

ОТЗЫВ

официального оппонента Янке Виктора Гуговича на диссертационную работу Щеголева Олега Борисовича “Изучение адронной компоненты широких атмосферных ливней методом регистрации тепловых нейтронов”, представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.16 - физика атомного ядра и элементарных частиц.

Диссертационная работа О.Б. Щеголева посвящена апробации нового метода изучения космических лучей сверхвысоких энергий и разработке методики восстановления первичной энергии широкого атмосферного ливня (ШАЛ) по данным нейтронной компоненты. Идея метода состоит в создании системы детекторов для регистрации широких атмосферных ливней, с возможностью регистрации сопровождающих ливень замедлившихся вторичных нейтронов по всей площади установки.

Актуальность темы исследования.

Исследование спектра первичного космического излучения при энергиях $>10^{15}$ эВ, в частности, проблемы “колена” космических лучей, возможно только косвенными методами на наземных установках ШАЛ. Этим классическим методом измеряются разные параметры ливня частиц, которые затем пересчитываются в энергию первичной частицы при известном значении ее массы и заряда. Последние могут быть оценены по отношению N_{μ}/N_e или по высоте максимума развития ливня X_{max} . К измеряемым параметрам относится число заряженных частиц, число мюонов, энергия ствола ливня на уровне наблюдения и другие характеристики. Однако результаты проведенных экспериментов не всегда согласуются, а часто и противоречат друг другу.

Поэтому требуется развитие новых методов исследования ШАЛ и создание установок на их основе. Особо важной представляется регистрация нейтронной компоненты ШАЛ, которая является единственной практически не изученной до настоящего времени компонентой ШАЛ. В то же время нейтронная компонента, которая образуется при взаимодействии адронной части ствола ливня с ядрами атомов атмосферы и поверхности Земли, несет важную информацию о развитии ШАЛ.

Об актуальности этих исследований говорят усилия многих экспериментальных групп в разных странах на протяжении десятилетий. Постепенно усложнялась аппаратура, улучшалась точность и увеличивалась статистика. Однако противоречивость результатов до последнего времени не позволяла достоверно решить проблему “колена”. Необходимо

было идти не только по пути расширения площади установок, но и по пути развития новых методов исследования ШАЛ и расширение на их основе экспериментальных возможностей созданных или создаваемых установок.

Неоспоримым преимуществом метода изучения адронной компоненты широких атмосферных ливней методом регистрации тепловых нейтронов является возможность создания недорогой установки с площадью в десятки и в сотни раз превышающей площадь ионизационных калориметров, которые ранее использовались.

Новые научные результаты.

С помощью созданных установок PRISMA-32 и PRISMA-YBJ были впервые измерены функции пространственного распределения тепловых нейтронов в ШАЛ на уровне моря и на высоте 4300 м над уровнем моря. Это новый и один из наиболее важных результатов работы. Впервые измерен спектр ШАЛ по числу вторичных тепловых нейтронов на двух уровнях наблюдения.

Проведен анализ экспериментальных данных установок PRISMA-32 и PRISMA-YBJ и проведено подробное моделирование экспериментов с использованием пакетов GEANT4.10 и CORSIKA6.9. Получено очень хорошее согласие между расчетом и экспериментом, по функциям пространственного распределения электронной и нейтронной компонент, по соотношению между этими двумя компонентами для двух существенно различных уровней наблюдения. Хорошее согласие было получено, в том числе, и по абсолютной величине. При этом для нейтронной компоненты это было сделано впервые.

Степень обоснованности научных результатов.

Автор корректно использует известные научные методы. Список литературы содержит 68 наименований. На каждом этапе создания установки проводились тщательные исследования ее отдельных элементов: детекторов и сопутствующей электроники, системы синхронизации, системы сбора данных и программного обеспечения.

В дальнейшем были созданы программы для полного моделирования обоих экспериментов на установках PRISMA-32 и PRISMA-YBJ, которые используются для расчетов ожидаемых параметров при сравнении с экспериментальными данными.

Научная новизна работы.

С помощью использованного в диссертации оригинального метода впервые был получен спектр ШАЛ по числу тепловых нейтронов в ПЭВной области энергий, который согласуется со спектром ШАЛ по числу высокоэнергичных адронов, измеренным в эксперименте KASCADE. Методические подходы, экспериментальные результаты и их теоретические объяснения, содержащиеся в диссертационной работе, безусловно, обладают новизной.

Достоверность основных результатов и выводов диссертации, связанных с разработкой методики восстановления первичной энергии широкого атмосферного ливня (ШАЛ) по данным нейтронной компоненты, подтверждается очень хорошим согласием между расчетом и экспериментом. Хорошее согласие наблюдается даже по абсолютной величине, что говорит о хорошем согласии между моделированием и экспериментом и, следовательно, об адекватности проведенных расчетов. Хорошее согласие наблюдается и по функциям пространственного распределения электронно-нейтронной компонент, и по соотношению между этими двумя компонентами для двух существенно различных уровней наблюдения. При этом для нейтронной компоненты это было сделано впервые в мире.

Мои замечания к диссертации носят либо рекомендательный, либо технический характер и никак не влияют на положительную оценку диссертации.

В целом, сама работа и ее описание в диссертации оставляет очень хорошее впечатление. Она написана доходчиво и хорошим языком, аккуратно оформлена, результаты хорошо иллюстрированы.

