

Вестник Томского государственного
архитектурно-строительного университета.
2025. Т. 27. № 4. С. 40–53.

ISSN 1607-1859 (для печатной версии)
ISSN 2310-0044 (для электронной версии)

Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo
arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta –
Journal of Construction and Architecture.
2025; 27 (4): 40–53.

Print ISSN 1607-1859
Online ISSN 2310-0044

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 725.4:629.7:678.86

DOI: 10.31675/1607-1859-2025-27-4-40-53

EDN: CQDYZC

АРХИТЕКТУРА ЛУННЫХ ПОСЕЛЕНИЙ

Елена Владимировна Малая

Московский архитектурный институт (государственная академия)

Московский государственный технический университет

имени Н.Э. Баумана

АО «ЦНИИПромзданий», г. Москва, Россия

Аннотация. Тысячелетиями человек стремится в космическую бесконечность, создавая фантастические произведения, посвящённые освоению просторов Вселенной. Однако только в начале XXI в., благодаря технологическому прогрессу и активной деятельности космических держав, мы можем создавать реальные и вполне осуществимые проекты космических поселений, с надеждой глядя в настоящее и будущее. Современные планы по созданию лунных и марсианских поселений требуют научного обоснования и архитектурно-инженерных решений, обеспечивающих безопасность, комфорт и устойчивость жизнедеятельности человека в экстремальных условиях. Начало строительства возможно с помощью роботизированной техники.

Цель. Основная цель исследования заключается в разработке проекта лунного поселения, способного обеспечить максимально комфортные условия для длительного проживания и работы исследователей на поверхности Луны.

Результаты. Представлен анализ современных проектов освоения Луны и предложено проектное решение, включающее эскизный проект лунной базы, демонстрирующее возможность поэтапного освоения Луны с учётом современных технологий и требований безопасности.

Ключевые слова: лунное поселение, строительство на поверхности Луны, поселение в лунной лавовой трубке, лунный лифт, комфортные условия в лунном поселении, жизнеобеспечение, роботизированное строительство

Для цитирования: Малая Е.В. Архитектура лунных поселений // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2025. Т. 27. № 4. С. 40–53. DOI: 10.31675/1607-1859-2025-27-4-40-53. EDN: CQDYZC

ORIGINAL ARTICLE

ARCHITECTURE OF LUNAR SETTLEMENTS

Elena V. Malaya

Moscow Architectural Institute (State Academy), Moscow, Russia

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia

AO "TSNIPromzdaniy", Moscow, Russia

Abstract. For thousands of years, people have been striving for cosmic infinity, creating fantastic works dedicated to exploration of the vast universe, but only now, at the beginning of the

21st century, we can design real and quite feasible space settlement projects with hope looking to the present and the future. Today, space powers resume the lunar race and plan to explore the Moon and Mars in the very near future, placing settlements on their surface. It is planned to start construction with the help of robotic technology, subsequently developing the possibility of a long-term human stay on the surface of the Moon and Mars, providing researchers with complete safety and reliable life support system.

Purpose: The main purpose of the study is to develop a lunar settlement project that can provide the most comfortable conditions for long-term living and work for researchers on the lunar surface.

Methodology: The analysis of modern lunar exploration projects.

Research findings: The proposed design solution includes a preliminary design of a lunar base, demonstrating the possibility of gradual lunar exploration based on modern technologies and safety requirements.

Keywords: lunar settlement, moon surface, lunar lava tube, lunar elevator, comfortable conditions, life support, robotic construction

For citation: Malaya E.V. Architecture of Lunar Settlements. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2025; 27 (4): 40–53. DOI: 10.31675/1607-1859-2025-27-4-40-53. EDN: CQDYZC

Введение

Новое направление в архитектуре будущего – космическая архитектура – является сложной системой развития уникальной гармонии древнего и классического понимания искусства создания пространств в единстве с современными инженерными решениями, IT-индустрией и инновационными технологиями. Тысячи лет человечество формировало свои знания о теории архитектуры, оттачивая каждый элемент её уникального языка в совершенное понимание пространства для человека как частицы бесконечной Вселенной. Космическая архитектура будущего начала своё интенсивное развитие более 150 лет назад в произведениях русских космистов, учёных и писателей, а спустя время – в создании летательных аппаратов и проектов будущих поселений. Стремительное развитие нового направления в архитектуре порождает интересные проектные предложения с уникальными инженерными решениями, способными сохранить возможность длительного пребывания человека в самых отдалённых уголках Солнечной системы. Уникальные проекты дают надежду на возможность существования в сложных условиях других планет. Однако это не только колонизация для освоения полезных ископаемых, а широкомасштабная научно-исследовательская работа, способная повернуть человечество к более цивилизованному существованию [2, 3].

