

ОТЗЫВ научного руководителя
на диссертацию Жежер Яны Валерьевны
«Исследование массового состава космических
лучей и поиск нейтрино ультравысоких энергий
по данным эксперимента Telescope Array»,
представленную на соискание ученой степени кандидата
физико-математических наук по специальности
01.04.02 — теоретическая физика.

Проблема происхождения космических лучей ультравысоких энергий (КЛУВЭ) – одна из наиболее актуальных задач современной астрофизики частиц, остающаяся нерешенной в течение длительного периода времени. Ожидалось, что масштабные эксперименты нового поколения Telescope Array и Обсерватория им. Пьера Оже установят природу источников КЛУВЭ. Тем не менее, к настоящему времени получены лишь указания на возможную анизотропию направлений при предельно высоких энергиях: «горячее пятно» в Северном полушарии в эксперименте Telescope Array и дипольная анизотропия, измеренная в Обсерватории им. Пьера Оже. Наблюдаемый избыток потока в области «горячего пятна» может быть указанием на ближайший источник, при форма и размер пятна определяется отклонениями заряженных частиц в галактическом и внегалактическом магнитных полях. Для интерпретации наблюдений в рамках физических моделей источников необходима информация о заряде частиц, составляющих наблюдаемые КЛУВЭ. Кроме того, актуальность информации о составе космических лучей становится явной в рамках многокомпонентного (multimessenger) подхода. Поток космогенных фотонов и нейтрино ультравысоких энергий определяющим образом зависит от доли протонов в потоке КЛУВЭ.

Диссертация Я.В. Жежер посвящена исследованию массового состава КЛУВЭ по данным эксперимента Telescope Array. Диссертация состоит из

введения, трех основных глав, заключения и двух приложений. В первой главе разработан метод анализа массового состава по данным наземной решетки Telescope Array, использующий методы машинного обучения. Впервые полученные с помощью наземной решетки детекторов данные о массовом составе обладают точностью, сравнимой с точностью общепринятого метода определения состава по глубине максимума широких атмосферных ливней (ШАЛ), измеренной на флуоресцентных телескопах. Учитывая то, что наземная решетка за счет круглосуточной работы регистрирует большее число событий, развитие метода может в будущем позволить исследовать химический состав в области наиболее высоких энергий – вблизи обрезания Грейзена-Зацепина-Кузьмина.

Во второй главе диссертации впервые получены ограничения снизу на протон-гелиевое отношение и долю протонов в потоке КЛ, используя опубликованную информацию о хвостах распределения глубины максимума ШАЛ по данным Telescope Array и Обсерватории им. Пьера Оже. С высоким уровнем достоверности показано, что среди КЛУВЭ присутствуют протоны. Последнее важно для обоснования безопасности работы будущих коллайдеров.

В третьей главе, разработанный метод анализа данных наземной решетки Telescope Array применяется для поиска нейтрино ультравысоких энергий. Для этого Я.В. Жежер выполнила полное Монте-Карло моделирование ШАЛ, вызванных первичными нейтрино, в условиях установки Telescope Array. Впервые по данным Telescope Array получено ограничение на поток нейтрино ультравысоких энергий.

Первая и третья главы выполнены в составе коллаборации Telescope Array. За время работы над диссертацией, Я.В. Жежер не только стала членом коллаборации и выполнила необходимое ежегодное число дежурств на установке, но и приобрела в коллаборации значительный авторитет. Я.В. Жежер выступила с устными докладами от имени коллаборации на международных конференциях, включая ICRC'2017, является ответственным автором статей

коллорабии Telescope Array по химическому составу и поиску нейтрино по данным наземной решетки и является представителем коллорабии в международной рабочей группе по адронным взаимодействиям.

Следует отметить определяющий вклад соискателя во все работы, вошедшие в диссертацию. Я.В. Жежер является сложившимся исследователем с широким кругом научных интересов, включающих явления при малых масштабах и больших энергиях, релятивистскую астрофизику и астрофизику частиц. Достоверность результатов, выносимых на защиту, подтверждается сравнением с результатами, полученными другими методами: массовый состав по данным о глубине максимума в Telescope Array, массовый состав по данным наземной решетки Обсерватории им. Пьера Оже, поиск нейтрино ультравысоких энергий в нескольких экспериментах.

Диссертация «Исследование массового состава космических лучей и поиск нейтрино ультравысоких энергий по данным эксперимента Telescope Array» полностью соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Жежер Яна Валерьевна, безусловно заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.02 - теоретическая физика.

4 февраля 2019 г.

Заместитель директора по научной работе ИЯИ РАН,

д.ф.-м.н., профессор РАН

Г.И. Рубцов

Подпись Рубцова Г.И. удостоверяю

Ученый секретарь ИЯИ РАН, к.ф.

А.В. Вересникова