

ВКС

ВОЗДУШНО-КОСМИЧЕСКАЯ СФЕРА
AEROSPACE SPHERE JOURNAL (ASJ)
Научно-технический журнал | Scientific and technical journal

3(100) 2019

ISSN 2587-7992

#НАША

#НЕБЕСНАЯ НАКОВАЛЬНЯ

МЕТАГАЛАКТИКА —
ЧЕРНАЯ ДЫРА

#NEW TECHNOLOGIES

#THE MOON

#ДОЛГОВРЕМЕННАЯ
ЛУННАЯ БАЗА

#КАК
ПОДЕЛИТЬ
ЛУНУ?



#Asgardia



Кирилл Валерьевич ПЛЕТНЕР,
главный редактор журнала
«Воздушно-космическая сфера»

Можно ли представить себе ситуацию, когда сердечный ритм всех землян в одно мгновение участится? И это будет сердцебиение радости? Когда все люди мира в один бесценный миг забудут распри и станут по-настоящему едины?

Так уже было.

Несколько миллиардов человек затаив дыхание прильнули к своим телевизорам и радиоприемникам и слушали диалог:

– Здесь все красиво и ровно.

– Можешь открыть люк, Нил...

Эти слова были произнесены 20 июля 1969 года, когда посадочный модуль «Орел» приземлился в Море Спокойствия и астронавт Нил Армстронг должен был открыть люк корабля и сделать первый шаг на Луну.

Спустя 50 лет мы вновь готовимся совершить самое захватывающее и полное приключений путешествие в истории человечества. Мы планируем быть на Луне через пять, максимум десять лет.

Но на этот раз у нас больше амбиций.

Нам мало просто прилететь и высадиться.

Мы хотим остаться, чтобы нарушить это «великолепное запустение». Построить на Луне базы, установить телескопы, начать добывать полезные ископаемые и сделать этот естественный спутник седьмым континентом Земли.

Но для этого нам нужно сделать одну очень простую вещь — научиться договариваться.

Published by KB-1 JSC
FOUNDER: SOCIUM-A JSC
The author of the idea is Igor Ashurbeyli
Leningradsky prospect, 80/16, Moscow, Russia
Tel.: +7 (499) 654-07-51, +7 (499) 654-00-40;
E-mail: info@oakb1.ru; vko@vko.ru
www.vesvks.ru

Издатель: АО «КБ-1»
УЧРЕДИТЕЛЬ: АО «СОЦИУМ-А»
Автор идеи – Игорь Ашурбейли
Россия, 125190, Москва, Ленинградский просп., д. 80, корп. 16;
Тел.: +7 (499) 654-07-51, +7 (499) 654-00-40;
E-mail: info@oakb1.ru; vko@vko.ru
www.vesvks.ru



Подписные индексы:
Каталог «Роспечать» – 82530
Каталог российской прессы – 10898

Тираж 1000 экземпляров
Отпечатано в типографии
ООО ИПО «Изумрудный город»

CONTENTS



EVENT

Asgardia News	6
---------------	---



TOPIC OF THE ISSUE: THE MOON

<i>/N. L. Burtseva/</i> Lev Zeleny: the Moon is “the Seventh Continent” of the Earth	10
<i>/S. V. Krichevsky/</i> The Exploration of the Moon: History, Model, Superglobal Project and Environmentally Friendly Technologies	16
<i>/A. V. Bagrov/</i> How to Share the Moon?	26
<i>/A. O. Mayboroda/</i> A Long-Term Lunar Base with Artificial Gravity and Minimum Weight Design	36
<i>/A. M. Pyzhov, D. A. Sinitsyn, I. V. Yanov, N. V. Lukashova, A. V. Bagrov, V. A. Leonov/</i> Protective Dome of the Manned Station on the Moon's Surface	44



SPECIAL OPINION

<i>/S. D. Khaytun/</i> The Geometry of Cosmic Space We Live in is the Internal Geometry of the Black Hole	50
--	----



ANALYTICS

<i>/V. Y. Klyushnikov/</i> Micro Launch Vehicles: the Segment in the Launch Services Market and Promising Projects	58
<i>/V. V. Adushkin, O. Yu. Aksenov, S. S. Veniaminov, S. I. Kozlov/</i> The Estimate of the Small Space Debris Danger for Space Activities and Near-Earth Ecology	72
<i>/N. N. Klimenko, K. A. Zanin/</i> New Generation of Satellites for Maritime Surveillance	82
<i>/A. G. Luzan/</i> New Structures of Air&Missile Defence Constellations in Theatres of Operations is the Imperative of Our Time	94



REPORT

<i>/N. L. Burtseva/</i> Prelaunch Talk	104
---	-----



HISTORY

<i>/V. P. Mikhailov/</i> The Anvil in the Sky	110
--	-----



PRODUCTION

<i>/L. V. Fokeyeva, N. N. Glazunova/</i> From the Cosmodrome to the Black Sea	118
--	-----

СОДЕРЖАНИЕ



СОБЫТИЕ

Новости Асгардии 6



ТЕМА НОМЕРА: ЛУНА

/Н. Л. Бурцева/
Лев Зелёный: Луна – «седьмой континент» Земли 10

/С. В. Кричевский/
Освоение Луны: история, модель, сверхглобальный проект и экологичные технологии 16

/А. В. Багров/
Как поделить Луну? 26

/А. О. Майборода/
Долговременная лунная база с искусственной гравитацией и минимальной массой конструкции 36

/А. М. Пыжов, Д. А. Синицын, И. В. Янов, Н. В. Лукашова, А. В. Багров, В. А. Леонов/
Защитный купол обитаемой станции на поверхности Луны 44



ОСОБОЕ МНЕНИЕ

/С. Д. Хайтун/
Геометрия космического пространства, в котором мы живем, – это внутренняя геометрия черной дыры 50



АНАЛИТИКА

/В. Ю. Ключников/
Ракеты-носители сверхлегкого класса: ниша на рынке пусковых услуг и перспективные проекты 58

/В. В. Адушкин, О. Ю. Аксёнов, С. С. Вениаминов, С. И. Козлов/
Об оценке опасности мелкого космического мусора для космической деятельности и экологии Земли 72

/Н. Н. Клименко, К. А. Занин/
Новое поколение космических аппаратов для наблюдения за морской обстановкой 82

/А. Г. Лузан/
Новые структуры группировок ПРО-ПВО на театрах военных действий – требование времени 94



РЕПОРТАЖ

/Н. Л. Бурцева/
Разговор перед стартом 104



ИСТОРИЯ

/В. П. Михайлов/
Небесная наковальня 110



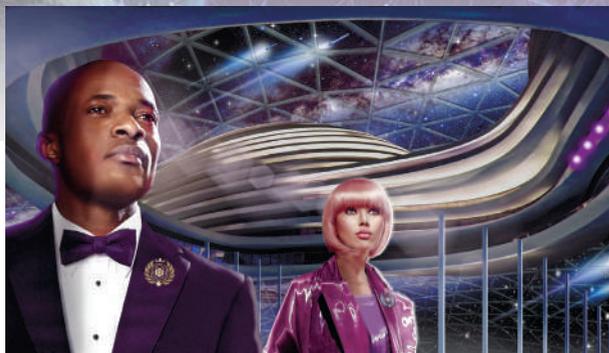
ПРОИЗВОДСТВО

/Л. В. Фокеева, Н. Н. Глазунова/
От космодрома до Черного моря 118

НОВОСТИ АСГАРДИИ



Материалы предоставлены пресс-службой Асгардии и пресс-службой И. Р. Ашурбейли



ДОРОГА В КОСМОС: СВЯЗУЮЩАЯ ЦЕЛЬ УЧЕНЫХ И ИНВЕСТОРОВ

14 – 16 октября 2019 года ученые, астронавты и представители космических организаций со всего мира соберутся в Дармштадте на I Научно-инвестиционный конгресс Асгардии.

Проложить дорогу в космическое пространство для всего человечества – главная миссия космического государства. I Научно-инвестиционный конгресс Асгардии будет посвящен поискам научных и технических решений для создания полноценной среды обитания в космосе, строительства космических ковчегов, где люди могли бы жить обычной жизнью, несмотря на окружающее безвоздушное пространство и отсутствие земного притяжения.

Ученые и инвесторы обсудят проблемы создания систем искусственной гравитации, защиты от радиации и замкнутой системы жизнеобеспечения, необходимой для длительного пребывания человека на орбите или в дальних полетах в условиях частичного или полного разрыва связей с Землей. Данная система должна включать энергообеспечение, снабжение водой и кислородом, питанием и иными ресурсами.

Лекции и презентации докладчиков затронут также темы физической, социальной и психологической адаптации человека в космическом пространстве.

