



УДК 72.01

DOI 10.25628/UNIIP.2025.67.4.006

ОРЛОВ Е. А., БАРТЕЛЬС Г. А.

## Четыре основополагающие архитектурные технологии космической колонизации



Орлов  
Егор  
Андреевич

член САР, старший преподаватель, Российский университет дружбы народов им. Патрика Лумумбы (РУДН), кафедра архитектуры, реставрации и дизайна Инженерной академии, Москва, Российская Федерация

e-mail:  
egororlovrus@gmail.com



Бартельс  
Генрих  
Алексеевич

студент, Российский университет дружбы народов им. Патрика Лумумбы (РУДН), кафедра архитектуры, реставрации и дизайна Инженерной академии, Москва, Российская Федерация

e-mail: bargen@petrototal.ru

В статье исследуются инновационные инженерно-архитектурные решения для создания лунных баз, пригодных для долговременного проживания людей. На примере проекта лунной станции рассмотрены методы адаптации технологий к экстремальным условиям. Основываясь на биоморфных свойствах пресноводной гидры — регенерации, пластичности и модульности, — авторы разработали архитектурно-инженерную концепцию лунной станции. Ее принципы реализованы в линейно-модульной системе, сочетающей автономию сегментов с интеграцией поверхностной инфраструктуры и подповерхностной базы в лавовой пещере. Представлены четыре новые базисные архитектурно-инженерные технологии: механизированные самоходные автономные обитаемые модули повышенной проходимости (МСАОМ); технология быстрого автоматизированного развертывания мембранных («мягких») модулей станции; инновационная лунная транспортная система; космический бетон.

**Ключевые слова:** обитаемая лунная станция, проект «гидра», космическая архитектура, бионическая архитектура, космический хай-тек, космическая колонизация, строительные конструкции, строительство в космосе, инновационные строительные технологии, лунный бетон.

*Orlov E. A., Bartels G. A.  
Four fundamental architectural technologies for space colonization*

*The article explores innovative engineering and architectural solutions for creating lunar bases suitable for long-term human habitation. Using the example of a lunar station architectural contest project, the article examines methods for adapting technologies to extreme conditions. One of these lava caves has been proposed as a suitable location for the habitable part of the station. Based on the biomorphic properties of the freshwater hydra — regeneration, plasticity, and modularity — the authors developed an architectural and engineering concept for a lunar station. Its principles are implemented in a linear-modular system that combines the autonomy of segments with the integration of surface infrastructure and a subsurface base in a lava cave. The authors describe four new basic architectural and engineering technologies: mechanized self-propelled autonomous habitable modules with increased cross-country capability.*

*Keywords: lunar station, «Hydra» project, space architecture, bionic architecture, space high-tech, space colonization, building structures, construction in outer space, innovative construction technologies, StarCrete.*

### Введение

С середины XX в. архитекторы и футурологи разработали множество проектов футуристических поселений. Достаточно вспомнить трансформируемые модули В. Хлебникова, бионические принципы Ф. Л. Райта или адаптивное жилье группы «Архигрэм» [1; 5; 7]. В основе каждого из них лежала вера в научно-технический прогресс и инновационные модели организации жизни. Освоение космоса — следующий, гораздо более сложный вызов для архитекторов и футуристов. Родоначальники теории русского космизма понимали, что космос — живая экосистема [2]. Для того чтобы освоить другие планеты, необходимо разработать новый взаимосвязанный архитектурный организм, обладающий определенными качествами и характеристиками,

позволяющими выжить в экстремальной среде. Авторы предлагают концепцию механизированного организма, который станет единой автономной экосистемой, комфортной и безопасной для проживания и работы людей в космическом пространстве.

### Актуальность темы исследования

В начале XX в. К. Э. Циолковский прогнозировал в своих работах промышленный характер освоения космоса [10]. В результате мощного скачка в развитии аэрокосмической отрасли в середине XX в. возможность будущего заселения планет становится все более актуальной и технологически достижимой. В эпоху «третьего этапа» космической экспансии (2010-е — по наст. время) приоритетом стало создание постоянной

лунной базы [3]. При этом многие существующие аэрокосмические технологии и материалы уже физически достигли предела применимости и мало пригодны для решения актуальных задач по освоению космоса [8].

В 2023 г. «Young Architects Competitions» совместно с Европейским космическим агентством инициировали международный архитектурный конкурс концепций лунной исследовательской станции. Программа привлекла 200 команд, перед которыми стояли следующие задачи:

- разработка проекта станции с потенциалом для последующих межпланетных миссий;
- внедрение инновационных технологических решений и материалов;
- формирование эргономичного пространства для долговременного пребывания человека.

Студенческая команда «IBOB+»<sup>1</sup> из Российского университета дружбы народов представила инновационную архитектурно-пространственную концепцию и технологию развертывания обитаемой научно-исследовательской модульной станции в лавовых пещерах под поверхностью Луны. В данной статье представлена последовательность экспериментальных инженерных и архитектурных решений, разработанных в рамках упомянутого конкурсного проекта лунной исследовательской станции.

