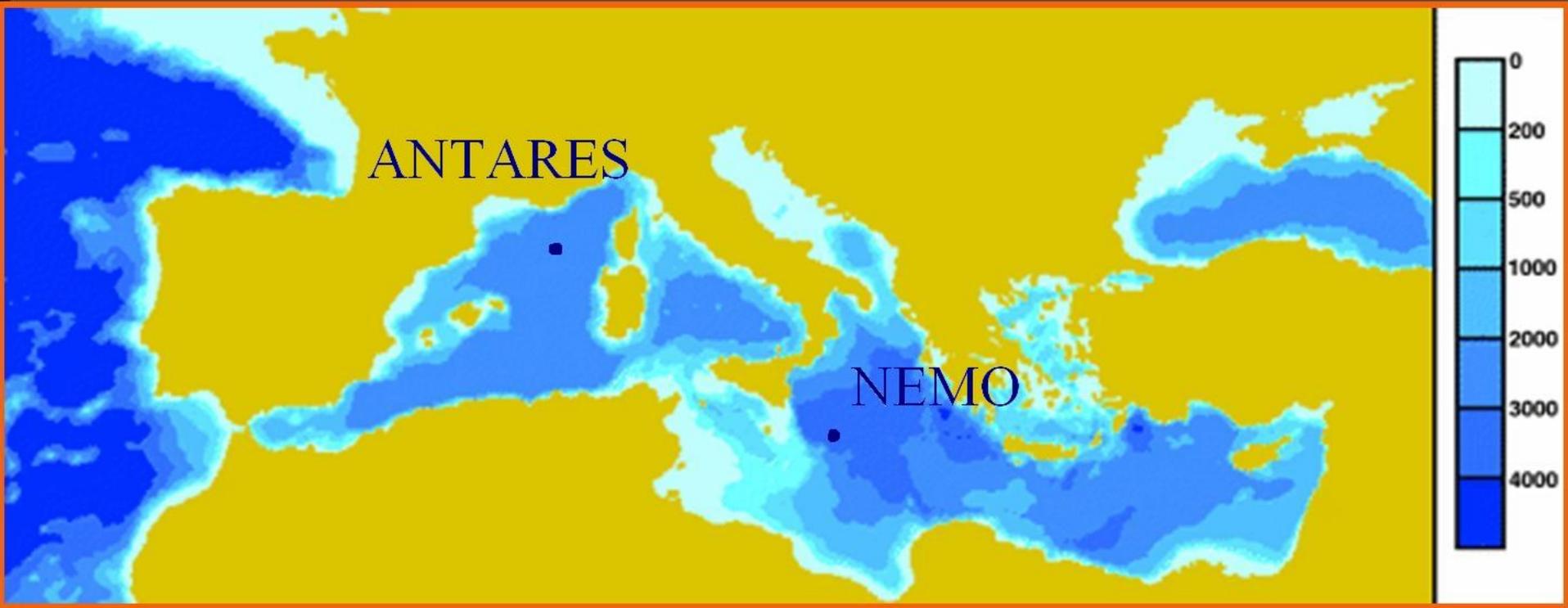
Zenith : 144.3  
Fit on 11 line(s)



