

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 002.023.04 НА БАЗЕ  
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ  
НАУКИ ФИЗИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА ИМ. П.Н. ЛЕБЕДЕВА  
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ  
КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 14 марта 2022 г. № 46

О присуждении Маурчеву Евгению Александровичу, гражданину Российской Федерации, учёной степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Моделирование взаимодействия частиц космических лучей с системами детекторов и атмосферой Земли» по специальности 01.04.01 - «Приборы и методы экспериментальной физики» принята к защите 10 января 2022 года, протокол заседания № 44 диссертационного совета Д002.023.04, созданного 9 ноября 2012 г. приказом № 717/нк на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физического института им. П.Н. Лебедева Российской академии наук (ФИАН), 119991 ГСП-1 Москва, Ленинский проспект, д. 53.

Соискатель Маурчев Евгений Александрович, 30 апреля 1987 года рождения, в 2009 году окончил физический факультет Петрозаводского государственного университета (ПетрГУ) по специальности «Радиофизика и электроника». С 1 сентября 2009 года обучался в аспирантуре Полярного Геофизического института (ПГИ) по направлению «Физика атмосферы и гидросферы» и закончил её 30 июня 2013 года. С 2009 года по настоящее время Е.А. Маурчев работает в Секторе космических лучей ПГИ; по результатам конкурса занимает должность младшего научного сотрудника.

Диссертационная работа Е.А. Маурчева выполнена в Секторе космических лучей ПГИ.

Научный руководитель: кандидат физико-математических наук Балабин Юрий Васильевич, старший научный сотрудник, заведующий сектором космических лучей ПГИ.

Официальные оппоненты:

1. Свиржевский Николай Саввович, доктор физико-математических наук, высококвалифицированный главный научный сотрудник Долгопрудненской научной станции Федерального государственного бюджетного учреждения науки "Физический институт им. П.Н. Лебедева",

2. Янке Виктор Гугович, кандидат физико-математических наук, заведующий отделом космических лучей Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н. В. Пушкова» Российской академии наук, дали положительные отзывы о диссертации и указали, что соискатель Е.А. Маурчев заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Ордена Трудового Красного Знамени Институт солнечно-земной физики Сибирского отделения Российской академии наук, г. Иркутск, в своём заключении, подписанным доктором физико-математических наук Сдобновым Валерием Евгеньевичем, ведущим научным сотрудником отдела физики Солнца и утверждённом доктором физико-математических наук, членом-корреспондентом РАН Медведевым Андреем Всеволодовичем, директором ИСЗФ РАН, указала, что соискатель заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук.

Соискатель имеет 30 опубликованных научных работ по теме диссертации, 16 из которых проиндексированы базой данных SCOPUS, 6 - Web of Science. Из них 8 статей в научных журналах и изданиях, которые включены в перечень российских рецензируемых научных журналов и изданий для опубликования основных научных результатов диссертаций, а также 3 работы в рецензируемых научных изданиях, входящих в международные реферативные базы данных и системы цитирования, в

которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем Е.А. Маурчевым работах.

Наиболее значимые результаты по теме диссертации опубликованы в работах:

1. Балабин Ю.В., Джаппуев Д.Д., Гвоздевский Б.Б., Маурчев Е.А., Куджаев А.У., Михайлова О.И. Множественность на нейтронных мониторах: локальные адронные ливни и ШАЛ // Известия Российской академии наук. Серия физическая. – 2011. – Т. 75. – № 3. – С. 393–395.

2. Маурчев Е.А., Балабин Ю.В., Гвоздевский Б.Б., Вашенюк Э.В. Новая численная модель для исследования космических лучей в атмосфере Земли // Известия Российской академии наук. Серия физическая. – 2015. – Т. 79. – № 5. – С. 711–713.

3. Maurchev E.A., Balabin Yu.V. RUSCOSMICS – The new software toolbox for detailed analysis of cosmic ray interactions with matter // Solar–Terrestrial Physics. – 2016. – Т. 2. – № 4. – С. 3–10.

