

PART 2 THE CONCEPT OF LABOR ACTIVITIES IN THE HYPOGRAVITATIONAL SPACE OF THE MOON

ЧАСТЬ 2 КОНЦЕПЦИЯ ТРУДОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ГИПОГРАВИТАЦИОННОМ ПРОСТРАНСТВЕ ЛУНЫ

Oleg S. TSYGANKOV,
Doctor of Technical Sciences, Chief Researcher, RSC Energia, Honored Designer of the Russian Federation, Honored Tester of Space Technology of the Russian Federation of Cosmonautics, academician, the Russian Academy of Cosmonautics named after K. E. Tsiolkovsky, Moscow, Russia, instrumkos@yandex.ru



Олег Семенович ЦЫГАНКОВ,
главный научный сотрудник ПАО «РКК «Энергия» имени С. П. Королёва», доктор технических наук, заслуженный конструктор РФ, заслуженный испытатель космической техники Федерации космонавтики РФ, академик Российской академии космонавтики имени К. Э. Циолковского, Москва, Россия, instrumkos@yandex.ru

ABSTRACT | The actualization of attention to the Moon with the aim of achieving and involving it in the production and economic turnover of the Earth's civilization is declared as the prevailing trend in modern space activity by the scientific community. The author was a direct participant in the testing of the crew's actions on the lunar surface in the framework of the domestic program N1/L3 in 1969-1974. He combines the results obtained at that time with half a century of practical experience in outer space at geo-orbital stations. Also he sets out his views on the content, features and means of labor at the initial stage of moon exploration, and also considers the moon as an object of geopolitics.

Keywords: *hypogravity, orbit, stability, infrastructure, spacesuit, safety, radiation, lunar architecture, lunomobile, geopolitics*

АННОТАЦИЯ | Актуализация внимания к Луне с целью ее достижения и вовлечения в производственно-хозяйственный оборот земной цивилизации декларируется научным сообществом как преобладающий тренд в современной космической деятельности.

В статье автор, как непосредственный участник экспериментальной отработки действий экипажа на поверхности Луны в рамках отечественной программы N1-L3 в 1969-1974 годах, объединяя полученные тогда результаты с полувековым практическим опытом работ в открытом космосе на георбитальных станциях, излагает свои взгляды на содержание, особенности и средства осуществления трудовой деятельности на начальном этапе освоения Луны, рассматривает Луну как объект геополитики

Ключевые слова: *гипогравитация, орбита, устойчивость, инфраструктура, скафандр, безопасность, радиация, лунная архитектура, луномобиль, геополитика*

ЖИЛИЩЕ

Концепция формирования лунной станции может базироваться на принципах, унаследованных от отечественных геоорбитальных станций и комплекса «Мир», использованных и для МКС: долговременность, многомодульность, последовательная сборка, сменяемость экипажа, техобслуживание и ремонт в процессе эксплуатации, возможность консервации и периодов автономного безэкипажного существования.

Минимальный стартовый состав базовой станции и примерная последовательность доставки:

- 1) энергетический модуль с ядерным источником;
- 2) жилой модуль с системой шлюзования, осевым стыковочным портом;
- 3) научно-технический модуль с ходовой частью, адаптером с осевым и двумя боковыми стыковочными портами;
- 4) автономное негерметичное транспортное средство;
- 5) резервный заменяемый взлетно-посадочный аппарат, доставляемый без экипажа.

Доставляемые модули на Земле должны стоять на линейке готовности в полном комплекте, для доставки на Луну с минимально возможными интервалами времени.

В комплексе инженерных задач, которые предстоит решить для обитания на Луне, есть такая, от решения которой будет зависеть успех всего предприятия. Это противостояние радиационной опасности, которая вызывает особое беспокойство на беззащитной, безатмосферной спутнице Земли. Ведется поиск защитоспособных материалов и конструктивных решений. Но наличие материалов с высокой удельной плотностью отнюдь не снимает требование по минимизации массы структур, которые будут доставляться с Земли до того,

Детальная разработка способов использования природного лунного материала для строительства герметичных объектов — дело более отдаленных ступеней освоения Луны. В данный момент более целесообразно рассуждать о внешних защитных средствах для обитаемых объектов.