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  
● ● ● ● ● ●





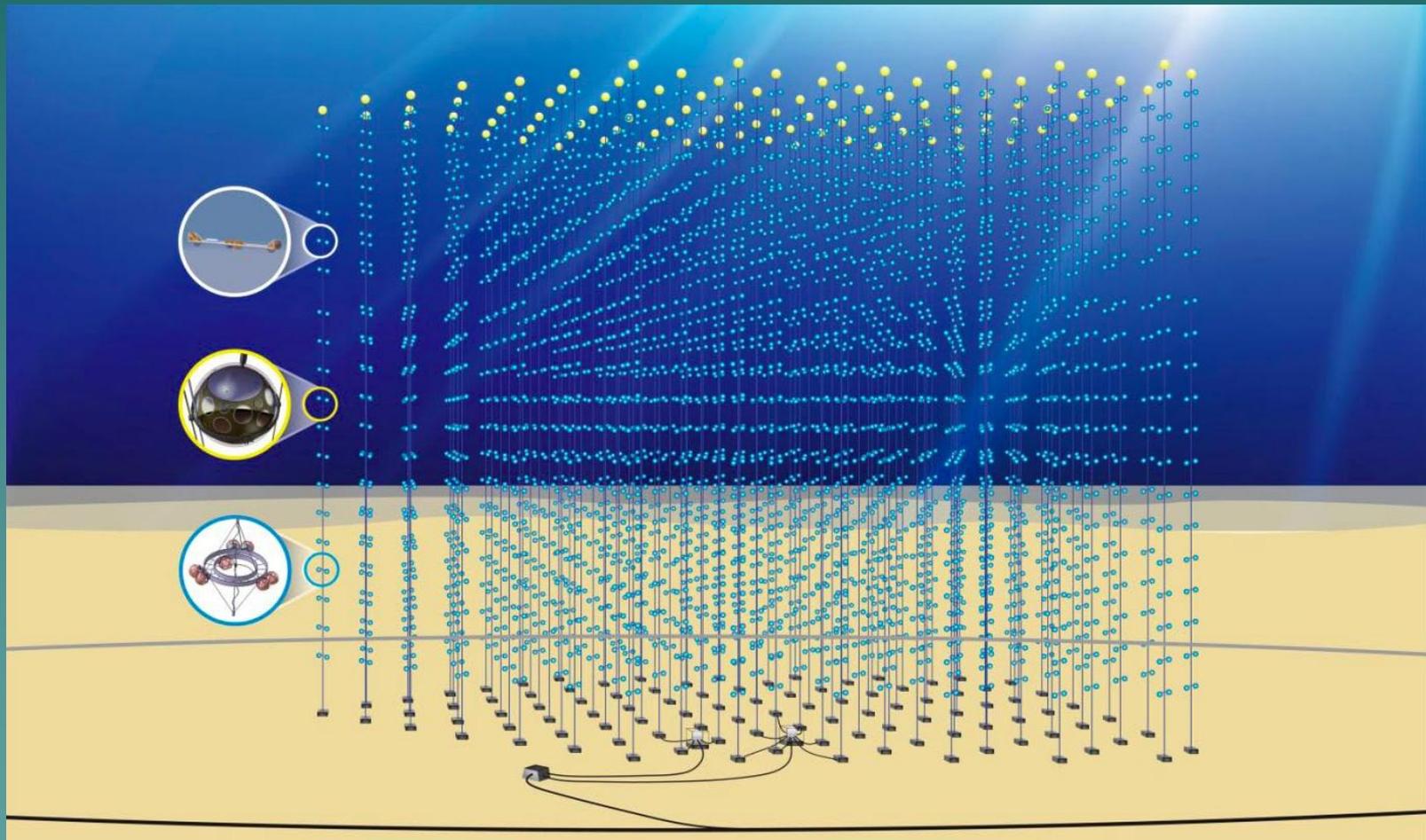
# Проект KM3Net



**KM3NeT**

*Opens a new window on our universe*

# Общий вид детектора

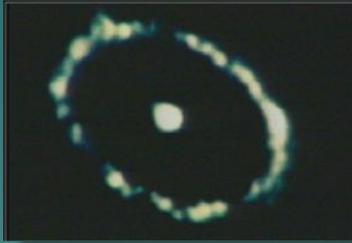


Galactic

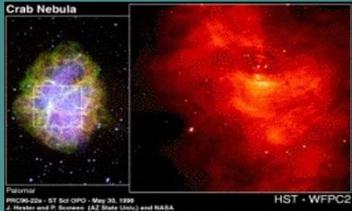
# Цели наблюдений

Extra-Galactic

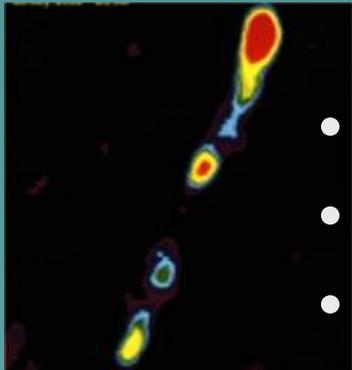
Supernova remnants



Pulsars

