

Форма «Т». Титульный лист заявки в Российский научный фонд
Конкурс 2022 года «Проведение фундаментальных научных исследований и
поисковых научных исследований международными научными коллективами»
(DFG)

Название проекта <i>RSF-DFG: Исследование и разработка методов машинного обучения для анализа данных многоканальной астрономии (multi-messenger astronomy).</i>	Номер проекта	23-41-04416 
	Код типа проекта: МНК-DFG(2022)	
	Отрасль знания: 01	
	Основной код классификатора: 01-202 Дополнительные коды классификатора: 01-701 01-217	
	Код ГРНТИ 41.51.41	
Фамилия, имя, отчество (при наличии) руководителя российского научного коллектива: Крюков Александр Павлович	Контактные телефон и e-mail руководителя российского научного коллектива: +79163630991, kryukov@theory.sinp.msu.ru	
Фамилия, имя, отчество (при наличии) руководителя зарубежного научного коллектива: Хонгс Андреас	e-mail руководителя зарубежного научного коллектива: andreas.haungs@kit.edu	
Полное и сокращенное наименование Организации, через которую должно осуществляться финансирование проекта: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова» Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Московский университет или МГУ		
Полное и сокращенное наименование зарубежной организации: Karlsruhe Institute of Technology KIT		
Объем финансирования проекта в 2023 г. 7000 тыс. руб.	Год начала проекта: 2023	Год окончания проекта: 2025
Фамилии, имена, отчества (при наличии) основных исполнителей российского научного коллектива <i>(полностью)</i>	Демичев Андрей Павлович Поляков Станислав Петрович Постников Евгений Борисович <i>(руководитель российского научного коллектива в данной графе не указывается)</i>	
Гарантирую, что при подготовке заявки не были нарушены авторские и иные права третьих лиц и/или имеется согласие правообладателей на представление в Фонд материалов и их использование Фондом для проведения экспертизы и для обнародования (в виде аннотаций заявок).		
Подпись руководителя российского научного коллектива _____/А.П. Крюков/		Дата регистрации заявки 13.12.2021 г.
Подпись руководителя Организации* * Либо уполномоченного представителя, действующего на основании доверенности или распорядительного документа. В случае подписания формы уполномоченным представителем Организации (в т.ч. -		

руководителем филиала) к печатному экземпляру заявки прилагается копия распорядительного документа или доверенности, заверенная печатью Организации. Непредставление копии распорядительного документа или доверенности в случае подписания формы уполномоченным представителем Организации, а также отсутствие расшифровки подписи, является основанием недопуска заявки к конкурсу.

_____ / _____ /

Печать (при наличии) Организации

Форма 1. Сведения о проекте

1.1. Название проекта

на русском языке

Исследование и разработка методов машинного обучения для анализа данных многоканальной астрономии (multi-messenger astronomy).

на английском языке

Research and development of machine learning methods for data analysis in multi-messenger astronomy

1.2. Направление из Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации (утверждена Указом Президента Российской Федерации от 1 декабря 2016 г. № 642 «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации») (при возможности отнесения)

H1 Переход к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, роботизированным системам, новым материалам и способам конструирования, создание систем обработки больших объемов данных, машинного обучения и искусственного интеллекта

1.3. Ключевые слова (приводится не более 15 терминов)

на русском языке

Машинное обучение, анализ данных, распознавание образов, большие данные, астрофизика частиц, моделирование физических сред, многоканальная астрономия.

на английском языке

Machine Learning, Data Analysis, Pattern Recognition, Big Data, Astroparticle physics, Physical Media Modeling, Multi-Messenger Astronomy.

1.4. Аннотация проекта (объемом не более 2 стр.; в том числе кратко – актуальность решения указанной выше научной проблемы и научная новизна)

Данная информация может быть опубликована на сайте Фонда в информационно-телекоммуникационной сети «Интернет».

на русском языке

Современная астрофизика исследует наиболее фундаментальные вопросы развития Вселенной от момента возникновения во времена Большого взрыва до современного состояния. Эти исследования требуют проведения большого числа экспериментов, в ходе которых собирают огромный объем данных, составляющих десятки и сотни петабайт. Экспериментальные установки, которые используются для исследования процессов во Вселенной, могут быть как наземными обсерваториями, разбросанными по всему земному шару, так и расположенными на космических аппаратах. Важной особенностью этих экспериментов является то, что собираемая информация об изучаемых явлениях имеет большое разнообразие как по своей природе, так и по характеристикам. Это может быть электромагнитное излучение от радиодиапазона до гамма-квантов сверхвысоких энергий, различные типы частиц - нейтрино, протоны, ядра различных атомов. В последние годы к ним добавились данные, получаемые с помощью детекторов гравитационных волн. Все это позволяет взглянуть на изучаемые процессы с разных сторон, а, следовательно, построить более точную картину мира. Таким образом, задача комплексного анализа данных из разных источников - многоканальная астрономия (multi-messenger astronomy) - является одной из приоритетных задач современной астрономии.

В рамках решения этой научной задачи актуальным является разработка новых эффективных методов совместного анализа данных, поступающих с многочисленных установок. Традиционный анализ данных в значительной мере основан на методах Монте-Карло, которые, в свою очередь, часто основаны на имитационных моделях физических явлений, а также полуфеноменологических моделях. Классическим примером может служить модель широкого атмосферного ливня (ШАЛ) в астрофизике частиц, который представляет собой развивающийся в атмосфере Земли каскад вторичных частиц, порожденный космической частицей высоких энергий. Такие методы хотя и позволяют осуществить моделирование происходящих процессов и на их основе выполнить корректный анализ экспериментальных данных, обладают рядом существенных недостатков. В частности, анализ, основанный на таких моделях, имеет низкую точность, эффективность и трудно адаптируется к анализу данных, поступающих с новых экспериментальных установок. Таким образом, разработка новых методов анализа данных в астрофизике частиц, основанных на новых принципах, обладающих высокой эффективностью и точностью, является актуальной задачей, требующей как теоретического решения, так и практической реализации в виде реальных программных продуктов. В последнее время практически во всех областях науки и практики получили огромное развитие методы машинного

обучения для анализа большого объема разнообразных данных. Это задачи распознавания образов, анализ текста на естественных языках, синтез речи, предсказание поведения сложных систем и другие. Успехи в этой области не обошли стороной и астрофизику частиц, в которой начали разрабатывать аналогичные методы. В настоящее время делаются первые, но весьма успешные шаги в этом направлении, что говорит о высоком потенциале этих методов для изучения физических процессов, происходящих во Вселенной. Главным образом применяются методы, основанные на деревьях решений, искусственных нейронных сетях и ряд других.