как начнется разворачивание лунного производства. В этой ситуации закономерно стремление использовать для защиты от потоков ионизирующего излучения, а также от метеороидов и резких колебаний температуры на поверхности местные природные образования и материалы.

В публикациях, на конференциях специалистов можно узнать о многих предлагаемых способах использования природного лунного материала для строительства, например самораспространяющийся высокотемпературный синтез строительных элементов из реголита, создание конструкций с помощью мобильного 3D-принтера с солнечным нагревом реголита, выборочное лазерное спекание реголита, изготовление из реголита лунобетона, выпиливание строительных блоков из скальных пород, надувные конструкции с химическим отверждением оболочек, надувные пенозаполняемые конструкции и др.

Вероятно, в будущем сформируются стили лунного зодчества, но сегодня уместно обратиться к одному из направлений строительной практики — подземной урбанистике.

Многие предложения отдалены от практического ощущения проблемы, так как связаны с колоссальным энергопотреблением и расходом воды, остро дефицитной на начальной стадии освоения Луны. Более предпочтительны малозатратные способы использования реголита без его передела с изменением химического состава и физических характеристик. При этом производство из лунного сырья строительных материалов для сооружения герметичных, пригодных для обитания помещений, удерживающих близкую к нормальной по составу и давлению атмосферу, — дело более отдаленных ступеней обживания Луны. Для пролога в ее освоении более целесообразно рассуждать о внешних защитных средствах для обитаемых объектов.

Первое, как бы очевидное, простое решение — обваловка и засыпка модулей слоем реголита. Вопросы о функционировании внешних агрегатов и конструктивных элементов, о сообщении с поверхностью не имеют таких же простых ответов. Рассматриваются возможности использования особенностей рельефа, складок местности, в частности «лавовых трубок» (подповерхност-

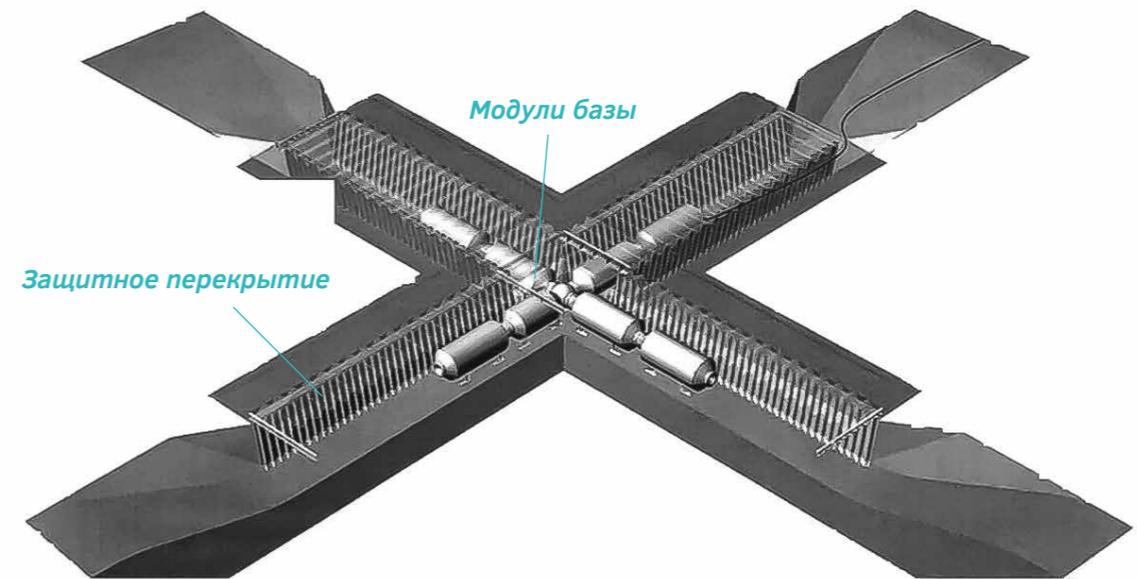


Рис. 3. Лунная база, размещенная в траншее с перекрытием и засыпкой реголитом (2008 г.)