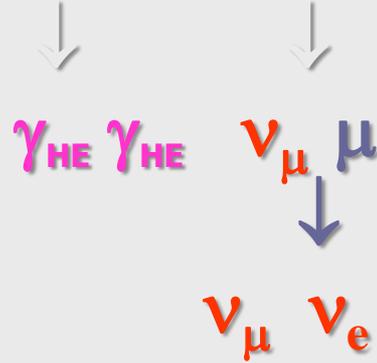


Microquasars

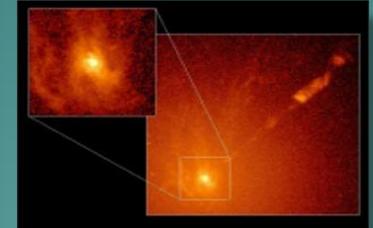
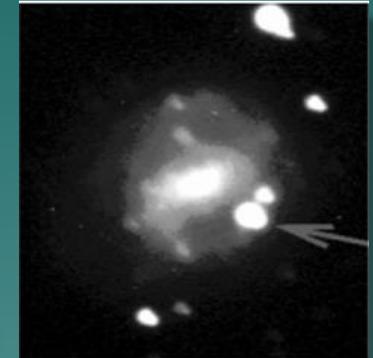


$$e + \gamma \rightarrow \gamma_{HE} \text{ (inverse Compton)}$$

$$p/A + p/\gamma \rightarrow \pi^0 + \pi^\pm + \dots$$



GRB



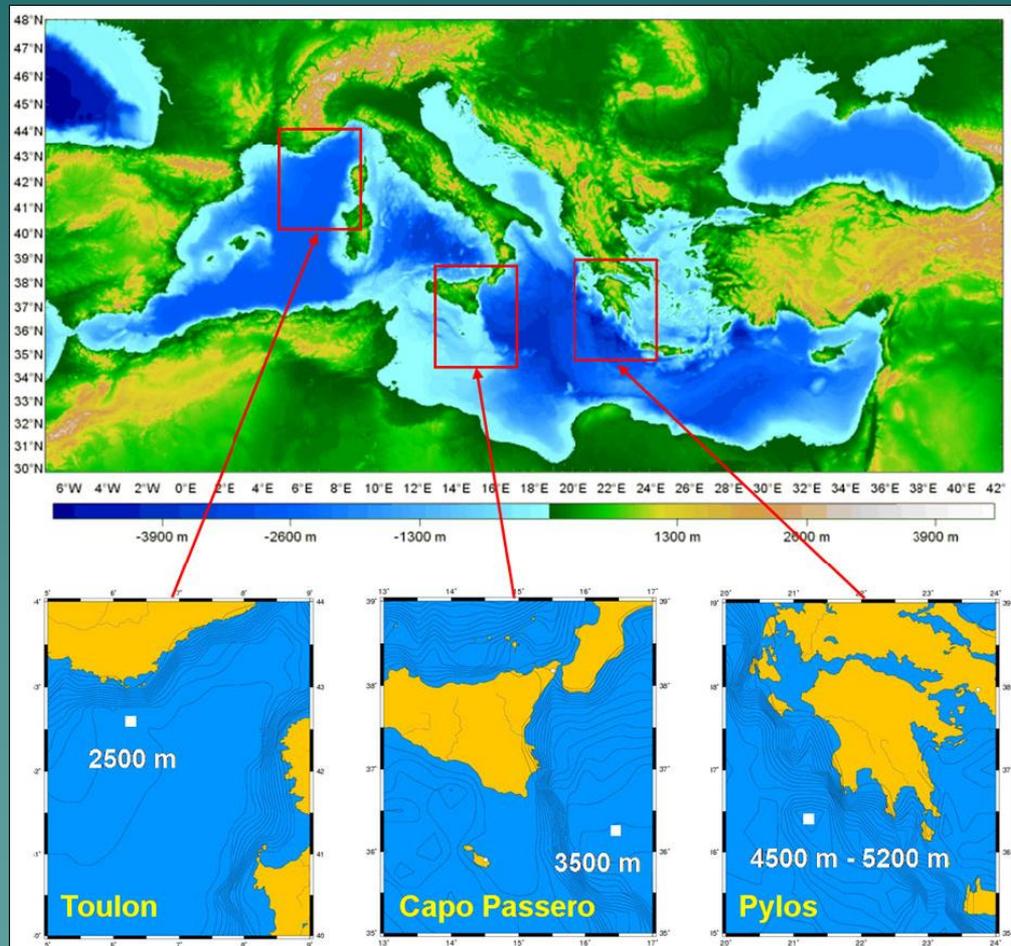
AGN

- Происхождение косм.лучей
- Понимание природы известных источников
- Неизвестные явления

