

## **Аннотация к циклу научных работ:**

### **1. Авторы**

И. Г. Митрофанов, А. В. Малахов, М. Л. Литвак, А. Б. Санин, Д. В. Головин, М. В. Дьячкова, С. Ю. Никифоров, А. А. Аникин, Д. И. Лисов, Н. В. Лукьянов, М. И. Мокроусов.

### **2. Название**

Глобальная с высоким пространственным разрешением карта воды в марсианском реголите по данным прибора ФРЕНД на борту спутника TGO российско-европейского проекта «ЭкзоМарс».

### **3. Ссылки**

1) High Resolution Map of Water in the Martian Regolith Observed by FRENД Neutron Telescope Onboard ExoMars TGO

Malakhov, A. V.; Mitrofanov, I. G.; Golovin, D. V. ; Litvak, M. L. ; Sanin, A. B. ; Djachkova, M. V. ; Lukyanov, N. V. Journal of Geophysical Research: Planets, Volume 127, Issue 5, article id. e07258.

DOI: [10.1029/2022JE007258](https://doi.org/10.1029/2022JE007258)

2) The evidence for unusually high hydrogen abundances in the central part of Valles Marineris on Mars

Mitrofanov, I.; Malakhov, A.; Djachkova, M.; Golovin, D.; Litvak, M.; Mokrousov, M.; Sanin, A.; Svedhem, H.; Zelenyi, L. Icarus, Volume 374, article id. 114805. DOI:

[10.1016/j.icarus.2021.114805](https://doi.org/10.1016/j.icarus.2021.114805)

3) Numerical modeling of mapping of Martian epithermal neutron emission: Applications to FRENД investigation onboard ESA's Trace Gas Orbiter

Mitrofanov, I. G.; Sanin, A. B.; Malakhov, A. V.; Litvak, M. L.; Golovin, D.V. Nuclear Inst. and Methods in Physics Research, A, Volume 1039, article id. 166997.

DOI: [10.1016/j.nima.2022.166997](https://doi.org/10.1016/j.nima.2022.166997)

### **4. Общая формулировка научной проблемы и её актуальность**

Эксперимент ФРЕНД (от англ. Fine Resolution Epithermal Neutrons Detector) проводит измерение нейтронного потока от поверхности Марса с высоким пространственным разрешением, до 60 км на пиксел. Вариации нейтронного потока чувствительны к содержанию водорода в грунте на глубине до 1 м, что является признаком наличия воды. Широко известно, что в приполярных областях Марса содержатся существенные залежи водяного льда в приповерхностном грунте, однако в экваториальных областях приповерхностная вода менее стабильна из-за низкого атмосферного давления и более высоких температур и прошлые научные эксперименты не обнаруживали областей с высоким содержанием воды у экватора. Несмотря на это её наличие было бы крайне актуальным для дальнейших исследований Марса: кроме того, что вода – ценный ресурс для будущих пилотируемых миссий, она так же может служить указанием на районы существования прошлой или настоящей жизни.

## **5. Конкретная решаемая в работе задача и её значение**

В рамках выдвигаемого на конкурс цикла статей были проанализированы данные эксперимента ФРЕНД, полученные по результатам измерений нейтронного потока с орбиты на протяжении двух марсианских лет. Полученная карта содержания воды в приповерхностном слое Марса обладает более высоким разрешением по сравнению с более ранними исследованиями. В результате анализа найдено большое количество локальных особенностей (в том числе на умеренных и экваториальных широтах), которые не были обнаружены в ходе экспериментов без применения метода коллимации при регистрации нейтронного потока от Марса. К примеру, в работе 2 было показано, что содержание воды в грунте каньона Маринера может достигать 40 % по массе. В работе 3 описаны методы учета влияния марсианской атмосферы и частичной прозрачности стенок коллиматора ФРЕНД на измеряемый поток нейтронов от поверхности с использованием численного моделирования эксперимента. Это позволило повысить точность получаемых оценок содержания воды в грунте и увеличить пространственное разрешение при поиске локальных особенностей на поверхности Марса.

## **6. Используемый подход, его новизна и актуальность**

Новизна представленного исследования состоит в том, что для анализа используются данные коллимированного нейтронного телескопа, аналогов которому на орбите Марса не было до сих пор. Нейтронный коллиматор ФРЕНД сужает поле зрения прибора до 60 км на поверхности, что позволяет сопоставлять области повышенного содержания воды по данным прибора с локальными геоморфологическими особенностями, рельефом. Кроме того, такой прибор позволяет выявлять небольшие по размеру районы с высоким содержанием воды, которые невозможно выявить неколлимированным прибором с полем зрения «от горизонта до горизонта». Нейтронные эксперименты, до настоящего времени работавшие на орбите Марса, позволяли построить карты содержания воды с разрешением до 300-400 км (приборы ХЕНД, NS на борту Марс Одиссей). Это не позволяло с достаточной точностью объяснять наличие или отсутствие воды, т.к. характерные структуры рельефа имеют меньший размер. Кроме того, при планировании будущих посадочных миссий локализация богатых водой грунтов так же имеет важное значение с научной точки зрения и для практических нужд в отдаленной перспективе.

## **7. Полученные результаты и их значимость**

В результате работы обнаружены и описаны районы с высоким содержанием водорода в экваториальных областях Марса, предположительно в виде воды или водяного льда. Эти районы охарактеризованы по массовой доле воды, размерам, предположительному источнику такого содержания воды в грунте. Полученные результаты имеют важное значение для дальнейшего изучения Марса, мест поиска внеземной жизни, кандидатов районов посадки будущих миссий.