

Заключение диссертационного совета МГУ.013.2  
по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук  
Решение диссертационного совета от «08» декабря 2023 г. №28  
О присуждении Монхоеву Роману Дмитриевичу, гражданину РФ, ученой  
степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Сцинтилляционная установка Tunka-Grande для исследования космического излучения в диапазоне энергий  $10^{16} - 10^{18}$  эВ: создание и результаты» по специальности 1.3.15 «Физика атомных ядер и элементарных частиц, физика высоких энергий» принята к защите диссертационным советом 20.10.2023 г., протокол № 26.

Соискатель Монхоев Роман Дмитриевич, 1989 года рождения, в 2011 году окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Иркутский государственный университет» по специальности «Радиофизика». С 2012 г. Монхоев Р.Д. работает в Научно-исследовательском институте прикладной физики федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Иркутский государственный университет». До 2015 года – в должности инженера, а с 2015 года по настоящее время – в должности младшего научного сотрудника. С 01.11.2022 г. Монхоев Р.Д. является также аспирантом физического факультета ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет» по специальности 1.3.15 «Физика атомных ядер и элементарных частиц, физика высоких энергий».

Документ, подтверждающий сдачу кандидатских экзаменов, выдан ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет» в 2023 г.

Диссертация выполнена в НИИ прикладной физики ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет».

Научный руководитель - доктор физико-математических наук Кузьмичев Леонид Александрович, заведующий Лабораторией наземной гамма-астрономии Научно-

исследовательского института ядерной физики имени Д.В. Скобельцына ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова».

Официальные оппоненты:

Рябов Владимир Алексеевич, доктор физико-математических наук, профессор, заместитель директора по научной работе ФГБУН «Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН»;

Петков Валерий Борисович, доктор физико-математических наук, доцент, заведующий филиалом Баксанской нейтринной обсерватории ФГБУН «Институт ядерных исследований РАН»;

Шульженко Иван Андреевич, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник Научно-образовательного центра НЕВОД ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский ядерный университет МИФИ»

дали положительные отзывы на диссертацию.

Выбор официальных оппонентов обосновывался их высокой научной квалификацией в области физики высоких энергий, физики атомного ядра и элементарных частиц, приборов и методов экспериментальной физики, а также наличием публикаций по теме рецензируемой диссертации за последние 5 лет.

На диссертацию и автореферат дополнительных отзывов не поступало.

Соискатель имеет 9 опубликованных работ, все 9 по теме диссертации, из них 8 статей - в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ по специальности:

1. Установка Tunka-Grande - статус и перспективы / **Монхоев Р.Д.**, Буднев Н.М., Воронин Д. М., Гафаров А.Р., Гресс О.А., Гресс Т.И., Гришин О. Г., Дьячок А.Н., Епимахов С.Н., Журов Д. П., Загородников А.В., Зурбанов В.Л., Иванова А.Л., Калмыков Н.Н., Казарина Ю. А., Кирюхин С. Н., Коростелева Е.Е., Кожин В.А., Кузьмичев Л.А., Ленок В. В., Лубсандоржиев Б.К., Лубсандоржиев Н.Б., Миргазов Р.Р., Мирзоян Р., Осипова Е.А., Пахоруков А.Л., Панасюк М.И., Паньков Л.В., Полещук В.А., Попова Е.Г., Постников Е.Б., Просин В.В., Птускин

В.С., Пушкин А. А., Самолига В. С., Семеней Ю.А., Свешникова Л.Г., Силаев А.А., Силаев (мл.) А. А., Скурихин А.В., Сулаков В.П., Таболенко В. А., Федоров О. Л., Фомин Ю.А., Чиавасса А., Шпиринг К.// Известия РАН. Серия физическая. - 2017. - Т. 81, № 4. - С. 504-506.

