ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д002.023.04,

СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО

БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ФИЗИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА

ИМ. П.Н. ЛЕБЕДЕВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК,

ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕННОЙ СТЕПЕНИ

КАНДИДАТА НАУК

Аттестационное дело №

Решение Диссертационного совета от 20 сентября 2021 г. № 42

О присуждении Филиппову Максиму Валентиновичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Наземный аппаратно-программный комплекс для исследования вариаций низкоэнергичной компоненты космических лучей» по специальности 01.04.01 - «Приборы и методы экспериментальной физики» принята к защите 12 июня 2021 г. (протокол заседания № 40) Диссертационным советом Д002.023.04, созданным 9 ноября 2012 г. приказом № 717/нк на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физического института им. П.Н. Лебедева Российской академии наук, 119991, ГСП-1, г. Москва, Ленинский проспект, д. 53 (ФИАН).

Соискатель, Филиппов Максим Валентинович, 1988 года рождения, в 2013 г. окончил Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования **«**Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)», факультет радиотехники и кибернетики с присвоением квалификации магистр по направлению подготовки «Прикладные математика и физика». Работает в ФИАН с августа 2011 г., в настоящее время в должности младшего научного сотрудника в Лаборатории физики Солнца и космических лучей им. акад. С.Н. Вернова (Долгопрудненская научная станция) ФИАН. С 2013 по 2017 гг. обучался в очной аспирантуре ФИАН по направлению подготовки 03.06.01 - «Физика и астрономия». За время обучения в аспирантуре сдал экзамены по иностранному языку и истории философии и науки. В 2020 г. зачислен в ФИАН в качестве экстерна и сдал кандидатский экзамен по специальности 01.04.01 - «Приборы и методы экспериментальной физики». Справка № 06-20 от 12.11.2020 г. о сдаче кандидатских экзаменов выдана Физическим институтом им. П.Н. Лебедева Российской академии наук.

Диссертация выполнена в Лаборатории физики Солнца и космических лучей им. акад. С.Н. Вернова (Долгопрудненская научная станция) Физического института им. П.Н. Лебедева Российской академии наук (ФИАН).

**Научный руководитель -** Махмутов Владимир Салимгереевич, доктор физико-математических наук, заведующий Лабораторией физики Солнца и космических лучей (Долгопрудненская научная станция) Физического института им. П.Н. Лебедева Российской академии наук.

**Официальные оппоненты:**

Дергачёв Валентин Андреевич, гражданство РФ, доктор физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник Лаборатории космических лучей Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физико-технический институт им. А. Ф. Иоффе Российской академии наук (почтовый адрес: 194021 Санкт-Петербург, Политехническая ул., 26, тел.: +7 (812) 297-79-28, e-mail: [v.dergachev@mail.ioffe.ru](mailto:v.dergachev@mail.ioffe.ru));

Петрухин Анатолий Афанасьевич, гражданство РФ, доктор физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник Научно-образовательного центра НЕВОД Национального исследовательского ядерного университета МИФИ (почтовый адрес: 115409, r. Москва, Каширское шоссе, д. 31, тел.: +7 (499) 324-87-80, e-mail: [aapetrukhin@mephi.ru](mailto:aapetrukhin@mephi.ru))

дали положительные отзывы на диссертацию и указали, что соискатель Филиппов М.В. заслуживает присуждения степени кандидата физико-математических наук.

**Ведущая организация** - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова Российской академии наук (ИЗМИРАН) в своем положительном заключении, составленным Янке Виктором Гуговичем, кандидатом физиком-математических наук, заведующим отделом космических лучей ИЗМИРАН, отметила, что «Диссертационная работа Филиппова М.В. «Наземный аппаратно-программный комплекс для исследования вариаций низкоэнергичной компоненты космических лучей» соответствует требованиям, установленным пунктом 14 Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 года № 842, а её автор, Филиппов Максим Валентинович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальность 01.04.01 – «Приборы и методы экспериментальной физики».

Соискатель имеет 11 опубликованных работ по теме диссертации в российских и зарубежных научных журналах из рекомендованного списка ВАК, в том числе индексируемых в базах Scopus и Web of Science. Наиболее значимые из них:

1. В. С. Махмутов, Ю. И. Стожков, Ж.-П. Ролан, М. В. Филиппов, Г. А. Базилевская, А. Н. Квашнин, Ж. Такза, А. Марун, Г. Фернандес, С. В. Викторов, В. М. Панов. Вариации космических лучей и приземного электрического поля в январе 2016 г. Изв. РАН, сер. физ., 2017, том 81, № 2, с. 262–265. DOI: 10.7868/S0367676517020260
2. M. V. Philippov, V. S. Makhmutov, Yu. I. Stozhkov, O. S. Maksumov, G. A. Bazilevskaya, A. K. Morzabaev, Ye. A. Tulekov. Characteristics of the ground-based « CARPET-ASTANA » instrument for detecting charged component of cosmic rays and preliminary analysis of the first experimental data. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment, 2020, Vol. 959, 163567. DOI: 10.1016/j.nima.2020.163567
3. A. Maghrabi, V.S. Makhmutov, M. Almutairi, A. Aldosari, M. Altilasi, M.V. Philippov, E.V. Kalinin. Cosmic ray observations by CARPET detector installed in central Saudi Arabia-preliminary results. Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics, 2020, Vol. 200, 105194. DOI: 10.1016/j.jastp.2020.105194
4. М. В. Филиппов, В. С. Махмутов, Ю. И. Стожков, О. С. Максумов. Наземная установка для детектирования заряженной компоненты космических лучей CARPET. Приборы и техника эксперимента, 2020, №3, с. 109–117. DOI: 10.31857/S0032816220030039
5. М. В. Филиппов, В. С. Махмутов, Ю. И. Стожков, О. С. Максумов, J.-P. Raulin, J. Tacza. Наземная установка для детектирования нейтральной компоненты космических лучей “Нейтронный детектор”. Приборы и техника эксперимента, 2020, № 5, с. 96–103. DOI: 10.31857/S0032816220050298
6. Е. А. Тулеков, В. С. Махмутов, Г. А. Базилевская, Ю. И. Стожков, А. К. Морзабаев, М. В. Филиппов, В. И. Ерхов, А. С. Дюсембекова. Наземная установка для изучения вариаций космических лучей в городе Нур-Султан.Геомагнетизм и аэрономия, 2020, том 60, № 6, с. 704–709. DOI: 10.31857/S0016794020060139
7. М. В. Филиппов, В. С. Махмутов, А. Н. Квашнин, О. С. Максумов, Ю. И. Стожков, J.-P. Raulin, J. Tacza. Наземная установка для детектирования космических лучей “Гамма-спектрометр” в астрономическом комплексе CASLEO. Приборы и техника эксперимента, 2021, № 4, с. 74-78, DOI: 10.31857/S0032816221040030

Результаты работы были доложены на международных конференциях и научных семинарах, в которых соискатель принял непосредственное участие. Вклад соискателя в опубликованные результаты диссертации определяющий.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их высокой профессиональной квалификацией, наличием признанных достижений в области регистрации и исследования космических лучей и научного авторитета в крупномасштабных международных экспериментальных проектах.

На диссертацию и автореферат дополнительные отзывы не поступали.

**Диссертационный совет отмечает**, что на основании выполненных соискателем исследований:

**Впервые** разработана и создана научная аппаратура, ставшая основой для новой международной наземной сети установок для детектирования заряженной компоненты вторичных космических лучей (электроны и позитроны с энергией *Е* > 200 кэВ, протоны с *Е* > 5 МэВ, мюоны с *Е*> 1,5 МэВ), нейтронной компоненты, а также γ-излучения с *Е* > 20 кэВ. Модули новых установок расположены в четырёх научных центрах северного и южного полушарий, в широком диапазоне жёсткости геомагнитного обрезания (*Rc*) от 2 до 14 ГВ.

**Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:**

Данный аппаратно-программный комплекс предназначен для изучения физической природы периодических и спорадических вариаций вторичной компоненты космических лучей. В том числе, открывает принципиальные возможности определения физических механизмов, ответственных за наблюдаемые изменения потоков космических лучей и γ-квантов. Одной из интересных областей исследований является установление причинно-следственных связей между грозовой активностью в приземной атмосфере и световыми вспышками, γ-всплесками (т.н. TLE - и TGF-события).

Практическая значимость работы состоит в том, что данный аппаратно-программный комплекс позволяет осуществлять оперативный контроль потоков заряженных частиц, γ-квантов и радиоактивности (естественной и искусственной) в приземном слое атмосферы. Всесторонний анализ полученных новых экспериментальных данных позволит разработать методы прогноза сильных геомагнитных возмущений и, возможно, землетрясений.

**Достоверность результатов исследования обусловлена тем, что:**

Подтверждена корреляция данных, полученных с помощью разработанной аппаратуры, с результатами долговременных измерений на нейтронных мониторах, а, также, корреляцией данных с данными Каталога Форбуш-эффектов.