### Проблематика проектирования в космических условиях

Поверхность Луны характеризуется экстремально агрессивными условиями: практически полное отсутствие атмосферы, регулярные метеоритные дожди, радиоактивная пыль, слабая гравитация ( $1,625 \text{ м/с}^2$ ) и резкие температурные перепады от  $+127^\circ\text{C}$  до  $-173^\circ\text{C}$ . Гравитационное воздействие составляет 16,6% земного, постоянное магнитное поле отсутствует [4]. Атмосферный слой представлен экзосферой с ионизированными атомами водорода, гелия, неона и аргона. Реголит формирует рыхлый слой из мицронной пыли и скалистых обломков [11]. Температурный режим экстремален из-за отсутствия плотной атмосферы и геомагнитной защиты. Из-за сложных физических условий на поверхности Луны появляется целый ряд проблем и препятствий для строительства обитаемых объектов:

- 1 Твердотельные конструкции из алюминия или других металлов малоэффективны. Они имеют большой вес, плохо масштабируются и трансформируются, а также неустойчивы к существенным перепадам температур при длительном использовании. Проблемой является доставка этих конструкций и материалов с Земли до лунной поверхности и их последующая сборка. Заранее собранная цельная система обладает большими габаритами, что затрудняет ее посадку на Луну и дальнейшее перемещение при необходимости. В то же время сборка конструкции на месте из подготовленных элементов в условиях отсутствия атмосферы и слабой гравитации представляет собой крайне сложный и длительный процесс.
- 2 Трудность при крупноузловом типе развертывания является достижение должного уровня точности сборки конструктивных узлов.
- 3 Вследствие частых метеоритных дождей и разрыхленного метеоритными ударами лунного грунта архитектурная концепция многофункциональных крупных обитаемых структур и комплексов, активно разрабатываемых на Земле, нецелесообразна и утопична.
- 4 Из-за слабой гравитации и отсутствия атмосферы невозможно создание на поверхности Луны обширных

благоустроенных обитаемых пространств, схожих по характеристикам с земными ландшафтами.

В то же время ограничения агрессивной среды открывают новые ветви эволюции в архитектуре и инженерии, мотивируя к поиску новых эффективных решений.

### Гипотеза работы

С конца XX в. астрофизики и архитекторы изучают перспективные зоны Луны, пригодные для размещения обитаемых станций. Наиболее реалистичный на сегодня вариант — создание подповерхностной базы в системе протяженных естественных пещер, известных как «лавовые трубы» [6; 14]. Эти образования обеспечивают двойную защиту: их своды блокируют метеоритные угрозы, а внутренний температурный режим, согласно расчетам, поддерживает комфортные для человека  $+25^\circ\text{C}$  — оптимальные условия для строительства и долговременного пребывания [16]. Именно в одной из таких пещер авторы разместили жилой модуль станции. Для внешней части базы — площадок приземления космических кораблей, промышленного комплекса и энергостанции — выделили обширный участок на поверхности возле пещеры, известный как *Lacus Mortis Pit*.

При разработке структуры, пригодной для крайне вытянутого и стесненного пространства лавовой пещеры, авторы проекта обратили внимание на строение и биологические свойства гидры — полипа, обитающего в пресных водоемах, способного регенерировать и выживать до 1400 лет [9]. Способность к восстановлению, линейность и пластичность данного организма, подвижность, условная независимость и простейший интеллект отдельных конечностей легли в основу архитектурных и инженерных решений станции. В результате получилось создать вытянутую масштабируемую линейную систему, где каждый модуль обладает определенной степенью подвижности и автономии.

Автономность и изолированность каждого модуля — ключевой принцип лунной строительной стратегии. Эта концепция задает вектор проектирования транспортной инфраструктуры, обеспечивающей связь между самодостаточными элементами системы. Форма гидры, ставшая концептуальной основой, предлагает элегантное решение: ее биологическая модель допускает бесконечное горизонтальное расширение. В самой архитектуре станции заложен механизм адаптивного взаимодействия — подобно тому, как щупальца гидры координируются без централизованного управления. Такая организация обеспечивает не только гибкое масштабирование, но и оптимальное функциональное сопряжение обитаемых блоков, где каждый элемент сохраняет самостоятельность, оставаясь частью целого.

### Архитектурно-инженерные решения и технологии

#### I Точка старта или «Космическая бытовка»

Сборка лунной станции — это сложный многоэтапный процесс, который требует времени [12]. При текущем технологическом уровне не получится полностью автоматизировать этот процесс, поэтому люди будут играть в нем достаточно важную роль. Для организации быта и работы сборочной команды необходимо подобие хозяйственного места, в котором можно жить, хранить инструменты и материалы.