ных каналов лавовых потоков) для размещения в них обитаемых модулей. Геометрия этих образований, прочность покрывающего слоя да и само их существование неопределенно.

Кроме проблем с выбором материалов и конструкций, имеет право на изучение проблема архитектурного облика лунных сооружений, пишут, например, о тысячеэтажных домах. Вероятно, в будущем сформируются стили лунного зодчества, но сегодня уместно обратиться к одному из направлений строительной практики — подземной урбанистике.

Перспективным представляется вариант полуглубленного размещения модулей в котлованах траншейного типа с пологими съездами. Для перекрытий под обратную засыпку и укрепления откосов траншеи могут быть использованы тонколистовые сварные (толщиной 0,1–0,3 мм) пилообразные гофрированные трансформируемые структуры (рис. 3).

Известен способ защиты, предусматривающий изготовление строительных блоков в виде полужестких контейнеров, заполненных реголитом, и укладку их на перекрытия из крупноячеистой сетки. Блоки производятся фасовочными агрегатами по типу упаковок цемента или сахара-песка, которые существуют в виде наземных образцов и могут быть адаптированы к природным условиям Луны.

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ЭМБРИОНЫ

Вполне ожидаемо, что на поверхности Луны будут развернуты опытовые полупромышленные установки, маломасштабные «производства-эмбрионы», где будут реализовываться технологические процессы, предварительно апробированные в лабораторных и экспериментальных условиях на Земле, например экстрагирование, плавление, сжижение газов и многое другое. Продукция объектов лунной инфраструктуры, согласно целевой задаче, будет состоять, например, в добыче воды, кислорода, азота, нутриентов для регенеративной системы жизнеобеспечения, пропиленов вида H_2+O_2 , $Al+O_2$, $Si+O_2$, конструкционных материалов Al , Fe , Ti , Si для планарных солнечных электрогенераторов, так необходимых для будущей колонизации Луны, и многого другого. Разработки по указанным направлениям обязательны, без их успешного выполнения достижение Луны (за исключением самого факта достижения) может оказаться бесплодным или малопродуктивным.

Несмотря на прогнозируемый высокий уровень роботизации, объекты инфраструктуры потребуют постоянного сопровождения и поддержки их функционирования: мониторинга состояния, контроля режимов работы не только средствами телеметрии, но и органолепти-

чески, подстройки, подналадки, и, наконец, не предусмотренного, но своевременного срочного ремонта с выполнением ручных трудовых операций, в том числе с использованием инструментов, как это осуществляется на георобитальных станциях. Деятельность оператора будет одним из решающих факторов эффективности процессов по освоению Луны.

Для выполнения трудовых операций разработан набор монтажно-сборочных инструментов, адаптированных к эксплуатационно-конструктивным особенностям скафандра и функциональным способностям человека в нем. Были сформулированы технико-эргономические требования к инструментам и устройствам, изложенные в отраслевых стандартах. Вполне обоснованно можно сделать вывод, что ручные инструменты, предназначенные для применения в орбитальном полете, будут пригодны для применения и на Луне. Разработаны и испытаны в условиях моделирования 0,16 g в полете

