

Раков Антон Петрович

Самарский государственный технический университет

Rakov Anton

Samara State Technical University

**ГЕЛИОЛИТОГРАФИЧЕСКАЯ ЛАБОРАТОРИЯ – ТЕХНОЛОГИЯ 3D-ПЕЧАТИ
КАМЕННЫХ ОБЪЕКТОВ НА ЛУНЕ
HELIOLITHOGRAPHIC LABORATORY - TECHNOLOGY OF 3D PRINTING OF STONE OBJECTS
ON THE MOON**

Технология трёхмерной печати солнечным светом по лунному грунту сделает возможным изготовление первых каменных блоков на спутнике Земли. Строительные роботы построят первые в истории искусственные объекты на Луне. Появлению базы на Луне будут предшествовать экспериментальные необитаемые искусственные каменные объекты – монументы. В создании защиты для инфраструктуры лунных поселений будет активно использоваться реголит – осколочный лунный грунт. Первые обитаемые объекты на Луне будут иметь массивную и прочную защиту от микрометеоритов и радиации, которую предстоит изготавливать из местного строительного материала. Обитаемые оболочки, готовые принять первых поселенцев, будут доставлены с Земли.

The technology of three-dimensional printing by sunlight on lunar soil will make it possible to manufacture the first stone blocks on the Earth's satellite. Construction robots will build the first ever-artificial objects on the Moon. The appearance of a base on the Moon will be preceded by an experimental uninhabited artificial stone objects – monuments. Regolith-shrapnel lunar soil for protection of the infrastructure of lunar settlements will be actively used. The first inhabited objects on the Moon will have a massive and strong protection against micrometeorites and radiation, which will be made of local building material. Inhabited shells, ready to accept the first settlers, will be delivered from the ground.

Ключевые слова: *экстремальная архитектура, космос, освоение Луны, база на Луне, первый искусственный лунный камень, строительно-космическая робототехника, технология 3d-печати*

Keywords: *extreme architecture, space, moon exploration, base on the moon, the first artificial moonstone, construction and space robotics, 3d printing technology aeration, insolation, greening of construction*

В августе 2016 г. в опорном вузе СамГТУ получил поддержку проект «Технологии генной инженерии в сплавах для создания прототипа гелиолитографической лаборатории». По результатам конкурсного отбора руководителями этой междисциплинарной проектной команды (МПК) были назначены д.т.н. В.И. Никитин и к.арх. А.П. Раков [1].

В ноябре 2016 г. с рабочим визитом самарская делегация посетила НПО им. С.А. Лавочкина. На площадке одного из ведущих предприятий космической отрасли России состоялось совещание, в результате которого была достигнута договорённость о подписании трёхстороннего соглашения о сотрудничестве между ФГБОУ ВО «СамГТУ», ФГУП «НПО им. С.А. Лавочкина» и МБУК г. о. Самара «МВЦ «Самара Космическая». В ходе мероприятия стало понятно, что архитектурная точка зрения на перспективу лунного строительства во многом совпадает с точкой зрения специалистов космической отрасли [2]. Все специалисты согласны с тем, что на Луне необходимо использовать

специальный строительный 3d-принтер, который сможет спекать каменные детали сфокусированным солнечным светом из лунного грунта. Также докладчики совпали в оценке необходимости возведения на поверхности Луны защитных каменных оболочек для защиты лунной инфраструктуры [3]. Независимо друг от друга специалистами из разных отраслей были представлены очень похожие прогнозы.