Настоящий проект ставит перед собой задачу разработки новых эффективных методов анализа данных, основанных на машинном обучении. Основные задачи, которые предполагается решить — это разработать методы идентификации (классификации) первичных космических частиц, методы определения параметров этих частиц и в первую очередь их энергию, а также положения оси ШАЛ и его направление. Последнее особенно важно в случае нейтральных космических частиц таких как гамма-кванты и нейтрино, так как это позволит определить их источник в Галактике.

Новизна предлагаемого проекта состоит в том, что впервые будут разработаны методы машинного обучения для совместного анализа данных многоканальной астрономии, которые могут включать изображения, получаемые с черенковских телескопов, амплитудно-временные сигналы, регистрируемые многоканальными детекторами, временные ряды с различных радио- и оптических телескопов, а также их комбинации. Таким образом, разработка новых методов является комплексной проблемой.

Решение поставленных задач обеспечит лучшее понимание процессов, происходящих во Вселенной. В конечном счете это позволит не только исследовать развитие Вселенной начиная с Большого взрыва, но и предсказать ее будущее, в том числе будущее солнечной системы и нашей планеты.

В силу общего характера решаемых задач, разработанные методы могут быть применены в других областях науки и техники, требующих комплексного анализа данных, поступающих по нескольким каналам. Например, это задачи экологии и предсказания погоды, которые включают анализ данных с метеостанций, космические снимки в разных диапазонах волн, аэрофотосъемку, это могут быть сложные технические системы, такие как цифровое моделирование при проектировании авиационной техники, или задачи демографии и другие. Таким образом, задачи, поставленные в проекте, являются актуальными, инновационными и масштабными, а полученные результаты внесут заметный вклад в развитие мировой и российской науки и носят мультидисциплинарный характер.

на английском языке

Modern astrophysics explores the most fundamental problems of the development of the Universe from the moment of its origin at the Big Bang to the present state. These studies require a large number of experiments, during which a huge volume of data is collected, amounting to tens and hundreds of petabytes. Experimental installations that are used to study processes in the Universe can be both ground-based observatories scattered around the globe, and installations located on spacecrafts. An important feature of these experiments is that the information collected about the phenomena under study has a wide variety both in nature and in characteristics. It can be electromagnetic radiation from the radio range to ultrahigh-energy gamma quanta, various types of particles, such as neutrinos, protons, nuclei of various atoms. In recent years, they have been supplemented by data obtained with the help of gravitational wave detectors. All this allows us to consider the studied process from different angles, and, therefore, build a more accurate picture of the world. Thus, the problem of complex analysis of data from different sources, that is multi-messenger astronomy, is one of the priority tasks in modern astronomy.

Within the framework of solving this scientific problem, it is of great current interest to develop new effective methods for the joint analysis of data coming from numerous installations. Traditional data analysis is largely based on Monte Carlo methods, which, in turn, are often based on simulation models of physical phenomena as well as semi-phenomenological models. A classic example is the model of a wide air shower (EAS) in particle astrophysics, which is a cascade of secondary particles developing in the Earth's atmosphere generated by a high-energy cosmic particle. Although such methods make it possible to simulate the ongoing processes and, on their basis, to perform a correct analysis of experimental data, they have a number of significant drawbacks. In particular, the analysis based on such models has low accuracy, efficiency, and is difficult to adapt to the analysis of data coming from new experimental facilities. Thus, the development of new methods for analyzing data in astroparticle physics based on new principles with high efficiency and accuracy is a presently topical task that requires both a theoretical solution and practical implementation in the form of real software products.

Recently, in almost all areas of science and practice, machine learning methods for analyzing a large amount of various data have been tremendously developed. These are the tasks of pattern recognition, text analysis in natural languages, speech

synthesis, prediction of the behavior of complex systems, and others. Advances in this field have not spared the astroparticle physics, which began to develop similar methods. Currently, the first, but very successful steps are being taken in this direction, which indicates the high potential of these methods for studying the physical processes occurring in the Universe. Methods based on decision trees, artificial neural networks and a number of others are mainly used.

This project aims to develop new effective methods of data analysis based on machine learning. The main tasks to be solved are to develop methods for the identification (classification) of primary cosmic particles, methods for determining the parameters of these particles, primarily their energy, as well as the position of the EAS axis and its direction. The latter is especially important in the case of neutral cosmic particles such as gamma quanta and neutrinos, as it will allow determining their source in the Galaxy.

The novelty of the proposed project is that for the first time machine learning methods will be developed for the joint analysis of multi-messenger astronomy data, which may include images obtained from Cherenkov telescopes, amplitude-time signals recorded by multichannel detectors, time series from various radio and optical telescopes, as well as their combinations. Thus, the development of the new methods is a multifaceted problem.

Solving the assigned tasks will provide a better understanding of the processes occurring in the Universe. Ultimately, this will allow to study not only the development of the Universe since the Big Bang, but also to predict its future, including the future of the solar system and our planet.

Due to the general nature of the problems to be solved, the developed methods can be applied in other fields of science and technology, requiring a comprehensive analysis of data received through several channels. For example, these are problems of ecology and weather prediction, which include the analysis of data from meteorological stations, space images in different wavelengths, aerial photography. Also these can be complex technical systems such as digital modeling in the design of aviation equipment, or demography problems, and others. Thus, the tasks defined in the project are relevant, innovative and large-scale, and the results obtained will make a significant contribution to the development of world and Russian science and are of a multidisciplinary nature.

1.5. Ожидаемые результаты и их значимость (указываются результаты, их научная и общественная значимость (соответствие предполагаемых результатов мировому уровню исследований, возможность практического использования ожидаемых результатов проекта в экономике и социальной сфере, в том числе для создания новой или усовершенствования производимой продукции (товаров, работ, услуг), создания новых или усовершенствования применяемых технологий))

Данная информация может быть опубликована на сайте Фонда в информационно-телекоммуникационной сети «Интернет».

