

## Поиск внегалактических источников космических лучей в области предельных энергий

А.А.Иванов<sup>1</sup>, С.П.Кнуренко<sup>1</sup>, А.Д.Красильников<sup>1</sup>, И.Е.Слепцов<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Институт космофизических исследований и аэронауки имени Ю.Г. Шафера СО РАН, Якутск, 677980, Россия*

Выполнен поиск внегалактических источников космических лучей (КЛ) сверхвысоких энергий (СВЭ) с энергией выше  $4 \cdot 10^{19}$  эВ, зарегистрированных на Якутской установке широких атмосферных ливней (ШАЛ). Корреляция направлений прихода ливней с объектами из каталога Веронов, находящихся на расстоянии ближе 100 Мпк, подтверждает наблюдения, выполненные в Обсерватории им. Пьера Оже, а также вывод об обрезании КЛ СВЭ, приходящих с космологических расстояний, из-за эффекта Грейзена-Зацепина-Кузмина. Детальный анализ данных позволил уточнить, какие из классов объектов, относящихся к ядрам активных галактик, являются более вероятными источниками КЛ предельных энергий. Для этого в работе [1] рассмотрена корреляция направлений прихода КЛ отдельно с каждым классом объектов в соответствии с предложением авторов из [2]: S1 – сейфертовские галактики первого типа с широкими балмеровскими линиями, в отличии от S2 – сейфертовских галактик второго типа; S3 – так называемые LINERы (low-ionization nuclear emission-line regions) галактики со слабыми эмиссионными линиями ядер; H2 – галактики, у которых спектр эмиссионных линий ядер схож с туманностями, ионизованными горячими звездами. Для каждого класса объектов подобраны границы красного смещения, обеспечивающие максимум корреляции с данными Якутской установки:  $z < 0.015$  для S1 и S3;  $z < 0.016$  для S2;  $z < 0.024$  для H2.

Как показал анализ, для сейфертовских галактик первого типа и LINERов нет корреляции с КЛ СВЭ, превышающей ту, которая ожидается в изотропном распределении. Только объекты S2 и H2 коррелируют с КЛ предельных энергий (с максимумом в  $E > 50$  ЭэВ для S2 и  $E > 70$  ЭэВ для H2). Превышение наблюдаемого числа совпадений над ожидаемым в изотропном распределении составляет  $4.7\sigma$  и  $3.7\sigma$  в максимумах. Отсюда можно заключить, что вероятными источниками КЛ предельных энергий являются сейфертовские галактики второго типа и / или H2 объекты, находящиеся ближе 100 Мпк.

- [1] Иванов, А.А. Поиск внегалактических источников космических лучей сверхвысоких энергий. *Письма в ЖЭТФ*, 87, 215-219, 2008.  
 [2] Veron-Cetty, M.-P and Veron, P. *Astron. Astrophys.*, 455, 773, 2006.