В современном научном мире Луна является наиболее привлекательным объектом для освоения, научных исследований и строительства поселений [5, 6]. Пока для человечества это самое близкое и доступное космическое тело (расстояние около 384 000 км и время для полёта может занимать около трёх дней). В случае создания лунного лифта или другой возможности быстрее преодолеть это расстояние поверхность Луны станет совершенно доступной для землян¹. При

¹ Докт. физ.-мат. наук, вед. науч. сотр. ИНАСАН РАН и АО «НПО Лавочкина» А.В. Банров, канд. физ.-мат. наук, вед. науч. сотр. ИНАСАН РАН В.А. Леонов с коллегами предложили самый со-

этом подобное поселение поможет решить целый ряд научных задач, стоящих сейчас перед человечеством. В первую очередь это вопросы добычи полезных ископаемых, пока люди не научились добывать в достаточном количестве энергию из возобновляемых источников.

Предполагается, что постоянная лунная база станет местом для размещения обсерваторий, биологических лабораторий и зимних садов для выращивания овощей и фруктов, способных обеспечить космонавтов продуктами питания в период длительного проживания и дальних полётов, кормить космических туристов и многое другое. Исследование лунной коры, недр спутника и истории его развития поможет в изучении истории Земли. Лунные поселения позволят следить за спутниками, метеорологической ситуацией, предупреждать катастрофы и многое другое. Лунные обсерватории позволят проводить исследования, недоступные астрономам на Земле из-за наличия атмосферы, появится возможность изучения всей солнечной системы [5]. В структуру лунных поселений могут быть включены центры подготовки космонавтов к дальним полётам, рассчитанным на длительный период времени. При этом отработка новых технологий на поверхности Луны поможет избежать многих потерь по сравнению с земными испытаниями. Проектные и конкурсные работы по созданию поселения на Луне демонстрируют желание почти всех архитекторов создать наиболее комфортные условия с большим количеством зелёных насаждений [7].

Основной целью настоящего исследования является создание проекта лунного поселения, обеспечивающего максимально комфортные условия проживания и работы исследователям на длительное время. Достижение поставленной цели возможно при выполнении соответствующих задач, направленных на изучение основных вопросов, связанных с проектированием зданий и инженерных сооружений на поверхности Луны.

Для более эффективного научного освоения планеты необходим международный коллектив учёных, заинтересованных в мирном освоении Космоса. Кроме того, требуется принципиально новый план согласованных действий всех научных центров с выработкой общей стратегии развития космических исследований на ближайшие сто и более лет, поиск новых технологий и успешный прорыв в будущее. Более 150 лет назад Н.Ф. Федоров писал о космическом будущем человечества. Чуть позже К.Э. Циолковский уже планирует будущие «эфирные поселения» в пространстве Вселенной, оснащённые оранжереями, научными лабораториями, инженерными сооружениями и жильём [1]. В настоящее время существует множество архитектурных проектов, отражающих в полной мере пожелания человечества в создании комфортных научно-исследовательских баз на Луне, Марсе и других планетах [4]. Развитие космической архитектуры стремительно движется вперёд, включая в свои структуры все направления деятельности современной науки.

Основная сложность реализации проектов по строительству базы на поверхности Луны предопределена экстремальными условиями, представляющими угрозу для жизни человека: отсутствие атмосферы и гравитации, наличие

метеоритных атак, губительный для человека высокий радиоактивный фон, необычайно резкие перепады температуры (от +160 до –180 °С), отсутствие естественных источников воды, пищи и постоянных источников возобновляемой энергии, особенно в период лунной ночи. Все это осложняет обеспечение необходимых потребностей. Однако проекты лунных и марсианских поселений активно разрабатываются научным сообществом. Важным направлением начала работы является выбор места строительства будущего поселения. Предпочтение отдаётся территориям, расположенным вблизи полюсов Луны, где были обнаружены запасы льда. Данный ресурс может быть использован для обеспечения поселенцев технической, а в перспективе – и питьевой водой на многие десятилетия. Важным аспектом является использование лёгких и надёжных строительных материалов, таких как надувные утврждаемые конструкции, которые успешно применяются во многих областях человеческой деятельности [12].

Краткий обзор существующих проектов

Более 60 лет в научном мире идут разработки технологий, позволяющих создать поселения или научно-исследовательские базы на Луне, рассматриваются варианты создания научно-исследовательских баз с последующим строительством поселений [8]. Один из первых успешных, но не осуществлённых проектов лунного поселения был создан под руководством В.П. Бармина, в котором достаточно полно разработаны капсулы для проживания и система жизнеобеспечения (рис. 1).