на русском языке

Основным результатом предлагаемого проекта будут новые эффективные методы машинного обучения и реализующий их комплекс программ, предназначенный для обработки и совместного анализа данных с астрофизических установок, регистрирующих электромагнитное излучение вплоть до гамма диапазона, нейтрино и другие типы сигналов.

В ходе выполнения проекта будут решаться задачи предварительной обработки и анализа данных, полученных как в отдельных экспериментах, так и их совместный анализ (многоканальный случай). Многоканальный анализ данных потребует проведения комплексных исследований и вычислительных экспериментов в области машинного обучения, оптимизации гиперпараметров используемых сетей, подготовки обучающих выборок, технологии обучения. Все это должно позволить выделить интересующие физиков характеристики явлений, которые не могут быть получены из анализа данных отдельных экспериментов. Заметим, что решение таких задач методами машинного обучения является инновационным и будет реализовано впервые в мире. Конкретно, в рамках данного проекта будут разработаны следующие методы.

1. Впервые будут разработаны и применены методы обработки данных астрофизических экспериментов на основе 3D сверточных нейронных сетей.
2. Будут исследованы и разработаны подходы по повышению качества данных (например, отношение сигнала к шуму), получаемых с экспериментальных установок, с помощью машинного обучения, в том числе с использованием автоэнкодеров.
3. Впервые в астрофизике частиц будут разработаны методы быстрой генерации изображений на основе

генеративных нейронных сетей, в частности cGAN-сетей (conditional GAN), что позволит дополнить традиционные методы моделирования, основанные на генераторах событий, использующих методы Монте-Карло, гораздо более эффективными методами.

4. Будет проведен широкий круг исследований и выполнена программная реализация методов выделения редких и сверхредких, физически интересных событий среди зарегистрированных событий в рамках многоканального подхода с использованием при анализе данных нескольких разнотипных экспериментов, например, гамма-квантов и нейтрино. Эта задача включает разработку методики подготовки обучающих наборов данных и их использования в условиях большого дисбаланса классов.

Результаты, полученные в ходе выполнения проекта, будут апробированы на реальных данных, в первую очередь на данных экспериментов TAIGA и HiSCORE, расположенных в Бурятии, а также на данных нейтринного эксперимента IceCube, расположенного в Антарктиде.

Залогом успешного выполнения проекта является высокий уровень участников совместного проекта, опыт руководства крупными проектами, который имеют руководители обеих команд, а также участие ряда членов российской и немецкой команд в международных экспериментальных коллаборациях, указанных выше. Большую роль будет играть глубокое знание теоретических основ машинного обучения, владение программным инструментарием в этой области, опыт совместного успешного выполнения проектов, в том числе РФ, членами команд.

Значимость этих результатов определяется местом астрофизики частиц в понимании современной картины мира, активным развитием астрофизики частиц как в России, так и во всем мире. Предлагаемые подходы и, как следствие, полученные результаты будут соответствовать самым передовым достижениям в области информационных технологий, а их применение в астрофизике позволит получать новые знания о процессах, происходящих во Вселенной.

Необходимо заметить, что хотя данные методы будут апробированы для задач астрофизики, они могут быть с успехом применены в других областях фундаментальной и прикладной науки, а также в высокотехнологичных отраслях промышленности. В частности, такие методы найдут применение в биологии, медицине, анализе сложных систем, экологии, во всех тех отраслях, где требуется качественные и эффективные методы обработки больших данных и их моделирование.

на английском языке

The main result of the proposed project will be new effective methods of machine learning and their implementation as a program complex, designed for processing and joint analysis of data from astrophysical installations that register electromagnetic radiation up to the gamma range, neutrinos and other types of signals.

In the course of the project, the problems of preliminary processing and analysis of data obtained both in separate experiments and their joint analysis (multichannel case) will be solved. Multichannel data analysis will require complex research and computational experiments in the field of machine learning, optimization of the hyperparameters of the networks used, preparation of training samples, and training technology. This should make it possible to single out the characteristics of phenomena of interest to physicists which cannot be obtained from the analysis of the data of individual experiments. The solution of such problems by machine learning methods is innovative and will be implemented for the first time. Specifically, the following methods will be developed in this project:

1. For the first time, methods of processing data from astrophysical experiments based on 3D convolutional neural networks will be developed and applied.
2. Approaches will be investigated and developed to improve the quality of data (for example, signal-to-noise ratio) obtained from experimental installations using machine learning methods including autoencoders.
3. For the first time in particle astrophysics, methods of fast image generation based on generative neural networks, in particular cGAN (conditional GAN) networks, will be developed, which will complement the traditional modeling methods based on event generators using Monte Carlo methods with much more efficient methods.
4. A wide range of research will be carried out and software implementation of methods for identifying rare and ultra-rare physically interesting events among registered events will be performed within the framework of a multichannel approach using in the analysis the data from several different types of experiments, for example, gamma quanta and neutrinos. This task includes the development of a methodology for preparing training datasets and their use in the conditions of high class

imbalance.

The results obtained in the course of the project will be tested on real data, primarily on the data from the TAIGA and HiSCORE experiments located in Buryatia, as well as on the data from the IceCube neutrino experiment located in Antarctica. The key to the successful implementation of the project is the high level of the participants in the joint project, the experience in managing large projects which the leaders of both teams have, as well as the participation of a number of members of the Russian and German teams in the international experimental collaborations mentioned above. An important role will be played by a deep knowledge of the theoretical foundations of machine learning, knowledge of software tools in this area, experience of joint successful implementation of projects, including the Russian Science Foundation, by team members.

The significance of these results is determined by the place of particle astrophysics in understanding the modern worldview, and the active development of particle astrophysics both in Russia and throughout the world. The proposed approaches and, as a consequence, the obtained results will correspond to the state of the art in the field of information technology, and their application in astrophysics will gain new knowledge about the processes occurring in the Universe.

It should be noted that although these methods will be tested for astrophysics problems, they can be successfully applied in other areas of fundamental and applied science, as well as in high-tech industries. In particular, such methods will find application in biology, medicine, analysis of complex systems, ecology, in all the industries where high-quality and efficient methods of processing big data and their modeling are required.

1.6. В состав российского научного коллектива будут входить (указывается планируемое количество исполнителей (с учетом руководителя проекта) в течение всего срока реализации проекта):

Несоответствие состава научного коллектива (в том числе отсутствие информации в соответствующих полях формы) требованиям пункта 14 конкурсной документации является основанием недопуска заявки к конкурсу.

