

УТВЕРЖДАЮ

Ректор НИЯУ МИФИ

_____ В.И. Шевченко

«31» августа 2022 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации – Национального исследовательского ядерного университета МИФИ на диссертацию В.С. Романенко «Поиск источников космического гамма-излучения сверхвысоких энергий на установке «Ковер – 3»», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.16 «Физика атомного ядра и элементарных частиц»

Тема диссертации Романенко В.С. связана с разработками и исследованиями, проводимыми на установках Баксанской нейтринной обсерватории (БНО) в области гамма-астрономии высоких энергий (выше 100 ТэВ). Эта область получила новый импульс развития после регистрации на установке IceCube нейтринных событий с энергией в сотни ТэВ. Если эти нейтрино имеют астрофизическое происхождение, то можно ожидать потока гамма-квантов со сравнимыми энергиями из тех же астрофизических источников. Установка «Ковер» позволяет проводить такие исследования и диссертация Романенко В.С. подводит некоторые итоги этой работы.

В диссертации решаются две взаимосвязанные задачи: первая – проведение поисковых исследований гамма-квантов сверхвысоких энергий на существующей части установки («Ковер-2»); вторая – развитие ее до нового уровня («Ковер – 3»).

Решение первой задачи связано с выделением фотоноподобных событий из общего массива регистрируемых широких атмосферных ливней,

генерируемых в основном адронами. Сложность решения этой задачи связана с существенным преобладанием адронных ШАЛ над ШАЛ от γ -квантов, а также с большими флуктуациями в развитии ливней в атмосфере.

В диссертации в качестве параметра для разделения адронных и фотоноподобных ШАЛ используется доля мюонов по отношению к общему числу заряженных частиц. Идея метода изложена на рисунке 3.3 (стр. 7). Как можно видеть из рисунка, «хвост» от распределения адронных ШАЛ заходит за границу, принятую для отбора фотоноподобных ливней. По процедуре такого отбора можно сделать следующие замечания:

1. На стр. 73 – 75 сказано, что «численное значение N_e определяется путем фитирования НКГ функции для фиксированного возраста $s = 1$ ». Но установка регистрирует ШАЛ и с другими s . Как такие ливни могут изменить величину «хвоста», попадающего в фотоноподобные ливни?
2. На стр. 73 сказано, что «отбираются события, в которых ось ливня находится внутри центрального детектора». Если посмотреть на схему установки «Ковер-2» (рисунок 2.1 на стр. 63), то видно, что мюонный детектор расположен достаточно далеко от центрального детектора, на периферии регистрируемых ШАЛ, где флуктуации количества частиц достаточно большие. Вопрос, какое влияние это оказывает на корректность отбора фотоноподобных ливней, в диссертации не обсуждается.

Основной физический результат диссертации связан с оценкой потока гамма-квантов из области Кокона Лебеда, откуда было зарегистрировано нейтринное событие с энергией 154 ТэВ. Полученная, и опубликованная, величина потока оказалась на три порядка выше ожидаемого значения, которое получается из предыдущих экспериментов, в том числе и автора диссертации. Такой результат, в случае его подтверждения, может претендовать на открытие. Поэтому очень важно проанализировать всю цепочку действий по его получению, чтобы исключить возможные ошибки. По этой части диссертации можно сделать следующие замечания:

3. Приведенный на стр. 90-92 анализ потока γ -излучения из области Кокона Лебеда основан на расчетах вероятности $p(d)$ получить соответствующее количество событий из ожидаемого фона. Результат расчетов приведен на рис. 3.7, стр. 91. В диссертации не описано, как была рассчитана эта кривая, но ее скачкообразное поведение вызывает сомнение в ее корректности. В диссертации не обсуждается вопрос, какие факторы могут приводить к смещению вероятности на порядок при изменении временного окна на 2 – 3 дня при его ширине 80 дней. В то же время выбор временного окна, например, 78 дней вместо 82 существенно изменит конечный результат.

4. В диссертации не обсуждается вопрос, наблюдались ли подобные события в рассматриваемый период времени на других установках, которые могут регистрировать гамма-кванты таких энергий, в частности, на установках TAIGA и LHAASO.

5. В диссертации не обсуждается вопрос о достоверности полученных результатов. В соответствующем месте (стр. 11) достоверность и апробация результатов объединены в один пункт, в котором сообщается, где опубликованы полученные результаты, но сам факт опубликования результата не может свидетельствовать о его достоверности.

Вторая часть диссертации (стр. 96-118) посвящена развитию установки «Ковер – 2 » и созданию на ее базе установки «Ковер – 3». В результате существенно расширена наземная часть установки за счет создания новых выносных пунктов регистрации на основе пластических сцинтилляторов, а также увеличен мюонный детектор (235 новых счетчиков), общая эффективная площадь которого достигла 410 м². О высокой однородности новых счетчиков свидетельствует рис. 4.3 на стр. 100. Разработана и создана система сбора данных для наземной части установки «Ковер – 3» и онлайн-программа для обеспечения настройки и управления всеми элементами сбора данных.

Создание установки «Ковер – 3 » безусловно расширит возможности проведения исследований в области гамма-астрономии сверхвысоких энергий и в этом есть безусловная заслуга диссертанта.

В целом диссертация Романенко В.С. представляет собой законченную научно-квалификационную работу, содержащую новые результаты, представляющие интерес для физики и астрофизики космических лучей и гамма-астрономии, которые будут использоваться в дальнейших исследованиях. Необходимо отметить прекрасный обзор современного состояния исследований в области гамма-астрономии, который занимает значительную часть диссертации (стр. 15 – 61). Этот обзор будет полезен как введение в эту сферу науки.