Авторы проекта разработали семь небольших механизированных самоходных автономных обитаемых модулей повышенной проходимости (МСАМ). Их можно изготовить на Земле и в дальнейшем отправить на тяжелой ракете-носителе на поверхность Луны. Каждый из таких

1 IBOB+ (Ivanova, Bartels, Orlov, Bulgakova+Partners) — название студенческой команды-финалиста конкурса «Moon Station 2023». Руководители проектной команды: А. П. Иванова, Г. А. Бартельс, Е. А. Орлов, М. М. Булгакова.

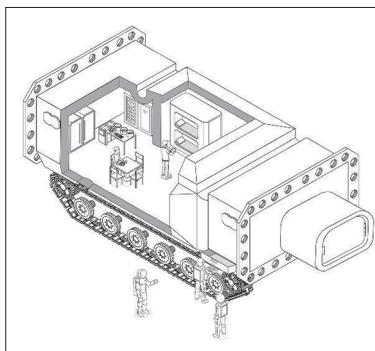


Иллюстрация 1. Строение самоходного обитаемого модуля (МСАОМ).  
Автор Г.А. Бартельс. 2023 г.  
Из архива команды проекта IBOB+.

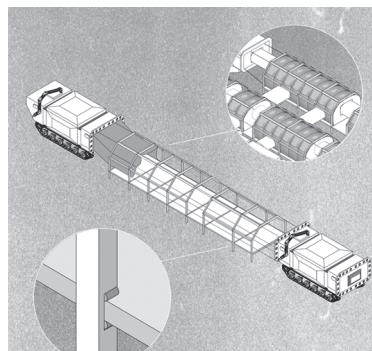


Иллюстрация 2. Технология развертывания мембранных модулей.  
Автор Г.А. Бартельс. 2023 г.  
Из архива команды проекта IBOB+.

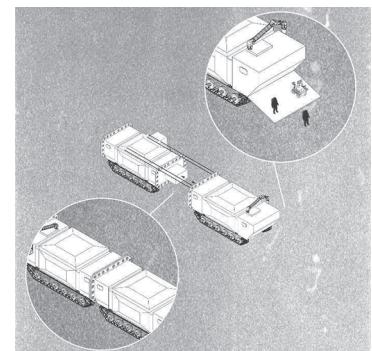


Иллюстрация 3. Технологиястыковки подвижных модулей транспортной линии.  
Автор Г.А. Бартельс. 2023 г.  
Из архива команды проекта IBOB+.

модулей оборудован отсеками для хранения еды, первичных инструментов и техники, а также всем необходимым для проживания сборочной команды. При этом внутри них разработана гибкая система перегородок для возможности в дальнейшем трансформировать внутреннее пространство уже в составе станции. На крыше каждого из таких модулей предусмотрено расположение манипулятора, который позволяет выполнять задачи различной сложности, существенно упрощая технические операции при сборке (Иллюстрация 1).

При разработке МСАОМ крайне важна подвижность и маневренность станции, поэтому механизированные модули рассматриваются не просто как временные «бытовки», а как полноценная движущая сила в составе станции, теоретически способная при необходимости обеспечить перемещение всей «космической гидры» из одной лавовой пещеры в другую.

## II Технология быстрого автоматизированного развертывания основных модулей станции

Основная проблема различных концепций планетарных космических станций, предложенных в XX в., заключается в очень маленьком внутреннем пространстве, что делает затруднительной установку габаритного исследовательского оборудования и негативно действует на психику всех обитателей. Чем больше размер модулей, тем больше их вес и тем сложнее доставлять и собирать данные структуры в космических условиях. Кроме того, увеличиваются и риски, связанные с геологическими и климатическими факторами Луны. Авторы проекта начали искать инженерное решение этой проблемы, учитывая технологические достижения архитектуры и материаловедения XXI в.

Важно, чтобы в научно-исследовательской станции, базирующейся на твердом основании, обитаемые модули были существенно больше, чем, например, в орбитальном типе станции, но при этом компактнее и легче. При решении данной конструктивной задачи можно использовать для промежуточных модулей станции специальную многослойную мембрану, натягиваемую внутри внешнего силового каркаса. Ткань гораздо легче и компактнее жестких металлических конструкций, но при этом позволяет перекрывать гораздо большие пролеты (Иллюстрация 2).

Далее разработана сложная технология по развертыванию станции, состоящая из четырех основных шагов. Так как любой просчет и неточность могут оказаться фатальными при сборке станции, важно на уровне технологии автоматизировать процесс и минимизировать потенциальное влияние неточностей и ошибок, а также роль человеческого фактора на строительной площадке. Особенности проведения исследований на Луне обусловили выделение научных лабораторий базы в автономный комплекс —