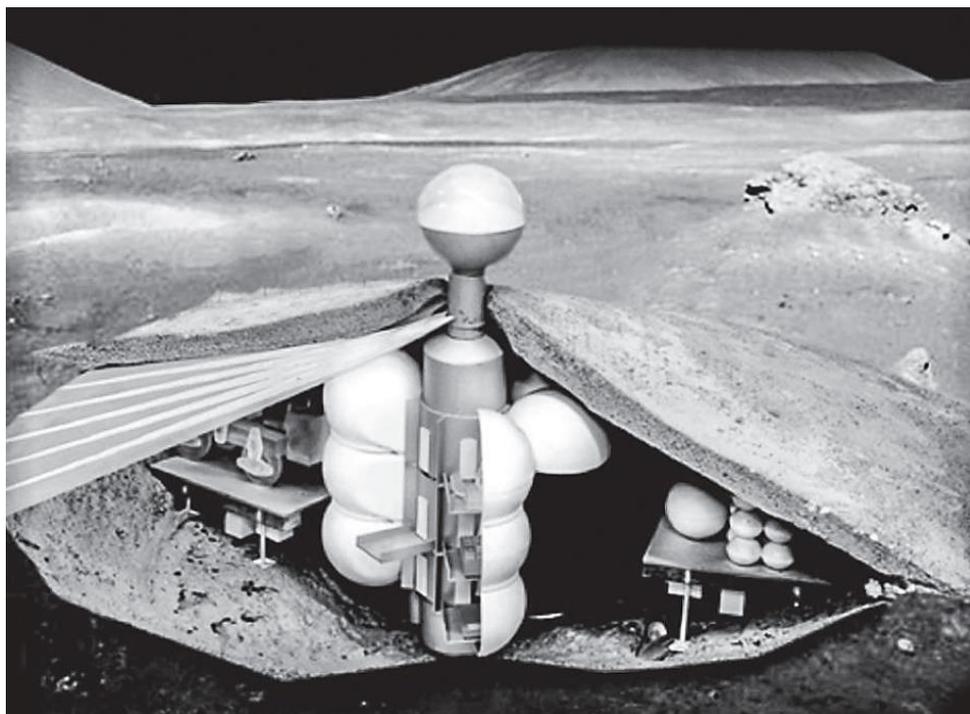


Рис. 1. Часть проекта лунного поселения «Барминград» [8]
Fig. 1. Lunar settlement “Barmingrad” project

В последние годы разрабатываются интересные проекты лунных баз. Один из наиболее известных создан компанией Foster + Partners и ЕКА. Он предназначен для проживания 3–4 человек (рис. 2). В этом проекте надувной купол покрывается слоем лунного грунта, скреплённым особым связующим раствором. Специальные световые проёмы с защитой от радиации обеспечивают естественное освещение помещений².



Рис. 2. Проект лунной деревни архитектурного бюро Foster + Partners и ЕКА³
Fig. 2. Lunar village from the Foster + Partners and European Space Agency

Победителем международного конкурса 2016–2017 гг. стал проект автономного лунного поселения под названием Moontopia, представляющий собой комплекс снежных коконов (рис. 3). В рамках проекта предпринята попытка создания жилых и общественных модулей на поверхности Луны, которые способны обеспечить исследователей всем необходимым с соблюдением требований безопасности. С художественной точки зрения проект выделяется своей привлекательностью, а использование инновационных строительных материалов позволяет организовать эффективную защиту от воздействия радиации. Однако сохраняется проблема защиты зданий от метеоритных дождей.

Среди современных проектных предложений создания поселения на поверхности Луны много интересных инновационных решений, включающих использование надувных конструкций или строительство из местного базальта [10]. Несмотря на научную значимость и оригинальность, все проектные разработки, проводимые каждой страной в отдельности, остаются на стадии теоретических исследований, и финансирование подобного строительства вызывает

² Лунная база. Европейское космическое агентство: официальный сайт. URL: https://www.esa.int/esa/esa_research?q=moon+base/

³ URL: https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2013/01/Lunar_base_made_with_3D_printing

много вопросов. Создание полноценной научно-исследовательской базы на Луне требует объединения усилий нескольких космических держав.

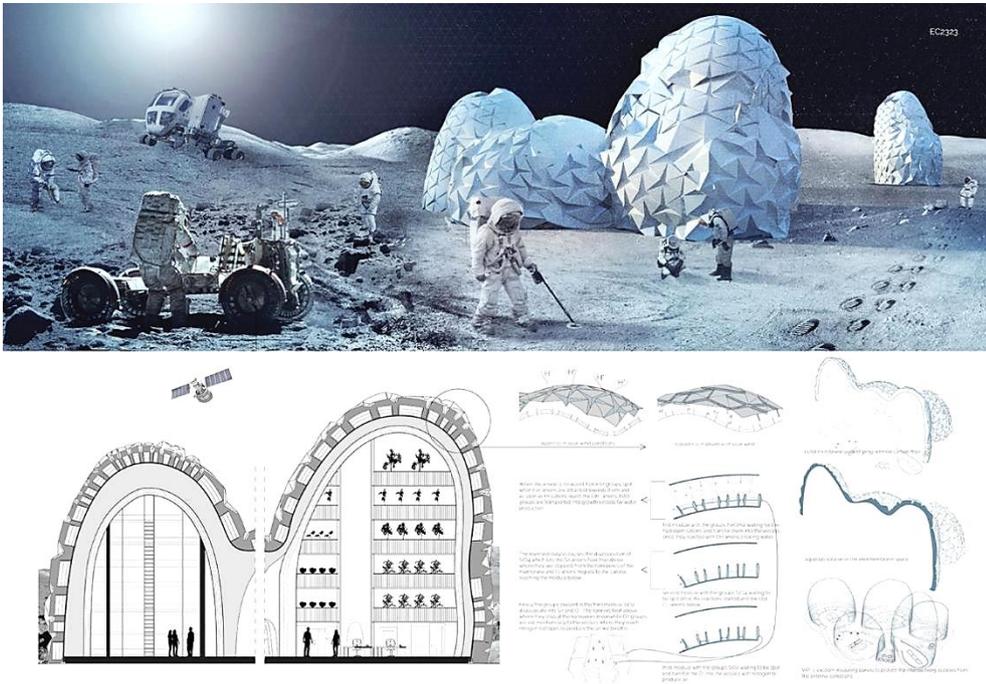


Рис. 3. Проект лунного поселения Moontopia⁴
Fig. 3. Moontopia lunar settlement project