# Предполагаемые характеристики

- ◆ Начало работы – 2016 г
- ◆ Глубина – 2500-4000 м.
- ◆ Число ОМ – 12400 (310 DU)
- ◆ Рабочий объём – 5-5.5 куб.км
- ◆ Ориентировочная стоимость -220-250 млн. евро

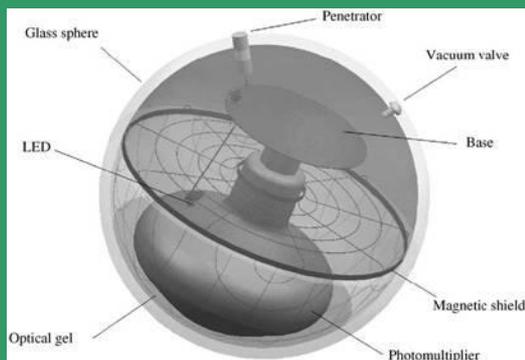
# Географическое положение



# Два типа оптических модулей

## Single-PMT Optical Module

8-inch PMT with 35% quantum efficiency  
inside a 13 inch glass sphere  
Evolution from pilot projects



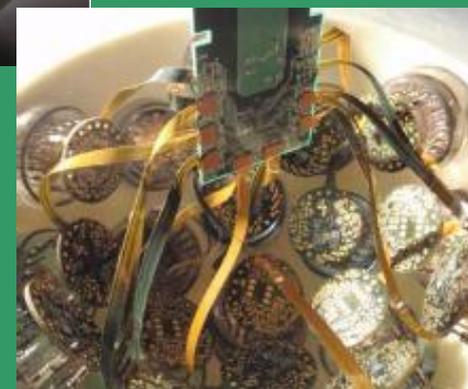
## Multi-PMT Optical Module

31 small PMTs (3-inch) inside a 17 inch  
glass sphere

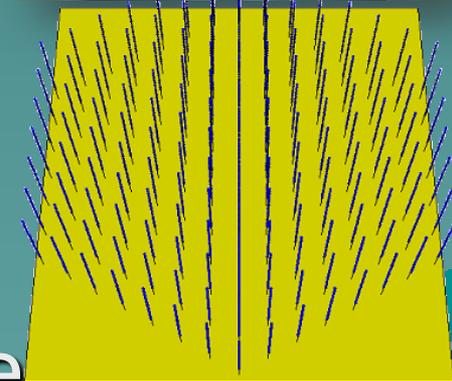


- 31 PMT bases (total ~140 mW)
- Cooling shield and stem

First full prototype  
ready at the end  
of 2010



# Конфигурация



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

# Проект PINGU

## ◆ PINGU

- ◆ Phase 1 proposal: Spring 2012
- ◆ Phase 2 feasibility studies finished summer 2012
- ◆ Phase 1 construction 2014-16
- ◆ Phase 2 proposal: Fall 2016
- ◆ Phase 2 construction: 2018-23

Towards a “Global Neutrino Observatory”?

# Участие МГУ в нейтринных проектах <http://antares.sinp.msu.ru>

- ◆ NEMO – с 2004 г.
- ◆ ANTARES – с 2009 г.
- ◆ KM3Net – с 2011 г.

# Участие МГУ в нейтринных проектах <http://antares.sinp.msu.ru>

- ◆ Разработка ОМ
- ◆ Обработка данных
- ◆ Quality cut
- ◆ Фильтры биоломинисценции
- ◆ Поиск точечных источников
- ◆ Гамма-всплески

# Участие МГУ в нейтринных проектах <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