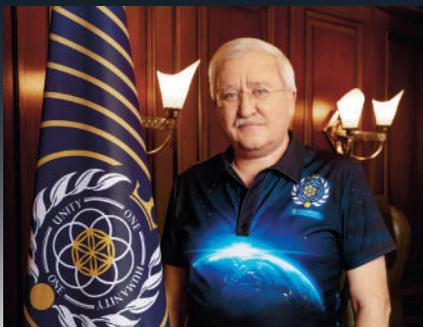
Отдельная сессия будет посвящена развитию космического туризма и коммерческим проектам освоения космоса.

В программе I Научно-инвестиционного конгресса Асгардии примут участие представители ведущих научно-исследовательских институтов мира, космических агентств, частных компаний, специализирующихся на разработках для космической отрасли.

I Научно-инвестиционный конгресс Асгардии – уникальный форум, объединяющий ученых и экспертов из разных областей науки и промышленности для совместной работы над будущим нашей планеты и будущим человечества в космосе.



Участники и организаторы конгресса



Глава Нации Игорь Рауфович АШУРБЕЙЛИ:

«Никогда прежде в истории человечества так много людей разных рас, народов и культур не объединялись ради одной высшей цели – развития человечества и его экспансии за пределы Земли. Мы создаем общество нового типа. Мы взяли на себя колоссальную ответственность за будущее всей цивилизации. Давайте же пройдем этот путь, руководствуясь принципом *per aspera ad astra* – "через тернии к звездам"!»



КОСМИЧЕСКАЯ ДЕМОКРАТИЯ СЕГОДНЯ

26 – 28 июля депутаты парламента и члены правительства Асгардии в четвертый раз собрались на цифровую сессию для формирования принципиально новой правовой системы – космической демократии.

Сессия прошла успешно, от начала и до конца в цифровом формате, без технических задержек. В ходе заседания были затронуты различные темы, представляющие интерес для асгардианцев.

В новом космическом государстве, имеющем трехлетнюю историю, почти все происходит впервые в мире. В частности, впервые парламент – главный законодательный орган страны – строит свою работу не очно, в зале парламентских заседаний, а в режиме онлайн, используя конференц-связь. Для этого специально создана техническая платформа, которая постоянно совершенствуется с учетом пожеланий и предложений депутатов.

Каждая сессия приносит новшества в работу парламента, и нынешняя не была исключением:

1. ВПЕРВЫЕ СЕССИЯ БЫЛА НА 100% ЦИФРОВОЙ

В парламент космического государства входят представители 42 стран мира. Дальние расстояния не мешали общению. Благодаря усовершенствованной цифровой платформе видео- и звуковая связь без помех соединяла людей из разных частей света.

По словам Лембита Опика, парламента Асгардии активно развивает культуру политической деятельности в цифровом пространстве, основанную на взаимном уважении и профессионализме.



Председатель парламента Асгардии Лембит Опик:
«Солнце всегда светит тем, кто стремится за горизонт!»

2. ВПЕРВЫЕ БЫЛА ИСПОЛЬЗОВАНА НОВАЯ СИСТЕМА ГОЛОСОВАНИЯ, РАЗРАБОТАННАЯ В АСГАРДИИ

Во время IV цифровой сессии впервые была задействована система электронного голосования, созданная для защиты принципов космической демократии. Данная система имеет несколько уровней безопасности, включая мощную защиту от DDOS-атак, несколько серверов резервного копирования и резервирования.

Система гарантирует, что ни члены парламента, ни кто-либо другой не смогут изменить или подделать результаты голосования после того, как голоса зарегистрированы.

3. ГОЛОСОВАНИЕ СТАЛО ОТКРЫТЫМ

Впервые все депутаты могли видеть, как проголосовали их коллеги. Это новшество парламент инициировал во время предыдущего заседания, руководствуясь стремлением обеспечить полную прозрачность законодательной деятельности. После того как счетная комиссия подведет итоги голосования, их представят широкой общественности — фолловерам и резидентам Асгардии.

4. ПАРЛАМЕНТ НАЧИНАЕТ ТЕСТИРОВАТЬ ИНТЕРНЕТ-МАГАЗИН

Председатель Комитета по гражданству Бен Делл начал дискуссии, касающиеся развития электронной коммерции в космическом государстве. В настоящее время проводится тестирование онлайн-магазина, который будет продавать товары под маркой Асгардии.

Экспериментальный онлайн-магазин послужит стартовой площадкой для развития электронной коммерции космического государства.

Мистер Делл объяснил, что магазин является своего рода прототипом дальнейшей деятельности предприятий Асгардии, специализирующихся на изготовлении и продаже лицензионной продукции и франшиз. Цель запуска магазина – проверить, как подобная деятельность по законам космической нации соотносится с законодательствами земных государств, с которыми предстоит взаимодействие.

5. ОБСУЖДЕНИЕ СОЗДАНИЯ ЦИФРОВОЙ КОСМИЧЕСКОЙ БИБЛИОТЕКИ

Председатель Комитета по информации и коммуникациям Деннис Шумейкер отчитался о работе над созданием цифровой космической библиотеки, которая будет доступна всем асгардианцам. Это очень важный, знаменательный проект, призванный объединить все имеющиеся знания и литературу о космосе.

Цифровая космическая библиотека объединит все знания человечества о космосе.

6. АСГАРДИЯ ПРИНЯЛА СМЕЛЫЕ РЕШЕНИЯ НА ПУТИ К ФИНАНСОВОЙ НЕЗАВИСИМОСТИ

Значительная часть дебатов была посвящена вопросу финансирования государства. Парламентарии обсуждали способы получения доходов Асгардией, в том числе резидентские сборы и прибыль от лицензионных сделок. Одна из самых интересных дискуссий касалась возможности открытия частных компаний в космическом государстве.

Джон Файн, председатель Комитета по торговле и коммерции, сообщил, что депутаты работают над целым рядом законодательных предложений, призванных расширить возможности для развития бизнеса в Асгардии.

Разрабатываются закон о бизнесе, закон о компаниях, закон о защите прав потребителей, закон об интеллектуальной собственности, закон о бизнес-грантах.

По словам председателя Комитета по производству Фернандо Хименеса Моте, его комитет работает над созданием AIS – Института стандартов Асгардии.

7. ОБСУЖДЕНИЕ ПРОБЛЕМ ЗАКОНОДАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Министр юстиции Маркус Гронбах подробно рассказал о проблемах, с которыми сталкиваются законодатели. Пока космическое государство не получит широкого международного признания, оно вынуждено действовать в сложном правовом поле, созданном из внутреннего законодательства и законодательства других стран, на сегодняшний день рассматривающих Асгардию как неправительственную организацию. Это препятствует развитию международных деловых взаимоотношений.

По словам Маркуса Гронбаха, необходимо разработать такие законы, которые будут учитывать защиту прав и интересов асгардианцев и одновременно соответствовать правилам тех стран, на территории которых Асгардия и ее граждане ведут бизнес.

Новая законодательная база позволит начать деловое сотрудничество более чем со 100 государствами мира.



МОСКОВСКИЙ ЛЕКТОРИЙ АСГАРДИИ

1 августа в конференц-зоне над арт-пространством выставки «Космос объединяет: время и пространство», организованной художником и заместителем председателя Комитета по культуре парламента Асгардии Светланой Пчельниковой, собрались любознательные, творческие люди, мыслящие шире, чем подразумевает повседневность. Именно такой взгляд на жизнь отличает асгардианцев, и именно на них ориентированы лекции.

Встречи планируется проводить четыре раза в сезон. Первую лекцию летнего сезона посвятили роботам и их взаимодействию с людьми.

Мероприятия в лектории проходят под эгидой мэра Асгардии в Москве Аксаны Прутцковой.

— Мы хотим поразмышлять над будущим, близким и далеким. Мы будем говорить о технологиях, дизайне, креативности — обо всем, что выводит человеческий разум и жизнь за рамки обыденности. Цель — объединить увлеченных людей разных профессий, чтобы они почувствовали себя частью большого и близкого им по духу сообщества, помочь им обменяться идеями, ведь все самое интересное и гениальное рождается на стыке дисциплин и направлений. Собственно, для этого и создавалась Асгардия, — считает Аксана.

Миссия Асгардии — развить технологии до такого уровня, чтобы человечество могло жить в космосе, — тесно переплетается с философией. Ведь технический прогресс меняет нашу жизнь и влияет на наше самосознание. Вот и тема первой лекции в лектории космического государства спровоцировала философскую дискуссию.

Роботы уже давно помогают людям там, где сложно, там, где опасно, и там, где однообразно. Но люди все еще боятся, что искусственный интеллект однажды возобладаст над человеческим.