10 исполнителей проекта (включая руководителя),

В соответствии с требованиями пункта 14 конкурсной документации от 4 до 10 человек вне зависимости от того, в трудовых или гражданско-правовых отношениях исполнители состоят с организацией.

в том числе:

- 6** исполнителей в возрасте до 39 лет включительно;
- 1** аспирантов (адъюнктов, интернов, ординаторов) очной формы обучения;
- 3** студентов очной формы обучения.

1.7. Планируемый состав международного научного коллектива с указанием фамилий, имен, отчеств (при наличии) членов научного коллектива, их возраста на момент подачи заявки, ученых степеней, должностей и основных мест работы, формы отношений с Организацией (зарубежной организацией) (трудовой договор, гражданско-правовой договор) в период реализации проекта. Для зарубежного научного коллектива возможно указание только соответствующих научных позиций

на русском языке

Российские участники.

1. Крюков Александр Павлович, 67 лет, к.ф.-м.н., зав. лаб., МГУ имени М.В. Ломоносова, трудовой договор, руководитель проекта.
2. Демичев Андрей Павлович, 66 лет, к.ф.-м.н., в.н.с., МГУ М.В. Ломоносова, трудовой договор, ответственный исполнитель.
3. Постников Евгений Борисович, 47 лет, к.ф.-м.н., ст.н.с., МГУ имени М.В. Ломоносова, трудовой договор, ответственный исполнитель.
4. Поляков Станислав Петрович, 38 лет, к.ф.-м.н., н.с., МГУ имени М.В. Ломоносова, трудовой договор, исполнитель.
5. Дубенская Юлия Юрьевна, 39 лет, МГУ имени М.В. Ломоносова, н.с., трудовой договор, исполнитель.
6. Журов Дмитрий, 26 лет, м.н.с, ИГУ, трудовой договор.
7. Волчугов Павел Андреевич, 25 лет, физический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова, аспирант, трудовой договор, исполнитель.
8. Гресь Елизавета Олеговна, 22 года, физический факультет ИГУ, студент, трудовой договор, исполнитель.
9. Разумов Александр Юрьевич, 23 года, физический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова, студент, трудовой договор, исполнитель.
10. Власкина Анна Александровна, 21 год, физический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова, студент, трудовой

договор, исполнитель.

Зарубежные участники.

1. Andreas Haungs, Deputy Head of IAP KIT, Head of the CR Technologies Group – руководитель проекта;
2. Paras Koundal, PhD student, KIT IAP,
3. Victoria Tokareva, research associate, KIT IAP,
4. Pranav Sampathkumar, PhD student, KIT IAP,
5. Julian Saffer, PhD student, KIT IAP,
7. Dr. Augusto Alves - researcher, KIT IAP,
8. Dr. Tim Huege, deputy group leader of the "Cosmic Ray Technologies" KIT IAP,
9. Dr. Donghwa Kang - researcher, KIT IAP,
10. Dr. Doris Wochele - system administrator, KIT IAP,

на английском языке

Russian participants.

1. Alexander Kryukov, PhD, head of laboratory, Lomonosov Moscow State University - project leader.
2. Andrey Demichev, PhD, leading researcher, Lomonosov Moscow State University - principal investigator.
3. Eugeny Postnikov, PhD, Senior Researcher, Lomonosov Moscow State University - principal investigator.
4. Stanislav Polyakov, PhD, Researcher, Lomonosov Moscow State University - principal investigator.
5. Julia Dubenskaya, Researcher, Lomonosov Moscow State University - investigator.
6. Dmitry Zhurov, Junior researcher, Irkutsk State University - investigator.
7. Pavel Volchugov, PhD student, Lomonosov Moscow State University - investigator.
8. Elizaveta Gres, Undergraduate student, Irkutsk State University - investigator.
9. Alexander Razumkov, Undergraduate student, Lomonosov Moscow State University - investigator.
10. Anna Vlaskina, Bachelor student, Lomonosov Moscow State University - investigator.

German participants.

1. Andreas Haungs, Deputy Head of IAP KIT, Head of the CR Technologies Group – project leader.
2. Paras Koundal, PhD student, KIT IAP.
3. Victoria Tokareva, research associate, KIT IAP.
4. Pranav Sampathkumar, PhD student, KIT IAP.
5. Julian Saffer, PhD student, KIT IAP.
7. Dr. Augusto Alves - researcher, KIT IAP.
8. Dr. Tim Huege, deputy group leader of the "Cosmic Ray Technologies" KIT IAP.
9. Dr. Donghwa Kang - researcher, KIT IAP.
10. Dr. Doris Wochele - system administrator, KIT IAP.

Соответствие профессионального уровня членов научного коллектива задачам проекта

на русском языке

Проект посвящен применению информационных технологий для анализа больших данных, получаемых в ходе крупных физических экспериментов. Конкретно - одной из самых бурно развивающихся областей ИТ - методам анализа данных с помощью машинного обучения. Проект находится на стыке ИТ и физики, имеет сильно выраженный междисциплинарный характер. Его результаты будут апробированы в одной из самых передовых областей современной науки – астрофизике частиц, которая занимается изучением глубинных основ строения Вселенной. Поэтому в коллективе участвуют специалисты как в области информационных технологий, так и физики, имеющие большой опыт в разработке программ анализа экспериментальных данных.

В состав коллектива входят как опытные исследователи, которые уже много лет занимаются указанной проблематикой, так и начинающие ученые, студенты и аспиранты, которые делают в науке свои первые шаги. Такой сплав опыта и молодости позволит коллективу эффективно работать и достигать поставленных в проекте целей на высоком мировом уровне.