Напомним, что инициативная группа кафедры инновационного проектирования и дизайнерская студия ООО «АДМ «Радизайн» объединили усилия в разработке архитектурной концепции обитаемого космоса ещё в 2010 г. В 2012 г. были сформулированы основные положения этой концепции, которые отражены в публикациях [4–7]. В 2014 г. автор статьи принял участие в создании экспозиции для Московского политехнического музея в павильоне № 26 на ВДНХ, где упомянутая архитектурная концепция была представлена пятью макетами, которые демонстрируют первые сооружения

на Луне и Марсе [8]. В разработке и изготовлении макетов принимали участие и студенты факультета дизайна. Интерес к архитектурной концепции лунного и марсианского строительства не случаен, он вызван точностью прогнозов. Точное футуристическое прогнозирование стало возможным благодаря специально разработанному методу. В 2013 г. автор статьи предложил «Метод гуманизации технических концепций» (МГТК) и защитил на эту тему кандидатскую диссертацию [9].

Суть метода заключается в реконструкции ассоциативных и семантических связей предметов разработки, которые позволяют точно прогнозировать искомые проектные решения. Новизна МГТК заключается в следующей гипотезе: любое изобретение не является случайным, а возникает под влиянием ноосферы на каждого конкретного специалиста.

МГТК позволяет прогнозировать появление тех или иных изобретательских задач. Так, например, стало очевидно, что перед появлением обитаемой базы на Луне необходимо будет изготовить первый искусственный камень на Луне (по аналогии с первым искусственным спутником) [9].

Первый искусственный камень (монумент) – это проще, дешевле и нужнее для текущего этапа освоения космоса. А при строительстве базы на Луне искусственные камни понадобятся для постройки защитных каменных панцирей вокруг обитаемых модулей. Изготовление самого первого искусственного камня, например, монумента на Луне, – это само по себе заметное событие мирового масштаба, которое может иметь и экономические, и политические перспективы.

Предстоящие эксперименты с изготовлением камней на Луне имеют как научный, так и коммерческий смысл. Напомним, что международные соглашения не запрещают продавать объекты, доставленные и произведённые на Луне [10]. В ближайшем будущем каменные детали понадобятся для возведения каменных панцирей над объектами лунной инфраструктуры.

Сейчас в СМИ активно обсуждается тема о законах, принятых в США и Люксембурге, а также о совместной инициативе Министерства иностранных дел РФ и ГК «Роскосмос», которые касаются перспектив использования космических ресурсов. Нас не могут не волновать эти события. Эксплуатация робототехники, которой мы занимаемся, предполагает использование космических ресурсов, а именно лунного реголита.

Мы разделяем опасения, связанные с возможностью одностороннего использования космических ресурсов, но, вместе с тем, понимаем вероятность торможения развития отраслей производства, связанных с космической деятельностью.

Попытки регламентировать использование космических ресурсов уже предпринимались. «Есть несколько основных документов, регулирующих распределение ресурсов и территории Луны – это «Договор о принципах деятельности государств по исследованию и использованию космического пространства, включая Луну и другие небесные тела», принят резолюцией 2222 (XXI) Генеральной Ассамблеи от 19 декабря 1966 года и «Соглашение о деятельности государств на Луне и других небесных телах», который принят резолюцией 34/68 Генеральной Ассамблеи ООН от 5 декабря 1979 года. Они запрещают национализацию и присвоение лунных территорий и ресурсов, признают законным юрисдикцию и контроль государств-участников соглашения над доставленными людьми, оборудованием и сооружениями, разрешают использование ресурсов для поддержания жизнедеятельности, обязывают эти ресурсы справедливо распределять. Однако международные соглашения не запрещают продавать объекты, доставленные и произведённые на Луне. Продажа объектов не противоречит декларируемому принципу справедливого распределения ресурсов. Получается, искусственный камень на Луне – это инструмент легализации продаж лунных ресурсов и территорий. Переработка лунного реголита в камень (строительный блок) – технология, которая начинает процесс справедливого распределения ресурсов. «Справедливого» в данном случае означает «взаимовыгодного». Так что коммерческая деятельность на Луне не просто возможна, она неизбежна» [11].

У международного сообщества просматривается два принципиально различающихся подхода к использованию космических ресурсов.