Аксана Прутцкова



Андрей Гаврилюк

Павел Попов, инженер, сотрудник центра «Робототехника и автоматика» МГТУ имени Н. Э. Баумана, один из разработчиков робота-коммуникатора «Промобот», постарался развеять эти страхи. Роботы — это, прежде всего, интересно, считает он. Они давно уже вокруг нас.

Следующая лекция состоялась 8 августа по тому же адресу: Тишинская площадь, дом 1, выставочный центр «Т-модуль». Светлана Пчельникова, парламентарий Асгардии, художник, автор кукол, президент Международного объединения авторских кукол и член Британской кукольной ассоциации, рассказала о креативности и о том, как творческому человеку найти свое место в жизни.

Третья встреча в летнем лектории прошла в российской столице 15 августа. Мэр космического государства в Москве Аксана Прутцкова пригласила выступить перед асгардианцами Андрея Гаврилюка, кандидата физико-математических наук, преподавателя Высшей школы экономики. За час Андрей сумел доказать своим слушателям, что на свете нет людей, неспособных к математике.

LEV ZELENY:

THE MOON IS "THE SEVENTH CONTINENT"
OF THE EARTH

A close-up portrait of Lev Zelenny, a middle-aged man with short, light-colored hair, wearing glasses, a dark suit jacket, a light-colored shirt, and a dark red tie. He is looking slightly to the right of the camera with a neutral expression. The background is dark and out of focus, with some bokeh light spots.

ЛЕВ ЗЕЛЁНЫЙ:

ЛУНА – «СЕДЬМОЙ КОНТИНЕНТ» ЗЕМЛИ

Natalia L. BURTSEVA,
Professor of RSUH Mass-Media Institute
(Division for Journalism), Ph.D. student,
Korolev, Russia,
natalya.burtseva@rsce.ru



Наталья Леонидовна БУРЦЕВА,
преподаватель факультета журналистики
Института массмедиа РГГУ, аспирант,
Королёв, Россия,
natalya.burtseva@rsce.ru

ABSTRACT | 12 September 1959 the “Luna-2” Soviet interplanetary automatic station was launched. 14 September 1959 it became the first vehicle that reached the lunar surface. That was the second successful launch in the framework of the “Luna” Soviet space programme.

Our correspondent had a talk with the Academician of the RAS, Dr. Sci. (Physics and Mathematics), Professor Lev Matveyevich Zeleny. The following topics were discussed: the beginning of deep space exploration, why the rotational method is the best for lunar development, what lunar dust is hazardous to.

Ключевые слова: *the “Luna-2” Soviet interplanetary automatic station, solar wind, the Moon impact make-up model, space radiation, gravity, lunar dust, Lunar Reconnaissance Orbiter, lunar research neutron detector*

АННОТАЦИЯ | 12 сентября 1959 года была запущена советская межпланетная автоматическая станция «Луна-2». 14 сентября 1959 года именно этот аппарат впервые достиг поверхности Луны. Это был второй успешный запуск в рамках советской космической программы «Луна».

О начале изучения дальнего космоса, о том, почему вахтовый метод – лучший для освоения Луны и чем опасна лунная пыль, наш корреспондент побеседовал с академиком РАН, доктором физико-математических наук, профессором Львом Матвеевичем Зелёным.

Ключевые слова: *межпланетная автоматическая станция «Луна-2», солнечный ветер, модель ударного формирования Луны, космическая радиация, гравитация, лунная пыль, Lunar Reconnaissance Orbiter, лунный исследовательский нейтронный детектор*

— Как в вашу жизнь вошел космос?

— Я с детства интересовался историей изучения и покорения космоса. Прочел книги Б. Е. Чертока, все четыре тома, что называется, от корки до корки. Я был восхищен мужеством и настойчивостью наших предшественников, тем, как много они сделали, несмотря на колоссальные трудности. Но в определенном смысле им было легче. Мы сейчас жалуемся на недостаток времени, денег, внимания руководства — у них все это было. Благодаря этому они и открыли дверь в космос. Конечно, их достижения мотивировались политикой, соревнованием с американцами, но это не умаляет их вклада в науку. И даже кажущиеся неудачи первых проектов оказывались удачными.

В начале 1950-х годов американский теоретик Юджин Паркер предположил, что солнечная ко-

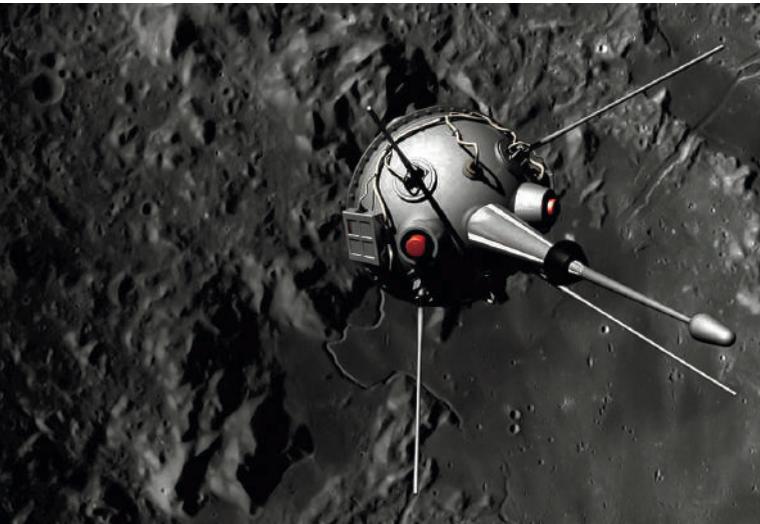
рона не находится в равновесии, так как плазма должна постоянно растекаться, ускоряясь. В честь Паркера американцы назвали новую миссию, которая сейчас летит к Солнцу, космический зонд «Паркер». Но в то время его догадка повисла в воздухе. Никто не мог проверить ее, потому что космические аппараты первых лет летали около Земли. А Земля закрыта от Солнца и его плазмы достаточно мощным магнитным полем. Это были годы великих открытий околоземного космоса, но дальний за пределами 100 тысяч километров, где перестает действовать магнитная оболочка земли, — был неизвестен.

— Выходит, что аппарат «Луна-1» открыл солнечный ветер?

— Выходит, так. Советский аппарат «Луна-1» вышел в дальнее космическое пространство и направился к Луне. На нем были установлены плазменные датчики — они и зафиксировали мощный поток в абсолютной пустоте.

Оказалось, что пространство между Землей и Солнцем заполнено горячей, быстро движущейся (300–400 километров в секунду), но очень разреженной плазмой — в одном кубическом сантиметре всего несколько частиц.

**ДАЖЕ КАЖУЩИЕСЯ НЕУДАЧИ
ПЕРВЫХ КОСМИЧЕСКИХ ПРОЕКТОВ
ОКАЗЫВАЛИСЬ УДАЧНЫМИ.**



«Луна-1» – советская автоматическая межпланетная станция для изучения Луны и космического пространства. Первый в мире космический аппарат, достигший второй космической скорости и преодолевший притяжение Земли, был запущен 2 января 1959 года.

Это было первое прямое подтверждение того, что между Землей и Солнцем существует поток солнечной плазмы, или, как красиво назвали, солнечный ветер.

Иногда даже неудача дает интересные результаты. В то время об этом много не писали: появилась информация, что Советский Союз запустил зонд в сторону Солнца. О том, что он промахнулся, не говорили. Но на данный момент в научных журналах появились статьи об открытии солнечного ветра, и сейчас наш приоритет признан.

— Для чего землянам нужна Луна?

— Луна — часть нашей жизни, это отражено даже в фольклоре. Кроме того, она сыграла важнейшую роль для нашей планеты.

Нет единого мнения о том, как возникла Луна: есть семь-восемь моделей, каждая из которых имеет свои подтверждения. Но все-таки центральная модель — это модель мегаимпакта, столкновения Земли с большим телом (размером с Марс), которое срезало ее верхние слои. Они расплавились и образовали Луну. Некоторое вре-

ЗАГАДКИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЗЕМЛИ, СОЛНЦА, САМОЙ ЛУНЫ И ВСЕЙ ВСЕЛЕННОЙ МОЖНО РАЗГАДАТЬ С ПОМОЩЬЮ ЭКСПЕРИМЕНТОВ НА ЛУНЕ.

мя после этого Луна была очень близка к Земле, а потом постепенно отдалялась, пока не затормозилась и не попала в резонанс. С тех пор она всегда обращена к нашей планете одной стороной.