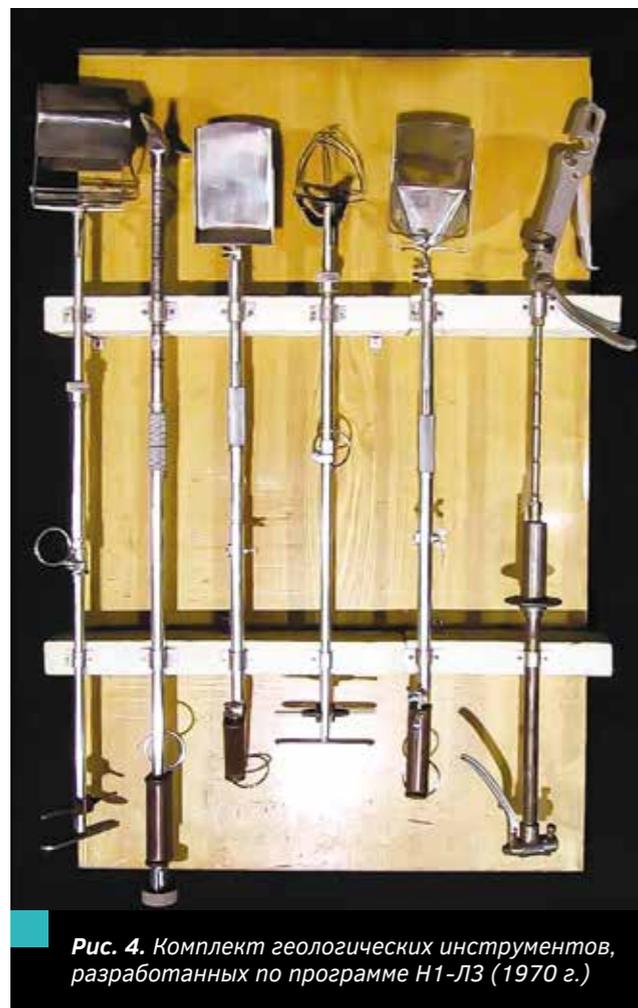


Рис. 4. Комплект геологических инструментов, разработанных по программе Н1-Л3 (1970 г.)

самолета-лаборатории комплект инструментов для геологических исследований (рис. 4, 5). Арсенал технических средств, очевидно, будет расширен, и потребуется адаптация приборов, которые предполагается использовать на Луне.

В условиях микрогравитации исследованы и апробированы технологические процессы пайки, сварки, плавления, способы сборки, монтажа ферменных и развертывания трансформируемых конструкций. Ничего подобного для условий 0,16 g не проводилось. Строительство крупных сооружений при освоении Луны вряд ли обойдется без сборных и сварных конструкций. Это задачи, которые потребуют обязательного решения.

ТРАНСПОРТ

По мере эволюционного развития производственного сегмента образуется районированная промышленная зона, в периметре которой, с учетом ландшафта, кратерной формации, микрорельефа будут сосредоточены объекты инфраструктуры, и отнюдь не в шаговой доступности от базового модуля. Такое положение выводит на необходимость решения транспортной задачи в целом. Рассмотрим пространство и условия передвижения транспортных средств на поверхности Луны.

Основные геологические образования на поверхности Луны классифицируются следующим образом. В глобальном масштабе выделяются моря, материка, горные хребты, талассоиды (обширные впадины). Среди рельефообразующих объектов — кратеры, кратерные цепочки, светлые лучи, извилистые борозды. Предметное рассмотрение кратерной формации позволяет выявить следующие особенности: несущая способность грунта в валах кратеров невелика, она уменьшается с увеличением крутизны склона, на особо крутых склонах возможно появление оползней и скатывание камней. Межкратерное пространство, то есть поверхность между кратерами диаметром более 2 м, является понятием довольно условным, поскольку представляет собой результат наложения мелких кратеров. Поверхность равнинных регионов представляет собой каменистую россыпь, где крупные фракции и обломки частично погружены в толщу мелкопесчаного, пылевато-песчаного и пылевого слоя. Это камни размером от 0,01 до 1,0 м и крупные обломочные куски до 10 м.

Предполагается перевозка персонала станции и грузов в зоне разведки и дислокации объектов инфраструктуры, освоения поверх-



Рис. 5. Отработка действий космонавта с геологическими инструментами в условиях 0,16 g на самолете Ту-104К (1970 г.)

ности с приемлемым ландшафтом и микрорельефом, преодоление которого обеспечено колесной формулой, базой, колеей, клиренсом луномобиля. Целью передвижения транспортного средства — луномобиля — не является преднамеренное преодоление препятствий за пределами технических возможностей машины (рвов, трещин, крупнокаменистых и валунных россыпей, крутых склонов кратерных валов). Этим препятствиям следует избегать в интересах жизни и здоровья водителя, пассажиров, сохранности грузов, а также исправности, целостности и работоспособности транспортного средства. Поэтому, двигаясь к намеченному пункту от кратера к кратеру, необходимо оглядываться назад, предотвращать наезды на непреодолимые препятствия и ударные столкновения с ними. Необходимость такого стиля вождения иллюстрируется известными данными об эксплуатации роверов в программе «Аполлон», где приборами фиксировалось пройденное ровером расстояние и дальность по прямой до лунного модуля соответственно: 10,3 > 3,9 км; 27,0 > 4,5 км; 35,7 > 7,6 км [1]. В целом трассу можно характеризовать как зигзагообразную. Возможность торможения также должна присутствовать в арсенале водителя, так как отмечался спуск ровера по склону накатом без включения двигателя.