Руководитель коллектива А.П.Крюков, к.ф.-м.н., заведующий лабораторией. А.П.Крюков много лет занимается развитием и применением современных информационных технологий в физике. Им были развиты многочисленные математические методы в области компьютерной алгебры, в том числе для задач физики высоких энергий. Он являлся

пионером внедрении грид технологии в России, выполнил многочисленные исследования в области распределенных вычислений. Имеет интересные физические результаты. А.П.Крюков является членом коллаборации CMS (ЦЕРН, Женева), которая в 2012 году открыла бозон Хиггса (в 2013 году нобелевская премия по физике была присуждена П.Хиггсу и Ф.Энглеру за теоретическое обоснование существования бозона Хиггса), что является одним из самых выдающихся научных результатов последних лет. Является членом международной коллаборации TAIGA, основной задачей которой является исследование в области физики космических лучей и гамма-астрономии, международной коллаборации Hyper-Kamiokande, изучающей физику нейтрино. За последние 5 лет им опубликовано 47 работ, индексируемых WoS или Scopus, из них 7 в высокорейтинговых журналах Q1. Его индекс Хирша равен 11 (Scopus). Руководил несколькими проектами РФФИ, РФФ, в том числе международными. В последние годы А.П.Крюков активно развивает методы машинного обучения и их применения в физике, в частности в гамма-астрономии. В частности под его руководством были выполнены исследования по применению сверточных нейронных сетей для классификации космических частиц высоких энергий, определения их параметров. Имеет многочисленные свидетельства о регистрации программ. Под его руководством была защищена кандидатская диссертация в области ИТ, множество дипломных работ студентов. В настоящее время руководит работой студента-бакалавра и одного магистра. Является членом программных комитетов нескольких престижных конференций, среди которых серия конференций «International Workshop on Advanced Computing and Analysis Techniques in Physics Research» (ACAT), International Conference "Distributed Computing and Grid Technologies in Science and Education" (GRID, Дубна), "International congress Russian Supercomputing Days" (Москва), сопредседатель международного совещания "Deep Learning in Computational Physics" (DLCP). А.П.Крюков является экспертом РАН в области информационных технологий.

Ответственный исполнитель А.П.Демичев, ведущий научный сотрудник, к.ф.-м.н.. В настоящее время основной круг его интересов связан с развитием и применением современных информационных технологий в физике элементарных частиц и других областях науки, является высококвалифицированным специалистом в области информационных технологий. Внес большой вклад в развитие грид-технологии, выполнил многочисленные исследования в области распределенных вычислений. Являлся руководителем гранта РФФ 18-11-00075 «Разработка принципов и алгоритмов управления метаданными провенанса больших научных данных с использованием блокчейн-технологии», по результатам которого было опубликовано более 10 работ, в том числе в журнале Q1. Получены 3 свидетельства о регистрации программ. В 1995-1996 гг. работал приглашенным исследователем в Бразильском центре физических исследований (Рио-де-Жанейро, Бразилия; Centro Brasileiro de Pesquisas Fisicas, Rio de Janeiro, Brasil), а в 1997 - 2002 гг. - приглашенным исследователем в Хельсинском университете (Хельсинки, Финляндия; University of Helsinki, Helsinki, Finland). Является соавтором двух монографий в области математической физики. В последние годы он активно работает в области машинного обучения и его применения в физике, в частности в гамма-астрономии; по этой теме опубликован ряд работ в журналах, индексируемых в системах WoS и Scopus, результаты докладывались на международных конференциях. По данным системы Scopus за последние 5 лет им опубликовано 13 работ. Его индекс Хирша равен 12 (Scopus).

Ответственный исполнитель С.П.Поляков, научный сотрудник, к.ф.-м.н. - сложившийся ученый, имеющий опыт участия в нескольких проектах и руководства ими. С 2018 г. занимается исследованиями в области глубокого обучения и их применения в астрофизике частиц. Им были разработаны методы определения типа и параметров порождающего события широкого атмосферного ливня по изображениям наземного черенковского телескопа средствами машинного обучения. Результаты работы были доложены на конференциях и опубликованы в журналах. Всего за последние 5 лет им опубликовано 19 работ в изданиях, индексируемых системами WoS и Scopus. Получил 2 свидетельства о государственной регистрации программ. Его индекс Хирша равен 4 (Scopus).

Ответственный исполнитель Е.Б.Постников, старший научный сотрудник, к.ф.-м.н. Е.Б.Постников много лет занимается анализом данных и моделированием эксперимента в астрофизике. Он принимал участие в таких спутниковых экспериментах по изучению космических лучей, как российский NUCLEON и российско-итальянский PAMELA, а также российско-американском аэростатном эксперименте ATIC. С момента основания международной коллаборации TAIGA, членом которой является, активно работает в сфере наземной гамма-астрономии, решая такие задачи, как моделирование и оптимизация установки TAIGA, планирование наблюдений, анализ и физическая интерпретация данных установки. В 2005-2006 гг. проходил стажировку в Национальном институте ядерной физики (Триест, Италия), а в 2017-2018 гг. работал приглашенным исследователем в Институте физики Общества Макса Планка (Мюнхен, Германия) и исследовательском центре по физике частиц DESY (Гамбург, Германия) по теме моделирования и анализа данных установки TAIGA. За последние 5 лет им опубликована 61 работа, индексируемая WoS или Scopus, получены 2 свидетельства о государственной регистрации программ. Индекс Хирша равен 13 (Scopus).

Ю.Ю.Дубенская, научный сотрудник, является опытным исследователем, принимала участие во многих проектах по распределенным вычислениям и использованию технологии виртуализации в области высокопроизводительных вычислений. В настоящее время занимается развитием методов генерации состояний физических систем с помощью генеративно-состязательных нейронных сетей. Результаты докладывались на ряде международных конференций и опубликованы в журналах, индексируемых WoS и Scopus. Число публикаций - 15, индекс Хирша равен 3.

Д.П. Журов, младший научный сотрудник НИИПФ ИГУ, в 2017 году закончил магистратуру. На данный момент аспирант последнего года обучения по направлению "Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ". 3х- кратный участник чемпионата мира по программированию ACM ICPC, Северо-восточный Европейский регион. С 2017 года член коллаборации TAIGA. Проходил курс дополнительного образования по специализации "Машинное обучение и анализ данных" от Яндекс и Московского Физико-Технического Института. С октября 2018 по март 2019 проходил стажировку в Научно-исследовательском центре DESY, г. Цойтен, Германия по программе DAAD «Михаил Ломоносов», где занимался моделированием наведения телескопов IACT и анализом экспериментальных данных. В 2021 году проходил стажировку в университете Сириус в рамках научной школы "Современные методы планирования и управления движением неполноприводных механических систем". Участвовал в гранте РНФ «Карлсруэ-Российская инициатива по работе с астрофизическими данными на протяжении их жизненного цикла», где занимался методами машинного обучения. Является автором 49 работ, индексируемых WoS или Scopus, получены 2 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ. Индекс Хирша -- 7 (Scopus). Научные интересы: системы управления, автоматизация эксперимента, машинное обучение и анализ данных.