Проектное предложение лунного поселения

Ниже представлены проектные предложения по созданию лунного поселения, разработанные архитекторами МАРХИ при участии и консультации специалистов АО «НПО Лавочкина», Института астрономии РАН. Основным примером служит выпускная работа магистра С.А. Аликовой, выполненная под научным руководством кандидата архитектуры Е.В. Малая с привлечением научных консультантов: доктора технических наук, начальника отдела научно-исследовательских работ и перспективных исследований АО «НПО Лавочкина» В.К. Сысоева; ведущего инженера АО «НПО Лавочкина» Д.С. Хмель; а также кандидата физико-математических наук, научного сотрудника Института астрономии Российской академии наук ИНАСАН В.А. Леонова (2024 г.).

Проект предусматривает долгосрочную стратегию строительства, разделённую на четыре последовательных этапа:

I этап – работы по расчистке и обеспыливанию территории на поверхности Луны с использованием роботов-луноходов для размещения всего поселе-

⁴ URL: <https://tehne.com/event/arhivsyachina/nekotorye-voprosy-obemno-prostranstvennogo-resheniya-sooruzheniy-na-lune-1967?ysclid=lyk7cj04s776265497>

ния, строительство базы на 3–5 человек и сооружений инженерного обеспечения будущего поселения.

II этап – строительство жилых и рабочих модулей для 5–6 человек с возможностью проживания в течение 1–3 месяцев.

III этап – строительство жилых и общественных помещений, рассчитанных на размещение 20–30 человек, способных находиться в поселении до одного года.

IV этап – строительство поселения на 100 и более человек, создание научно-исследовательской базы, туристического центра, завода по переработке полезных минералов.

В представленном проекте выбрано размещение поселения внутри лавовой трубки. Это позволит создать условия, необходимые для обеспечения физической и психологической защиты человека от экстремальных условий лунной среды. Сохранение творческих способностей и психологического комфорта каждого жителя поселения является обязательным условием разработки проектного решения.

Физическая безопасность поселенцев почти полностью обеспечивается выбором места расположения зданий и сооружений. Наиболее экономичным и безопасным вариантом считается строительство внутри лавовой трубки, достаточно просторной и полностью защищающей от падения метеоритов, резких колебаний температур и смертельного радиационного воздействия. Для обеспечения эвакуации предусмотрено три варианта размещения входов и выходов в жилые и рабочие помещения:

- выезд/въезд в поселение с поверхности Луны по организованной магистрали;
- подъём и спуск на лифте к поверхности планеты в случае необходимости;
- вход/выход и полет на летательных аппаратах, рассчитанных на 1–2 пассажира.

Обеспечение психологической безопасности представляет собой более сложную задачу. Она включает соблюдение принципов пропорционирования, световых и цветовых соотношений материалов и многое другое. Под психологической безопасностью и возможностью сохранения у исследователей творческого потенциала подразумевается создание условий, благодаря которым человек будет чувствовать себя свободным, спокойным и развивающимся. Это крайне важно в условиях экстремальной среды, где опасные ситуации подразумевают возможность принятия неординарных решений, не предусмотренных программой подготовки космонавтов. Творческие и свободные в выборе люди легче принимают сложные решения и адаптируются к таким условиям.

Схематичный разрез лавовой трубки и размещённого в ней поселения демонстрирует расположение жилых и общественных помещений, объединённых автодорогой на одном уровне. Идея расположения зданий на разных уровнях обусловлена необходимостью максимально сократить работы по очистке территории для строительства, поэтому каждый модуль размещён на небольшом плато и связан с единой транспортной системой поселения посредством связей, переходов и пандусов, образующих общую структуру (рис. 4).

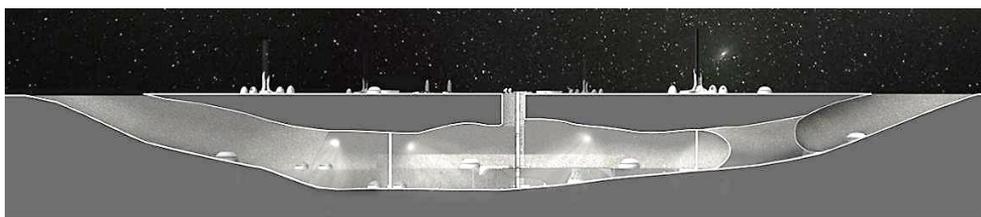


Рис. 4. Схематический разрез размещения лунного поселения в лавовой трубке. На поверхности Луны размещаются инженерные сооружения, космодром и выходы из лифтов, соединённые лунным лифтом. Автор С.А. Аликова

