

Научная статья. Экономические науки
УДК 341.229, 327
<https://doi.org/10.31696/2227-5568-2023-03-018-025>

ЯПОНИЯ КАК УЧАСТНИК ПРОГРАММЫ ARTEMIS: ПЛАНЫ ПО ДОБЫЧЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ НА ЛУНЕ

Екатерина Андреевна Борисова

Институт востоковедения РАН, Москва, Россия,
bekatmail@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8620-5207>

Владислав Александрович Леонов

Институт астрономии РАН, ВИНТИ РАН, Москва, Россия,
leonov@inasan.ru

Аннотация. Борьба за космические ресурсы, обусловленная развитием технологий и постепенным истощением минеральных ресурсов на Земле, уже в ближайшие десятилетия приведет к активному освоению Луны ведущими космическими державами. При этом сырьевая база подразумевает не только всевозможные редкоземельные, благородные и полупроводниковые металлы, но и воду и ее компоненты – кислород и водород, поскольку вода станет одним из важнейших ресурсов, который потребуется людям при их активной экспансии в космос, а кислород и водород будут являться компонентами топлива для двигателей космических аппаратов, в достатке имеющимися в космосе. Некоторые крупные компании уже выразили готовность к освоению и добыче космических ресурсов, среди них Японское агентство аэрокосмических исследований (JAXA). Оно официально объявило о своих планах по строительству завода для производства топлива на Луне.

Ключевые слова: Освоение Луны, космические ресурсы, вода, топливо, кислород, водород, LOX/LH2, JAXA, Gateway, Artemis

Для цитирования: Борисова Е. А., Леонов В. А. Япония как участник программы Artemis: планы по добыче полезных ископаемых на Луне. *Восточная аналитика*. 2023;14(3):18-25. <https://doi.org/10.31696/2227-5568-2023-03-018-025>

Original article. Economics studies

JAPAN AS A PARTICIPANT IN THE ARTEMIS PROGRAM: PLANS FOR MINING ON THE MOON

Ekaterina Borisova

Institute of Oriental Studies of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia,
bekatmail@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8620-5207>

Vladislav Leonov

Institute of Astronomy RAS, VINITI RAS, Moscow, Russia,
leonov@inasan.ru

Abstract. The struggle for space resources, due to the development of technology and the gradual exhaustion of mineral resources on Earth, will lead to the active exploration of the



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International (CC BY-SA 4.0).

Moon by the leading space powers in the coming decades. At the same time, the raw material base implies not only all kinds of rare earth, noble and semiconductor metals, but also water and its components oxygen and hydrogen. This is due to the fact that water will become one of the most important resources that people will need during their active expansion into space, and oxygen and hydrogen will be fuel components for spacecraft engines that are available in space in abundance. Some large companies have already expressed their willingness to explore and extract space resources, among them the Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA). It has officially announced its plans to build a plant to produce fuel on the moon.

Keywords: Moon exploration, space resources, water, fuels, oxygen, hydrogen, LOX/LH₂, JAXA, Gateway, Artemis

For citation: Borisova E. A., Leonov V. A. Japan as a participant in the Artemis program: plans for mining on the Moon. *Eastern Analytics*. 2023;14(3):18-25. (In Russ.) <https://doi.org/10.31696/2227-5568-2023-03-018-025>

Японский проект

Добыча и переработка полезных ископаемых в космосе уже стала новой перспективной отраслью космической промышленности – около десятка крупных компаний озвучили свои бизнес-идеи в отношении добычи космических ресурсов. В конце 2020 г. было впервые заявлено о планах Японии построить к 2035 г. завод по производству водородного топлива на Луне, а в 2022 г. Японское агентство аэрокосмических исследований (JAXA) официально подтвердило свои намерения. Ожидаемое месторасположение – Южный полюс Луны. Добываемый лед планируется использовать для получения воды, а также для выработки топливной пары LOX/LH₂, которая найдет применение в двухтопливных двигателях, где горючим является жидкий водород (LH₂), а окислителем жидкий кислород (LOX).

Получаемое топливо будут применять как для заправки луноходов и выработки электричества, так и для полетов между Луной и окололунной космической станцией. Значительная часть вырабатываемого кислорода будет уходить также на поддержание жизнедеятельности людей в космическом поселении. Идея строительства завода перспективна еще и с другой точки зрения: планируемое производство позволит значительно снизить затраты на транспортировку воды и топлива с Земли. Кроме того, успешная реализация проекта поможет ускорить темпы освоения Луны и космоса.

Нетоксичность и экологическая чистота водорода в совокупности с широким распространением в космосе и на Луне в частности вызывают к этому виду топлива огромный интерес у ряда космических (и технологически развитых) держав, особенно Японии. Это первая страна, которая занялась их продвижением на государственном уровне. О соот-



Контент доступен под лицензией Creative Commons «Attribution-ShareAlike» («Атрибуция-СохранениеУсловий») 4.0 Всемирная.