Общая оценка работы.

В целом, диссертация производит очень хорошее впечатление. Прежде всего, следует отметить, что работа является частью большой программы исследований, представляет собой важный и необходимый этап в подготовке очень интересного эксперимента. Безусловно, диссертационная работа Щеголева О. Б. это законченное научное исследование, открывающее широкое поле деятельности в области космофизического эксперимента. При выполнении диссертационной работы Щеголев О.Б. продемонстрировал уверенное владение наиболее современными методами экспериментальной ядерной физики, математического моделирования эксперимента, способность ставить задачи и вопросы и находить правильные решения.

Основные результаты диссертации опубликованы в 9 печатных работах, они неоднократно обсуждались на различных конференциях и симпозиумах и получили одобрение ведущих специалистов.

Диссертация работа Щеголева Олега Борисовича “Изучение адронной компоненты широких атмосферных ливней методом регистрации тепловых нейтронов”, - это существенный вклад в развитие методов экспериментальной физики. Диссертант продемонстрировал высокую квалификацию и понимание предмета исследований и диссертацию следует оценить положительно.

Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации.

Диссертационная работа выполнена на высоком научном уровне, представляет собой законченную научно-квалификационную работу и удовлетворяет всем критериям «Положения о присуждении ученых степеней», утверждённого постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, **Щеголев Олег Борисович**, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.16 - физика атомного ядра и элементарных частиц.

Официальный оппонент Янке Виктор Гугович,

кандидат физ.-мат. наук,

зав. отделом космических лучей ИЗМИРАН,

Тел. 8(495) 851-09-25, e-mail: yanke@izmiran.ru

Адрес: 108840, г. Москва, г. Троицк, Калужское шоссе, 4, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки, Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова, РАН (ИЗМИРАН).

1 сентября 2016 года

В.Г. Янке

Подпись В.Г. Янке удостоверяю:
Ученый секретарь ИЗМИРАН

А.И. Рез

Список публикаций за период 2011-2015 гг. Янке Виктора Гуговича,
к.ф.-м.н., заведующего отделом космических лучей Института земного магнетизма,
ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова РАН

Приборы и методы экспериментальной физики, 01.04.01.

1. Mavromichalaki H.; Papaioannou A.; Plainaki C.; Sarlanis C.; Souvatzoglou G.; Gerontidou M.; Papailiou M.; Eroshenko E.; Belov A.; Yanke V. et. al.; Applications and usage of the real-time Neutron Monitor Database. *Advances in Space Research*, Volume 47, Issue 12, p. 2210-2222, 2011.
2. В. К. Коротков, М. Д. Беркова, А. В. Белов, П.Г.Кобелев, Е. А. Ерошенко, В. Г. Янке, "Эффект снега в вариациях космических лучей И методы его учета", *Геомагнетизм и аэрномия*, том 51, № 2, стр. 250-256, 2011.
3. Papailiou, M.; Mavromichalaki, H.; Belov, A.; Eroshenko, E.; Yanke, V. Precursor Effects in Different Cases of Forbush Decreases, *Solar Physics*, 10.1007/s11207-011-9888-1, 2011.
4. M. Papailiou, H. Mavromichalaki, A. Belov, E. Eroshenko & V. Yanke, "The Asymptotic Longitudinal Cosmic Ray Intensity Distribution as a Precursor of Forbush Decreases", *Solar Physics*, Volume 280, Issue 2, pp.641-650.
5. E. Paouris, H. Mavromichalaki, A. Belov, R. Gushchina, V. Yanke, "Galactic Cosmic Ray Modulation and the Last Solar Minimum", *Solar Phys.* vol. 280 issue1 Sept.2012. p.255-271.
6. V. Korotkov, M. Berkova, A. Belov, E. Eroshenko, V. Yanke, R. Pyle, "Procedure to emend neutron monitor data that are affected by snow accumulations on and around the detector housing", *JGR: Space Physics*, Vol. 118, 11, 6852-6857, doi:10.1002/2013JA018647, 2013.
7. А.А. Абуни, М.А. Абунина, А.В. Белов, Е.А. Ерошенко, В.А. Оленева, В.Г. Янке, «Форбуш-понижения 19-го цикла солнечной активности», *Известия РАН. Сер. физ.*, Т.77, №5, С.599-601, 2013.
8. Belov A., A. Abunin, M. Abunina, E. Eroshenko, V. Oleneva, V. Yanke, A. Papaioannou, H. Mavromichalaki, N. Gopalswamy, S. Yashiro "Coronal Mass Ejections and Non-recurrent Forbush Decreases" // *Solar Physics*: V. 289, I. 10, P.3949-3960, 2014.
9. Belov A., Abunin A., Abunina M., Eroshenko E., Oleneva V., Yanke V., Papaioannou A., Mavromichalaki H. "Galactic cosmic ray density variations in magnetic clouds" // *Solar Physics*: V. 290. I. 5. P. 1429-1444. DOI: 10.1007/s11207-015-0678-z, 2015.
10. Белов А., Ерошенко Е., Крякунова О., Николаевский Н., Малимбаев А., Цепакина И., Янке В., "Возможные наземные возрастания солнечных космических лучей в 2012 г.", *Известия РАН., сер. физ.*, Т. 79, № 5, с. 615–619, 2015. doi: 10.7868/S0367676515050154.