Диссертация написана хорошим языком, легко читается и содержит небольшое количество грамматических и синтаксических ошибок, за исключением одной, которая повторяется во всем тексте диссертации: использование глагола «производить» вместо «проводить», хотя хорошо известно, что производится продукция (например, утюги и пр.), а исследования, поиск, обработка и т.п. проводятся.

Диссертационная работа В.С. Романенко «Поиск источников космического гамма-излучения сверхвысоких энергий на установке «Ковер – 3»» удовлетворяет всем требованиям п. 9 действующего положения о присуждении ученых степеней, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор Романенко Виктор Сергеевич заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.16 – физика атомного ядра и элементарных частиц за решение задачи создания установки «Ковер – 3» в БНО ИЯИ для исследований в области гамма-астрономии сверхвысоких энергий и проведения таких исследований на ее первой части «Ковер – 2», результаты которых имеют важное значение для развития физики космических лучей и астрофизики сверхвысоких энергий.

Диссертационная работа Романенко В.С. и основные замечания к ней заслушаны и обсуждены на семинарах Института ядерной физики и технологий 7 июля 2020 г. и повторно 29 августа 2022 г.

Руководитель семинара ИЯФиТ,
главный научный сотрудник,
д.ф.-м.н.

Ю.Б. Гуров

Адрес организации: 115409, г. Москва, Каширское шоссе, 31
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Национальный исследовательский ядерный
университет «МИФИ»

+7 495 788-5999
info@mephi.ru

Тел. +7 916 966 58 03
YBGurov@mephi.ru

Список публикаций

сотрудников Института ядерной физики и технологий НИЯУ МИФИ
по тематике: гамма-астрономия и широкие атмосферные ливни

1. Leonov, A.A., Galper, A.M., Topchiev, N.P. et al. Capabilities of the GAMMA-400 gamma-ray telescope to detect gamma-ray bursts from lateral directions. *Advances in Space Research* (2022). 69(1), с. 514-530. DOI: 10.1016/j.asr.2021.10.031
2. M. B. Amelchakov, N. S. Barbashina, A. G. Bogdanov, A. Chiavassa, D. M. Gromushkin, S. S. Khokhlov, V. V. Kindin, R. P. Kokoulin, K. G. Kompaniets, A. Yu. Konovalova, V. V. Ovchinnikov, N. A. Pasyuk, A. A. Petrukhin, I. A. Shulzhenko, V. V. Shutenko, I. I. Yashin, K. O. Yurin. The NEVOD-EAS air-shower array. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment* (2022). Vol. 1026, 166184. DOI: 10.1016/j.nima.2021.166184
3. Leonov, A.A., Galper, A.M., Topchiev, N.P. et al. Capabilities of the GAMMA-400 gamma-ray telescope for lateral aperture. *Advances in Space Research* (2022). 69(1), с. 514-530. DOI: 10.1016/j.asr.2021.10.031
4. Topchiev, N.P., Galper, A.M., Arkhangelskaja, I.V. et al. GAMMA-400 Gamma-Ray Observations in the GeV and TeV Energy Range. *Physics of Atomic Nuclei* (2021). 84(6), с. 1053-1058. DOI: 10.1134/S106377882113038X
5. Z. T. Izhbulyakova, A. G. Bogdanov, F. A. Bogdanov, D. M. Gromushkin. Modeling PRISMA-32 and URAN Responses to the Passage of Extensive Air Showers. *Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Physics volume* 85 (4), pages 421–423 (2021). DOI: 10.3103/S1062873821040134
6. Arkhangelskiy, A.I., Galper, A.M., Arkhangelskaja, I.V. et al. The Anticoincidence System of Space-Based Gamma-Ray Telescope GAMMA-400, Test Beam Studies of Anticoincidence Detector Prototype with SiPM

- Readout. *Physics of Atomic Nuclei* (2020). 83(2), c. 252-257 DOI: 10.1134/S1063778820020039
7. M. B. Amelchakova, N. S. Barbashina, A. G. Bogdanov, D. M. Gromushkin, E. A. Zadeba, V. V. Kindin, R. P. Kokoulin, K. G. Kompaniets, A. Chiavassa, G. Mannocchi, O. I. Likiy, A. A. Petrukhin, Yu. V. Stenkin, G. Trincherro, S. S. Khokhlov, I. A. Shulzhenko, V. V. Shutenko, K. O. Yurin, I. I. Yashin. Multicomponent Registration of the EAS. *Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Physics* (2019). Vol. 83, No. 8, pp. 987–990. ISSN 1062-8738. DOI: 10.3103/S1062873819080033
 8. M. B. Amelchakov, A. G. Bogdanov, S. S. Khokhlov, R. P. Kokoulin, A. A. Petrukhin, I. A. Shulzhenko, I. I. Yashin. Near-Vertical Local Density Spectra of the EAS Charged Particles in the Energy Range of 10^{14} – 10^{17} eV. *Physics of Atomic Nuclei* (2019). Vol. 82, No. 6, pp. 699–703. ISSN 1063-7788, DOI: 10.1134/S1063778819660037
 9. Leonov, A.A., Galper, A.M., Topchiev, N.P. et al. Multiple Coulomb scattering method to reconstruct low-energy gamma–ray direction in the GAMMA-400 space-based gamma–ray telescope. *Advances in Space Research* (2019). 63(10), c. 3420-3427 DOI: 10.1016/j.asr.2019.01.039
 10. O. I. Likiy, M. B. Amelchakov, A. G. Bogdanov, A. Chiavassa, S. S. Khokhlov, R. P. Kokoulin, I. A. Shulzhenko. Reconstruction of Characteristics of Extensive Air Showers Detected with the NEVOD-EAS Array. *Physics of Atomic Nuclei* (2019). Vol. 82, No. 6, pp.760-765. ISSN 1063-7788, DOI: 10.1134/S1063778819660372