Fig. 4. Schematic section of lunar settlement in a lava tube. Engineering structures, spaceport, elevator exits, and connection to the lunar elevator on the Moon surface. Created by S.A. Alikova

Процесс строительства поселения начинается работой роботов-луноходов и предусматривает в первую очередь расчистку площадок под модули, выравнивание поверхности будущей транспортной артерии, способной связать все здания и сооружения будущего поселения по намеченному генеральному плану. Основание под каждое сооружение должно быть расчищено как некий подиум с максимально ровной горизонтальной поверхностью. Поскольку все здания и сооружения будут находиться на разной высоте, транспортные связи и возможность подъезда к каждому сооружению осуществляются по индивидуальному плану и на разных уровнях. Для въезда в каждое отдельно стоящее здание с уровня магистрали предусмотрена возможность въезда по пандусу или в подвальное и полуподвальное помещение, на первый или второй этаж. Возможности передвижения роботов-луноходов позволяют им преодолевать различные наклонные и сложно проходимые участки, поэтому основная часть дороги очищается от перепадов высот и глубоких впадин (рис. 5).

На следующем этапе строительства жилых, общественных и рабочих модулей предлагается использовать купол или полусферу, как наиболее простую для производства надувных лёгких конструкций и совершенную геометрическую форму. Кроме того, эта форма характеризуется высоким уровнем психологического комфорта для человека. Материалом для строительства служат надувные утврждаемые купола, разработанные специалистами НПО Лавочкина, как проектное предложение для создания научных летательных аппаратов для исследования Венеры и Луны. Эти конструкции успешно применяются в экстремальных космических условиях [12]. Выбор данного метода строительства на поверхности Луны обусловлен возможностью доставки таких модулей без использования тяжёлых ракет-носителей. Куполообразные модули изготавливаются из достаточно плотного материала, не пропускающего лунную пыль, однако их применение связано с рядом недостатков, решение которых остаётся предметом исследований.

Каждый модуль обладает уникальными габаритами и архитектурно-художественным решением, основанным на цвете и форме оконных проёмов, вернее, прозрачной части купола. Это позволяет сохранять функциональные особенности каждого модуля и обеспечить уникальный внешний облик поселения. Так, общественные модули, где располагаются библиотеки, гостиные, места от-

дыха и развлечения, становятся более крупными и 2–4-ярусными. Галереи с зимними садами и зонами для выращивания продуктов представлены в виде нескольких куполов, связанных между собой переходами.

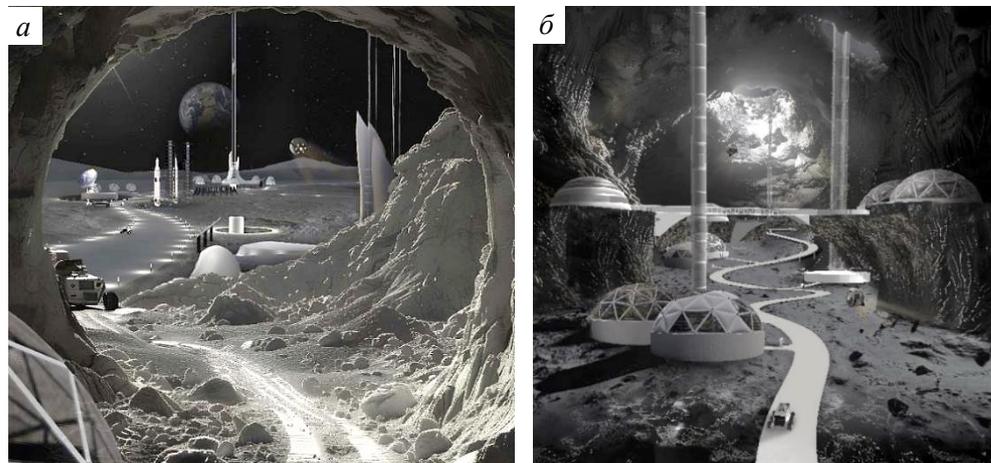


Рис. 5. Лунное поселение в лавовой трубке. Автор С.А. Аликова:

a – въезд/выезд в поселение с видом на инфраструктуру, обеспечивающую жизнь и работу поселенцев; *б* – вид транспортной магистрали поселения и лифтов для передвижения/эвакуации населения

Fig. 5. Lunar settlement in a lava tube:

a – entrance/exit to the settlement with a view of the infrastructure that ensures life and work of the settlers; *b* – highway and elevators for movement/evacuation of the population. Created by S.A. Alikova

Форма полусферы позволяет создавать в интерьере многоуровневое пространство с пандусами и лифтами, при этом появляется интересная и важная для зрительного восприятия архитектурная форма с игрой света и тени, способствующая формированию благоприятной атмосферы внутри помещений. Ещё один важный элемент для поддержания психологического комфорта жителей поселения – наличие зелёных и цветущих растений, равномерное распределение давления и циркуляция воздуха, создание благоприятного микроклимата (это предмет рассмотрения отдельной статьи, в данной работе указана лишь незначительная часть информации о многочисленных медико-биологических исследованиях). В 1962 г. Сергей Павлович Королев перед своим коллективом поставил задачу создания «космических оранжерей по Циолковскому».