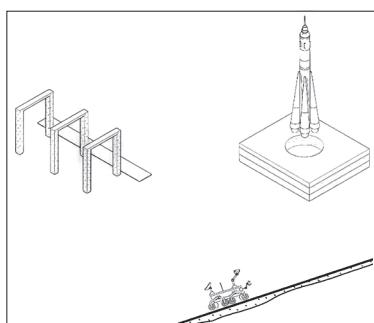
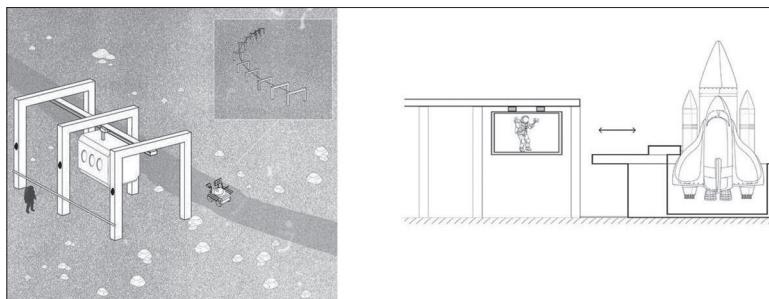
цепочку жестких механизированных модулей. Между двумя замыкающими модулями курсирует передвижная лаборатория, которая может через систему шлюзов пристыковываться к разным частям базы. В первом замыкающем модуле располагается отсек стоянки и мастерская для ремонта исследовательских луноходов, а также вход для членов экипажа базы. Вход и выход из данного отсека осуществляется при помощи спуска откидного люка-трапа, находящегося в носовой части модуля (Иллюстрация 3).

Технология развертывания окончательно сформировала образ механизированной космической гидры, живущей в лавовой пещере и способной собирать и обслуживать свои сегменты.

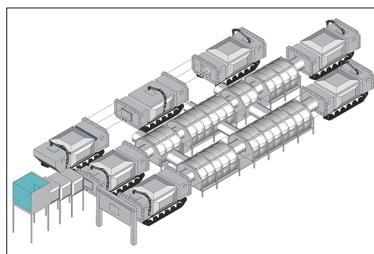
## III Архитектурно-технологическое решение транспортной системы в условиях космоса

Расстояние между местом приземления пассажирских и грузовых кораблей и самой обитаемой станцией должно составлять не менее 1 км, поэтому нужно разработать эффективную, удобную и безопасную транспортную систему, связывающую все инфраструктурные объекты лунной базы. В качестве решения предложена комплексная пассажирогрузовая транспортная система на поверхности Луны. Предполагается, что пилотируемый или автоматический космический аппарат приземляется на оборудованный космодром, откуда доставляются грузы на лунную базу. Для этого с площадки космодрома отходит подвесная дорога, которая на высоте 2,5 м от поверхности протягивается до самой базы, доставляя в капсуле экипаж станции, гостей и грузы, привозимые с Земли. Использование подвесной дороги было выбрано для того, чтобы во время перемещения не поднимать радиоактивную лунную пыль, которая, оседая на скафандре, может мешать обзору, навредить работоспособности техники и здоровью человека.

Бетонные опоры для подвесной дороги имеют не только несущую, но и средообразующую и ориентирующую функцию. Так, с одной стороны подвесной дороги предусмотрена инфраструктура для безопасных пеших перемещений по лунной поверхности, а с другой — линия для движения роботизированных исследовательских луноходов (Иллюстрация 4). В ходе проектирования транспортной инфраструктуры особое внимание уделялось тому, чтобы все маршруты являлись непересекающимися на всем их протяжении, что позволяет избежать возможных столкновений транспортных средств и гарантирует безопасность персонала. Фактически транспортная система разрабатывалась как архитектурно-пространственное продолжение и развитие двух линий обитаемой станции, формируя крупную линейную структуру — след человеческой цивилизации на поверхности Луны.



Автор Г.А. Бартельс. 2023 г.  
Из архива команды проекта IBOB+



Еще один из технологически ярких элементов транспортной системы – лунные «пит-стопы». Комплекс автономных бетонных монолитов, расположенных в середине путей сообщения и являющихся световыми маяками для ориентирования на поверхности. Спроектированы такие обитаемые модули для аварийных случаев на транспортных магистралях: разгерметизации скафандров, когда каждая минута на счету (Иллюстрация 5).

IV Применение лунного бетона

В связи с экстремальной протяженностью транспортной магистрали и значительной массой конструкции понятно, что реализация проекта путем транспортировки всех необходимых материалов с земной поверхности технически нецелесообразна. Еще в конце XX в. инженеры начали искать способы производства конструктивных строительных материалов из тех элементов и веществ, которые могут быть добыты на самой лунной площадке. Так, в 1985 г. вышло фундаментальное исследование специалистов из Гарварда по возможной технологии производства бетона непосредственно на Луне [13]. Однако ввиду сложности технологии и необходимости развертывания процессов геологической добычи авторов проекта заинтересовала более поздняя технология производства космического бетона, предложенная инженерами из Университета Манчестера. Такой вид композита состоит из лунной пыли, крахмала и соли и по своим прочностным характеристикам существенно превышает качества обычного земного бетона, причем доставить необходимую соль для его синтеза гораздо проще, чем готовые конструкции [15]. Авторы разработки приводят характеристики нового материала, согласно которым лунный бетон продемонстрировал прочность на сжатие в 91 МПа, что практически в 3 раза превышает прочность на сжатие земного бетона.