4. Mikhalko E.A., Balabin Yu.V., Maurchev E.A., Germanenko A.V. New narrow–beam neutron spectrometer in complex monitoring system // Solar–Terrestrial Physics. – 2018. – Vol. 4. – № 1. – P. 71–74.

5. Маурчев Е.А., Михалко Е.А., Германенко А.В., Балабин Ю.В., Гвоздевский Б.В. Программный комплекс RUSCOSMICS как инструмент для оценки скорости ионизации вещества атмосферы Земли протонами космических лучей // Известия Российской академии наук. Серия физическая. – 2019. – Т. 83. – № 5. – С. 712–716.

6. Maurchev E.A., Balabin Yu.V., Germanenko A.V., Mikhalko E.A., Gvozdevsky B.B. Calculating the ionization rate induced by GCR and SCR protons in Earth atmosphere // Solar–Terrestrial Physics. – 2019. – Vol. 5. – № 3. – P. 68–74.

7. Михалко Е.А., Маурчев Е.А., Балабин Ю.В., Германенко А.В. Направленный детектор нейтронов умеренных энергий // Приборы и техника эксперимента. – 2021. – № 4. – С. 89–94.

8. Маурчев Е.А., Балабин Ю.В., Германенко А.В., Гвоздевский Б.Б. Моделирование прохождения протонов солнечных космических лучей через атмосферу Земли для событий GLE42 И GLE44 // Известия Российской академии наук. Серия физическая. –2021. –Т. 85. –№ 3. –С. 383–387.

9. Маурчев Е.А., Балабин Ю.В., Германенко А.В., Михалко Е.А., Гвоздевский Б.Б. Расчет скорости ионизации во время события GLE с использованием глобальной модели атмосферы Земли и оценка вклада в этот процесс частиц галактических космических лучей с  $Z > 2$  // Известия Российской академии наук. Серия физическая. –2021. –Т. 85. –№ 3. –С. 388–392.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается наличием у них признанных достижений в области физики космических лучей.

В работе получены следующие результаты:

1. Посредством интеграции численных расчетов обновлены и усовершенствованы существующие в ПГИ методы по исследованию космических лучей в широком диапазоне. На базе GEANT4 созданы модели актуальных детекторов, а также разработан новый тип устройства с оптимальными параметрами для изучения направленности потока нейтронов с энергией до 1 МэВ. Создана усовершенствованная модель для расчета прохождения протонов КЛ через атмосферу Земли, позволяющая не только собирать информацию о вторичных потоках и производить оценку ионизации, но и решать специфические задачи, требующие дополнительной параметризации.

2. При помощи реализованных моделей исследованы особенности взаимодействия частиц КЛ с веществом как популярных детекторов, так и новой установке. Получены их функции эффективности регистрации, а для УНС также и оптимальные геометрические параметры системы. Произведена валидация модели NaI(Tl) спектрометра при помощи существующих экспериментальных данных. Показано, что рассчитанные в работе значения хорошо совпадают с реальными характеристиками приборов. Это означает,

что уже существующие модели могут выступать как базовые и применяться к новому оборудованию путем соответствующей параметризации.

3. При помощи разработанного модуля проведены множественные расчеты прохождения протонов первичных КЛ через атмосферу Земли. Как результат были получены зависимости частиц вторичной компоненты от энергии и глубины. На основе этих данных рассмотрены особенности развития каскадов, модельные высотные профили сравнивались с реальными, полученными экспериментально, показывая хорошее согласие. Все количественные характеристики указывают на то, что до высот 12-20 км первичные протоны испытывают преимущественно ионизационные потери. В более плотных слоях начинают преобладать неупругие взаимодействия, в результате которых и начинается развитие каскадов.