На рис. 6 представлена последовательность этапов строительства одного из куполов. С помощью 3D-печати создаётся крепкое основание – своеобразный фундамент. На нем принтер наращивает конструктивную основу для купола из расплавленного реголита [6]. Затем конструкция покрывается тканью с её последующим отведением и созданием внутри полусферы пространства для жизни, работы и отдыха [9, 11]. Устройство купольных сооружений в лавовой трубке позволит сформировать своеобразный архитектурно-художественный облик, в котором могут присутствовать разные цвета

куполов и художественная подсветка. Это придаст более живописный вид лунному поселению. После строительства сооружений создаются интерьеры в соответствии с функциональным назначением каждого купола в отдельности [7, 9, 11].

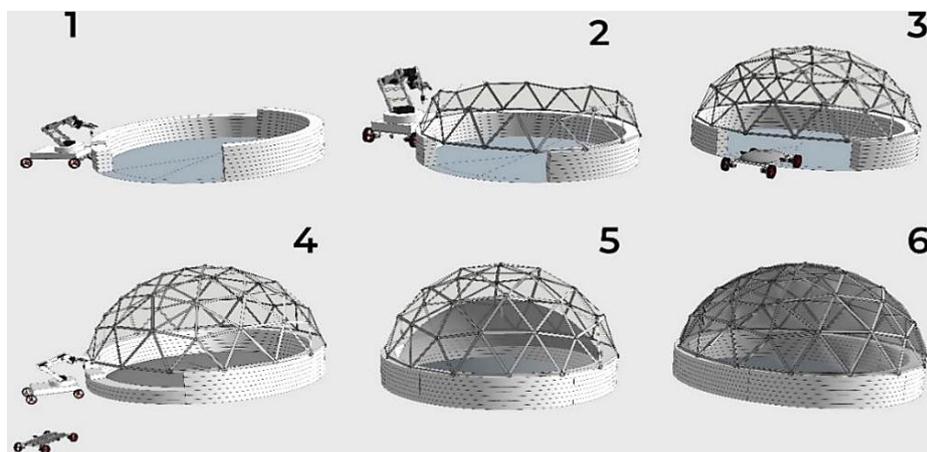


Рис. 6. Схема этапов строительства купольных модулей. Автор С.А. Аликова
Fig. 6. Construction stages of dome modules. Created by S.A. Alikova

На рис. 7 показаны схематические разрезы куполов разного функционального назначения, включающие по три уровня:

- теплицы для выращивания продуктов;
- оранжереи для отдыха и психологической нагрузки, где выращиваются ягодные культуры, цветы и деревья, разбит своеобразный сад и парк;
- под куполом собраны лаборатории и научно-экспериментальные помещения.

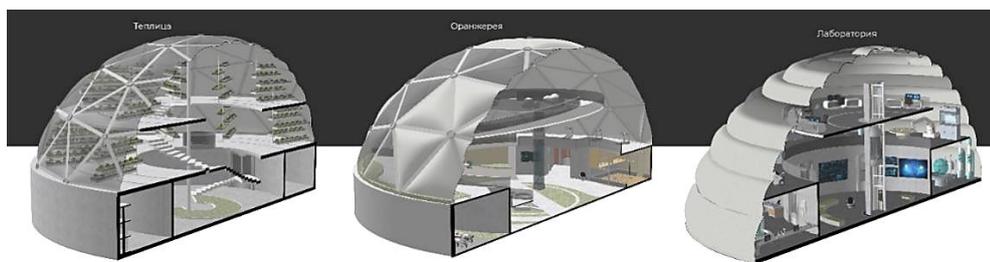


Рис. 7. Схематические разрезы сооружений, демонстрирующие их функциональное назначение. Автор С.А. Аликова
Fig. 7. Schematic of structures demonstrating their functionality. Created by S.A. Alikova

Все здания характеризуются разной планировочной структурой, разработанной для максимального удобства использования помещений. Так, интерьер оранжереи не делится на этажи, а перемещение происходит по пандусу, что создаёт ощущение свободы и позволяет любоваться цветущими деревьями. По-

добные концепции давно разрабатываются и популяризуются космическими агентствами⁵.

На рис. 8 представлен схематический разрез жилого пространства, разделённого на четыре яруса, каждый из которых выполняет определённую функцию. Нижний уровень отведён под спальные помещения, следующий предназначен для зоны тренажёров, необходимых для поддержания здоровья исследователей. Выше расположены зоны отдыха и общения. Все уровни соединяются вертикальной связью в виде ажурной конструкции и лифтом-подъёмником внутри, обеспечивающим доступ ко всем четырём уровням. Дополнительным объединяющим фактором является второй свет между всеми уровнями, включая уровень, в котором размещены высокие деревья и растения.