Помимо приливов, Луна влияет на Землю тем, что, подобно маятнику, стабилизирует ее вращение. Ось Земли — это парная система, она более устойчива, чем, допустим, ось Марса. У последнего нет такого спутника, и многие ученые считают, что именно поэтому ось его вращения так дестабилизировалась под воздействием Юпитера.

Луна важна как источник света в ночи. Козьма Прутков говорил: «Почему для нас месяц важнее солнца? Потому что солнце светит днем, когда и так светло. А месяц светит ночью».

Я бы даже не говорил о Луне как о каком-то отдельном объекте — это «седьмой континент» Земли, особенно если учитывать механизм ее формирования.

— А с практической точки зрения: зачем нам Луна?

— Люди любят задавать этот вопрос, и на него трудно ответить, потому что прямой практической пользы от Луны сейчас нет.

Было много энтузиастов, которые говорили о добыче гелия-3, но это лишь фантазии.

Сегодня мы рассматриваем возможность создания на ней системы научных обсерваторий: радиоастрономических, обсерваторий для исследования космических лучей. То есть Луна дает возможность проникнуть в более дальний космос. И загадки возникновения Земли, Солнца, самой Луны и всей Вселенной мы можем разгадать посредством экспериментов на Луне. Некоторые из них можно провести и на тяжелых вращающихся спутниках, но Луна как площадка для такой обсерватории гораздо удобнее.

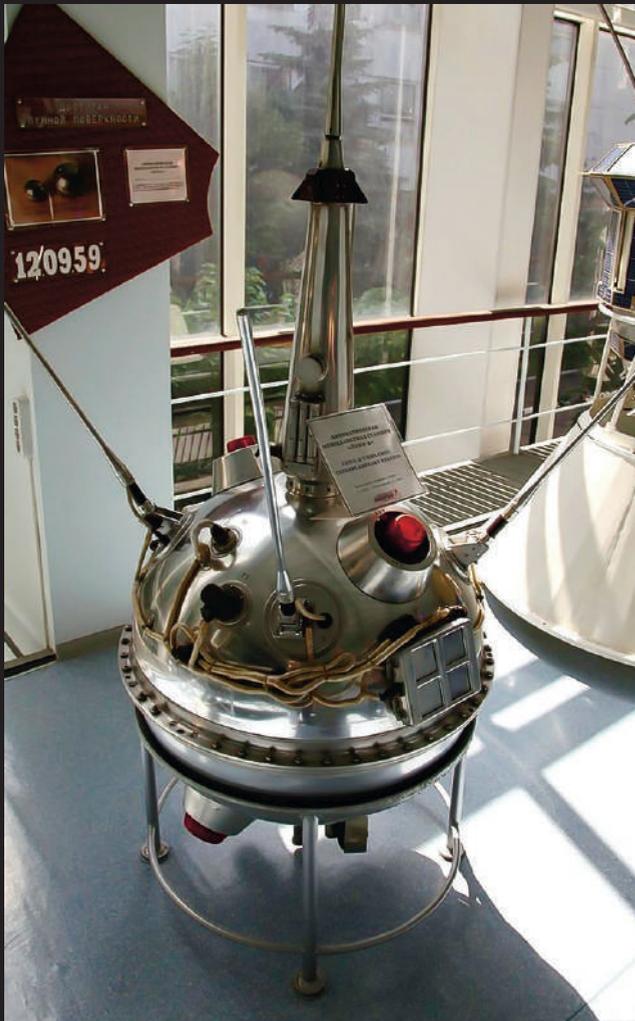
— Для этого необходимо присутствие человека?

— В этом контексте освоение Луны можно сравнить с освоением Арктики. С развитием робототехники все больше работ не только в тяжелых районах, но и в средней полосе выполняются автоматами. По моему мнению, человеку нужно будет полететь на Луну, но работать там так же, как в Арктике, вахтовым методом.

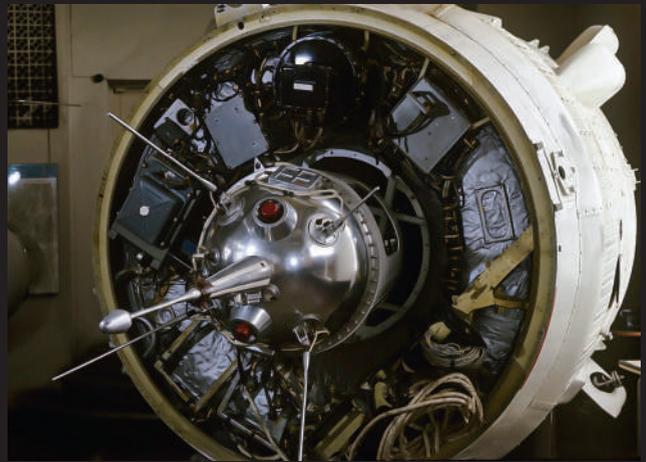
Безусловно, определенные действия может производить только человек, и по ходу освоения мы будем понимать — какие именно. Как говорил Наполеон: главное — ввязаться в бой, а потом уже его выигрывать.

— Какие именно опасности грозят человеку на Луне?

— Есть несколько факторов: первый — это радиация. Помня о магнитном поле, мы этот



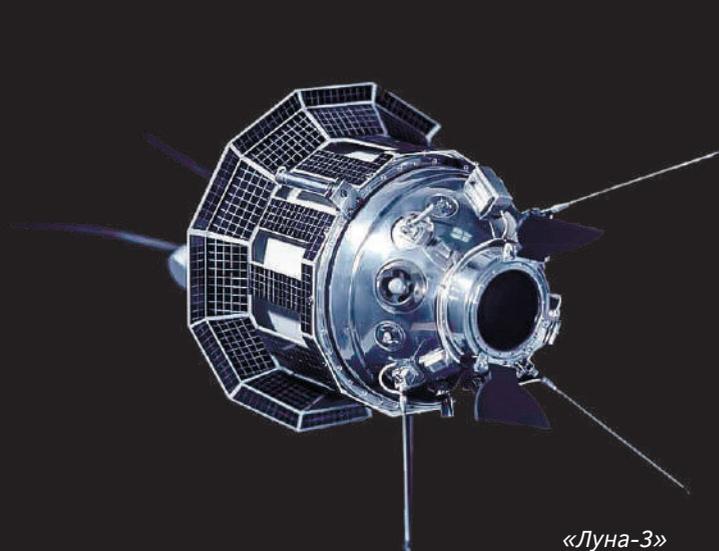
Аппарат «Луна-2» в музее РКК «Энергия»



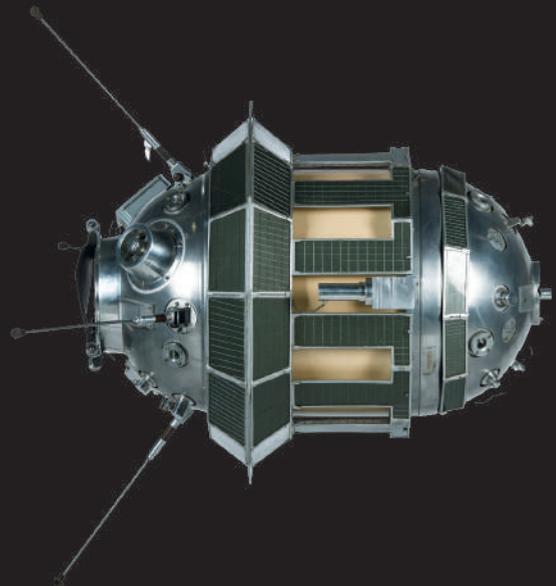
Аппарат «Луна-2» и третья ступень ракеты-носителя



Макет аппарата «Луна-3»



«Луна-3»





Траектория полета аппарата «Луна-3»

фактор учитываем, но, быть может, недооцениваем. Последние исследования российских ученых из Института медико-биологических проблем РАН (ИМБП) показали, что в составе радиации присутствуют не только солнечные частицы, но и очень тяжелые частицы лучей космических энергий, которые имеют такую пробивную силу, что могут повреждать нервные клетки. То есть речь идет не о каких-то отдаленных последствиях типа лучевой болезни, но о немедленных поражениях когнитивных функций. Естественно, подобные эксперименты над человеком никто не ставил. За то короткое время, на которое астронавты «Аполлона» летали на Луну, эффекты могли не проявиться. Это редкие риски, но от них невозможно защититься, потому что они не изучены и, следовательно, непредсказуемы.

Солнечная радиация немного слабее, и за эти годы мы научились предсказывать ее действие.

Перелет до Луны занимает немного времени, а на Луне можно построить укрытие. Это не так сложно — полтора-два метра лунного реголита дадут достаточно хорошую защиту, которую не смогут пробить опасные частицы. Можно делать по предложению Бармина — ставить конструкции и сверху насыпать реголит. Это один из вариантов, есть и другие решения. Таким образом, от радиации, помимо короткого времени перелета, можно защититься.