Так как космическая станция, рассчитанная на длительное пребывание экипажа, предполагает наличие в своем составе отсека для выращивания растительной пищи (огород, сад, гидропонная плантация), то по мере их функционирования постепенно будет образовываться природный крахмал. Таким образом из всех составляющих для производства бетона потребуется доставлять только соль

в небольших количествах и материал можно производить практически в неограниченных объемах прямо на строительной площадке.

Авторы проекта находят применение космического бетона в следующих капитальных пространственных типологиях:

- пандусы для подъема и спуска исследовательской техники по неровностям рельефа;
- опоры для подвесной дороги;
- ограждающие конструкции для космопорта (Иллюстрация 6).

#### Ключевые выводы исследования

Рассмотренные в данной статье архитектурно-инженерные решения формируют комплексную устойчивую систему, нацеленную прежде всего на минимизацию прогнозируемых внешних и внутренних рисков, и вместе с тем – сохранение человеческой жизни и здоровья в сложных и крайне опасных условиях лунной среды. Рассмотрим целесообразность решений согласно трем ключевым критериям архитектуры в экстремальных средах:

##### 1 Адаптивность и выживаемость системы.

Разработанные мобильные модули МСАМ обес печивают возможность безопасной высадки экипажа на лунную поверхность и поддерживают жизнедеятельность персонала на критических начальных этапах развертывания станции. Данные модули также предоставляют основной инфраструктуре необходимую гибкость для адаптации к особенностям рельефа и, при необходимости, перемещения между различными локациями.

##### 2 Реализуемость проекта.

Предложенная технология развертывания станции обеспечивает минимизацию участия человека в потенциально опасных операциях за счет максимальной автоматизации процесса. Конструктивная схема, формируемая данной технологией, обладает возможностью практически неограниченного линейного масштабирования. Система предусматривает изоляцию, замену или ремонт отдельных модулей без нарушения функционирования остальных элементов станции. Разработанная технология производства лунного бетона позволяет создавать прочный конструкционный материал из местного сырья для дальнейшего развития инфраструктуры.

##### 3 Эффективность коммуникационных процессов.

Разработанная модель транспортной системы лун-

ной базы обеспечивает создание надежной сети коммуникаций между ключевыми инфраструктурными элементами. Это гарантирует бесперебойную доставку ресурсов и существенно оптимизирует перемещение персонала и техники по поверхности Луны, повышая безопасность всех транспортных операций.

## Заключение

Вдохновленная естественными механизмами, заложенными в строение полипа гидры, научно-исследовательская лунная станция за счет описанных в данной статье концептуальных инженерно-архитектурных решений стала взаимосвязанным организмом, способным двигаться, развиваться, регенерировать, «жить» и вступать в симбиоз с ее обитателями в условиях, где еще в начале ХХ в. длительное пребывание человека казалось немыслимым (Иллюстрация 7).

Рассмотренные в статье новые архитектурно-инженерные решения опираются на проверенные технологии и концепции, успешно апробированные в предыдущих космических миссиях, включая твердотельные модульные конструкции и облегченные аэрокосмические мембранны. Учитывая стремительное развитие современной робототехники, систем облачных вычислений и материаловедения, авторы прогнозируют возможность практического внедрения данных разработок в обозримой перспективе – в течение 10–15 лет.