Самый простой и, наверное, нежелательный, если государства или корпорации, обладающие соответствующими техническими возможностями, без оглядки на мнение международного сообщества, начнут экспроприацию космических ресурсов. Но есть и другой подход.

Очевидно, что наша страна в такой ситуации должна выступить в ООН с другой, более конструктивной инициативой. Конечно, нужно консультироваться со специалистами в области международного права, но, отталкиваясь от

принципов справедливости, главную идею можно сформулировать уже сейчас. На уровне ООН кажется разумным сделать следующее:

1. Уточнить закреплённые международными соглашениями равные права каждого государства на комические ресурсы и искать пути взаимовыгодного сотрудничества между странами.

2. Выступить в ООН с инициативой по созданию «Международного космического агентства» (МКА), которое представляло бы интересы всего мирового сообщества, а не только частного капитала.

3. Ввести компенсационные сборы за использование ресурсов на Луне и астероидах в коммерческих целях (за исключением целей жизнеобеспечения и научных исследований).

4. Средства от вышеуказанных сборов МКА направлять на реализацию прав всех государств на космические ресурсы.

Разрабатываемая нами архитектурная концепция отводит лунному камню особую роль в процессе освоения Луны. Мы считаем, что лунный камень — это важное условие закрепления человека в новой среде. При этом важно отметить, что наше предложение не исключает использования имеющихся наработок. Мы лишь настаиваем на том, что доставленные с Земли модули нужно защищать при помощи каменных конструкций из реголита.

При этом между конструкциями из искусственного лунного камня и доставленными с Земли модулями мы предусматриваем существенное расстояние — это нужно для визуального контроля обеих конструкций. Просто засыпать жилые модели (и твёрдые, и надувные) — это совершенно неверное решение. Такое решение в недавнем прошлом предлагалось, конечно, но как одна из версий. Более современные варианты, предлагаемые специалистами космической отрасли, предполагают насыпь, которая была бы сделана по доставленному с Земли навесу.

Мягко говоря, удивляет проект, выполненный бюро Нормана Фостера (рис. 1) [12]. В презентационных материалах по проекту показывается использование трёхмерной печати, но в результате мы видим объекты, которые больше похожи на обычную насыпь из грунта. Никаких зазоров между этими конструкциями не предложено, а образ производит отталкивающее впечатление. Мы считаем, что даже на Луне человек должен жить в объектах, которые похожи на дома, а насыпи из грунта над человеком — это больше похоже на некрополь.

Армированные каменные конструкций в обозримом будущем мы, скорее всего, не получим. В такой ситуации кажется логичным вернуться к использованию некоего подобия античной ордерной системы при создании каменных оболочек. Актуальным станет перекрытие пролётов каменных конструкций при помощи римских арок и сводов. Колонны по периметру и засыпка камнями на кровле предотвращают деформации и расширения камней, которые возникают от нагрева солнечными лучами. Удивительно, но даже с современной техникой в Космосе и, в частности, на Луне мы оказываемся такими же незащищёнными, как были на Земле в древности. Экстремальная среда подталкивает нас использовать полноценные решения, которые одновременно полезны, прочны и красивы (рис. 2).

Время от времени возникают предложения печатать лунные объекты целиком, а не по частям. Печать домов целиком — это уже отработанная технология. Однако практика показывает, что печать дома целиком требует очень высокой скорости работы устройства. И чем больше масштаб объекта, тем выше должна быть скорость работы такого устройства. Если же разбить объект на детали, то увеличение скорости работы достигается просто потому, что над одним и тем же объектом