**“ НЕОБХОДИМО ВОССТАНОВИТЬ
ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
ЛУННОЙ МОБИЛЬНОСТИ. ”**

Второй фактор — гравитация. Космонавты привыкают к невесомости, в которой проводят по полгода — но это требует постоянных упражнений. На луне гравитация одна шестая, и этот уровень никто никогда не воспроизводил. Сейчас даже нет возможности ответить на вопрос: как будет реагировать на нее человеческий организм? Как на близкую к нормальной земной гравитации или как на невесомость?

Вероятнее всего, люди, которые проведут на Луне несколько лет, смогут адаптироваться, но на Землю они никогда не вернуться: их кости станут слишком слабы. Это билет в один конец.

И третий фактор — лунная пыль, то, чем я сейчас как раз занимаюсь. С точки зрения специалиста по плазме лунная пыль очень интересна. Она похожа на плазму, но состоит не из неонов и электронов, а из тяжелых пылевых частиц размером в десятки и сотни нанометров, до микрометра. Эти частицы заряжаются за счет фотоэффекта от солнечного излучения, приобретают заряд и начинают парить. Образуется среда — пылевая плазма, она очень липкая. Американский астронавт Серна много писал об этом. На всех астронавтов налипала эта пыль и вызывала раздражение, вплоть до воспалений. Если посмотреть на известную фотографию Юджина Серны, можно увидеть, что вся его кожа в повреждениях от лунной пыли. Пахнет она, по его описанию, как использованный порох. Они знали об этой опасности, но полностью так и не смогли от нее предохранились.

По всей видимости, лунная пыль будет большей проблемой еще и потому, что она наэлектризована.

Все это говорит о том, что ко времени прилета человека на Луну автоматы уже должны будут построить укрытия, обеспечить средства защиты.

— Луна интересна и важна в изучении, почему же лунная программа так нестабильна?

— Дело в том, что не было определенных и утвержденных задач для нее. Но сейчас ситуация изменилась. В конце 2010-х годов заработал наш прибор на американском аппарате ЛРО (Lunar Reconnaissance Orbiter) — Land, который показал, что в полярных областях Луны есть запасы воды под поверхностью. Это дало новый импульс всем лунным исследованиям: стало ясно, что там делать и что искать. Полярные области в то время никто не исследовал. И наша нынешняя программа заострена на их изучении. Мы делаем два посадочных аппарата. Один должен улететь в 2021 году, другой — в 2023–2024-м — «Луна-25» и «Луна-27», и орбитальный аппарат — в 2026 году.

Такие значительные номера оттого, что мы ведем счет от советских аппаратов, последний

из которых назывался «Луна-24» (1976 год). Так мы утверждаем, что, по выражению Ньютона, «стоим на плечах великих предшественников».

— Что наука сегодня может дать производству и наоборот?

— РКК «Энергия» сейчас занята пилотируемой частью этой программы. Раньше работа велась раздельно: что-то делали в Академии наук, что-то — в НПО имени С. А. Лавочкина. Сейчас возникает целостная программа. Она состоит из двух частей: проекты по федеральной космической программе и проекты по сверхтяжелой ракете. Последняя как раз создается в РКК «Энергия», и туда включены работы, непосредственно не связанные со сверхтяжелым носителем, но связанные с освоением Луны.

Конечно, для освоения Луны нужны серьезные технологии, но прежде всего — мобильность. В этом смысле интересны и перспективны лунные роверы — луноходы, которые были изобретены у нас в стране. Но уже нет ни людей, ни предприятий, производящих эти замечательные конструкции. Я считаю, что технологию лунной мобильности нужно восстановить. Также необходимо разработать методики строительства убежищ — сейчас есть только наброски в этом отношении. Нельзя забывать и о поисках новых источников энергии: вся эта техника потребует большого ее количества. Полярные области Луны не богаты светом — поэтому там и сохранился водяной лед. Солнечной энергии будет недостаточно: на Луне потребуются ядерная энергетика. И этим уже занимаются наши ученые.

— Какую роль сыграли «Луна-1», «Луна-2» и другие аппараты в изучении спутника Земли?

— Первое столкновение с Луной — первое попадание того, что сделано на Земле, на другое небесное тело — можно, в определенном смысле, сравнить с первым шагом человека по Луне. Это действительно историческое достижение, так же как облет планеты и фотографии обратной стороны. Они вышли не особенно качественными, но мы впервые увидели Луну с этого ракурса и узнали, что там все по-другому. Вне всякого сомнения, это связано с историей возникновения планеты, с некими мощными воздействиями.

Относительно обратной стороны Луны тоже есть мысли и планы. В частности, на ней можно разместить радиоастрономические комплексы: ведь они будут полностью защищены от электромагнитных воздействий Земли, и, следовательно, появится возможность получить высокую электромагнитную частоту.



Вымпел аппарата «Луна-2»

© Бурцева Н. Л., 2019



История статьи:

Поступила в редакцию: 12.08.2019

Принята к публикации: 27.08.2019

Модератор: Плетнер К. В.

Конфликт интересов: отсутствует

Для цитирования:

Бурцева Н. Л. Лев Зелёный: Луна – «седьмой континент» Земли // Воздушно-космическая сфера. 2019. №3. С. 10-15.

THE EXPLORATION OF THE MOON: HISTORY, MODEL, SUPERGLOBAL PROJECT AND ENVIRONMENTALLY FRIENDLY TECHNOLOGIES

Sergey V. KRICHEVSKY,
*Dr. Sci. (Philosophy), Professor, Chief Researcher, S.I. Vavilov
Institute for the History of Science and Technology of the Russian
Academy of Sciences (IHST RAS), Moscow, Russia,
svkrich@mail.ru*

ABSTRACT | In the XXI century the problem of the exploration of the Moon is relevant for the space activities of the world community and in Russia. The history and periodization of research and exploration of the Moon are briefly considered. A general model of exploration of the Moon is represented. A general superglobal project "The Exploration of the Moon" covering the whole set of projects is proposed. Examples of environmentally friendly and clean technologies and projects are classified and described. The main conclusions and recommendations are formulated.

Ключевые слова: *the exploration of the Moon, activity, history, classification, space, model, forecast, superglobal project, environmentally friendly and clean technology, humanity*

ОСВОЕНИЕ ЛУНЫ:

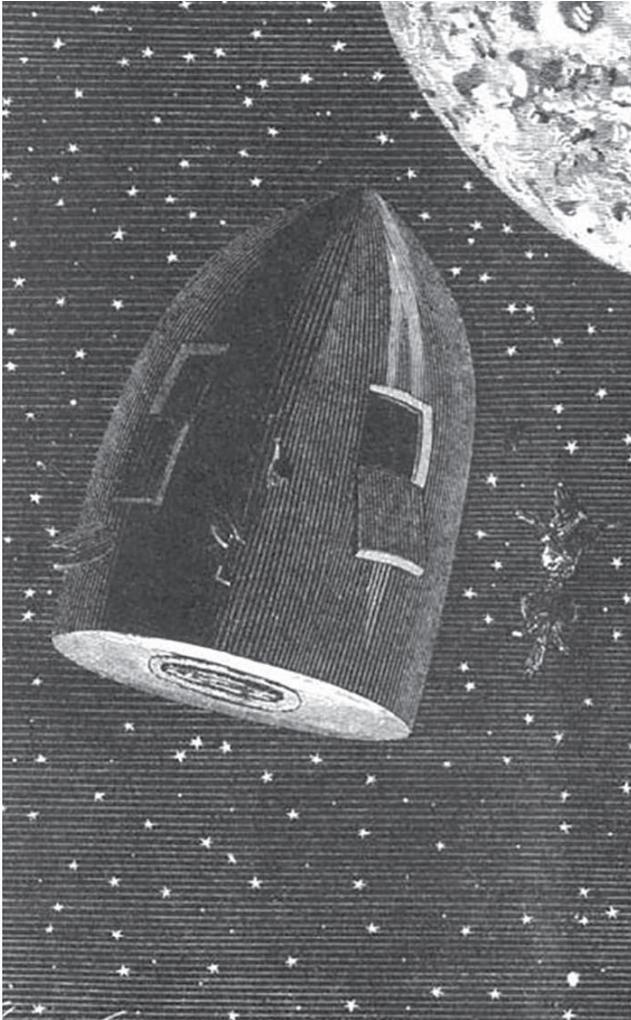
ИСТОРИЯ, МОДЕЛЬ, СВЕРХГЛОБАЛЬНЫЙ ПРОЕКТ И ЭКОЛОГИЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ



Сергей Владимирович КРИЧЕВСКИЙ,
доктор философских наук, профессор, главный
научный сотрудник Института истории
естествознания и техники имени С.И. Вавилова
РАН, Москва, Россия,
svkrich@mail.ru

АННОТАЦИЯ Проблема освоения Луны актуальна для космической деятельности мирового сообщества и России в XXI веке. Кратко рассмотрена история и сделана периодизация исследований и освоения Луны. Представлена общая модель процесса освоения Луны. Предложен единый сверхглобальный проект «Освоение Луны», охватывающий все множество проектов. Приведены классификация и описание примеров экологичных, чистых технологий и проектов. Сформулированы основные выводы и рекомендации.

