

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.481.01,  
СОЗАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ИНСТИТУТА КОСМИЧЕСКИХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК, ПО  
ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА  
НАУК**

аттестационное дело N \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 1 марта 2024 г. N \_\_1\_\_

О присуждении Никифорову Сергею Юрьевичу, гражданину РФ, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Оценка массовой доли воды в реголите Марса на основе данных мониторинга нейтронного излучения поверхности прибором ДАН на борту марсохода “Кьюриосити”» по специальности 1.3.1 «Физика космоса, астрономия» принята к защите 22 сентября 2023 г. (протокол заседания N 5) диссертационным советом 24.1.481.01, созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института космических исследований Российской академии наук 117997, гсп-7, Москва, Профсоюзная ул., 84/32, приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации №83/нк от 26 января 2023г. Вопрос о замене оппонента и переносе даты защиты диссертации - на заседании 1 декабря 2023г., протокол № 6.

Соискатель Никифоров Сергей Юрьевич, «27» августа 1988 года рождения.

В 2011 году соискатель окончил Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» по специальности «Физика атомного ядра и частиц». С 28.04.2011года по 27.04 2014 года являлся аспирантом очной аспирантуры Института космических исследований Российской академии наук. Соискатель работает научным сотрудником в Институте космических исследований Российской академии наук. Диссертация выполнена в отделе Ядерной планетологии Института космических исследований Российской академии наук.

**Научный руководитель** – Митрофанов Игорь Георгиевич, доктор физико-математических наук, заведующий отделом Ядерной планетологии Института космических исследований Российской академии наук.

### **Официальные оппоненты:**

Ипатов Сергей Иванович, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории термодинамики и математического моделирования природных процессов ГЕОХИ имени В. И. Вернадского РАН, и

Свертилов Сергей Игоревич, доктор физико-математических наук, профессор физического факультета МГУ имени М. В. Ломоносова,

дали положительные отзывы на диссертацию.

**Ведущая организация** – Международная межправительственная организация Объединенный институт ядерных исследований (ОИЯИ), Московская область, г. Дубна, в своем положительном отзыве, составленном заместителем директора по научной работе лаборатории нейтронной физики ОИЯИ, кандидатом физико-математических наук Копач Юрием Николаевичем, утверждённом вице-директором ОИЯИ, доктором физико-математических наук Костовым Льчезаром Крумовым, было отмечено, что в работе Никифорова С. Ю. были достигнуты новые научные результаты, которые являются оригинальными. Работа полностью соответствует требованиям, установленным ВАК для кандидатских диссертаций, и автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.1 – «Физика космоса, астрономия».

Соискатель имеет **41** опубликованных работ, в том числе в рецензируемых научных изданиях **41** работу, по теме диссертации опубликовано **6** работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано **6** работ.

### **Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:**

1. *Jun, I., Mitrofanov, I. G., Litvak, M. L., Nikiforov, S. Y., [et al.]*. Neutron background environment measured by the Mars Science Laboratory's Dynamic Albedo of Neutrons instrument during the first 100 sols // *JGR: Planets* – 2013 – 118(11) – 2400–2412. [DOI: 10.1002/2013JE004510](https://doi.org/10.1002/2013JE004510)
2. *Tate, C. G., Moersch, J., Jun, I., Nikiforov, S. Y., [et al.]*. Water equivalent hydrogen estimates from the first 200 sols of Curiosity's traverse (Bradbury Landing to Yellowknife Bay): Results from the Dynamic Albedo of Neutrons (DAN) passive mode experiment // *Icarus* – 2015 – 262 – 102–123. [DOI: 10.1016/j.icarus.2015.09.002](https://doi.org/10.1016/j.icarus.2015.09.002)

3. *Tate, C. G., Moersch, J., Mitrofanov, I. G., Nikiforov, S. Y., [et al.]*. Results from the dynamic albedo of neutrons (DAN) passive mode experiment: Yellowknife Bay to Amargosa Valley (Sols 201–753) // *Icarus* – 2018 – 299 – 513–537. [DOI: 10.1016/j.icarus.2017.08.022](https://doi.org/10.1016/j.icarus.2017.08.022)
4. *Tate, C. G., Moersch, J., Mitrofanov, I. G., Nikiforov, S. Y., [et al.]*. Mars Science Laboratory Dynamic Albedo of Neutrons passive mode data and results from sols 753 to 1292: Pahrump Hills to Naukluft Plateau // *Icarus* – 2019 – 330 – 75–90. [DOI: 10.1016/j.icarus.2019.04.029](https://doi.org/10.1016/j.icarus.2019.04.029)
5. *Nikiforov, S. Y., [et al.]*. Assessment of water content in martian subsurface along the traverse of the Curiosity rover based on passive measurements of the DAN instrument // *Icarus* – 2020 – 346 – 113818. [DOI: 10.1016/j.icarus.2020.113818](https://doi.org/10.1016/j.icarus.2020.113818)
6. *Mitrofanov, I. G., Nikiforov, S. Y., [et al.]*. Water and chlorine in the Martian subsurface along the traverse of NASA's Curiosity rover: 1. DAN measurement profiles along the traverse // *JGR: Planets* – 2022 – 127 – e2022JE007327. [DOI: 10.1029/2022JE007327](https://doi.org/10.1029/2022JE007327)

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается авторитетом в научном сообществе, компетентностью в области планетных исследований и физики космоса, которые подтверждаются публикациями в международных и российских журналах.