Рис. 8. Схематический разрез жилого пространства с зелеными насаждениями и вторым светом. Автор С.А. Аликова

Fig. 8. Schematic of living space with green area and second light. Created by S.A. Alikova

Архитектурным проектом предусматривается три варианта перемещения и эвакуации исследователей:

- подняться либо спуститься на поверхность планеты можно с помощью лифтов, которые объединяют несколько окружающих его куполов;
- применение небольших летательных аппаратов, рассчитанных на 1–2 человек;
- перемещения на луноходах и других вездеходах, способных работать на автомагистрали в лавовой трубке и на поверхности Луны в дневное время лунных суток.

Снижение чувства замкнутости и сдавленности в пространстве поселения обеспечивается свободной планировкой и размещением куполов на разной высоте. Такое решение обеспечивает экономию ресурсов при подготовке поверхности к строительству и создание более живой панорамы при восприятии архитектуры с разных точек. При этом необходимо соблюдать определённые размеры помещений, достаточные для того, чтобы у каждого жителя космического поселения сохранялась возможность обозревать пространство. Для сохранения здоровья человеку важно иметь возможность созерцать красоту, видеть цветущие растения внутри жилых и общественных пространств, где деревья могут достигать пяти и более метров в высоту. При передвижении на летательном аппарате или луноходе по лавовой трубке перед человеком будет открываться живописная панорама лунного поселения (рис. 9).

⁵ URL: https://dzen.ru/a/Zy7vi2wZKQ6_-nev?ysclid=mam3s07vpa225274130



Рис. 9. Общая панорама поселения в лавовой трубке. Автор С.А. Аликова
Fig. 9. General view of the settlement in the lava tube. Created by S.A. Alikova

Несомненно, панорама лунного поселения должна обладать положительным архитектурно-художественным обликом, сомасштабным человеку. Кроме того, важна возможность обзора всего поселения с разных точек. Освещение поселения внутри лавовой трубки создаётся благодаря правильному расположению осветительных приборов тёплого света, ореол освещения которого захватывает максимально большую площадь.

Заключение

Эскизный проект лунной базы, представленный в статье, является частью научно-исследовательской и проектной работы, объединившей специалистов космической отрасли и архитекторов. Проектирование и строительство лунных исследовательских баз, а в перспективе – полноценных поселений должны быть максимально эффективными, безопасными и экономически целесообразными. Поэтому проектные предложения разрабатываются на протяжении несколько лет, что позволяет выявить наиболее оптимальное решение для реализации.

Разработка подобных проектов воплощает в жизнь архитектурные и научные идеи и создаёт основу для проведения экспериментов, научных ис-

следований и освоения полезных ресурсов Луны. Транзитные станции для космических аппаратов, предназначенные для дозаправки топливом и отдыха экипажей, становятся все более реалистичной перспективой для осуществления полётов в другие галактики.

Представленный проект даёт возможность размещения поселения в лавовой трубке, где существует наиболее удачная естественная защита от метеоритов, экстремальных перепадов температур и воздействия солнечной радиации. Автономная система жизнеобеспечения позволяет использовать возобновляемые источники энергии и основана на принципах безотходного производства, что определяет безопасность и экологическую устойчивость проекта.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. *Алексеева В.И.* Богатство научно-технической мысли К.Э. Циолковского // Государственный музей истории космонавтики им. К.Э. Циолковского. URL: <https://gmik.ru/2017/09/12/bogatstvo-nauchno-tehnicheskoy-mysli-k-e-tsiolkovskogo/> (дата обращения: 05.03.2025).
2. *Багров А.В., Леонов В.А.* Проблемы перехода от исследования Луны к ее освоению // Воздушно-космическая сфера. 2020. № 3 (104). С. 22–33. DOI: 10.30981/2587-7992-2020-104-3-22-33. EDN: IBNJUF
3. *Багров А.В., Нестерин И.М., Пичхадзе К.М., Сысоев В.К., Сысоев А.К., Юдин А.Д.* Анализ методов строительства конструкций лунных станций // Вестник НПО им. С.А. Лавочкина. 2014. № 4. С. 75–80.
4. *Красносельский С.А.* Запасная планета. Москва : Издатель И.В. Балабанов, 2004. 350 с.
5. *Леонов В.А.* Постоянная лунная станция как приоритет России в освоении ресурсов космоса // Воздушно-космическая сфера. 2021. № 4 (109). С. 56–67. DOI: 10.30981/2587-7992-2021-109-4-56-67. EDN: ZCAATR
6. *Луна – шаг к технологиям освоения Солнечной системы* / под ред. В.П. Легостаева, В.А. Лопоты. Москва : РКК «Энергия», 2011. 584 с. ISBN 978-5-91820-046-9.
7. *Малая Е.В., Галеев С.А., Нечаев А.Л., Леонов В.А.* Многофункциональные поселения на Луне в экспериментальных проектах МАрХИ // Техническая эстетика и дизайн-исследования. 2020. Т. 2. № 4. С. 23–32. DOI: 10.34031/2687-0878-2020-2-4-23-32. EDN: DOEGYR
8. *Мержанов А.И.* Лунная база «Барминград». Проект, опередивший время // Воздушно-космическая сфера. 2018. № 2 (95). С. 107–117. DOI: 10.30981/2587-7992-2018-95-2-107-117
9. *Сизенцев А.Г., Шевченко В.В., Семенов В.Ф., Байдал Г.М.* Концепция производственной лунной базы 2050 // Вселенная и мы. 1997. № 3. С. 62–71.
10. *Шевченко В.В.* Лунная база. Москва : Знание, 1991. 64 с.
11. *Котляров Е.Ю., Малая Е.В., Сысоев В.К., Хмель Д.С., Юдин А.Д.* Концепция защитных трансформируемых конструкций для луноходов // Инженерный журнал: наука и инновации. 2024. № 12 (156). С. 1–16. DOI: 10.18698/2308-6033-2024-12-2408. EDN: CIMSUY
12. *Хмель Д.С.* Надувные отверждаемые конструкции в космосе // К.Э. Циолковский и прогресс науки и техники в XXI веке : материалы 56-х Научных чтений, посвященных разработке научного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского. Часть 2, Калуга, 21–23 сентября 2021 г. Калуга : ИП Стрельцов И.А. (Изд-во «Эйдос»), 2021. С. 82–85.