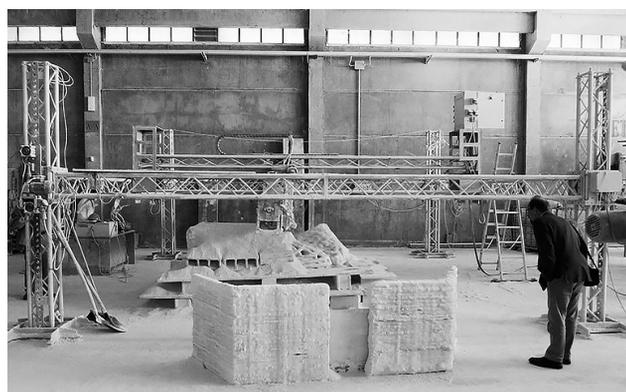
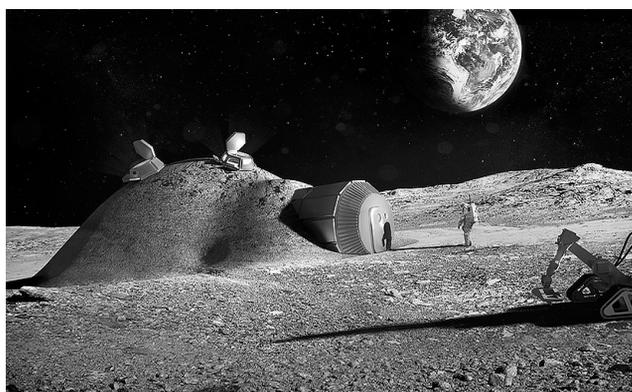


Рис.1. Lunar Habitation, арх. Foster + Partners (2012 г.) и модель технологии её трёхмерной печати



Рис.2. Постройки на Луне, гелиолитограф и манипуляторы

смогут работать несколько устройств небольшого размера. И чем больше устройств работает над конструкцией, тем быстрее движется строительное производство. Всё как на Земле: один строитель, теоретически может построить небольшой дом, но это потребует колоссального количества времени, тогда как бригада строителей справится с такой работой гораздо быстрее.

Созданием робототехники, которая может пригодиться на Луне, занимаются учёные в разных странах. «В нашем университете тоже разрабатываются аппараты, которые призваны облегчить строительство на Луне, в том числе 3D-принтеры для печати объектов из лунного грунта. Особенность нашей идеи состоит в том, чтобы отделить принтер (гелиолитограф) от манипулятора. Манипулятор-робот вместо астронавта будет собирать грунт для загрузки в гелиолитограф и перемещать уже готовые каменные детали. А принтер будет послойно спекать реголит отраженным и сфокусированным в точку солнечным светом. Обычно указывают на недостаток верхних слоев иноземного грунта — они обладают повышенной радиоактивностью. Но на глубине 30 см процент радиоактивного гелия уже значительно ниже. А значит проблем с использованием реголита в качестве материала для «лунных кирпичей» нет» [13]. Таким образом, у нашей междисциплинарной команды углубляется понимание необходимости в создании специальной робототехники строительного-космического назначения. Ключевая роль в создании каменных блоков на Луне возлагается на технологию трёхмерной печати.

Известно немало 3D-принтеров различного назначения и конструкции [14, 15]. Наиболее

яркими и интересными являются проекты Маркуса Кайзера и Энрико Дини. Однако и у этих проектов есть особенности, которые затрудняют применение их на поверхности Луны. Аппарат Solar sinter, разработанный Маркусом Кайзером, использует для спекания частиц песка солнечный свет, но требует постоянного ручного обслуживания. Маркус Кайзер оборудовал свой аппарат линзой Френнеля, которая всегда направлена на Солнце, но такой способ фокусировки приводит к потере мощности на восходе и закате Солнца в результате изменения угла падения сфокусированного луча [16]. Аппарат, разработанный Энрико Дини, тоже обслуживается вручную и к тому же использует воду для связывания сыпучей смеси, что затруднительно в условиях физического вакуума лунной среды [17].

Любопытно то, что никто из инноваторов не видит необходимости и значимости создания на Луне каменных экспериментальных монументов и защитных сооружений до постройки обитаемой станции для человека. Проблема поиска строительного материала и технологии изготовления каменных объектов на Луне с разработкой соответствующего вида робототехники положена в основу проекта «Технологии генной инженерии в сплавах для создания прототипа гелиолитографической лаборатории» (руководители В.И. Никитин и А.П. Раков), который сокращённо называется «Синтелит».

