

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Никифорова Сергея Юрьевича на тему «Оценка массовой доли воды в реголите Марса на основе данных мониторинга нейтронного излучения поверхности прибором ДАН на борту марсохода «Кьюриосити», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.1 - «Физика космоса, астрономия».

Актуальность работы

Поиск и мониторинг воды и других летучих на телах Солнечной системы является одним из основных направлений космических исследований, что обусловлено исключительной важностью данного вопроса для разработки сценариев происхождения и эволюции планет и их спутников, реконструкции их геологической и климатической истории. Наличие воды является также одним из ключевых условий возникновения и эволюции жизни. Присутствие значительных запасов воды в той или иной форме (лёд, гидратированные минералы, адсорбированная вода) может существенно упростить в будущем организацию пилотируемых экспедиций на Марс, а также освоение планеты, предоставляя возможность производства кислорода и компонентов ракетного топлива из местных ресурсов. В этой связи, тема диссертационной работы, безусловно, актуальна.

На наш взгляд, в работе получены следующие новые научные результаты:

1. Разработан новый метод оценки содержания воды в марсианском реголите на основе данных мониторинга нейтронного излучения с использованием результатов активных измерений, позволяющий получить значительно более точные оценки, по сравнению с ранее использовавшимся методом (метод Гейта). Предложенный метод опирается на экспериментальные данные активных измерений прибора ДАН и не предполагает использования численного моделирования нейтронного излучения Марса.

2. Получены оценки потока нейтронов от поверхности Марса на дне кратера Гейл под воздействием галактических космических лучей (ГКЛ) и излучения радиоизотопного генератора (РИТЭГ) на борту марсохода. Данные оценки получены впервые и дают возможность найти массовую долю воды в реголите Марса.

3. Впервые получены оценки массовой доли воды вдоль трассы движения марсохода длиной 27 км (построен профиль) с пространственным разрешением

около 3 м. Найдено, что средняя массовая доля воды в этом районе составляет $(2,6 \pm 0,7)\%$.

4. Обнаружены области аномально низкого (вплоть до полного отсутствия) и аномально высокого (до 6% по массе) содержания воды, исследована взаимосвязь данных районов с минералогическими особенностями пород, выявленными при наблюдении с орбиты Марса с помощью других инструментов.

Научная значимость работы обусловлена получением данных о содержании воды в реголите Марса на достаточно большой площади в привязке к геологическим структурам и формациям, что открывает дополнительные возможности для исследования геологической и климатической истории как данного конкретного региона, так и планеты в целом. Все полученные данные находятся в свободном доступе и могут быть использованы исследователями для дальнейшего анализа.

Практическая значимость диссертационной работы, на наш взгляд, заключается в отработке метода, позволяющего оперативно оценивать содержание воды в реголите Марса (а в перспективе и других небесных тел) без постоянного использования активного зондирования, что важно для роботизированных миссий с учётом ограничений на режимы работы научной аппаратуры. Возможность обследования больших площадей поверхности планеты с высоким разрешением также важна, с точки зрения поиска залежей воды в интересах будущих пилотируемых миссий.

Обоснованность и достоверность

Достоверность полученных в работе результатов подтверждается согласием с результатами активного нейтронного зондирования тех же участков поверхности планеты, а также с результатами орбитального эксперимента CRISM (соответствием зон с повышенным содержанием воды районам, где по данным орбитальной разведки присутствуют гидратированные минералы).

Результаты работы апробированы на международных и российских конференциях и симпозиумах, а также на семинарах отдела «Ядерной планетологии» ИКИ РАН и Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ.

Результаты диссертационной работы достаточно полно опубликованы в 41 научной статье в высокорейтинговых рецензируемых научных журналах.

Автореферат оформлен в соответствии с существующими требованиями.

В качестве замечания (несущественного) нужно отметить, что в рамках автореферата предложенный новый метод оценки содержания воды в марсианском реголите изложен достаточно сжато.

Указанное замечание не снижает научной ценности диссертационной работы и полученных в ней результатов.

Все вышеуказанное свидетельствует о том, что диссертационная работа выполнена на высоком научном уровне, а полученные в ней результаты представляют практический интерес.

Вывод: диссертационная работа удовлетворяет требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Никифоров Сергей Юрьевич заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.1 - «Физика космоса, астрономия».

Автор отзыва согласен на автоматизированную обработку персональных данных и размещение отзыва в сети Интернет.

Ведущий научный сотрудник

ПАО «Ракетно-космическая корпорация «Энергия» имени С.П. Королёва»,
доктор технических наук



Евдокимов Роман Александрович

141070 г. Королёв МО, ул. Ленина 4а;

тел.: 8(495)513-79-42;

e-mail: roman.evdokimov@rsce.ru

Подпись Р.А. Евдокимова удостоверяю

Учёный секретарь

ПАО «Ракетно-космическая корпорация «Энергия» имени С.П. Королёва»,
д. ф.-м. н.



Хатунцева Ольга Николаевна