Однако возможности, которые транспортное средство предоставляет персоналу станции, сопряжены с опасностью, которая может наступить в результате нештатной ситуации — отказа ходовой части луномобиля. При отсутствии в составе станции луномобиля-спасателя единственная возможность для экипажа вернуться к базовому модулю — переход пешком. Количественное значение максимально допустимого радиуса удаления предстоит определить экспериментально на Земле, моделируя различные профили пути и оценивая расход ресурса скафандра и энергозатраты человека (предположительно 5–7 км). Таким образом, определится граница площадки пешеходной доступности.

Характер и содержание транспортных задач естественным образом должно отражаться в облике луномобиля, создаваемого для их решения (роботизированные безэкипажные транспортные средства, содержащие исследовательские и добывающие установки, выведенные за рамки настоящей статьи).

Основными критериями выбора вида и комплектации луномобиля являются:

- полнота решения целевой задачи;
- возможность эвакуации (спасения) экипажа при отказе ходовой части.

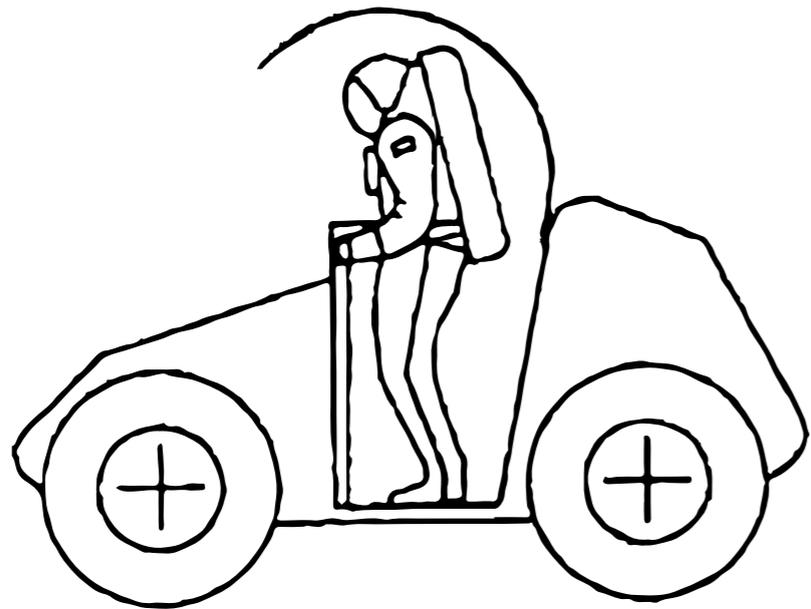


Рис. 6. Схематизированный облик мобильного модуля поддержки ВКД экипажа на поверхности Луны (2005 г.)

Анализ вариантов комплектации луномобилей имеет целью поиск ответа на ключевой вопрос: нужно ли оснащать луномобиль гермокабиной, системами жизнеобеспечения, шлюзования и стыковки?

Оценки вариантов могут быть распространены на все виды луномобилей: пассажирские, грузотранспортные, строительные, краны-манипуляторы, бульдозерно-экскаваторные и др. Для нормирования рабочей смены дополнительно оценивается количество стыковок (выполнение стыковки в условиях реального микрорельефа, на неподготовленной площадке пока еще проблематично) и шлюзований (как показатель расхода газа из гермообъема, даже при капсульном способе шлюзования).

Какое транспортное средство позволит персоналу станции эффективно оказывать эксплуатационную поддержку инфраструктурным объектам?

Луномобиль негерметичный, не содержащий гермокабины, систем обеспечения жизнедеятельности, шлюзования и стыковки, характеризуется более высоким уровнем безотказности. Вместе с тем негерметичный луномобиль, укомплектованный средствами питания и подзарядки скафандра расходными компонентами, значительно расширяет трудовые возможности космонавта, обеспечивая оператору

возможность отделяться от луномобиля для автономных действий на поверхности.

