

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИКИ РАН



чл. корр. РАН

А.А. Петрукович

2023 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного учреждения науки Института космических исследований Российской академии наук

Диссертация «Анализ данных космических экспериментов для выбора районов посадок перспективных космических аппаратов на поверхность Луны и Марса» выполнена младшим научным сотрудником Дьячковой Майей Викторовной в отделе Ядерной планетологии Федерального государственного учреждения науки Института космических исследований Российской академии наук (ИКИ РАН). Справка о сдаче кандидатских экзаменов выдана в 2023 г. ИКИ РАН.

Научный руководитель: доктор физико-математических наук, заведующий отделом Ядерной планетологии Митрофанов Игорь Георгиевич.

По результатам рассмотрения диссертации «Анализ данных космических экспериментов для выбора районов посадок перспективных космических аппаратов на поверхность Луны и Марса» принято следующее заключение.

Актуальность темы и направление исследования

Диссертационная работа Дьячковой М. В. посвящена изучению поверхности Луны и Марса. Изучение Луны и Марса являются одними из приоритетных направлений космических исследований. В течение последнего десятилетия было реализовано более десятка различных космических

проектов по изучению этих небесных тел. В результате исследований Луны и Марса посадочными и орбитальными космическими аппаратами накоплен большой объем данных, обработка которых позволила расширить наши представления о формировании Луны и Марса, о физических условиях на их поверхностях. В ближайшем будущем Луна станет объектом изучения российскими автоматическими космическими аппаратами Луна-25, 26 и 27. Успех посадочных миссий во многом зависит от того, насколько намеченный район посадки соответствует техническим требованиям безопасности, энергетики и связи, а также удовлетворяет научным и исследовательским целям, стоящим перед миссией. Поэтому диссертационная работа Дьячковой М. В. является весьма актуальной.

Исследования в рамках диссертационной работы были проведены по теме «Освоение» (№ 122042500014-1) в отделе «Ядерной планетологии» Института космических исследований РАН.

Личный вклад автора при получении результатов, представленных в диссертации

Научно-исследовательская работа, которая легла в основу диссертации, выполнена автором самостоятельно.

Автор разработала новый метод выбора мест посадки космических аппаратов на поверхность Луны на основе совместного пространственного анализа данных орбитальных измерений.

Автор составила и обосновала список районов-кандидатов для посадок космических аппаратов Луна-25 и Луна-27 и критерии их приоритизации для выбора основного и запасного районов. Автор организовала широкое обсуждение предложенных районов-кандидатов среди отечественной лунной научной общественности.

Соискатель предложила исследование марсианской части диссертационной работы, самостоятельно выбрала метод исследования, выполнила анализ данных и интерпретацию результатов эксперимента ДАН на борту марсохода НАСА Curiosity совместно с данными марсианского спутника MRO.

По результатам диссертации опубликовано четыре статьи в рецензируемых изданиях, в написании которых автор сыграла ключевую роль. В основных результатах, выносимых на защиту, роль Дьячковой является определяющей.

Степень достоверности результатов проведенного исследования

Достоверность диссертационной работы обеспечена использованием публично доступных экспериментальных данных, полученных в течение последнего десятилетия в научных исследованиях на борту космических аппаратов Lunar Reconnaissance Orbiter, Kaguya, Martian Reconnaissance Orbiter, Curiosity. Эти данные прошли апробацию в рамках их широкого использования научной планетной общественностью по планетным исследованиям.

Все четыре статьи с изложением результатов диссертации опубликованы в рецензируемых научных изданиях, входящих в базы данных РИНЦ, а также Scopus/Web of Science. Кроме этого, результаты диссертации были представлены на научных семинарах в ИКИ РАН и ИНАСАН РАН, а также на 19 международных и отечественных научных конференциях.

Научная новизна полученных результатов

Все результаты, представленные в данной диссертационной работе, являются новыми.

Впервые был разработан метод выбора мест посадки космического аппарата на поверхность Луны на основе данных орбитального картографирования с использованием методов пространственного анализа. Впервые была произведена комплексная оценка районов южной полярной области Луны на предмет их пригодности для посадки аппарата Луна-25 и проведения на них научных исследований. При выборе мест посадки были использованы данные, полученные за последние 13 лет космическим аппаратом «LRO», в том числе данные по содержанию воды в лунном реголите на основании данных измерений российского прибора «LEND», установленного на его борту. Разработанный метод позволил на основе приоритизации выбрать основной и резервный районы места посадки в южной полярной области Луны. Эти районы были согласованы на Совете РАН по космосу.

Впервые для выбранных основного и запасного мест посадки были созданы геоинформационные модели на основе имеющихся данных о лунной поверхности. Была произведена оценка качества имеющихся цифровых моделей рельефа, а также созданы дополнительные модели на основе сырых данных лазерного альтиметра LOLA. На основе всех имеющихся цифровых моделей рельефа были рассчитаны морфометрические характеристики поверхности. Цифровая модель рельефа, созданная на основе снимков узкоугольной камеры LROC NAC с разрешением до 2 м, сравнимым с размером космического аппарата, позволила верифицировать остальные модели рельефа.

