

УДК 539.123, 539.1.073

**НЕЙТРИННЫЙ ТЕЛЕСКОП ТАУБАЙКАЛ**

К. А. Котельников, С. К. Котельников, Ю. А. Трубкин, А. П. Чубенко

*Обсуждается проект создания телескопа  $\tau$ -нейтрино сверхвысоких энергий.***Ключевые слова:** нейтрино, нейтринный телескоп,  $\tau$ -нейтрино,  $\tau$ -лептон.

К основным проблемам астрофизики сверхвысоких энергий можно отнести, например, открытые вопросы о механизмах ускорения первичных частиц космических лучей до энергий выше  $10^{19}$  эВ [1–3], о том, в каких звездных системах во Вселенной реализуются эти механизмы, о роли гамма-всплесков в процессах ускорения и другие вопросы. Экспериментальные данные по этим проблемам в ближайшем будущем могут быть получены при помощи телескопов нейтрино высоких энергий. Поскольку интенсивности таких нейтрино чрезвычайно низкие, площади телескопов для них должны составлять десятки квадратных километров. Вместе с тем успехи в развитии методики физических экспериментов, создание и эксплуатация таких установок мирового уровня, как IceCube [5] и The Auger Observatory [6], успехи в микроэлектронике и компьютеризация физических экспериментов – все это создает уверенность в возможности экспериментальных исследований в этой области физики.

В данном проекте предполагается создать на берегу озера Байкал в его северо-восточной части телескоп, в котором изучение тау-нейтрино космических лучей проводится по создаваемым этими нейтрино горизонтальным широким атмосферным ливням (ШАЛ). Телескоп схематично показан на рис. 1 в виде длинного прямоугольника. В этой области Байкала высокие горные хребты по обоим берегам озера образуют замкнутое воздушное пространство. В этом пространстве с большой вероятностью происходят распады  $\tau$ -лептонов, адронные каналы которых будут приводить к образованию горизонтальных ШАЛ. На рис. 1 схематично показан один такой ШАЛ.

Определение энергий ливней и пространственных углов их осей позволит получать указания на области Вселенной, где протекают процессы ускорения до сверхвысоких энергий. Кроме этих исследований, на установке можно будет изучать другие проблемы астрофизики, в частности исследовать корреляции тау-нейтрино высоких энергий с гамма-всплесками и с рентгеновским космическим излучением [3].

---

ФИАН, 119991 Россия, Москва, Ленинский пр-т, 53; e-mail: kakoteln@gmail.com.

Google



Рис. 1: Северо-восточная часть озера Байкал. Схематично показана установка для регистрации ШАЛ в виде длинного прямоугольника и тонкими линиями – частицы ШАЛ.

Параметры установки ТАУБАЙКАЛ и темп набора экспериментального материала могут быть рассчитаны при разработке детального варианта проекта. К настоящему времени выполнены только оценочные расчеты, которые позволяют тем не менее составить общее впечатление о масштабах установки. Так, например, площадь установки, которая использовалась при проведении оценочных расчетов, была выбрана равной 20 квадратным километрам. При расстоянии между детекторами 150 метров число детекторов оказывается равным 6000. Это пластмассовые сцинтилляторы небольших размеров с волоконным выводом оптических сигналов. Толщина детекторов равна 10 мм, площадь – 0.5 квадратного метра.

Используя экспериментальные данные Оже обсерватории [6, 7], была получена функция пространственного распределения частиц ШАЛ для первичной энергии  $10^{17}$  эВ (функция Нишимуры–Каматы–Грайзена)

$$\rho(r) = 3[(r/700)(1 + r/700)]^{-2}, \quad (1)$$

где  $r$  – расстояние от оси ливня в метрах. При такой функции НКГ среднее число зарегистрированных частиц в детекторах, ближайших к оси ШАЛ, оказывается равным  $\sim 100$  и ошибка в измерении угла оси ливня  $\sim 0.5^\circ$ .

Разрабатываемая электронная аппаратура ТАУБАЙКАЛ должна соответствовать требованию автономного режима эксплуатации нейтринного телескопа и при ее разработке в максимальной степени должен быть использован международный опыт создания установок такого масштаба [6]. Каждый детектор установки при этом должен иметь свой источник питания, датчик GPS и программный блок для формирования триггера, калибровки и передачи результатов измерений сигналов в банк данных.

Для оценки ожидаемой статистики были использованы расчеты потоков экстремальных галактических нейтрино, проведенные Ваксманом и Бахколом [5], результаты которых можно представить в виде

$$N_\nu(E > 10^{16} \text{ eV}) \sim 6 \cdot 10^2 \text{ km}^{-2} \cdot \text{st}^{-1} \text{ year}^{-1}. \quad (2)$$

В предположении, что дифференциальный энергетический спектр нейтрино имеет показатель, равный  $-2$ , по упрощенной схеме расчета было получено, что за год работы установки площадью 20 кв км может быть зарегистрировано около 10 горизонтальных ШАЛ, образованных нейтрино с энергиями выше  $10^{17}$  эВ.

#### Л И Т Е Р А Т У Р А

- [1] J. Russ, <http://www.symmetrymagazine.org/breaking/2011/06/16/tauwer-aims-for-cosmic-heights>.
- [2] Daniele Fargion, Detecting Ultra High Energy Neutrinos by Upward Tau Air Showers and Gamma Flashes/ arxiv:astro-ph/0005439 v1 22 May 2000.
- [3] V. Tatischeff et al., New type of cosmic ray <http://www2.cnrs.fr/2115.htm>; 2012.
- [4] Y. Asaoka and M. Sasaki, Cherenkov  $\tau$  Shower Earth-Scimming Method for PeV-EeV  $\nu_\tau$  Observation ArXiv:1202.5656 v1 [astro-ph.HE] 25 Feb 2012.
- [5] K. Thomas, Gaisser IceCube. Status and Results arXiv:1108.1838v1 [astro-ph.HE] 9 Aug 2011.