4. На основе полученных количественных характеристик потоков была рассчитана скорость ионизации вещества атмосферы Земли первичными протонами только галактических космических лучей в случае глобальной модели. В качестве примера в работе приводятся результаты в виде высотной зависимости для значения жесткости геомагнитного обрезания 1,5 ГВ и срезы для всех значений широты и долготы (шаг сетки составляет 5 градусов).

5. Получены количественные характеристики скорости ионизации вещества атмосферы Земли первичными протонами ГКЛ, модулированными солнечными частицами, для событий GLE № 65, 67, 69, 70. Представлены высотные профили скорости ионизации для двух значений жесткости геомагнитного обрезания (0,65 ГВ и 3 ГВ). Спектры для параметризации первичного источника получены по уникальной методике, разработанной на станции нейтронного монитора г. Апатиты, ПГИ.

Результаты работы Е.А. Маурчева оригинальны и научно обоснованы. Их достоверность подтверждается адекватным выбором численных методов, использованием в своем исследовании современных систем детектирования частиц космических лучей и хорошим согласием между полученными в моделировании количественными оценками и имеющимися рядами

экспериментальных данных. Все результаты диссертации получены лично автором, либо при его непосредственном участии.

Научная новизна обусловлена тем, что предложен и испытан метод получения функций эффективности регистрации действующего детектирующего оборудования, установленного на станции нейтронного монитора Апатиты и имеющего уникальную конфигурацию, при помощи параметризации моделей, выполненных на основе GEANT4. Полученные данные являются не только отличным методом калибровки уже существующих детекторов, но и используются при параметризации вновь разрабатываемых устройств.

Получены результаты, доказывающие эффективность использования природного декагидрата тетрабората натрия в качестве эффективного поглотителя нейтронов.

Получены данные, позволяющие модельным путем оценить воздействие протонов ГКЛ на скорость ионизации атмосферы Земли в глобальном масштабе. Впервые предложен метод использования данных о спектрах солнечных космических лучей, полученных по уникальной методике при помощи сети станций нейтронных мониторов, для оценки характеристик потоков вторичных частиц и скорости ионизации атмосферы во время событий GLE посредством соответствующего модуля RUSCOSMICS.

Практическая значимость исследования обусловлена потенциалом для применения полученных результатов как в фундаментальных исследованиях (например, изучение широких атмосферных ливней), так и в прикладной области (радиационная безопасность). Разработаны численные модели детектирующего оборудования, входящего в состав комплексной системы сбора данных ПГИ. Разработана численная модель, позволяющая рассчитывать прохождение космических лучей через атмосферу Земли и оценивать скорость ионизации, в том числе в глобальном масштабе. Найден подход для использования в моделировании уникальной методики получения спектров протонов первичных космических лучей, разработанной в ПГИ. Произведены расчеты для протонов как галактических космических лучей, так

и для солнечных космических лучей (спектры первичных протонов соответствуют событиям GLE №65, №67, №60 и №70).

Автореферат соответствует содержанию диссертационной работы.

В ходе защиты соискатель Е.А. Маурчев ответил на заданные ему вопросы членов диссертационного совета, а также на замечания ведущей организации и оппонентов.

На заседании 14 марта 2022 года диссертационный совет принял решение: за разработку численных методов для моделирования взаимодействия частиц космических лучей с детекторами и атмосферой Земли, получение результатов, позволяющих оценить скорость ионизации, что является научным достижением, имеющим важное значение для астрофизики космических лучей, присудить Е.А. Маурчеву учёную степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования члены диссертационного совета в количестве 19 человек, из них 8 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации (01.04.01 – Приборы и методы экспериментальной физики), участвовавшие в заседании, из 26 человек, входящих в состав совета, проголосовали:

за присуждение учёной степени – 19,  
против присуждения учёной степени – 0,  
недействительных бюллетеней – 0.

Заместитель председателя диссертационного совета

д.ф.-м.н.

Полухина Наталья Геннадьевна

Учёный секретарь диссертационного совета

д.ф.-м.н.

Баранов Сергей Павлович

14 марта 2022 г.