## Список использованной литературы

- [1] Васильев А. А. Особенности архитектурно-планировочной организации жилища как автономной самоорганизующейся системы: магистер. дис. по напр. 270100.68 – Архитектура; ЮФУ. – Ростов-на-Дону, 2015. – 84 с.: [сайт] – URL: [https://raai.sfedu.ru/08\\_cours/docs/AGOZ/Magictratura/VasilevAV.pdf?ysclid=long7goyw4813104646](https://raai.sfedu.ru/08_cours/docs/AGOZ/Magictratura/VasilevAV.pdf?ysclid=long7goyw4813104646) (дата обращения: 03.11.2025).
- [2] Казютинский В. В. К. Э. Циолковский и Глобалистика // Век глобализации. – 2009. – № 1. – С. 163–171: [сайт] – URL: [https://drive.google.com/file/d/1-WE87ozO-9se2kAoAL31\\_EuIPMQ4MeG2/view](https://drive.google.com/file/d/1-WE87ozO-9se2kAoAL31_EuIPMQ4MeG2/view) (дата обращения: 03.11.2025).
- [3] Кричевский С. В. Освоение Луны: история, модель, сверхглобальный проект и экологичные технологии // Воздушно-космическая сфера. – 2019. – № 3. – С. 16–25: [сайт] – URL: <https://istina.msu.ru/publications/article/234223805/?ysclid=mgh2lhxgdx704880217> (дата обращения: 03.11.2025). – DOI: 10.30981/2587-7992-2019-100-3-16-25
- [4] Кротиков В. Д., Троицкий В. С. Радиоизлучение и природа Луны // УФН. – 1963. – Т. 81. – № 4. – С. 589–639: [сайт] – URL: [https://www.mathnet.ru/php/archive.phtml?wshow=paper&jrnid=ufn&paperid=12087&option\\_lang=rus&ysclid=mgh1livrey0952632859](https://www.mathnet.ru/php/archive.phtml?wshow=paper&jrnid=ufn&paperid=12087&option_lang=rus&ysclid=mgh1livrey0952632859) (дата обращения: 03.11.2025). – DOI: 10.3367/UFNr.0081.196312a.0589
- [5] Курбатов Ю. И. Время органической архитектуры // Форма – портал для архитекторов и дизайнеров. Архитектура и дизайн для тех, кто понимает: [сайт] – URL: [http://www.forma.spb.ru/magazine/articles/d\\_0010/main.shtml](http://www.forma.spb.ru/magazine/articles/d_0010/main.shtml) (дата обращения: 03.11.2025).
- [6] Логоватовская Е. С. Архитектура и космос. Обитаемая база на Луне // Academia. Архитектура и строительство. – 2022. – № 1. – С. 54–59: [сайт] – URL: [https://bitrixmb.aplex.ru/upload/iblock/de2/pkyqp8bz36vl887nip4r1x72tl4tyz7z/Academia\\_1\\_2022\\_последняя%20версия.pdf](https://bitrixmb.aplex.ru/upload/iblock/de2/pkyqp8bz36vl887nip4r1x72tl4tyz7z/Academia_1_2022_последняя%20версия.pdf) (дата обращения: 03.11.2025). – DOI: <https://doi.org/10.22337/2077-9038-2022-1-54-59> (дата обращения: 03.11.2025).
- [7] Лучкова И. И., Сикачев А. В. Квартира без соседей // Наука и жизнь. – 1969. – № 2. – С. 63–68: [сайт] – URL: [https://tehne.com/event/archivsyachina/luchkova-i-sikachev-architektory\\_eksperimentiruyut-1969?ysclid=long2jh2q0951214909](https://tehne.com/event/archivsyachina/luchkova-i-sikachev-architektory_eksperimentiruyut-1969?ysclid=long2jh2q0951214909) (дата обращения: 03.11.2025).
- [8] Уваров Д. Н. Проблемы и перспективы космической отрасли России // Вестн. ОНЗ РАН. – 2021. – Т. 13. – № 1003. – 10 с.: [сайт] – URL: <https://onznews.wdcb.ru/publications/v13/2021NZ000370/2021NZ000370.pdf?ysclid=mgh1qeumkn211944593> (дата обращения: 03.11.2025).
- [9] Хохлов А. Н. О бессмертной гидре. Опять // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 16. Биология. – 2014. – № 4. – С. 15–19: [сайт] – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22619597> (дата обращения: 03.11.2025).
- [10] Циолковский К. Э. Промышленное освоение космоса. Сборник работ. – М.: Директ-Медиа, 2016. – 8 с.: [сайт] – URL: <https://www.tsiolkovsky.org/ru/kosmicheskaya-filosofiya/sbornik-promyshlennoe-osvoenie-kosmosa-1989/> (дата обращения: 03.11.2025).
- [11] Черкасова Л. И. Исследования грунтов Луны. История и перспективы // Вестн. МГСУ. – 2011. – № 5. – С. 301–305: [сайт] – URL: <https://cyberleninka.ru/journal/n/vestnik-mgsu?i=1150231> (дата обращения: 03.11.2025).
- [12] Brennan L., Siecinski R., Tremayne M. et al. Mechanical design of a lunar habitat structure and deployment mechanism // Acta Astronautica. – 2023. – № 213. – P. 102–120: [сайт] – URL: <https://colab.ws/articles/10.1016%2Fj.actaastro.2023.09.001?ysclid=mggzmk06lz132534292> (дата обращения: 03.11.2025). – DOI: 10.1016/j.actaastro.2023.09.001
- [13] Lin T. D. Concrete for Lunar Base Construction // Lunar Bases and Space Activities of the 21st Century / Ed. by W. W. Mendel. – Huston: Lunar and Planetary Institute, 1985. – P. 381–390: [сайт] – URL: [https://home.ifa.hawaii.edu/users/meech/a281/handouts/Ast281\\_LBases\\_380\\_397.pdf](https://home.ifa.hawaii.edu/users/meech/a281/handouts/Ast281_LBases_380_397.pdf) (дата обращения: 03.11.2025).
- [14] Lipińska M. B., van Linden Tol A., Foing B., Greenwood-George E. Sky lake: Moon environment design // Acta Astronautica. – December. – 2022. – Vol. 201. – P. 554–563: [сайт] – URL: <https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2022.07.056> (дата обращения: 03.11.2025).
- [15] Roberts A. D., Scrutton N. S. StarCrete: A starch-based biocomposite for off-world construction // Open Engineering. – 2022. – Vol. 13. – Iss. 1. – P. 1–8: [сайт] – URL: <https://www.degruyterbrill.com/document/doi/10.1515/eng-2022-0390/html?srsltid=AfmBOopf4eFItjmjhVWEkyZ1Dspa0C1z4qck7iLvRK2KCrr8h2PXuoj> (дата обращения: 03.11.2025). – DOI: 10.1515/eng-2022-0390
- [16] Wendel J. Lunar lava tubes could offer future Moon explorers a safe haven // Eos. – 2017. – Vol. 98. – № 5. – P. 3–4: [сайт] – URL: <https://eos.org/articles/lunar-lava-tubes-could-offer-future-moon-explorers-a-safe-haven> (дата обращения: 03.11.2025). – DOI: 10.1029/2017EO070477