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

были проведены наземные физические калибровки прибора ДАН для измерения темпов счета в его детекторах от нейтронного излучения радиоизотопного источника РИТЭГ, установленного на борту марсохода «Кьюриосити». Также была проведена обработка и пространственная привязка научных данных, полученных прибором ДАН.

Был проведен анализ предложенного ранее метода анализа данных прибора ДАН в режиме мониторинга нейтронного излучения Марса для оценки массовой доли воды в реголите вдоль пути движения марсохода «Кьюриосити», без использования нейтронного генератора. На основе полученных выводов был разработан высокоэффективный метод обработки данных мониторинга нейтронного излучения поверхности Марса. Этот метод в настоящее время

используется для оценки содержания воды в реголите при планировании работы прибора на Марсе.

Был построен профиль пространственной переменности нейтронного излучения в тепловом и эпитепловом энергетических диапазонах от марсианского реголита с пространственным разрешением 3 метра вдоль трассы движения марсохода.

Проведено изучение общих свойств распределения воды в реголите вдоль трассы марсохода, а также поиск и отождествление районов с необычным содержанием воды в кратере Гейл.

Был создан и опубликован Каталог и общедоступная база данных прибора ДАН, которые содержат информацию о распределении массовой доли воды в реголите вдоль трассы протяженностью 27 километров.

**Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:**

разработка и реализация высокоэффективного метода оценки содержания воды в приповерхностном слое вещества Марса на основе измерений научным прибором ДАН, без использования нейтронного генератора, позволяет существенно увеличить покрытие научными данными пройденного пути марсохода.

Оценки содержания воды в реголите вдоль трассы движения марсохода, полученные в ходе исследования, доступны в открытом доступе на официальном сайте отдела «Ядерной планетологии» ([nr.cosmos.ru/](http://nr.cosmos.ru/)) и в научном архиве «Zenodo» (DOI: 10.5281/zenodo.6974535). Это позволяет любому заинтересованному участнику космических исследований использовать эти данные для дальнейшего анализа.

Успешный опыт получения и обработки экспериментальных данных мониторинга нейтронного излучения поверхности Марса прибором ДАН будет способствовать разработке концепции перспективных ядерно-физических экспериментов на борту мобильных исследовательских аппаратов на поверхности Марса.

**Оценка достоверности результатов исследования выявила:**

В рамках представленного исследования были получены результаты оценки массовой доли воды для участков поверхности Марса на основе данных

измерений нейтронного альbedo прибором ДАН. Эти результаты были сопоставлены с аналогичными оценками, независимо полученными для этих же участков на основе данных активного нейтронного зондирования с использованием импульсного нейтронного генератора. Также, была обнаружена связь между повышенным содержанием воды на поверхности марсианского кратера по данным прибора ДАН, и присутствием полигидратированных сульфатов, обнаруженных в орбитальном эксперименте CRISM. Сравнение показало хорошее согласие между этими оценками, что подтверждает высокую достоверность полученных результатов.

Результаты, представленные в диссертации, прошли достаточно детальную апробацию. Эти результаты докладывались лично автором на семинарах отдела Ядерной планетологии ИКИ РАН, Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ, а также на российских и международных конференциях и симпозиумах.

Диссертация подготовлена на основании 6 научных статей, которые были опубликованы в реферируемых международных журналах уровня Q1 и включены в международные базы данных Web of Science и/или Scopus.

Все результаты, выносимые на защиту, были получены лично автором диссертации.

#### **Личный вклад соискателя:**

Автор оценил компоненту фонового нейтронного излучения на поверхности Марса от РИТЭГ на основе данных калибровочных измерений, выполненных на территории США совместно с американскими участниками эксперимента ДАН.

Автор принимал участие в разработке метода для оценки массовой доли воды на основе данных мониторинга нейтронного излучения поверхности, предложенного американскими коллегами. На основе проведенного критического анализа предложенного метода, автором был разработан более эффективный и достоверный способ оценки массовой доли воды, который сейчас используется в эксперименте ДАН.

Автор провел обработку данных мониторинга собственного нейтронного излучения Марса прибором ДАН, выполнил привязку измерений к координатам на поверхности и построил пространственный профиль переменности потока с разрешением 3 метра вдоль всей трассы движения марсохода.

Автор получил оценки содержания воды в веществе приповерхностного слоя планеты вдоль всей трассы движения марсохода с разрешением 3 метра от места посадки до отметки расстояния 27 км. Им были обнаружены участки на трассе с минимальным и максимальным содержанием воды в реголите.

Автор является основным составителем Каталога данных измерений массовой доли воды в районах остановок и вдоль трассы движения марсохода протяженностью 27 км.

На заседании 1 марта 2024 г. диссертационный совет принял решение присудить Никифорову Сергею Юрьевичу ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 23 человек, из них 15 докторов наук по специальности 1.3.1 «Физика космоса, астрономия», участвовавших в заседании, из 28 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту нет человек, проголосовали: за 23, против нет.

Председатель диссертационного  
совета 24.1.481.01  
Чл.-корр. РАН

Ученый секретарь  
к.ф.-м.н.

Дата оформления заключения 1 марта 2024г.



А.А. Петрукович

А.Ю. Ткаченко