REFERENCES

1. *Alekseeva V.I.* The wealth of scientific and technical thought of K.E. Tsiolkovsky. Available: <https://gmik.ru/2017/09/12/bogatstvo-nauchno-tehnicheskoy-mysli-k-e-tsiolkovskogo/> (In Russian)
2. *Bagrov A.V., Leonov V.A.* Problems of Transition from the Moon Investigation to its Exploration. *Vozdushno-kosmicheskaya sfera*. 2020; 3 (104). (In Russian)
3. *Bagrov A.V., Nesterin I.M., Pichkhadze K.M., Sysoev V.K., Sysoev A.K., Yudin A.D.* Analysis of Construction Methods of Lunar Stations. *Vestnik NPO im. S.A. Lavochkina*. 2014; (4): 75–80. (In Russian)
4. *Krasnoselsky S.A.* Reserve Planet. Moscow: Publisher I.V. Balabanov, 2004. 350 p. (In Russian)

5. Leonov V.A. Permanent Lunar Station as Russia's Priority in Space Exploration. *Vozdushno-kosmicheskaya sfera*. 2021; 4 (109): 56–67. (In Russian)
6. Legostaev V.P., Lopota V.A. (Eds.) The Moon is a Step Towards Technologies for Exploring the Solar System. Moscow: Energia, 2011. 584 p. (In Russian)
7. Malaya E.V., Galeev S.A., Nechaev A.L., Leonov V.A. Multifunctional Settlements on the Moon in Experimental MARCHI Projects. *Tekhnicheskaya ehstetika i dizain-issledovaniya*. 2020; 2 (4): 23–32 (In Russian)
8. Merzhanov A.I. Lunar Base "Barmingrad". *Vozdushno-kosmicheskaya sfera*. 2018; 2 (95): 107–117. (In Russian)
9. Sizentsev A.G., Shevchenko V.V., Semenov V.F., Baydal G.M. The Concept of a Production Lunar Base 2050. *Vselennaya i my*. 1997; (3): 62–71. (In Russian)
10. Shevchenko V.V. The Lunar Base. Moscow: Znanie, 1991. 64 p. (In Russian)
11. Kotlyarov E.Yu., Malaya E.V., Sysoev V.K., Khmel D.S., Yudin A.D. The Concept of Protective Transformable Structures for Lunar Rovers. *Inzhenernyi zhurnal: nauka i innovatsii*. 2024; 12 (156): 1–16. (In Russian)
12. Khmel' D.S. Inflatable Curable Structures in Space. In: *Proc. 56th Sci. Readings 'Tsiolkovskii and Scientific and Engineering Progress in the 21st Century'*. Kaluga, 21–23 September 2021. Pp. 82–85. (In Russian)

Сведения об авторе

Малая Елена Владимировна, канд. архитектуры, доцент, Московский архитектурный институт (государственная академия), 107031, г. Москва, ул. Рождественка, 11/4, корп. 1, стр. 4; Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, 105005, г. Москва, 2-я Бауманская ул., 5, стр. 1; научный сотрудник, АО «ЦНИИПромзданий», 127238, г. Москва, Дмитровское шоссе, 46, корп. 2, arxe_elena@mail.ru

Author Details

Elena V. Malaya, PhD, A/Professor, Moscow Architectural Institute (State Academy), 11, Rozhdestvenka Str., 107031, Moscow, Russia, Bauman Moscow State Technical University, 5, 2nd Baumanskaya Str., Moscow, Russia, AO "TSNIIpromzdaniy", 46, Dmitrovskoe Road, 127238, Moscow, Russia, arxe_elena@mail.ru

Статья поступила в редакцию 26.03.2025
Одобрена после рецензирования 30.04.2025
Принята к публикации 27.05.2025

Submitted for publication 26.03.2025
Approved after review 30.04.2025
Accepted for publication 27.05.2025