## References

- [1] Vasil'ev A. A. Osobennosti arhitekturno-planirovochnoj organizacii zhilishcha kak avtonomnoj samoorganizuyushchejsya sistemy: magister. dis. po napr. 270100.68 – Arhitektura; YUFU. – Rostov-na-Donu, 2015. – 84 s.: [сайт] – URL: [https://raai.sfedu.ru/08\\_cours/docs/AGOZ/Magictratura/VasilevAV.pdf?ysclid=long7goyw4813104646](https://raai.sfedu.ru/08_cours/docs/AGOZ/Magictratura/VasilevAV.pdf?ysclid=long7goyw4813104646)

- [1] ru/08\_cours/docs/AGOZ/Magictratura/VasilevAV.pdf?ysclid=long7goyw4813104646 (data obrashcheniya: 03.11.2025).
- [2] Kazyutinskij V. V. K. E. Ciolkovskij i Globalistika // Vek globalizacii. — 2009. — № 1. — S. 163–171: [sajt] — URL: [https://drive.google.com/file/d/1-WE87ozO-9se2kAoAL31\\_EuIPMQ4MeG2/view](https://drive.google.com/file/d/1-WE87ozO-9se2kAoAL31_EuIPMQ4MeG2/view) (data obrashcheniya: 03.11.2025).
- [3] Krichevskij S. V. Osvoenie Luny: istoriya, model', sverglobal'nyj proekt i ekologichnye tekhnologii // Vozdushno-kosmicheskaya sfera. — 2019. — № 3. — S. 16–25: [sajt] — URL: <https://istina.msu.ru/publications/article/234223805/?ysclid=mgh2lhxgdx704880217> (data obrashcheniya: 03.11.2025). — DOI: 10.30981/2587-7992-2019-100-3-16-25
- [4] Krotikov V. D., Troickij V. S. Radioizluchenie i priroda Luny // UFN. — 1963. — T. 81. — № 4. — S. 589–639: [sajt] — URL: [https://www.mathnet.ru/php/archive.phtml?wshow=paper&jrnid=ufn&paperid=12087&option\\_lang=rus&ysclid=mgh1ivrey0952632859](https://www.mathnet.ru/php/archive.phtml?wshow=paper&jrnid=ufn&paperid=12087&option_lang=rus&ysclid=mgh1ivrey0952632859) (data obrashcheniya: 03.11.2025). — DOI: 10.3367/UFNr.0081.196312a.0589
- [5] Kurbatov Yu. I. Vremya organicheskoy arhitektury // Forma — portal dlya arhitektorov i dizajnerov. Arhitektura i dizajn dlya tekhn, kto ponimaet: [sajt] — URL: [http://www.forma.spb.ru/magazine/articles/d\\_0010/main.shtml](http://www.forma.spb.ru/magazine/articles/d_0010/main.shtml) (data obrashcheniya: 03.11.2025).
- [6] Logovatovskaya E. S. Arhitektura i kosmos. Obitaemaya baza na Lune // Academia. Arhitektura i stroitel'stvo. — 2022. — № 1. — S. 54–59: [sajt] — URL: [https://bitrixmb.aplex.ru/upload/iblock/de2/pkyqp8bz36vl887nip4r1x72tl4tyz7z/Academia\\_1\\_2022\\_poslednyaya%20versiya.pdf](https://bitrixmb.aplex.ru/upload/iblock/de2/pkyqp8bz36vl887nip4r1x72tl4tyz7z/Academia_1_2022_poslednyaya%20versiya.pdf) (data obrashcheniya: 03.11.2025). — DOI: <https://doi.org/10.22337/2077-9038-2022-1-54-59> (data obrashcheniya: 03.11.2025).
- [7] Luchkova I. I., Sikachev A. V. Kvartira bez sosedej // Nauka i zhizn'. — 1969. — № 2. — C. 63–68: [sajt] — URL: [https://tehne.com/event/arhivsyachina/luchkova-i-sikachev-architektory\\_eksperimentiruyut-1969?ysclid=long2jh2q0951214909](https://tehne.com/event/arhivsyachina/luchkova-i-sikachev-architektory_eksperimentiruyut-1969?ysclid=long2jh2q0951214909) (data obrashcheniya: 03.11.2025).
- [8] Uvarov D. N. Problemy i perspektivy kosmicheskoy otrassli Rossii // Vestn. ONZ RAN. — 2021. — T. 13. — № 1003. — 10 ss.: [sajt] — URL: <https://onznews.wdcb.ru/publications/v13/2021NZ000370/2021NZ000370.pdf?ysclid=mgh1qeumkn211944593> (data obrashcheniya: 03.11.2025).
- [9] Hohlov A. N. O bessmertnoj gidre. Opyat' // Vestn. Mosk. un-ta. Ser. 16. Biologiya. — 2014. — № 4. — C. 15–19: [sajt] — URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22619597> (data obrashcheniya: 03.11.2025).
- [10] Ciolkovskij K. E. Promyshlennoe osvoenie kosmosa. Sbornik rabot. — M.: Direkt-Media, 2016. — 8 s.: [sajt] — URL: <https://www.tsiolkovsky.org/ru/kosmicheskaya-filosofiya/sbornik-promyshlennoe-osvoenie-kosmosa-1989/> (data obrashcheniya: 03.11.2025).
- [11] Cherkasova L. I. Issledovaniya gruntu Luny. Istorija i perspektivy // Vestn. MGSU. — 2011. — № 5. — S. 301–305: [sajt] — URL: <https://cyberleninka.ru/journal/n/vestnik-mgsu?i=1150231> (data obrashcheniya: 03.11.2025).
- [12] Brennan L., Siecinski R., Tremayne M. et al. Mechanical design of a lunar habitat structure and deployment mechanism // Acta Astronautica. — 2023. — № 213. — P. 102–120: [sajt] — URL: <https://colab.ws/articles/10.1016%2Fj.actaastro.2023.09.001?ysclid=mggzmk06lz132534292> (data obrashcheniya: 03.11.2025). — DOI: 10.1016/j.actaastro.2023.09.001
- [13] Lin T. D. Concrete for Lunar Base Construction // Lunar Bases and Space Activities of the 21st Century / Ed. by W. W. Mendel. — Huston: Lunar and Planetary Institute, 1985. — P. 381–390: [sajt] — URL: [https://home.ifa.hawaii.edu/users/meech/a281/handouts/Ast281\\_LBases\\_380\\_397.pdf](https://home.ifa.hawaii.edu/users/meech/a281/handouts/Ast281_LBases_380_397.pdf) (data obrashcheniya: 03.11.2025).
- [14] Lipińska M. B., van Linden Tol A., Foing B., Greenwood-George E. Sky lake: Moon environment design // Acta Astronautica. — December. — 2022. — Vol. 201. — P. 554–563: [sajt] — URL: <https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2022.07.056> (data obrashcheniya: 03.11.2025).
- [15] Roberts A. D., Scrutton N. S. StarCrete: A starch-based biocomposite for off-world construction // Open Engineering. — 2022. — Vol. 13. — Iss. 1. — P. 1–8: [sajt] — URL: <https://www.degruyterbrill.com/document/doi/10.1515/eng-2022-0390/html?srsltid=AfmBOopf4eFIitjmjhBVWEkyZ1Dspa0C1z4qck7iLvRK2KCrr8h2PXuoj> (data obrashcheniya: 03.11.2025). — DOI: 10.1515/eng-2022-0390
- [16] Wendel J. Lunar lava tubes could offer future Moon explorers a safe haven // Eos. — 2017. — Vol. 98. — № 5. — P. 3–4: [sajt] — URL: <https://eos.org/articles/lunar-lava-tubes-could-offer-future-moon-explorers-a-safe-haven> (data obrashcheniya: 03.11.2025). — DOI: 10.1029/2017EO070477