ветствующих планах было громко заявлено в 2019 г. Как сообщил бывший в то время премьер-министр Японии Синдзо Абэ на совещании по проблемам новой энергетики в Токио, «Наша цель – первыми в мире построить общество, основанное на использовании водорода» [Водородная..., 2019]. Ставка на водород была сделана как на экологически чистое топливо, способное стать движущей силой глобального энергетического перехода. В том же году Кабинет министров Японии принял долгосрочную стратегию сокращения выбросов в соответствии с Парижским соглашением, поставив перед страной цель стать нейтральной в отношении углерода вскоре после 2050 г. Стратегия предусматривает увеличение производства водорода при сокращении затрат на него до менее чем одной десятой от текущих уровней к 2050 г. [Japan draws..., 2019]. Исходя из этого, вполне логично, что наиболее развитые технологии производства и хранения водорода оказались у японцев. Выработка водорода методом электролиза воды с использованием энергии солнца показала потенциально перспективной и для реализации задач освоения космоса.

Для достижения поставленных целей JAXA выбрало себе в партнеры известного японского производителя различной техники Honda R&D Co., Ltd., имеющего также собственную технологию производства водорода. Компаниями в июне 2021 г. было объявлено о начале работ над совместным технико-экономическим обоснованием «циркуляционной системы возобновляемой энергии» в космосе, которая предназначена для подачи кислорода, водорода и электричества для человеческих аванпостов и вездеходов [JAXA and Honda..., 2021]. Данная технология сочетает в себе систему электролиза воды с высоким перепадом давления, которая производит кислород и водород, используя солнечную энергию, и систему топливных элементов, которая генерирует электричество и воду из кислорода и водорода. H₂O, которая получается в результате работы топливных элементов, возвращается в систему электролиза воды под высоким перепадом давления, завершая энергетический цикл.

Сотрудничество двух структур развивается по плану. 19 января 2023 г. компания Honda объявила о подписании контракта на НИОКР с JAXA. Суть этого соглашения в концептуальном исследовании и прототипировании функциональных элементов системы регенеративных топливных элементов пилотируемого герметичного вездехода. На основании этого контракта JAXA поручает Honda сначала провести концептуальные исследования, а затем разработать до 31 марта 2024 г. «макетную модель циркуляционной системы возобновляемых источников энергии», т. е. прототип на ранней стадии [Honda Signs..., 2023].

На предыдущем этапе в рамках совместной работы JAXA разработало условия исследования в соответствии со сценариями и требованиями

ями для миссий, связанных с производством кислорода на окололунной станции и подачей электроэнергии на луноходы, а Honda осуществила проведение соответствующих технологических исследований.

Выбор Honda в качестве партнера был не случаен. Компания уже много лет занимается исследованиями и продвижением водородных технологий. Помимо производства автомобилей на топливных элементах, она разрабатывает и устанавливает интеллектуальные водородные станции, используя свои системы электролиза воды с высоким перепадом давления. Однако этими же исследованиями занимаются и другие японские гиганты – Toyota, Mitsubishi, Hitachi, Kawasaki и Toshiba. Преимущество технологий Honda оказалось в том, что ее система электролиза воды с высоким перепадом давления не требует компрессора для сжатия водорода, а значит существенно уменьшает массу и объем всей конструкции. Для космических перевозок эти аспекты имеют решающее значение.

Honda разрабатывает систему, которая использует электроэнергию, вырабатываемую в течение дня, для электролиза воды и хранения водорода и кислорода, а затем использует их для выработки электроэнергии в темное время суток. Циркуляционная возобновляемая энергетическая система более компактная и легкая, чем вторичные батареи. Более того, она имеет более высокую гравиметрическую плотность энергии (энергия на единицу массы), чем аккумуляторная батарея, поэтому для хранения такого же количества энергии требуется меньшая масса (плотность энергии в описываемой системе – 480 Втч/кг и более, тогда как в литий-ионных аккумуляторах, предназначенных для исследования Луны, она составляет приблизительно 200 Втч/кг) [Honda Signs..., 2023]. И, как уже было упомянуто, эта технология не требует компрессора, который необходим классическим системам для сжатия водорода. Применяемая технология может быть объяснена следующим образом: ионы водорода, образующиеся при электролизе, проходят под высоким давлением через мембрану электролита. Эта мембрана проницаема для ионов, позволяя ионам водорода (H^+), образующимся при электролизе воды, проходить на другую сторону мембраны электролита, где пары атомов водорода соединяются, образуя молекулы водорода (H_2). Не имея возможности пройти обратно через мембрану, молекулы водорода продолжают накапливаться, и давление увеличивается. Электролитная мембрана имеет толщину ~ 0,1 мм. Для сжатия водорода необходимо давление в 70 МПа, что примерно в 700 раз превышает земное атмосферное давление. Это можно приравнять к воздействию, которое оказывают 700 кг на квадратный сантиметр. Такое давление неминуемо должно привести к разрыву мембраны. Чтобы этого избежать, Honda разрабо-

тала опорную конструкцию, которая уравнивает силу, прикладываемую к мембране из электролита, и пористый материал, способный выдерживать высокое давление. Эта технология предотвращает разрыв мембраны [The Circulative Renewable..., 2023].