*The Tunka-Grande Experiment: Status and Prospects / R. D. Monkhoev [et al.] // Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Physics - 2017. - Vol. 81, no. 4. - P. 468–470. - (SJR 2022 - 0.211)*

2. Поиск диффузного гамма-излучения по данным установки TunkaGrande / **Р. Д. Монхоев**, Н. М. Буднев, Д. М. Воронин, А. Р. Гафаров, О. А. Гресс, Т. И. Гресс, А. Н. Дячок, А. В. Загородников, В. Л. Зурбанов, Н. Н. Калмыков, Ю. А. Казарина, С. Н. Кирюхин, Е. Е. Коростелева, В. А. Кожин, Л. А. Кузьмичев, Б. К. Лубсандоржиев, Н. Б. Лубсандоржиев, Р. Р. Миргазов, Э. А. Осипова, А. Л. Пахоруков, М. И. Панасюк, Л. В. Паньков, В. А. Полещук, Е. Г. Попова, В. В. Просин, В. С. Птускин, А. А. Пушкин, Ю. А. Семеней, Л. Г. Свешникова, А. А. Силаев, А. А. Силаев (мл.), А. В. Скурихин, В. П. Сулаков, В. А. Таболенко, А. Чиавасса, К. Шпиринг// Известия РАН. Серия физическая. - 2019. - Т. 83, № 8. - С. 1057-1060.

*The Search for Diffuse Gamma Rays Using Data from the Tunka-Grande Experiment / R. D. Monkhoev [et al.] // Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Physics - 2019. - Vol. 83, no. 8. - P. 959–961. - (SJR 2022 - 0.211).*

3. Основные результаты эксперимента Tunka-Grande / **Р. Д. Монхоев**, И. И. Астапов, П. А. Безъязыков, Е. А. Бонвеч, А. Н. Бородин, Н. М. Буднев, А. В. Булан, А. Вайдянатан, Н. В. Волков, П. А. Волчугов, Д. М. Воронин, А. Р. Гафаров, А. Ю. Гармаш, В. М. Гребенюк, Е. О. Гресь, О. А. Гресь, Т. И. Гресь, А. А. Гринюк, О. Г. Гришин, А. Н. Дячок, Д. П. Журов, А. В. Загородников, А. Д. Иванова, А. Л. Иванова, М. А. Илюшин, Н. Н. Калмыков, В. В. Киндин, С. Н.

Кирюхин, Р. П. Кокоулин, Н. И. Колосов, К. Г. Компаниец, Е. Е. Коростелева, В. А. Кожин, Е. А. Кравченко, А. П. Крюков, Л. А. Кузьмичев, А. Кьявасса, А. А. Лагутин, М. В. Лаврова, Ю. Е. Лемешев, Б. К. Лубсандоржиев, Н. Б. Лубсандоржиев, С. Д. Малахов, Р. Р. Миргазов, Э. А. Окунева, Э. А. Осипова, А. Л. Пахоруков, А. Пан, А. Д. Панов, Л. В. Паньков, А. А. Петрухин, Д. А. Подгрудков, Е. Г. Попова, Е. Б. Постников, В. В. Просин, В. С. Птускин, А. А. Пушкин, А. Ю. Разумов, Р. И. Райкин, Г. И. Рубцов, Е. В. Рябов, В. С. Самолига, И. Сатышев, А. А. Силаев, А. А. Силаев (мл.), А. Ю. Сидоренков, А. В. Скурихин, А. В. Соколов, Л. Г. Свешникова, В. А. Таболенко, А. Б. Танаев, Б. А. Таращанский, М. Ю. Терновой, Л. Г. Ткачев, Н. А. Ушаков, Д. В. Чернов, И. И. Яшин// Изв. РАН. Сер. физ. - 2023. - Т. 87, № 7. - С. 954-961

*Main Results from the TUNKA-GRANDE Experiment / R. D. Monkhoev [et al.] // Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Physics - 2023. - Vol. 87, no. 7. - P. 893–899. - (SJR 2022 - 0.211).*

4. Монхоев Р. Д. Сцинтилляционная установка Tunka-Grande: статус, результаты и планы // Письма в ЭЧАЯ. - 2023. - Т. 20, № 5. - С. 1117-1136.