Сопоставляя комплектации луномобилей с заявленными критериями и учитывая имеющийся опыт выполнения космонавтом в скафандре технологических операций в локальном пространстве, можно заключить, что транспортное средство в комплектации «луномобиль негерметичный» приемлемо и целесообразно на начальном этапе освоения Луны в качестве модуля поддержки внекабинной деятельности экипажа на поверхности Луны для разведки и изучения окрестностей, геологических изысканий и сбора образцов, техобслуживания объектов инфраструктуры (рис. 6).

Существующая на Луне горнотехническая обстановка вызовет потребность в строительной землеройно-транспортной технике для обустройства строительных площадок, удаления крупных камней, закладки траншей. Одним из вариантов удовлетворения этой потребности является создание инженерной машины, обладающей высокой опорной проходимостью, управляемой как оператором, так и дистанционно. Оснащенная навесными рабочими органами, она будет совмещать в себе функции буксировщика, бульдозера, экскаватора и рыхлителя (рис. 7). Высокая надежность машины достигается отсутствием в ней гер-

мокабины с системой обеспечения жизнедеятельности, средств шлюзования, агрегата стыковки. Электропитание может осуществляться от отдельного аккумуляторного мобильного агрегата по кабелю, как это было апробировано в СССР при испытаниях электротракторов. Такая машина будет востребована и в национальных, и в международных программах освоения Луны. Для ее создания перспективным представляется сотрудничество России с ее опытом разработки луноходов и Белоруссии с опытом производства карьерно-экскаваторной техники [5].

Для изучения и исследования поверхности Луны в глобальном масштабе на последующих этапах понадобится обеспечивать доступ в любую географическую точку. Учитывая крайне пересеченный лунный рельеф, дальние и длительные путешествия грунтовым транспортом будут непродуктивными или невозможными. На Луне нет возможности для воздухоплавания и аэродинамического передвижения, отсутствуют водные пути сообщения.

Посадка с селеноцентрической орбиты во многие представляющие интерес точки лунного глобуса вряд ли целесообразна как с технической, так и экономической точки зрения. Исходя из предположения, что Луна на последующих этапах все-таки будет изучаться и исследоваться, автор считает назревшим

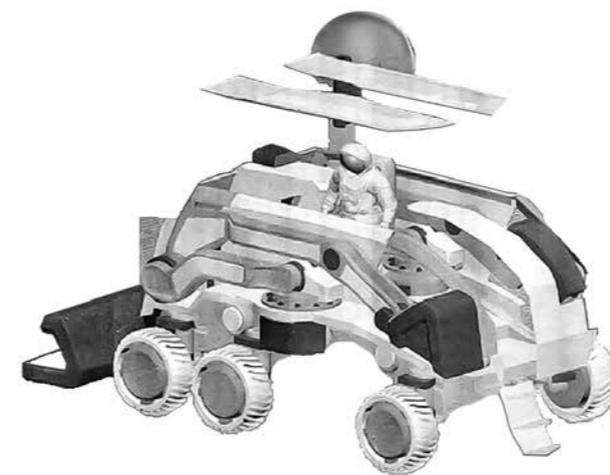


Рис. 7. Объемный концепт инженерной машины: буксировщик, бульдозер, экскаватор, рыхлитель (Академия имени С. Г. Строганова, 2017 г. Дипломный проект Д. Шабалиева)

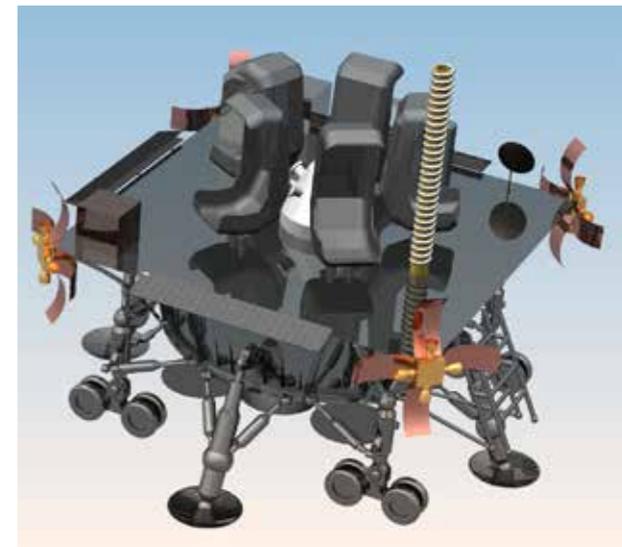


Рис. 8. Суборбитальный пилотируемый лунолет (МАИ, 2009 г. Дипломный проект И. Лебедева, А. Савалька)