Ключевые слова: освоение Луны, деятельность, история, классификация, космос, модель, прогноз, сверхглобальный проект, экологичная и чистая технология, человечество



Фантастический образ до начала освоения Луны.
Иллюстрация к роману Ж. Верна «Вокруг Луны» (1869)

Луна — идеальный объект для освоения с чистого листа: почти не тронутая поверхность и окружающая среда без биосферы, территориальных, политических и экономических границ. Но человечество до сих пор не договорилось, как осваивать Луну

ВВЕДЕНИЕ

Луна как естественный спутник Земли обладает уникальными свойствами и ресурсами, необходимыми для выживания и развития человечества. Проблема исследований и освоения Луны — сложная, актуальная, имеет длинную предысторию, теоретические и практические аспекты. Она на повестке мирового сообщества в XXI веке: в США, России, КНР, ЕС, Индии, Японии и других странах началась новая «лунная гонка».

Известно множество исследований, проектов, технологий и соответствующих публикаций сторонников освоения Луны, среди которых С. П. Королёв, В. П. Глушко, Б. Е. Черток, Э. М. Галимов, Л. М. Зелёный, И. Маск и другие, их число растёт. В 2019 году тема освоения Луны важна и в связи с юбилейными датами — достижениями в истории освоения Луны, новыми проектами и результатами полетов на Луну (КНР, Израиль, Индии и др.), планами США обеспечить присутствие людей на Луне к 2024 году, разработкой в РФ проекта лунной программы [1–14].

Освоение Луны — процесс исследования и использования человечеством ее свойств и ресурсов в земной и космической деятельности (КД), в том числе для расселения вне Земли. Изучение процесса освоения Луны необходимо для анализа, прогноза, коррекции КД в России и мире, перехода к новым технологиям, экспансии на Луну, Марс и далее.

Ситуация интересна, сложна и противоречива. Луна — идеальный объект для освоения с чистого листа: почти не тронутая поверхность и окружающая среда (ОС), без биосферы, территориальных, политических и экономических границ. Но человечество до сих пор не договорилось, как осваивать Луну, а процесс освоения уже идет.

Для успешного и эффективного освоения необходимы новые правила игры, общая стратегия и единый большой проект, значительные средства и новые технологии, объединение и распределение усилий мирового сообщества, сотрудничество космических и других государств в балансе с решением насущных проблем на Земле.

1. КРАТКАЯ ИСТОРИЯ И ПЕРИОДИЗАЦИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ И ОСВОЕНИЯ ЛУНЫ

Целенаправленные исследования Луны начались более 2200 лет назад на основе визуальных наблюдений и математических вычислений. В III веке до н. э. Аристарх Самосский определил расстояние до Луны и ее диаметр. В 1610 году Галилео Галилей с помощью своего телескопа впервые обнаружил горы и кратеры на Луне (по: [1, с. 44–45, 136–137]). Впоследствии учеными были составлены подробные карты поверхности видимой стороны Луны, причем с середины XIX века — на основе фотографий, а обратную сторону начали исследовать с применением космической техники в 1959 году [3, 4, 6, 7].

Первый период исследования и освоения Луны до начала космической эры (до конца 50-х гг. XX века). Визуальные и инструментальные наблюдения Луны с Земли (с ее поверхности, затем и с летательных аппаратов в атмосфере), возникновение идей, концепций, гипотез, теорий, произведение расчетов, измерений, оценок, связанных с происхождением, эволюцией и свойствами Луны.

Второй период исследования и освоения Луны в космическую эру (с конца 50-х гг. XX века). В дополнение к исследованиям с Земли началось применение беспилотных и пилотируемых космических аппаратов, в том числе и с участием людей, в окололунном пространстве и на Луне.

2019-й — год важных дат лунной истории: 60 лет первых полетов автоматических станций к Луне. «Луна-1» пролетела примерно в 6000 километров, «Луна-2» достигла поверхности Луны, «Луна-3» сделала и передала первые фотографии обратной стороны Луны (1959, СССР). 50 лет первой высадки людей на Луну и первого шага человека по ней (Н. Армстронг, 1969, Apollo-11, США) [3, 4, 6, 7].

В 60–70-х гг. XX века происходила первая «лунная гонка» с участием СССР и США за приоритет в освоении Луны, доставке на нее первого человека и флага страны. Эту гонку выиграли США.

В нашей стране в тот период были разработаны проекты освоения Луны, в том числе лунных баз и поселений, которые не реализовались (например, большой проект «Барминград» [9]).

В 10-х гг. XXI века, в наступающем третьем периоде космической эры, началась новая, вторая всемирная «лунная гонка». Ее сверхзадача — «второе пришествие» человека на Луну и создание там постоянной инфраструктуры, баз, промышленности, полноценного космического хозяйства — в дополнение к земному хозяйству человечества, в парадигме освоения космоса и создания космического человечества [8, 15].



2019-й — год
важных дат лунной
истории: 60 лет
первых полетов
автоматических
станций к Луне
и 50 лет первой
высадки людей
на Луну

2. ОБЩАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ОСВОЕНИЯ ЛУНЫ

Кроме существующих моделей Луны как объекта исследования и освоения, необходима общая модель процесса освоения Луны, которая должна охватывать основные сценарии, приоритеты, перспективы и т. д. В отличие от известных стратегий и проектов промышленного освоения Луны (например, см.: [3]), предлагается «всеобъемлющий» подход и сверхглобальный проект полного освоения Луны человечеством (см. также в п. 3).

Сценарии. Есть два основных сценария освоения Луны:

Первый сценарий. Сбалансированный, «дедуктивный». Разработка и принятие общих правил игры, решений и ограничений на освоение Луны, поверхности, недр, ресурсов с учетом приоритетов, зонирования, этапов, экологических и других аспектов, создание общих институтов под эгидой ООН, совместная деятельность на Луне под контролем международных институтов при минимизации противоречий и конфликтов.

Второй сценарий. Экстремальный, «индуктивный». Торможение и/или игнорирование общих правил игры, хаотическое освоение Луны, ее территории и ресурсов традиционным путем реализации права первого и сильного — по аналогии с опытом экспансии на Земле, например золотой лихорадки. «Лунная лихорадка», направленная на выделение, захват и монопольное хищническое использование наиболее ценных участков и ресурсов, породит множество противоречий и острых конфликтов, в том числе военных.

Возможны различные варианты реализации для каждого сценария. Условно выделим минимальный, оптимальный, максимальный варианты, которые могут прорабатываться с учетом приоритетов и других аспектов освоения Луны.

Приоритеты освоения Луны необходимо формировать и корректировать на основе ценностного подхода, с учетом зонирования ее территории, этапов, рисков, ограничений, экономических и технологических возможностей, перспектив и т. д.

Зонирование территории для эффективного освоения Луны необходимо в целях: 1) размещения научной, производственной, жилой, транспортной инфраструктуры, а также системы защиты от астероидно-кометной опасности; 2) добычи полезных ископаемых; 3) защиты и восстановления ОС; 4) поиска и сохранения объектов и памятников природного и культурного наследия (к ним относятся уникальные природные объекты — ландшафты, горные породы, кратеры, вершины гор, пещеры, метеориты и др.; первые тех-

нические объекты на Луне и следы ее освоения). В России и мире ведется зонирование территории Луны на основе картографирования, зондирования поверхности и недр, разведки, оценки полезных ископаемых, в том числе распределения воды, металлов и т. д. Определены места для постоянных лунных баз, поселений людей в районе Южного полюса с учетом комплекса факторов (ландшафта, рельефа, освещенности, видимости с Земли, наличия воды и других полезных ископаемых), важные участки на полюсах и обратной стороне Луны и др. [2-4, 6, 7].

Перспективы освоения Луны представим как оптимистический прогноз из трех этапов:

Первый этап. Создание научной, промышленной, обитаемой инфраструктуры, постоянных научных баз, промышленных объектов, поселений людей, то есть космического хозяйства на Луне, информационных, энергетических, транспортных коммуникаций в системе «Земля + Луна», с применением новых технологий (роботов, 3D-печати и др.), — в XXI — XXII веках.