Одна из задач междисциплинарной проектной команды «Синтелит» – изготовить и испытать опытный образец автономного устройства для спекания сыпучих смесей (аналогичных лунному грунту) при помощи солнечного света, чтобы в

земных условиях доказать возможность создания деталей для защитных каменных конструкций на Луне. В ходе работы предстоит адаптировать уже известную технологию трёхмерной печати для автономной работы в условиях Луны.

Название проекта МПК «Синтелит» и название устройства «гелиолитографическая лаборатория» раскрывают суть технологического процесса. Устройство состоит из двух основных модулей – гелиолитографа и манипулятора. Предполагается, что модуль с названием манипулятор будет собирать грунт для загрузки в гелиолитограф и перемещать готовые каменные детали, а гелиолитограф, используя усовершенствованную технологию трёхмерной печати, будет послойно спекать реголит отражённым и сфокусированным в точку солнечным светом.

Впереди много работы. Во-первых, предстоит опробовать и, при необходимости, скорректировать предлагаемую проектом систему фокусировки солнечного света, которая отличается от известных аналогов, например, тем, что количество света в точке фокуса не зависит от высоты Солнца над горизонтом.

Во-вторых, необходимо будет исключить из технологического процесса любое внешнее обслуживание устройства. Развёртывание на местности, сбор сыпучих материалов с поверхности, загрузка материалов, распечатка и засыпка слоёв, ориентация по направлению солнечного света, удаление незакрепленного сыпучего материала, транспортировка изготовленных деталей – всё это перспективное устройство должно выполнять самостоятельно. При этом действующая модель должна демонстрировать ключевые возможности технологии.

И, в-третьих, предстоит определить точные параметры технологического процесса (например, порядок выполнения операций, рабочую температуру в точке фокуса и скорость перемещения точки фокуса).

В 2017 г. в рамках заявленного проекта мы начали взаимодействовать со специалистами РКК «Энергия» им. С.П. Королёва. В 2018 г. наш проект привлёк внимание ГК «Роскосмос». В марте 2018 г. подана заявка, по результатам которой состоялось предварительное заслушивание проекта на Национальной технологической инициативе (группа «Аэронет», подгруппа «Спейснет»).

Мы верим в необходимость и важность создания серии первых в истории, даже необитаемых построек на Луне. По этой причине мы занялись

проектами робототехники строительного назначения и, в частности, «Гелиолитографической лаборатории» – 3д-принтера и манипулятора для спекания реголита в каменные блоки. Мы заняты разработкой технологии, которая ляжет в основу будущего строительного-космического сервиса.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Протокол № 2016/8/08-2 очного рассмотрения заявок на участие в конкурсе по отбору руководителей междисциплинарных проектных команд по Программе развития СамГТУ до 2020 года // СамГТУ URL: http://su.samgtu.ru/sites/su.samgtu.ru/files/protokol_2.pdf (дата обращения: 08.12.2016).
2. Проект Политеха по освоению Луны поддержали федеральные эксперты // СамГТУ URL: <http://www.samgtu.ru/news/proekt-politeha-po-osvoeniyluny-podderzhali-federalnye-eksperty> (дата обращения: 23.11.2016).
3. Багров А.В., Нестерин К.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. Раков А. П. Принципы работы с формой в архитектуре экстремальных условий обитания // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2010. Т. 12, № 5. С. 567–570.
5. Раков А. П., Малахов С.А. Футуристическое предсказание в формообразовании // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2012. Т. 14, № 2. С. 260–263.
6. Раков А. П. База на Луне с архитектурной точки зрения // Управление движением летательных аппаратов: сб. тр. XV Всерос. семинара по управлению движением и навигации летат. аппаратов. Самара: Самар. гос. аэрокосм. ун-т., 2012. Ч. II. С. 214–216.
7. Раков А. П. Обитаемые объекты на Луне. Прогноз и реальная форма // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре: материалы 67-й Всерос. науч.-техн. конф. по итогам НИР / СГАСУ. Самара, 2010. С. 383–384.
8. Проект искусственного лунного камня // Архитектурные и дизайнерские мастерские Радизайн URL: <https://www.adm-radesign.ru/селенолит/> (дата обращения: 27.12.2016).
9. Раков А.П. Метод гуманизации технических концепций в архитектуре экстремальных условий обитания: дис. ... канд. арх. наук: 05.23.20. Н. Новгород, 2013. 150 с.
10. Международно-правовые вопросы освоения космоса: материалы круглого стола XI ежегодной международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы современного международного права», посвященной памяти профессора И. П. Блищенко. Москва, 12 апреля 2013 г. / отв. ред. А. Х. Абашидзе, Г. П. Жуков, А. М. Солнцев. М.: РУДН, 2014. 99 с.

