

УДК 725.4

Архитектура научных лунных баз в лавовых трубках и пещерах

Поляков Даниил Викторович^{1(*)}

daniiiiip@mail.ru

Малая Елена Владимировна²

arxe_elena@mail.ru

SPIN-код: 8443-5588

¹ Московский архитектурный институт (государственная академия), Москва, Россия² МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Аннотация. Данная разработка фокусируется на концепции использования лунных лавовых труб и пещерных систем для создания устойчивых и защищенных сооружений на Луне. В центре внимания — их потенциал как природных укрытий, способных обеспечить безопасность, энергоэффективность и комфорт для будущих лунных обитателей. В работе проведено исследование геологических характеристик лавовых труб, а также разработаны методы их адаптации под нужды человека, архитектурные решения внутренней планировки и систем жизнеобеспечения. Предлагаемые конструкции позволяют снизить затраты ресурсов и обеспечить долгосрочную эксплуатацию в условиях суровой среды земного спутника. Также рассматриваются новейшие материалы и технологические подходы для укрепления природных структур, интеграции инженерных систем и создания комфортных условий для жизни и работы.

Ключевые слова: научная база в лавовых трубках, лунные пещеры, архитектурные решения лунных поселений, использование надувных модулей для лунных научных баз

Введение. На Луне существуют геологические образования — лавовые трубки и пещеры, возникшие в результате вулканической деятельности в прошлом. Эти естественные структуры представляют интерес как потенциальные основы для строительства лунных баз. Их свойства позволяют значительно снизить необходимость в возведении новых сооружений и материалов, что ведет к уменьшению затрат и повышению уровня защиты от радиации, метеоритных ударов и экстремальных температурных условий. Важным условием является возможность использования лавовых трубок для строительства, без существенных изменений и финансовых затрат. Для этого необходимо изучить их геологические особенности, разработать методы внутренней организации и систем жизнеобеспечения, а также автоматизации.

Методы и материалы; результаты. Для достижения целей проекта использовались различные исследовательские подходы:

Геологические исследования — анализ спутниковых данных, моделирование процессов формирования лавовых труб, их размеров, форм и внутренней структуры.

Цифровое моделирование — создание трехмерных моделей внутренней пространств лавовых труб для проектирования архитектурных решений, отвечающих требованиям безопасности и комфорта.

Разработка укрепляющих технологий — применение новых материалов, таких как самовосстанавливающиеся композиты, нанопокртия и инновационные внутренние отделочные материалы. Проектирование инженерных систем — создание систем теплоизоляции, вентиляции, энергоснабжения и радиационной защиты, адаптированных к условиям Луны. Экспериментальные испытания — проверка эффективности используемых материалов и прототипов структур в условиях, моделирующих экстремальные температуры, радиацию и метеоритные удары.

Использование мультидисциплинарных методов способствует решению комплексных задач архитектурной оптимизации и инженерной реализации.

Заключение. Использование лунных лавовых труб и пещер в качестве строительных платформ — перспективный подход для создания устойчивых, защищенных и энергонезависимых лунных поселений. Их свойства позволяют значительно снизить затраты на строительство и повысить уровень защиты благодаря естественной изоляции. Интеграция современных материалов, инженерных решений и архитектурных концепций позволяет формировать внутренние пространства, максимально приспособленные к условиям Луны. В дальнейшем важно продолжать исследования геологических характеристик конкретных участков, разрабатывать стандарты и прототипы технологий для их практического применения. Такой междисциплинарный подход является ключевым для освоения планеты и создания автономных баз.

Список источников

- [1] Малая Е.В. Архитектура лунных поселений. *Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета*, 2025, т. 27, № 4, с. 40–53.
- [2] Леонов В.А., Малая Е.В., Пыжов А.М., Бобин В.А., Янов И.В. Архитектурный проект и методы строительства Российской лунной обитаемой базы. *Космическая техника и технологии*, 2025, № 1 (48), с. 40–55.
- [3] Krafcik J. et al. Lunar Cave and Lava Tubes: Natural Shelters for Future Human Habitats. *Journal of Space Architecture*, 2020, vol. 15 (3), pp. 45–59.
- [4] Sharma P., C Lee H. Materials for Lunar Cave Construction: Challenges and Innovations. *Space Materials Journal*, 2019, vol. 8 (2), pp. 112–127.
- [5] Johnson R. Geological Characteristics of Lunar Lava Tubes. *Lunar and Planetary Science Conference*, 2018, art. no. 1234.
- [6] Smith L., C Nguyen T. Designing Modular Habitats in Lunar Cave Environments. *Proceedings of International Space Habitat Symposium*, 2021, pp. 192–204.
- [7] NASA Lunar Surface Innovation Initiative. *Technologies for Lunar Cavern Utilization*. NASA Report, 2022.