для активного обсуждения вопрос о создании суборбитальной ракетной авиации и концептуальной разработки облика таких летательных аппаратов, которые позволят оперативно осуществлять десантные разведывательные и изыскательные экспедиции в отдаленные от лунной базы районы. Облик пилотируемого суборбитального лунолета в пассажирском варианте представлен на рис. 8 [5].

Можно ожидать сооружения канатных, монорельсовых трасс или даже маглев-поездов. Но земляне смогли бы внедрить на Луне вторую по исторической значимости для Земли рукотворную транспортную систему — железные дороги, причем с установкой рельсовых путей на опорах.

Негерметичный луномобиль, укомплектованный средствами питания и подзарядки скафандра расходными компонентами, значительно расширяет трудовые возможности космонавта: можно покидать луномобиль для автономных действий на поверхности.

ЛУНА — ПРОСТРАНСТВО И ОБЪЕКТ ГЕОПОЛИТИКИ

Геополитика — это образ действия государства и общества по отношению к пространству, который заключается в стремлении контролировать пространство во всех его проявлениях. Выше Луна была рассмотрена как физическое пространство трудовой деятельности. Каково видение Луны как геополитического объекта в свете международных отношений по истечении одной пятой XXI столетия?

Проект «Договора о Луне», подготовленный ООН в 1979 году, где была сделана попытка запретить коммерческое использование небесных тел, включая Луну, так и остался проектом. США, Россия, Китай, Индия и Япония его не подписали, что свидетельствует о намерениях этих государств сохранить за собой приоритет в использовании природных ресурсов инопланетных тел, в том числе и Луны. В исторической перспективе Луна становится целью колонизации и таким образом попадает в сферу геополитики как явления, объединяющего политические, географические и исторические факторы, оказывающие влияние на ресурсный потенциал и геостратегию государства.

При площади видимой части Луны 1,5·10⁷ кв. км площадь морей занимает 4,7·10⁶ кв. км, что почти в три раза меньше площади Антарктиды (14,107·10⁶ кв. км), почти в два раза меньше полуострова Европа (10,523·10⁶ кв. км), а площадь наиболее благоприятных для горнотехниче-



ибо политическая ситуация, которая складывается в настоящее время вокруг Арктики и Антарктики, то есть притязания государств на полярные области Земли, может служить моделью будущих международных отношений по правовым проблемам Луны.

Здесь уместно упомянуть факт утраты Россией Аляски как досадный пример государственной недальновидности. Должен быть раз и навсегда положен конец геополитическим ошибкам (Финляндия, Польша, Бессарабия, позже — бывшие советские республики), в наше время — линии разграничения в Беринговом проливе и по Амуру, чему будет препятствовать актуальная поправка, вводимая в Конституцию Российской Федерации.

Имеются ли привлекательные орографические регионы лунной поверхности, которые могут влиять на геополитику и процесс колонизации? Да, имеются. Это: 1) районы в области экватора: возможности экстренного отлета на Землю; 2) районы полюсов: освещенность и вероятность наличия воды; 3) границы морских и горных районов: изыскания полезных ископаемых.