Второй этап. Полное включение Луны, ее космического хозяйства в хозяйство земной цивилизации человечества, в XXII — XXIII веках.

Третий этап. Создание автономной космической цивилизации — космического человечества с постоянной жизнью людей на Луне — с XXIII — XXVI веков.

Риски и ограничения в процессе освоения Луны: политические, экономические, технологические, военные, медико-биологические, социальные, социокультурные, экологические и др. Управление ими имеет особое значение для безопасности и выживания людей на Луне, включая ее колонизацию и репродукцию людей в перспективе.

3. ЕДИНЫЙ СВЕРХГЛОБАЛЬНЫЙ ПРОЕКТ «ОСВОЕНИЕ ЛУНЫ»

Сверхглобальный проект «Освоение Луны», предложенный автором в 2018 году [8, р. 98–99], охватывает все множество проектов освоения Луны и будет реализовываться человечеством веками, вплоть до ее полного освоения (оптимистический прогноз).

Цель и сверхзадача сверхглобального проекта: полное включение Луны в сферу КД для исследований, использования ее природных ресурсов, расселения людей, отработки новых технологий, техники, систем жизнедеятельности, безопасности, для экспансии на Марс и т. д.

Данный сверхглобальный проект необходимо реализовать во «всеобъемлющей» постановке, по первому — сбалансированному — сценарию в виде трех этапов, изложенных в п. 2 «Общая модель процесса освоения Луны».

Человечеству предстоит путь в дальний космос через освоение Луны: назрело ее включение в космическое хозяйство и в структуру системы защиты от астероидно-кометной опасности

Предстоит идти в дальний космос через освоение Луны: назрело ее включение в космическое хозяйство в дополнение к земному, в структуру системы защиты Земли от астероидно-кометной опасности и т. д.

Целесообразно использовать опыт исследований Луны в XX–XXI веках, новые знания, технологии, проекты, заделы. Лидирующими акторами процесса освоения Луны могут стать новое космическое сообщество — государство Asgardia и Всемирный космический союз [15].

Для реализации сверхглобального проекта «Освоение Луны» вначале предстоит создать новые правила игры, институты общества, технологии, в том числе для жизнедеятельности и безопасности людей на Луне. Затем — надежные, эффективные коммуникации, взаимодействие с Землей, научную, промышленную деятельность на основе местных ресурсов, далее — постоянные базы, поселения людей на Луне, организовать использование и охрану ОС с учетом особенностей Луны, околоземного, окололунного пространств, с применением новых экологических, чистых технологий и проектов [8, 10].

4. ЭКОЛОГИЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ПРОЕКТЫ ОСВОЕНИЯ ЛУНЫ

Методологический аспект. Экологичные, чистые, «зеленые» технологии и проекты автор исследует по плановой НИР в ИИЕТ РАН по госзадачу с 2019 года [16].

Экологичные технологии и проекты — соответствующие экологическим нормам или опережающие их, не оказывающие вредного воздействия на ОС, жизнь и здоровье людей или оказывающие меньшее негативное воздействие по сравнению с другими [10].

Классификация экологичных, чистых технологий и проектов освоения Луны с учетом их целевого назначения охватывает весь спектр

КД и включает следующие основные разделы: 1) исследования Луны и других объектов; 2) транспорт; 3) создание инфраструктуры на Луне; 4) энергетика (в том числе для Земли и для Луны); 5) обеспечение жизнедеятельности и безопасности людей; 6) добыча, переработка, использование природных ресурсов; 7) защита и восстановление ОС; 8) сохранение природного и культурного наследия.

Исторический аспект. Источниковой базой исследований по теме являются публикации по освоению Луны, патенты и проекты, значительная часть которых доступна в Интернете. Составлена источниковая база: более 100 публикаций (в том числе современных) и около 100 патентов и проектов, связанных с освоением Луны в России и мире в XX–XXI веках. Ведется их систематизация, выделяются и исследуются наиболее важные [16].

Практический аспект. Исследование экологичных, чистых технологий и проектов необходимо для экологизации процесса освоения Луны, экологической оценки и коррекции космических проектов и программ в России и мире. До настоящего времени вопросам экологизации КД при исследовании и освоении Луны не уделялось должного внимания. Вместе с тем есть множество примеров экологичных технологий и проектов, достойных изучения и активного практического использования.

До настоящего времени вопросам экологизации космической деятельности при исследовании и освоении Луны не уделялось должного внимания



5. ПРИМЕРЫ ЭКОЛОГИЧНЫХ, ЧИСТЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ПРОЕКТОВ ОСВОЕНИЯ ЛУНЫ, РАЗРАБОТАННЫХ В РОССИИ И МИРЕ В XX — XXI ВЕКАХ

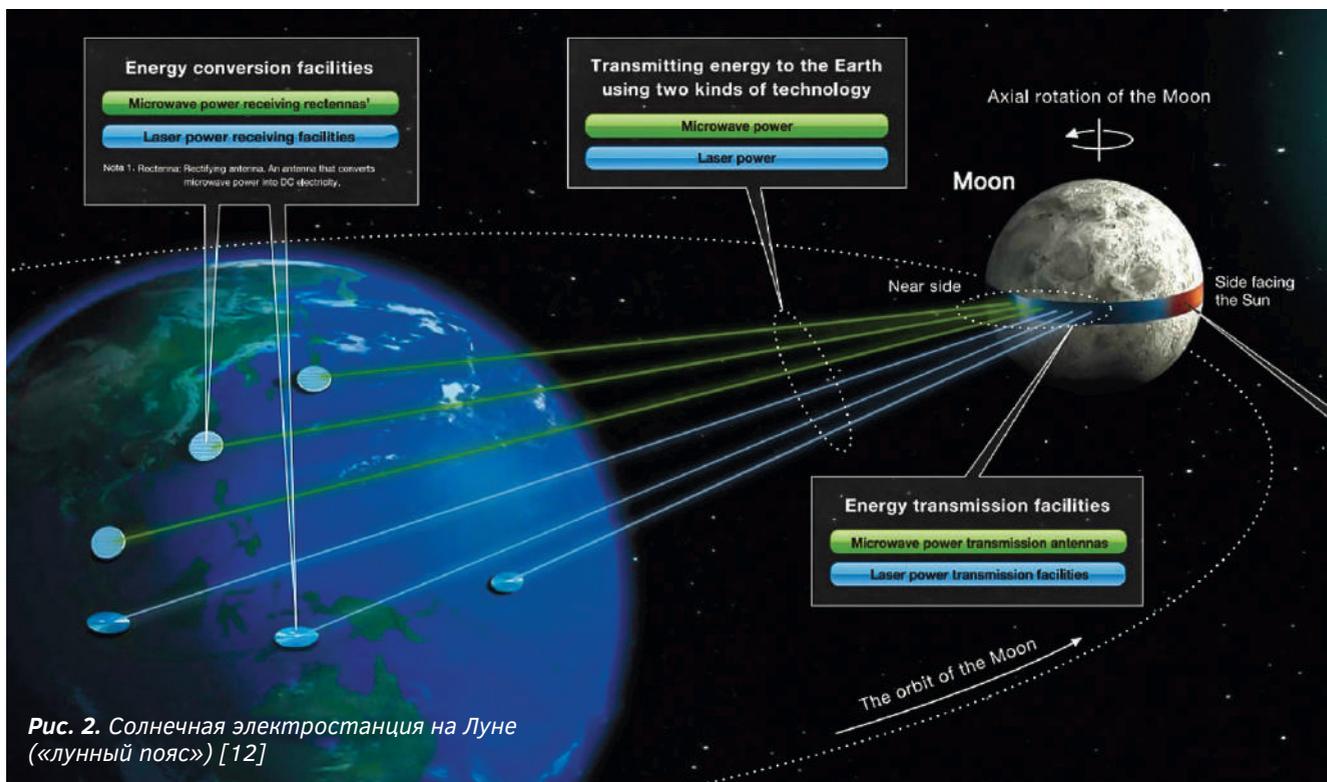




Рис. 3. Многокупольная лунная база. В основу ее конструкции заложена концепция трехмерной печати. Когда база смонтирована, с помощью роботов куполы покрываются слоем лунного реголита, изготовленного на 3D-принтере, с целью защитить обитателей базы от космической радиации и микрометеоритов [13]

Выделим и приведем пять важных примеров:

1. «Космический лифт». Существует множество проектов и технологий создания, в том числе на основе тросовых систем. Выделим проект транспортной системы «Земля — Луна», согласно которому верхний терминал закреплен на Луне (А. А. Багров, А. В. Багров, В. А. Леонов, Россия, 2012 [11]). См. рис. 1.