П.А.Волчугов обучается в очной аспирантуре МГУ с 2020 года. Несмотря на молодость, он уже является соавтором более 20 работ в журналах, индексируемых системами WoS и Scopus. Он является членом международной коллаборации TAIGA, в которой отвечает за Монте-Карло моделирование. Заметим, что Монте-Карло моделирование будет играть важную роль в решении задач проекта. С одной стороны, с его помощью будут сформированы датасеты, имитирующие изображения в черенковских телескопах, на которых будет проводиться обучение нейронных сетей для апробации разработанных методов в области астрофизики. С другой стороны, метод Монте-Карло будет реферетным для оценки качества и эффективности данных сгенерированных нейросетями в рамках задач проекта. С 2017 года по данным системы Scopus им опубликовано 16 работ. Его индекс Хирша равен 2.

А.Ю.Разумов – магистрант физического факультета МГУ им. М.В.Ломоносова. Является соавтором 6 работ по тематике задач проекта, связанных с обработкой экспериментальных данных в астрофизике, в журналах, индексируемых системами WoS и Scopus. Является членом коллаборации TAIGA.

Е.О.Гресь – магистрант ИГУ, г.Иркутск. Несмотря на свой возраст уже имеет опыт обработки данных эксперимента TAIGA. В своей бакалаврской работе «Обработка первичных данных ШАЛ Тункинского телескопа TAIGA-IACT» она разработала программу обработки данных телескопа на основе параметров Хилласа, что позволило заметно улучшить качество отбора гамма-событий в эксперименте TAIGA. В настоящее время она занимается задачей классификации событий методом сверточных нейронных сетей. Полученные результаты доложены на 5-м Международном совещании «Deep Learning in Computational Physics» (Москва, 28-29 июня 2021г.). Работа опубликована в трудах совещания.

А.А.Власкина – бакалавр физического факультета МГУ имени М.В.Ломоносова, которая начинает свой путь в науке. Тем не менее, уже сейчас она добилась хороших результатов в области машинного обучения. Ее курсовая работа посвящена использованию сверточных автоэнкодеров для улучшения отношения сигнал/шум для изображений широких атмосферных ливней, порожденных гамма квантами от галактических и внегалактических источников. По материалам исследований по методам анализа данных с установки HiSCORE сверточными нейронными сетями был сделан доклад на 5-м международном совещании «Deep Learning in Computational Physics» (Москва, 28-29 июня 2021г.), которая вышла в трудах этого совещания.

на английском языке

The project is devoted to the application of information technology for the analysis of big data obtained in the course of large physics experiments. Specifically, one of the most rapidly developing areas of IT: methods of data analysis using machine learning. The project is at the intersection of IT and physics, and has a strong interdisciplinary character. Its results will be tested in one of the most advanced areas of modern science - particle astrophysics, which studies the deep foundations of the

structure of the Universe. Therefore, the team includes both information technology specialists and physicists who have extensive experience in developing programs for the analysis of experimental data.

The leader of the team is A.P.Kryukov, Ph.D., head of the laboratory. A.P.Kryukov has been engaged in the development and application of modern information technologies in physics for many years. He developed numerous mathematical methods in the field of computer algebra, including those for high-energy physics problems. He was a pioneer in the implementation of grid technology in Russia and carried out numerous researches in the field of distributed computing. He has interesting results in physics. A.P. Kryukov is a member of the CMS collaboration (CERN, Geneva), which discovered the Higgs boson in 2012 (in 2013 the Nobel Prize in physics was awarded to P. Higgs and F. Englert for the theoretical substantiation of the existence of the Higgs boson), which is one of the most outstanding scientific results of recent years. He is a member of the international collaboration TAIGA, the main task of which is research in the field of cosmic ray physics and gamma astronomy, and the international collaboration HyperKamiokande, which studies neutrino physics. Over the past 5 years, he has published 47 papers indexed by WoS or Scopus, 7 of them in top-rated Q1 journals. His Hirsch index is 11 (Scopus). He led several projects of RFBR, RSF, including international ones. In recent years, A.P.Kryukov has been actively developing machine learning methods and their applications in physics, in particular in gamma astronomy. In particular, under his leadership, studies were carried out on the use of convolutional neural networks for classifying high-energy cosmic particles, determining their parameters. He holds numerous program registration certificates. Under his supervision, a Ph.D. thesis in the field of IT was defended, as well as numerous students' diploma theses. Currently he supervises the work of a bachelor student and a master student.

Principal investigator A.P.Demichev, leading researcher, Ph.D. Currently his main interests are related to the development and application of modern information technologies in elementary particle physics and other fields of science. He is a highly qualified information technology specialist. He made a great contribution to the development of grid technology, carried out numerous researches in the field of distributed computing. He was the leader of the RSF grant 18-11-00075 "Development of principles and algorithms for managing the provenance metadata for big scientific data with the use of blockchain technology", as a result of which more than 10 papers were published, including in the Q1 journal, and 3 program registration certificates were received. In 1995-1996 he worked as a visiting researcher at the Brazilian Center for Physical Research (Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, Rio de Janeiro, Brasil), and in 1997-2002 as a visiting researcher at the University of Helsinki (University of Helsinki, Helsinki, Finland). He is a co-author of two monographs in the field of mathematical physics. In recent years, he has been active in the field of machine learning and its applications in physics, in particular in gamma astronomy; a number of papers on this topic have been published in journals indexed in the WoS and Scopus systems, the results have been reported at international conferences. According to the Scopus system, over the past 5 years he has published 13 works. His Hirsch index is 12 (Scopus).

Principal investigator S.P.Polyakov, researcher, Ph.D. is an established scientist with experience of participating in and leading several projects. Since 2018, he has been researching deep learning and its applications in particle astrophysics. He developed machine learning methods for determining the type and parameters of events resulting in extensive air showers based on images from a ground-based Cherenkov telescope. The results of the work were reported at conferences and published in scientific journals. In total, over the past 5 years he has published 19 works indexed by the WoS and Scopus systems. He received 2 program registration certificates. His Hirsch index is 4 (Scopus).