Международная программа Artemis

Строительство завода по производству водорода на Луне запланировано в рамках участия Японии в международной программе освоения космоса Artemis (Артемиды), возглавляемой американским космическим агентством (NASA). Традиционно активное участие в развитии проектов принимают также Европейское и Канадское космические агентства (ESA и CSA). Решение о присоединении к этой программе правительством Японии было принято в октябре 2019 г. На данный момент в проекте уже участвуют 23 страны, включая новые космические державы, такие как Бразилия, Южная Корея и Объединенные Арабские Эмираты. Россия и Китай отказались присоединиться, рассчитывая на собственные силы, хотя первоначально Россия в этом проекте участвовала.

Программа Artemis [Why We Are..., 2023] состоит из трех этапов: первый – Artemis 1 – предусматривал непиотируемый полет установленного на тяжелой ракете Space Launch System (SLS) корабля Orion вокруг Луны и его возвращение на Землю. Эта миссия, несмотря на значительное отставание от первоначального плана, была успешно проведена в конце 2022 г. Второй этап (Artemis 2) подразумевает облет в 2024 г. естественного спутника Земли с экипажем на борту. На третьем этапе (предположительно в 2025 г.) NASA рассчитывает осуществить высадку астронавтов на Луну. Предусмотрен и четвертый этап, в рамках которого планируется вывести на орбиту спутника Земли жилой модуль I-Hab (ориентировочно 2027 г.). Он должен стать основой орбитальной станции Gateway, которая будет служить не только промежуточным пунктом при посадках на поверхность спутника, но и использоваться для полетов к другим планетам. NASA строит модуль I-Hab вместе с Японией. Последующие миссии будут зависеть от наращиваемой инфраструктуры. Долгосрочная цель всей программы – создать постоянный базовый лагерь на Луне и облегчить полеты человека на Марс. Участие Японии в программе предполагает активную роль этой страны как в создании окололунной орбитальной станции (Лунной орбитальной платформы-шлюза Gateway), так и в ряде проектов по освоению лунной поверхности. Упомянутый завод – одно из озвученных направлений.

В рамках миссии Artemis I JAXA отправило вместе с ракетой SLS свой наноспутник (кубсат) Omotenashi. Он должен был приземлиться

на поверхность Луны и исследовать ее. Целью этого запуска было продемонстрировать относительно недорогой способ посадки. Однако после отделения от ракеты JAXA сразу же потеряло связь с Omotenashi, не позволив кубсату выполнить поставленные задачи. Его конструкция включала двигатель, использующий охлажденный газ, чтобы позволить Omotenashi выйти на траекторию спуска на Луну, и твердотопливный ракетный двигатель, помогающий ему снизить скорость до минимальной во время посадки. Если бы запланированная последовательность действий произошла, посадочный модуль отделил бы ракету и вошел в свободное падение примерно на высоте 100 м. Непосредственно перед столкновением с лунной поверхностью посадочный модуль должен был развернуть небольшую подушку безопасности, чтобы уменьшить силу удара [Japan admitted..., 2022].

На данном этапе в рамках программы Artemis Японское космическое агентство проводит исследования и разработки с целью: 1) предоставления технологий и оборудования, необходимого для создания и обеспечения лунной орбитальной станции, которая будет построена с прицелом на исследование Марса и других планет Солнечной системы; 2) пополнения запасов шлюза с использованием совершенно нового космического корабля для транспортировки грузов HTV-X, который создается на базе транспортного корабля H-II (HTV), разработанного в свое время для пополнения запасов Международной космической станции; 3) создания интеллектуального посадочного модуля для исследования Луны (SLIM), задачей которого является демонстрация метода точной посадки и 4) проведения лунной полярной исследовательской миссии для изучения распределения воды в полярной области Луны. Кроме того, JAXA совместно с другими участниками проекта проводит разработку герметичного вездехода с экипажем [JAXA and Honda..., 2021].