11. Освоение Луны: от фантастических сценариев к реальным проектам // www.forbes.ru URL: <http://www.forbes.ru/tehnologii/341999-osvoenie-luny-ot-fantasticheskikh-scenariiev-k-realnym-proektam> (дата обращения: 11.11.2017).
12. Lunar Habitation // www.fosterandpartners.com URL: <http://www.fosterandpartners.com/projects/lunar-habitation> (дата обращения: 11.01.2018).
13. Дом на Луне: жилье в космосе будут печатать на 3D-принтере // www.forbes.ru URL: <http://www.forbes.ru/tehnologii/356703-dom-na-lune-zhile-v-kosmose-budut-pechatat-na-3d-printere> (дата обращения: 13.02.2018).
14. Технология трёхмерной печати [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.zcorp.com/ru/home.aspx> (дата обращения: 18.06.2017).
15. Трёхмерные принтеры [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.jetcom.ru> (дата обращения: 18.06.2017).
16. Markus Kaiser: офиц. сайт дизайнера. Режим доступа: <http://www.markuskayser.com/work/solarsinter/> (дата обращения: 29.06.2014).
17. D-shape: офиц. сайт компании Энрико Дини. Режим доступа: <http://www.d-shape.com> (дата обращения: 17.06.2014).
18. Договор о принципах деятельности государств по исследованию и использованию космического пространства, включая Луну и другие небесные тела // Официальный сайт Организации Объединённых Наций URL: http://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/outer_space_governing.shtml (дата обращения: 16.01.2016).
19. Малахов С.А. Композиционный метод как эксперимент по возникновению новой функции и нового языка // Градостроительство и архитектура. 2012. № 4(8). С. 48–52. DOI: 10.17673/Vestnik.2012.04.9.
20. Репина Е.А. Катастрофа прогресса и природа инноваций // Инновационные методы и технологии в высшем архитектурном образовании: (Материалы международной научной конференции. XVII международный смотр-конкурс) / СГАСУ. Самара, 2008. С. 218–229.
1. Protocol No. 2016/8 / 08-2 full-time examination of applications for participation in the competition for the selection of managers of interdisciplinary project teams for the Development Program of SamSTU to 2020 // SamSTU URL: http://su.samgtu.ru/sites/su.samgtu.com/files/protokol_2.pdf (date of circulation: 08.12.2016).
2. The Politech Project for the Development of the Moon was supported by federal experts // SamSTU. URL: <http://www.samgtu.ru/news/proekt-politeha-po-osvoeniyu-luny-podderzhali-federalnye-eksperty> (date of circulation: 23.11.2016).
3. Bagrov A.V., Nesterin K.M., Pichkhadze K.M., Sysoev V.K., Sysoev A.K., Yudin A.D. Analysis of methods for constructing lunar station designs // Vestnik NPO im. S.A. Lavochkin. 2014. №4. Pp. 75-80.
4. Rakov, A.P. Principles of working with a form in the architecture of extreme habitat conditions. Izvestiya Samara Scientific Center, Russian Academy of Sciences. 2010. T. 12, No. 5. P. 567-570.
5. Rakov A.P., Malakhov S.A. Futuristic prediction in form formation // Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. 2012. P. 14, No. 2. P. 260-263.
6. Rakov A.P. The base on the Moon from the architectural point of view // Control of the movement of aircraft: Sat. tr. XV All-russian seminar on motion control and navigation. Samara: SSAU, 2012. Part II. Pp. 214-216.