Principal investigator E.B.Postnikov, senior researcher, Ph.D. E.B.Postnikov has long experience of simulation and data analysis for experimental astrophysics. He worked for two satellite-borne cosmic-ray experiments, NUCLEON (Russia) and PAMELA (Russia and Italy) as well as a balloon-borne experiment ATIC (Russia and USA). He has been a member of the TAIGA international collaboration since its foundation, and is currently performing such activities as Monte Carlo simulation as well as device optimization for the TAIGA facility, observation scheduling, data analysis and interpretation. In 2005-2006 he was a postdoctoral researcher at INFN (Trieste); in 2017-2018 he worked as a visiting researcher at Max Planck Institute for Physics (Munich) and DESY (Hamburg) in connection with the TAIGA simulation and data analysis. Over the past 5 years, he has published 61 papers indexed by WoS or Scopus and received 2 program registration certificates. His Hirsch index is 10 (Scopus).

Yu.Yu.Dubenskaya, researcher, is an experienced researcher, has participated in many projects on distributed computing and the use of virtualization technology in the field of high performance computing. Currently, she is developing methods for generating states of physical systems using generative adversarial neural networks. The results have been reported at a number of international conferences and published in journals indexed by WoS and Scopus. She has published 15 works, her

Hirsch index is 3 (Scopus).

D.P. Zhurov, a junior researcher, completed his master's degree in 2017. At the moment, a postgraduate student of the last year in the direction of "Mathematical modeling, numerical methods, and software". 3 times participant of the ACM ICPC World Programming Championship, Northeast European Region. Since 2017, a member of the TAIGA collaboration. Completed a course of additional education in the specialization "Machine Learning and Data Analysis" from Yandex and the Moscow Institute of Physics and Technology. From October 2018 to March 2019, he passed an internship at the DESY Research Center, Zeuthen, Germany under the DAAD program "Mikhail Lomonosov", where he was engaged in pointing modeling of IACT telescopes and analyzing experimental data. In 2021, he completed an internship at Sirius University at the scientific school "Modern methods of planning and controlling the motion of non-four-wheel drive mechanical systems." He took part in the grant of the Russian Science Foundation "Karlsruhe-Russian Initiative for Working with Astrophysical Data Throughout its Life Cycle", where he worked on machine learning methods. He is the author of 49 works indexed by WoS and Scopus, received 2 program registration certificates. Hirsch index - 7 (Scopus). Research interests in control systems, experiment automation, machine learning, and data analysis.

P.A.Volchugov has been a full-time postgraduate student at Moscow State University since 2020. Despite his youth, he is already a co-author of more than 20 papers in journals indexed by the WoS and Scopus systems. He is a member of the international TAIGA collaboration in which he is responsible for Monte Carlo simulations. Note that Monte Carlo simulations will play an important role in solving the problems of the project. On the one hand, it will be used to generate datasets that simulate images in Cherenkov telescopes, which will be used to train neural networks to test the developed methods in the field of astrophysics. On the other hand, the Monte Carlo method will be a reference for assessing the quality and efficiency of data generated by neural networks as part of the project objectives. Since 2017 he has published 16 works, according to the Scopus system. His Hirsch index is 2 (Scopus).

A.Yu. Razumov is a master's student at the Physics Department of Lomonosov Moscow State University. He is a co-author of 6 papers related to the project objectives on the topic of processing of experimental data in astrophysics, published in journals indexed by the WoS and Scopus systems. He is a member of the TAIGA collaboration.

E.O.Gres is a master's student at the Irkutsk State University. Despite her age, she already has experience in processing data from the TAIGA experiment. In her bachelor's work "Processing the primary data of the EAS of the Tunka telescope TAIGA-IACT", she developed a program for processing the telescope data based on the Hillas parameters, which made it possible to significantly improve the quality of the selection of gamma events in the TAIGA experiment. She is currently working on the problem of event classification using the method of convolutional neural networks. The results were reported at the 5th International Workshop "Deep Learning in Computational Physics" (Moscow, June 28-29, 2021). The work was published in the proceedings of the workshop.

A.A.Vlaskina is a bachelor of physics at the Lomonosov Moscow State University, who begins her career in science. However, she has already made good progress in the field of machine learning. Her term paper focuses on the use of convolutional autoencoders to improve signal-to-noise ratio for images of extensive air showers generated by gamma quanta from galactic and extragalactic sources. Based on research on methods for analyzing data from the HiSCORE installation by convolutional neural networks, a report was made at the 5th International Workshop "Deep Learning in Computational Physics" (Moscow, June 28-29, 2021), which was published in the proceedings of the workshop.

1.8. Планируемый объем финансирования проекта по годам:

Несоответствие планируемого объема финансирования проекта (в том числе отсутствие информации в соответствующих полях формы) требованиям пункта 11 конкурсной документации является основанием недопуска заявки к конкурсу.

со стороны Фонда (указывается в тыс. рублей):

2023 г. - 7000 тыс. рублей,
2024 г. - 7000 тыс. рублей,
2025 г. - 7000 тыс. рублей;

со стороны DFG (указывается в тыс. евро):

2023 г. - 100 тыс. евро,
2024 г. - 100 тыс. евро,
2025 г. - 100 тыс. евро.

1.9. Российский научный коллектив по результатам проекта в ходе его реализации предполагает опубликовать с участием членов российского научного коллектива в рецензируемых российских и зарубежных научных изданиях не менее

Приводятся данные за весь период выполнения проекта. Уменьшение количества публикаций (в том числе отсутствие информации в соответствующих полях формы) по сравнению с порогом, установленным в пункте 18.2 конкурсной документации является основанием недопуска заявки к конкурсу.

11 публикаций,

из них

11 статей в изданиях, индексируемых в базах данных «Сеть науки» (Web of Science Core Collection) или «Скопус» (Scopus).

В случае публикации в изданиях, индексируемых в базе данных «Сеть науки» (Web of Science Core Collection) или «Скопус» (Scopus), входящих в первый квартиль (Q1) по импакт-фактору JCR Science Edition или JCR Social Sciences Edition, по SJR (принадлежность издания к Q1 в Scopus определяется по базе данных <http://www.scimagojr.com/>) данная публикация учитывается как две публикации.