*R. D. Monkhoev. Tunka-Grande Scintillation Plant: Status, Results, and Plans // Physics of Particles and Nuclei Letters. - 2023. - Vol. 20, no. 5. - P. 1002–1015. - (SJR 2022 - 0.267).*

5. Monkhoev R. D. Method for gamma-hadron separation according to the experimental data of The Tunka-Grande array / R. D. Monkhoev // St. Petersburg State Polytechnical University Journal: Physics and Mathematics. - 2023. - Vol. 16, no. 1.2. - P. 480-484. - (SJR 2022 - 0.128 )

6. The Tunka-Grande experiment / **R.D. Monkhoev**, N.M. Budnev, A. Chiavassa, A.N. Dyachok, A.R. Gafarov, O.A. Gress, T.I. Gress, O.G. Grishin, A.L. Ivanova, N.N. Kalmykov, Yu.A. Kazarina, E.E. Korosteleva, V.A. Kozhin, L.A.

Kuzmichev, V.V. Lenok, B.K. Lubsandorzhev, N.B. Lubsandorzhev, R.R. Mirgazov, R. Mirzoyan, E.A. Osipova, A.L. Pakhorukov, M.I. Panasyuk, L.V. Pankov, V.A. Poleschuk, E.G. Popova, E.B. Postnikov, V.V. Prosin, V.S. Ptuskin, A.A. Pushnin, V.S. Samoliga, Y.A. Semeney, L.G. Sveshnikova, A.A. Silaev, A.A. Silaev Jr., A.V. Skurikhin, V.P. Sulakov, V.A. Tabolenko, D.M. Voronin, O.L. Fedorov, C. Spiering, A.V. Zagorodnikov, D.P. Zhurov and V.L. Zurbanov// Journal of Instrumentation. - 2017. - Vol. 12, no. 6. - P. C06019. - (SJR 2022 - 0.65).

7. Tunka-Grande and TAIGA-Muon scintillation arrays: status and prospects / **R Monkhoev**, I Astapov, P Bezyazeekov, A Borodin, M Brueckner, N Budnev, V Chernykh, A Chiavassa, A Dyachok, O Fedorov, A Gafarov, A Garmash, V Grebenyuk, O Gress, T Gress, A Grinyuk, O Grishin, D Horns, A Igoshin<sup>1</sup>, A Ivanova, N Kalmykov, Y Kazarina, V Kindin, S Kiryuhin, R Kokoulin, K Kompaniets, E Korosteleva, V Kozhin, E Kravchenko, A Kryukov, L Kuzmichev, A Lagutin, Y Lemeshev, B Lubsandorzhev, N Lubsandorzhev, R Mirgazov, R Mirzoyan, E Osipova, A Pakhorukov, A Pan, M Panasyuk, L Pankov, A Petrukhin, V Poleschuk, M Popescu<sup>1</sup>, E Popova, A Porelli, E Postnikov, V Prosin, V Ptuskin, A Pushnin, R Raikin, G Rubtsov, E Ryabov, Y Sagan, V Samoliga, B Sabirov, A Silaev, A Sidorenkov, A Skurikhin, V Slunicka, A Sokolov, Y Suvorkin, L Sveshnikova, V Tabolenko, B Tarashchansky, L Tkachev, M Tluczykont, A Tanaev, M Ternovoy, N Ushakov, K Ustinov A Vaidyanathan, P Volchugov, D Voronin, R Wischnewski, A Zagorodnikov, D Zhurov and I Yashin // Journal of Physics: Conference Series. - 2020. - Vol. 1697, no. 1. - P. 012026. - (SJR 2022 - 0.183).

8. Geant4 simulation of the Tunka-Grande experiment / **R Monkhoev**, M Ternovoy, I Astapov, P Bezyazeekov, A Borodin, M Brueckner, N Budnev, A Chiavassa, A Dyachok, A Gafarov, A Garmash, V Grebenyuk, O Gress, T Gress<sup>2</sup>, A Grinyuk, O Grishin, D Horns, A Igoshin, A Ivanova, Al Ivanova N Kalmykov, V Kindin, S Kiryuhin, R Kokoulin, K Kompaniets, E Korosteleva, V Kozhin, E