Впрочем, исследование Луны велось японцами еще до присоединения к программе Artemis. Естественный спутник Земли рассматривается страной не только как самостоятельная цель, но и как перевалочный пункт для дальнейшего изучения планет Солнечной системы. Летом 2017 г. японский космический аппарат Kaguya [Kaguya, 2007] провел первичную разведку лунных кратеров и обнаружил в районе Холмов Мариуса отверстие в поверхности Луны, предположительно ведущее в лавовую трубку. Было высказано предположение, что большие глубина и длина делают естественное образование отличным укрытием для техники и космонавтов, защищая их от космической радиации, скачков температуры и метеоритных ударов. Находящиеся в стенах тоннеля запасы льда также могут быть использованы для добычи питьевой воды и получения топлива [Через сакуру, 2023].

Освоение полярных регионов Луны и окололунных орбит даст начало промышленному освоению ресурсов не только самой Луны, но и всего околоземного пространства. Несмотря на весьма амбициозные планы Японии и наличие у нее ряда технологий, а также сотрудничество с NASA, будет преждевременно утверждать, что именно эта страна станет первой, кто приступит в обозримом будущем к освоению космических ресурсов и колонизации космоса, поскольку прибыль от подобных сверхглобальных проектов часто получают те, кто участвует в таком проекте не только с технологической стороны, но и с юридической, а реально действующие законы международного космического права до сих пор до конца не разработаны.

Электронные ресурсы / Electronic sources

1. Водородная революция началась. Мировое сообщество отказывается от углеродного топлива! (13.05.2019) / Новостной интернет-портал. URL: <https://building-tech.org/vodorodnaya-revoljuciya-nachalas-mirovoe-soobshhestvo-otkazyvaetsya-ot-uglerodnogo-topliva/> (дата обращения: 10.05.2020).
2. Через сакуру к звездам: как японцы готовятся к завоеванию Солнечной системы / «Телеканал 360». URL: <https://360tv.ru/tekst/obschestvo/cherez-sakuru-k-zvezdam/> (дата обращения: 28.02.2023).
3. Honda Signs Research and Development Contract with JAXA Regarding «Circulative Renewable Energy System» Designed to Supply Electricity Supporting Living Space for People During Lunar Surface Exploration / Honda Motor Co., Ltd. URL: https://global.honda/topics/2023/c_2023-01-19eng.html?from=top_topics_area (accessed: 26.01.2023). На англ. яз.
4. Japan admitted defeat after a failed attempt to conquer the Moon (25.11.2022) / The Universe. Space. URL: <https://universemagazine.com/en/japan-admitted-defeat-after-a-failed-attempt-to-conquer-the-moon/> (accessed: 24.01.2023). На англ. яз.
5. Japan draws support for global hydrogen proposals, including refueling stations (25.09.2019) / Reuters. URL: <https://www.reuters.com/article/us-japan-hydrogen/japan-draws-support-for-global-hydrogen-proposals-including-refueling-stations-idUSKBN1WA19R> (accessed: 10.05.2020). На англ. яз.
6. JAXA and Honda to Begin a Feasibility Study on a Circulative Renewable Energy System – Enabling sustainable space activities by creating environment to sustain human life in space (14.06.2021) / JAXA. URL: https://global.jaxa.jp/press/2021/06/20210614-2_e.html (accessed: 24.01.2023).
7. Kaguya – Result of the Separation of the VRAD Satellite / JAXA. URL: https://global.jaxa.jp/press/2007/10/20071012_kaguya_e.html (accessed: 22.02.2023). На англ. яз.
8. The Circulative Renewable Energy System / Honda Motor Co., Ltd. URL: <https://global.honda/innovation/advanced-technology/circulative-renewable-energy-system.html> (accessed: 24.01.2023). На англ. яз.
9. Why We Are Going To The Moon / NASA. URL: <https://www.nasa.gov/specials/artemis/> (accessed: 24.01.2023). На англ. яз.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Борисова Екатерина Андреевна – канд. ист. наук, старший научный сотрудник, Институт востоковедения Российской академии наук, Москва, Россия

Borisova Ekaterina A. – PhD (History), Senior Researcher, Institute of Oriental Studies of the Russian Academy of Science, Moscow, Russian Federation

Леонов Владислав Александрович – канд. физ.-мат. наук, научный сотрудник Института астрономии РАН, старший научный сотрудник ВИНТИ РАН, Москва, Россия

Leonov Vladislav A. – PhD (Physics and Mathematics), Researcher, Institute of Astronomy of the RAS; Senior Researcher, VINITI RAS, Moscow, Russian Federation

Раскрытие информации о конфликте интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Информация о статье

Поступила в редакцию: 04.03.2023.

Одобрена после рецензирования и принята к публикации: 15.05.2023.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Conflicts of Interest Disclosure

The authors declare that there is no conflict of interest.

Article info

Submitted: 04.03.2023.

Approved after peer reviewing and accepted for publication: 15.05.2023.

The authors have read and approved the final manuscript.