Статья поступила в редакцию 08.10.2025.

Опубликована 30.12.2025.

#### Орлов Егор Андреевич

член САР, старший преподаватель, Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы (РУДН), кафедра архитектуры, реставрации и дизайна Инженерной академии, Москва, Российская Федерация  
e-mail: [egororlovrus@gmail.com](mailto:egororlovrus@gmail.com)  
ORCID ID: 0000-0001-5402-4997

#### Orlov Egor A.

Member of Union of Architects of Russia, Senior Lecturer, Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba (RUDN), Engineering Academy, Department of Architecture, Restoration and Design, Moscow, Russian Federation  
e-mail: [egororlovrus@gmail.com](mailto:egororlovrus@gmail.com)  
ORCID ID: 0000-0001-5402-4997

#### Бартельс Генрих Алексеевич

студент, Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы (РУДН), кафедра архитектуры, реставрации и дизайна Инженерной академии, Москва, Российская Федерация  
e-mail: [bargen@petrototal.ru](mailto:bargen@petrototal.ru)  
ORCID ID: 0009-0000-5957-3151

#### Bartels Genrih A.

Student, Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba (RUDN), Department of Architecture, Restoration and Design, Moscow, Russian Federation  
e-mail: [bargen@petrototal.ru](mailto:bargen@petrototal.ru)  
ORCID ID: 0009-0000-5957-3151