7. Rakov A.P. Inhabited objects on the Moon. Forecast and the real form // Traditions and innovations in construction and architecture: / SGASU. Samara, 2010. P. 383-384.
8. Project of artificial moonstone // Architectural and design workshops Radesign URL: <https://www.admradesign.ru/selenolit/> (date of circulation: 27.12.2016).
9. Rakov A.P. The method of humanizing technical concepts in the architecture of extreme habitat conditions: dis. ... cand. arch.: 05.23.20. N. Novgorod, 2013. 150 p.
10. International legal issues of space exploration: materials of the round table of the XI annual international scientific and practical conference «Actual problems of modern international law», dedicated to the memory of Professor IP Blyshchenko. Moscow, April 12, 2013 / otv. Ed. A. Kh. Abashidze, G. P. Zhukov, A. M. Solntsev. Moscow: RUDN, 2014. 99 p.
11. Mastering the Moon: from fantastic scenarios to real projects // www.forbes.ru URL: <http://www.forbes.ru/tehnologii/341999-osvoenie-luny-ot-fantasticheskikh-scenariiev-k-realnym-proektam> (date of reference: 11.11.2017).
12. Lunar Habitation URL: <http://www.fosterandpartners.com/projects/lunar-habitation> (reference date: 01/11/2018).
13. House on the Moon: housing in space will be printed on a 3D printer // www.forbes.ru URL: <http://www.forbes.ru/tehnologii/356703-dom-na-lune-zhile-v-kosmose-budut-pechatat-na-3d-printere> (date of circulation: 13.02.2018).
14. Technology of three-dimensional printing [Electron resource]. Access mode: <http://www.zcorp.com/ru/home.aspx> (date of circulation: June 18, 2017).
15. Three-dimensional printers [Electron resource]. Access mode: <http://www.jetcom.ru> (date of circulation: June 18, 2017)
16. Markus Kaiser. Access mode: <http://www.markuskayser.com/work/solarsinter/> (date of circulation: June 29, 2014).
17. D-shape: Offic. site of the company Enrico Dini. Access mode: <http://www.d-shape.com> (date of circulation: June 17, 2014).
18. Treaty on Principles Governing the Activities of States in the Exploration and Use of Outer Space, including the Moon and Other Celestial Bodies // UN URL: http://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/outer_space_governing.shtml (date of treatment: 01/16/2016).
19. Malakhov S.A. Compositional method as an

experiment on the emergence of a new function and a new language // Urban planning and architecture. 2012. No. 4 (8). Pp. 48-52. DOI: 10.17673 / Vestnik.2012.04.9.

20. Repina E.A. Disaster of progress and the nature of innovation // Innovative methods and technologies in higher architectural education: (Materials of the international scientific conference, XVII international review competition) / SSSAU. Samara, 2008. P. 218-2291.

Для ссылок: Раков А.П. Гелиолитографическая лаборатория – технология 3d-печати каменных объектов на Луне // Innovative project. 2017. T.2, №1. С. 98-104. DOI: 10.17673/IP.2017.2.01.9

For references: *Rakov A.P. Heliolithographic laboratory - technology of 3D printing of stone objects on the Moon. Innovative project. 2017. Vol.2, No 1. P. 98-104. DOI: 10.17673/IP.2017.2.01.9*