Впервые была произведена оценка южной полярной области Луны на предмет ее пригодности для посадки космического аппарата Луна-27 с учетом возможной точности посадки от 0.5 до 5 км. Были предложены районы-кандидаты для посадки в зависимости от используемой точности посадки.

Впервые был проведен совместный анализ данных измерений прибора ДАН на борту марсохода Curiosity по содержанию воды в верхнем слое

кратера Гейл на Марсе и прибора CRISM на борту орбитального аппарата МРО по содержанию гидратированных минералов. Выявленная корреляция между содержанием воды и присутствием полигидратированных сульфатов и филлосиликатов в верхнем слое кратера подтверждает значимость использования орбитальных данных для выбора мест посадки перспективных исследовательских аппаратов на поверхность планет.

Научная и практическая значимость результатов исследования

Разработанный метод выбора мест посадки был использован для выбора районов посадки космического аппарата Луна-25 в южной полярной области Луны. На основании полученных автором результатов были намечены основной и резервный районы посадок указанного космического аппарата.

Созданная геоинформационная модель поверхности выбранных мест посадки обеспечивает возможность детального планирования будущих исследований на поверхности. Предлагаемые районы-кандидаты для посадки космического аппарата Луна-27 рассматриваются в качестве основных для осуществления этой научной миссии на поверхности Луны.

Результат совместного анализа орбитальных данных о поверхности марсианского кратера Гейл и данных, полученных непосредственно на его поверхности, подтвердили важность использования орбитальных данных при выборе мест посадки космических аппаратов и при планировании трасс движения мобильных исследовательских станций. Установленная связь между локальными данными нейтронного зондирования поверхности и орбитальными спектрометрическими измерениями ее верхнего слоя позволили интерпретировать всю совокупность этих данных и предложить наиболее перспективные районы для посадки перспективных марсианских аппаратов.

Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем

Основные результаты диссертации отражены в следующих работах автора.

1. Дьячкова М.В., Литвак М.Л., Митрофанов И.Г., Санин А.Б. Выбор мест посадки космического аппарата Луна-25 в окрестности южного полюса Луны // *Астрономический вестник. Исследования Солнечной системы*. 2017. Т. 51. № 3. С. 204-215. <https://doi.org/10.7868/S0320930X17030021>
2. Дьячкова М.В., Митрофанов И.Г., Санин А.Б., Литвак М.Л., Третьяков В.И. Характеристика мест посадки космического аппарата Луна-25 // *Астрономический вестник. Исследования Солнечной системы*. 2021. Т. 55. № 6. С. 522-541. <https://doi.org/10.31857/S0320930X21060037>
3. Дьячкова М.В., Митрофанов И.Г., Санин А.Б., Литвак М.Л., Третьяков В.И. О выборе района посадки космического аппарата Луна-27 // *Астрономический вестник. Исследования Солнечной системы*. 2022. Т. 56. № 3. С. 158-168. <https://doi.org/10.31857/S0320930X22030021>
4. Djachkova, M. V., Mitrofanov, I. G., Nikiforov, S. Y., Lisov, D. I., Litvak, M. L., Sanin, A. B. (2022). Testing Correspondence between Areas with Hydrated Minerals, as Observed by CRISM/MRO, and Spots of Enhanced Subsurface Water Content, as Found by DAN along the Traverse of Curiosity. *Advances in Astronomy*, 2022, 1–10. <https://doi.org/10.1155/2022/6672456>

Соответствие содержания диссертации паспорту специальности «1.3.1 Физика космоса, астрономия»

Задачи, рассмотренные в диссертации, относятся к следующим разделам паспорта специальности «1.3.1 Физика космоса, астрономия»:

- Строение, состав планетных атмосфер, поверхности и недр планет и малых тел Солнечной системы.
- Экспериментальные методы, научные приборы, методы вычислительной астрофизики и алгоритмы обработки данных для космических и астрономических исследований.

ВЫВОД. Кандидатская диссертация Дьячковой Майи Викторовны «Анализ данных космических экспериментов для выбора районов посадок перспективных космических аппаратов на поверхность Луны и Марса» соответствует «Положению о порядке присуждения ученых степеней».

Диссертация рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности «1.3.1 Физика космоса, астрономия».

Заключение принято на заседании НТС отдела Ядерной планетологии Института космических исследований РАН. Присутствовало на заседании 11 членов НТС отдела. Результаты голосования: «за» – 11 чел., «против» – 0 чел., «воздержалось» – 0 чел., протокол от «3» июля 2023 г.

Председатель НТС отдела 63 ИКИ РАН

д. ф.-м. н.

И. Г. Митрофанов

Секретарь НТС отдела 63 ИКИ РАН

к. ф.-м. н.

А. Б. Санин