Информация о научных изданиях, в которых предполагается опубликовать результаты проекта, в том числе следует указать в каких базах индексируются данные издания - «Сеть науки» (Web of Science Core Collection), «Скопус» (Scopus), РИНЦ, иные базы, а также указать тип публикации - статья, обзор, тезисы, монография, иной тип

- Journal of Computational Physics (Q1); WoS, Scopus, статьи,
- Neural Networks (Q1); WoS, Scopus, статьи,
- Neural Computing and Applications (Q1); WoS, Scopus, статьи,
- Proceedings of Science, Scopus, статьи,
- Программирование, Scopus, статьи,
- CEUR Wokrshops, Scopus, статьи.

Иные способы обнародования результатов выполнения проекта

Результаты проекта будут также докладываться на ведущих всероссийских и международных конференциях International Workshop on Advanced Computing and Analysis Techniques in Physics Research (ACAT), International Workshop on Deep Learning in Computational Physics (DLCP), International Conference on Machine Learning Technologies (ICMLT), International Conference "Distributed Computing and Grid Technologies in Science and Education" (GRID), Parallel computational technologies (PCT), International Symposium on Nuclear Electronics and Computing (NEC), International Cosmic Ray Conference (ICRC).
Окончательный список конференций будет определен в ходе выполнения гранта.

1.10. Число публикаций членов российского научного коллектива, опубликованных в период с 1 января 2017 года до даты подачи заявки,

68, из них

68 – опубликованы в изданиях, индексируемых в Web of Science Core Collection или в Scopus.

Число публикаций членов зарубежного научного коллектива, опубликованных в период с 1 января 2017 года до даты подачи заявки,

161, из них

161 – опубликованы в изданиях, индексируемых в Web of Science Core Collection или в Scopus.

1.11. Письмо о согласии на предоставление необходимой инфраструктуры и оборудования для реализации проекта, о планах и сроках работ, предполагаемых к выполнению в рамках проекта, о порядке использования результатов интеллектуальной деятельности, созданных совместным творческим трудом в процессе реализации проекта, об осведомленности о требованиях Фонда, предъявляемых к российскому научному коллективу

В соответствии с пунктом 13 конкурсной документации. Непредоставление данного документа или несоответствие его содержания пункту 13 конкурсной документации приводит к отклонению заявки.

скачать...

1.12. Полное и сокращенное наименование зарубежной организации, на базе которой будет осуществляться проект зарубежным научным коллективом

Karlsruhe Institute of Technology

1.13. Вклад зарубежного научного коллектива в реализацию проекта

Российская и немецкие части команд имеют большой опыт совместной работы, который отражен в многочисленных совместных публикациях, полученных в ходе совместной работы в коллаборациях TAIGA и KASCADE, в процессе выполнения совместного гранта РФФ-Гельмгольц. В рамках данного проекта немецкие участники проекта также внесут существенный вклад. Так исследование, развитие и адаптация методов машинного обучения для анализа данных нейтринных экспериментов будут проводиться в основном силами немецких коллег. Совместные работы будут проводиться также при реализации той части проекта, которая относится к совместному анализу данных нескольких экспериментов, а также апробация разработанных методов и программ на реальных данных.

Предполагается обеспечить взаимный доступ к вычислительным ресурсам обеих сторон, что позволит повысить эффективность их использования. В тесном сотрудничестве немецких и российских участников будет выполнено развертывание в МГУ и КІТ необходимого программного обеспечения.

Ключевую роль в проекте немецкие коллеги играют в конкретизации круга задач, возникающих в области астрофизики частиц, которые будут решаться в первую очередь, а также в организации совместного анализа данных двух экспериментальных установок TAIGA и IceCube, что необходимо для разработки методов совместного анализа данных разного типа (многоканальная астрономия).

Разумеется, важное место в совместном проекте будут занимать вопросы представления проекта и результатов, полученных в ходе его реализации, в интернет пространстве. В реализации этой части проекта принимают участие обе команды. Со стороны немецких партнеров предполагается осуществить организацию веб-сайта центра анализа, пресс-релизов, выпуск других печатных материалов.

Надо заметить, что провести четкую границу между работами, выполняемыми различными командами, не представляется возможным. В выполнении всех задач в той или иной мере участвуют члены обеих команд, что является следствием плодотворного многолетнего сотрудничества участников, а также залогом достижения значимых результатов комплексного проекта.

Руководитель российского научного коллектива и руководитель Организации подтверждают, что

- все члены российского научного коллектива (в том числе руководитель российского научного коллектива) удовлетворяют пунктам 7, 8, 15 конкурсной документации;
- на весь период реализации проекта руководитель проекта будет состоять в трудовых отношениях с Организацией, при этом трудовой договор с Организацией не будет предусматривать возможность осуществления трудовой деятельности за пределами территории Российской Федерации;
- при обнародовании результатов любой научной работы, выполненной в рамках поддержанного Фондом проекта, руководитель проекта и научный коллектив будут указывать на получение финансовой поддержки от Фонда, DFG, Организацию и зарубежную организацию, а также согласны с опубликованием Фондом и DFG аннотации и ожидаемых результатов проекта, соответствующих отчетов о выполнении проекта, в том числе в информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», а также с предоставлением указанных материалов органам власти Российской Федерации, институтам развития;
- помимо гранта Фонда и DFG проект не будет иметь других источников финансирования в течение всего периода практической реализации проекта с использованием гранта Фонда и DFG;
- проект не является аналогичным по содержанию проекту, одновременно поданному на конкурсы научных фондов и иных организаций (помимо предусмотренных конкурсной документацией);
- проект не содержит сведений, составляющих государственную тайну или относимых к охраняемой в соответствии с законодательством Российской Федерации иной информации ограниченного доступа;
- доля членов российского научного коллектива в возрасте до 39 лет включительно в общей численности членов российского научного коллектива будет составлять не менее 50 процентов в течение всего периода практической реализации проекта;
- в установленные сроки будут представляться в Фонд ежегодные отчеты о выполнении проекта и о целевом использовании средств гранта.

Подпись руководителя российского научного коллектива _____ /А.П. Крюков/

Подпись руководителя Организации (уполномоченного представителя, действующего на основании доверенности или распорядительного документа), **печать** (при ее наличии) **Организации.**

В случае подписания формы уполномоченным представителем Организации (в т.ч. – руководителем филиала) к печатному экземпляру заявки прилагается копия распорядительного документа или доверенности, заверенная печатью Организации.

_____/_____/

М.П.