**Основные положения, выносимые на защиту:**

1. Разработана и введена в эксплуатацию новая международной сеть научных установок, которая в непрерывном режиме функционируют в разных частях мира: на Долгопрудненской научной станции (ДНС) ФИАН (Московская область, Долгопрудный, N55.56°, E37.3°; жёсткость геомагнитного обрезания 2,12 ГВ), в международном астрономическом комплексе CASLEO (Complejo Astronomico el Leoncito; Аргентина, S31.47°, W69.17°, высота 2550 м над уровнем моря, жёсткость геомагнитного обрезания  ГВ), в Евразийском национальном университете имени Л.Н. Гумилева (ЕНУ); Нур-Султан, Республика Казахстан, N51.10°, E71.26°; *Rc*  = 2,9 ГВ) и в Национальном научном центре KACST (King Abdulaziz City for Science and Technology; Саудовская Аравия, Эр-Рияд, N24.39°, E46.42°; *Rc*  = 14,4 ГВ). Для измерения потоков вторичных космических лучей и гамма-квантов в этих научных центрах разработаны три типа приборов:



* Установка «CARPET», чувствительная к заряженной компоненте космических лучей;
* Установка «Нейтронный детектор» («НД»), чувствительная к нейтронной компоненте космических лучей;
* Установка «Гамма-спектрометр», чувствительная к γ-излучению.

1. Вывод о наличии корреляции измерений установок «CARPET-МОСКВА» и «НД МОСКВА» с данными московского нейтронного монитора. Для установки «CARPET-МОСКВА» коэффициент корреляции *R≈*0,4, для модулей установки «НД МОСКВА» *R≈*0,4-0,5;
2. Результаты проведённого сравнительного анализа данных установок «CARPET» и НД с Каталогом Форбуш-эффектов и межпланетных возмущений (ИЗМИРАН), свидетельствующие о том, что установки «CARPET» надёжно детектируют Форбуш-эффекты с параметром «MagnM» ≥ 0,7. Установки «НД» надёжно детектируют Форбуш-эффекты с параметром «MagnM» ≥ 1,2;
3. На примере анализа ряда Форбуш-эффектов показана чувствительность установок к вариациям межпланетной и магнитосферной активности;
4. Результаты разработанной методики калибровки «Гамма-спектрометра» с использованием естественны фоновых источников γ-излучения и полученные калибровочные характеристики.

**Личный вклад соискателя** состоит в разработке, изготовлении и введении в эксплуатацию аппаратно-программного комплекса, анализа полученных экспериментальных данных.

Автор лично разработал и изготовил следующие модули научной аппаратуры:

* Интерфейсный блок, плату телеметрии и питания для детектора заряженных частиц «CARPET»;
* Интерфейсный блок, плату телеметрии и питания для научной аппаратуры «Нейтронный детектор»;

Автор лично разработал следующее программное обеспечение:

* Внутрисхемное программное обеспечение для научной аппаратуры «CARPET» и «Нейтронный детектор»;
* Разработал протоколы обмена данными с персональным компьютером для научной аппаратуры «CARPET» и «Нейтронный детектор»;
* Разработал и испытал программное обеспечение для обработки и анализа научной информации установок «CARPET», «Нейтронный детектор» и «Гамма-спектрометр»;

Автор произвёл установку и ввёл в эксплуатацию всю научную аппаратуру, представленную в данной работе;

Автор произвёл первичную обработку экспериментальных данных, полученных на созданных установках «CARPET» и «Нейтронный детектор», «Гамма-спектрометр»; определил величины барометрических коэффициентов для установок «CARPET» и «Нейтронный детектор»; определил величину температурного коэффициента для установки «CARPET-МОСКВА»; разработал и испытал методику учёта аппаратурного температурного эффекта для установок «Гамма-спектрометр»; выполнил первичный анализ зарегистрированных Форбуш-эффектов космических лучей, провел анализ суточной волны, годовой вариации космических лучей.

В статьях, представленных в списке опубликованных работ, вклад соискателя был определяющим. Приведенный в диссертации иллюстративный материал является результатом работы соискателя.

В ходе защиты соискатель М.В. Филиппов ответил на заданные ему вопросы от членов диссертационного совета С.Е. Улина и С.А. Пикуза, а также на замечания ведущей организации и оппонентов.

На заседании 20 сентября 2021 года Диссертационный совет принял решение: за разработку и введение в эксплуатацию сети научных установок и совокупность полученных с ее помощью результатов, имеющих большое значение для развития современных исследований в физике космических лучей, присудить М.В. Филиппову ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования Диссертационный совет Д002.023.04 в количестве 18 человек, из них 9 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации 01.04.01 - «Приборы и методы экспериментальной физики», участвовавших в заседании, из 26 человек, входящих в состав Диссертационного совета, проголосовали:

за присуждение ученой степени - 18,

против присуждения ученой степени - 0,

недействительных бюллетеней - 0.

Заместитель председателя Диссертационного совета

д.ф.-м.н. Полухина Наталья Геннадьевна

Ученый секретарь Диссертационного совета

д.ф.-м.н. Баранов Сергей Павлович

20 сентября 2021 г.