Если более одного государства будут располагать научно-техническим потенциалом для регулярных полетов на Луну, она вновь станет ареной космического соперничества для тех, кто будет в состоянии в нем участвовать. В этом состоит «обратная сторона Луны». На международное сотрудничество космические агентства государств идут скорее в своих национальных интересах, чем в интересах общей задачи, стремясь таким путем повысить собственный рейтинг в космической деятельности. Поэтому надежды на плодотворное, рациональное международное сотрудничество в условиях политической и национальной разобщенности не представляются обоснованными, например заявления о Международном консорциуме по добыче ресурсов на Луне на основе проекта Artemida — без приглашения России. Существует вероятность того, что, несмотря на Договор по космосу 1967 года, поверхность Луны может быть разграничена наиболее успешными в космической деятельности странами на участки, которые будут заняты на правах первопроходцев, а не на основе антецедентных границ, устанавливаемых до освоения и заселения территорий. Это приведет к новой политической действительности, когда Луна становится объектом геополитики и не исключается появление политической карты Луны. Введение автором в оборот этих терминов [6, 7] продиктовано стремлением побудить российское научное сообщество к осмыслению данной проблемы и выработке идей и концепций проективной селенополитики, которые вели бы к обретению Россией достойного места на политической карте Луны.

В существующей политической и экономической обстановке вопрос о международной программе исследования и освоения Луны и участия в ней России остается открытым. Российское участие в международной лунной программе стало бы достойным вкладом в мировую космонавтику, но при полном суверенитете геополитики, которую Россия станет осуществлять, осваивая Луну самостоятельно.

По убеждению автора, как участника отработки действий экипажа на поверхности Луны в условиях моделирования 0,16 g, деятельность человека станет одним из решающих факторов эффективности процессов освоения Луны.

Луна — необходимый этап в развитии космонавтики.

Литература

1. Мировая пилотируемая космонавтика / под ред. Ю.М. Батурина. М.: РТСофт, 2005. С. 142, 155, 164, 165
2. **Полищук Г.М.** Как дотянуться до Луны // Российский космос. 2008. № 4. С. 22–27.
3. **Чертюк Б.Е.** Ракеты и люди. Т. 2. М., РТСофт, 2006. С. 376–380.
4. **Армстронг Н.** Исследование лунной поверхности // Земля и Вселенная. 1970. № 5. С. 30–36.
5. **Цыганков О.С.** Концептуальная модель формирования лунной исследовательской станции // Полет. 2008. № 12. С. 13–17.
6. **Николай Дорожкин.** Запах лунной пыли // Независимая газета. «НГ-Наука». 2008. 09 апреля.
7. **Цыганков О.С.** Луна в ракурсе человеческого фактора // Полет. 2007. № 11. С. 16–23.

References

1. Mirovaya pilotiruemaya kosmonavtika. Ed. Yu. M. Baturin. Moscow, RTSOFT, 2005, pp. 142, 155, 164, 165
2. **Polishchuk G.M.** Kak dotyanut'sya do Luny. Rossiyskiy kosmos, 2008, no. 4, pp. 22–27.
3. **Chertok B.E.** Rakety i lyudi. Vol. 2, Moscow, RTSOFT, 2006, pp. 376–380.
4. **Armstrong N.** Issledovanie lunnoy poverkhnosti. Zemlya i Vselennaya, 1970, no. 5, pp. 30–36.
5. **Tsygankov O.S.** Kontseptual'naya model' formirovaniya lunnoy issledovatel'skoy stantsii, Polet, 2008, no. 12, pp. 13–17.
6. **Nikolay Dorozhkin.** Zapakh lunnoy pyli. Nezavisimaya gazeta. «NG-Nauka», 2008. April 09.
7. **Tsygankov O.S.** Luna v rakurse chelovecheskogo faktora. Polet, 2007, no. 11, pp. 16–23.

© Цыганков О.С., 2020

История статьи:

Поступила в редакцию: 16.05.2020
Принята к публикации: 11.06.2020

Модератор: Плетнер К.В.

Конфликт интересов: отсутствуют

Для цитирования:

Цыганков О.С. Концепция трудовой деятельности в гипо-гравитационном пространстве Луны. Часть 2 // Воздушно-космическая сфера. 2020. №4. С. 34–43.

Политическая ситуация, которая складывается в настоящее время вокруг Арктики и Антарктики, может служить моделью будущих международных отношений по правовым проблемам Луны.

ской разработки и строительства участков составляет 2,6·10⁶ кв. км, что близко к площади Гренландии (2,17·10⁶ кв. км). Таким образом, не такая уж большая часть лунной поверхности может продуктивно и рентабельно использоваться. Сравнение с Антарктидой неслучайно,