Kravchenko, A Kryukov, L Kuzmichev, A Lagutin, Y Lemeshev, B Lubsandorzhev, N Lubsandorzhev, D Lukyantsev, S Malakhov, R Mirgazov, R Mirzoyan, E Osipova, A Pakhorukov, L Pankov, A Petrukhin, I Poddubnyi, V Poleschuk, V Ponomareva, M Popescu, E Popova, A Porelli, E Postnikov, V Prosin, V Ptuskin, A Pushnin, R Raikin, G Rubtsov, E Ryabov, Y Sagan, V Samoliga, B Sabirov, A Silaev, A Sidorenkov, S Sinegovsky, A Skurikhin, V Slunecka, A Sokolov, Y Suvorkin, L Sveshnikova, V Tabolenko, B Tarashchansky, L Tkachev, M Tluczykont, A Tanaev, R Togoo, N Ushakov, A Vaidyanathan, P Volchugov D Voronin, R Wischnewski, A Zagorodnikov, A Zhaglova, D Zhurov and I Yashin // Journal of Physics: Conference Series. - 2021. - Vol. 2103, no. 1. - P. 012001. - (SJR 2022 - 0.183).

Во всех опубликованных работах вклад автора является основополагающим и определяющим. Р.Д. Монхоевым выполнен основной объем работ на всех этапах создания и ввода в эксплуатацию установки Tunka-Grande. Около 80% экспериментальных данных, накопленных с помощью установки Tunka-Grande, получены им лично. Представленные в диссертации результаты обработки экспериментальных данных получены автором самостоятельно.

Диссертационный совет отмечает, что представленная диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук является научно-квалификационной работой, в которой решены научные задачи, имеющие важное значение для физики космических лучей, а именно: в составе астрофизического комплекса TAIGA создана установка Tunka-Grande для регистрации электрон-фотонной и мюонной компонент широких атмосферных ливней в диапазоне энергий первичного космического излучения  $10^{16}$  -  $10^{18}$  эВ. Дифференциальный энергетический спектр космических лучей и ограничения на поток диффузного гамма-излучения, полученные диссертантом по экспериментальным данным за первые 5 сезонов работы новой установки, согласуются с результатами других экспериментов.

Диссертация представляет собой самостоятельное законченное научное исследование, обладающее внутренним единством. Положения, выносимые на защиту, содержат новые научные результаты и свидетельствуют о личном вкладе автора в науку:

1. Сцинтилляционная установка Tunka-Grande, предназначенная для исследования энергетического спектра, массового состава и анизотропии космических лучей, а также поиска диффузного гамма-излучения в диапазоне энергий  $10^{16}$  -  $10^{18}$  эВ методом регистрации электрон-фотонной и мюонной компонент широких атмосферных ливней, работает в режиме набора экспериментальных данных с 2016 г.
2. Амплитудная калибровка сцинтилляционных счетчиков установки Tunka-Grande обеспечивает эффективный переход от измеряемых параметров сигналов к числу частиц.
3. Точность реконструкции параметров широких атмосферных ливней, таких как направление прихода оси ливня и ее положение в плоскости детекторов, по экспериментальным данным установки Tunka-Grande не превышает значений  $2.3^\circ$  и 26 м соответственно. Энергетическое разрешение установки не превышает 36%.
4. Дифференциальный энергетический спектр космических лучей, восстановленный по экспериментальным данным установки Tunka-Grande в диапазоне энергий  $10^{16}$  -  $10^{18}$  эВ, подтверждает сложную структуру спектра в области предполагаемого перехода от галактических к внегалактическим космическим лучам.
5. Верхний предел на поток диффузного гамма-излучения, полученный по экспериментальным данным установки Tunka-Grande в диапазоне энергий  $10^{16}$  -  $10^{18}$  эВ, согласуется с результатами других экспериментов.

На заседании 8 декабря 2023 г. диссертационный совет принял решение присудить Монхоеву Роману Дмитриевичу ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 19 человек, из них 12 докторов наук по специальности 1.3.15 «Физика атомных ядер и элементарных частиц, физика высоких энергий», участвовавших в заседании, из 22 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за 19, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Председатель диссертационного совета

Э.Э. Боос

Ученый секретарь  
диссертационного совета

Л.И. Галанина