2. Солнечная электростанция на Луне. «Лунный пояс» из солнечных батарей, ширина ~ 400 км, ~ 11000 км вокруг экватора (Shimizu Corp., Япония, 2013 [12]). См. рис. 2.

3. Создание сооружений на Луне из местных ресурсов (реголита). Технология 3D-печати принтерами. Многокупольная лунная база (Nick Spall, 2018 [13]). См. рис. 3.

4. Перспективный вариант лунной базы с искусственной гравитацией на уровне земного тяготения. Центрифуга «Грависити» (А. О. Майборода, директор компании AVANTA, Россия, 2016 [14]). См. рис. 4.

5. «Космические заповедники» на Луне. Проект зонирования поверхности Луны и окололунного пространства с выделением в ОС территорий охраны дикой природы космоса с режимом ограничения или полного запрета технической деятельности и природопользования в целях сохранения объектов природного и культурного наследия, в том числе памятников науки и техники на Луне (первые публикации автора в 2003–2012 гг., подробнее см.: [5, с. 202–215, 378–381]).



Рис. 4. Вариант лунной базы с искусственной гравитацией на уровне земного тяготения. Центрифуга «Грависити» [14]



ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ, ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Проблема освоения Луны имеет длительную предысторию, актуальна для мирового сообщества и России в XXI веке, началась новая «лунная гонка». Кратко рассмотрена история и сделана периодизация процесса исследований и освоения Луны.
2. Человечеству необходимо объединить усилия и ресурсы и совместно осваивать Луну по новым правилам игры, включающим политические, экономические, технологические, военные, медико-биологические, социокультурные, экологические аспекты, а также сохранение природного и культурного наследия, по единому всемирному проекту.
3. Предстоит разработать и принять принципиально новое международное соглашение об освоении Луны под эгидой ООН, с созданием специальных институтов, охватывающих государства, корпорации, сообщества людей. Лидирующими акторами могут стать космическое государство Asgardia и Всемирный космический союз.
4. Предложены: «всеобъемлющий» подход, общая модель процесса освоения Луны и единый сверхглобальный проект «Освоение Луны», классификация экологичных, чистых технологий и проектов, а также дано описание ряда важных примеров.
5. Для эффективного освоения Луны следует использовать новые экологичные, чистые технологии и проекты, целесообразно продолжить их исследования, разработку, внедрение в целях науки, образования и практики.
6. Целесообразно создать международный институт проблем освоения Луны.

Литература

1. **Берри А.** Краткая история астрономии / пер. с англ. С. Г. Заимовского, под ред. и с доп. Р. В. Куницкого. 2-е изд. М. – Л.: Гос. изд-во техн.-теорет. лит., 1946. 363 с.
2. Космонавтика XXI века: попытка прогноза развития до 2001 года / под ред. Б. Е. Чертока. М.: РТСофт, 2010. 864 с.
3. Луна – шаг к технологиям освоения Солнечной системы / под науч. ред. В. П. Легостаева и В. А. Лопоты. М.: РКК «Энергия», 2011. 584 с.
4. **Зеленый Л. М., Хартов В. В., Митрофанов И. Г., Долгополов В. П.** Луна: исследование и освоение. Вчера, сегодня, завтра, послезавтра // Природа. 2012. № 1. С. 23–29.
5. **Кричевский С. В.** Аэрокосмическая деятельность. Междисциплинарный анализ. М.: ЛИБРОКОМ, 2012. 384 с.
6. Госкорпорация РОСКОСМОС [Электронный ресурс]. URL: <https://www.roscosmos.ru/> (Дата обращения: 30.06.2019).
7. NASA (США) [Электронный ресурс]. URL: <https://www.nasa.gov/> (Дата обращения: 30.06.2019).
8. **Krichevsky S.** Super Global Projects and Environmentally Friendly Technologies Used in Space Exploration: Realities and Prospects of the Space Age // Philosophy and Cosmology. 2018. Vol. 20. Pp. 92–105.
9. **Мержанов А. И.** Лунная база «Барминград». Проект, опередивший время // Воздушно-космическая сфера. 2018. № 2. С. 108–117.
10. **Кричевский С. В.** Экологичные аэрокосмические технологии и проекты: методология, история, перспективы // Воздушно-космическая сфера. 2018. № 3. С. 78–85.
11. Патент № 121233 РФ. Транспортная система «Земля – Луна» / Багров А. А., Багров А. В., Леонов В. А. Опубликовано 20.10.2012. Бюлл. № 29. 22 с.
12. **Хижняк Н.** Японская компания хочет построить на Луне огромную солнечную электростанцию [Электронный ресурс] // Hi-News.ru. 2013. 02 февраля. URL: <https://hi-news.ru/technology/yaponskaya-kompaniya-xochet-postroit-na-lune-ogromnyu-solnechnuyu-elektrostanciyu.html> (Дата обращения: 30.06.2019).
13. **Spall N.** Sustainable ways of living on the Moon and Mars [Электронный ресурс] // Room. The Space Journal. 2018. № 3. URL: <https://room.eu.com/article/sustainable-ways-of-living-on-the-moon-and-mars> (Дата обращения: 30.06.2019).
14. **Ильин А.** О лунных поселениях с земной силой тяжести. 2016. 29 апреля. [Электронный ресурс]. URL: https://www.youtube.com/watch?time_continue=5&v=ca2PHdRflmw (Дата обращения: 30.06.2019).
15. **Krichevsky S.** Cosmic Union of Communities: a New Concept and Technologies of Creating Cosmic Humanity // Philosophy and Cosmology. 2019. Vol. 22. Pp. 33–50.
16. **Кричевский С. В.** Экологичные технологии и проекты освоения Луны // ИИЕТ имени С.И. Вавилова РАН. Годичная научная конференция (2019). М.: ИИЕТ РАН, 2019 (в печати).

References



1. **Berri A.** Kratkaya istoriya astronomii. Ed. R.V. Kunitskiy. 2nd ed. Moscow – Leningrad, Gosudarstvennoe izdatelstvo tekhniko-teoreticheskoy literatury, 1946. 363 p.
2. Kosmonavtika XXI veka: popytka prognoza razvitiya do 2001 goda. Ed. B.E. Chertok. Moscow, RTSoft, 2010. 864 p.
3. Luna – shag k tekhnologiyam osvoeniya Solnechnoy sistemy. Eds. V.P. Legostaev, V.A. Lopota. Moscow, RKK "Energiya", 2011. 584 p.
4. **Zeleny L.M., Khartov V.V., Mitrofanov I.G., Dolgoplov V.P.** Luna: issledovanie i osvoenie. Vchera, segodnya, zavtra, poslezavtra. Priroda, 2012, no. 1, pp. 23–29.
5. **Krichevsky S.V.** Aerokosmicheskaya deyatelnost. Mezhdistsiplinariy analiz. Moscow, LIBROKOM, 2012. 384 p.
6. Goskorporatsiya ROSKOSMOS. Available at: <https://www.roscosmos.ru/> (Retrieval date: 30.06.2019).
7. NASA (USA). Available at: <https://www.nasa.gov/> (Retrieval date: 30.06.2019).
8. **Krichevsky S.** Super Global Projects and Environmentally Friendly Technologies Used in Space Exploration: Realities and Prospects of the Space Age. Philosophy and Cosmology, 2018, vol. 20, pp. 92–105.
9. **Merzhanov A.I.** Lunnaya baza "Barmingrad". Proekt, operedivshiy vremya. Vozdushno-kosmicheskaya sfera, 2018, no. 2, pp. 108–117.
10. **Krichevsky S.V.** Ekologichniye aerokosmicheskiye tekhnologii i proekty: metodologiya, istoriya, perspektivy. Vozdushno-kosmicheskaya sfera, 2018, no. 3, pp. 78–85.
11. Patent № 121233 RF. Transportnaya sistema «Zemlya – Luna» / Bagrov A. A., Bagrov A. V., Leonov V. A. Opublikovano 20.10.2012. Byull. № 29. 22 s.
12. **Khizhnyak N.** Yaponskaya kompaniya khochet postroit na Lune ogromnyu solnechnuyu elektrostanciyu. Hi-News.ru. Available at: <https://hi-news.ru/technology/yaponskaya-kompaniya-xochet-postroit-na-lune-ogromnyu-solnechnuyu-elektrostanciyu.html> (Retrieval date: 30.06.2019).
13. **Spall N.** Sustainable ways of living on the Moon and Mars. Room. The Space Journal, 2018, no. 3, Available at: <https://room.eu.com/article/sustainable-ways-of-living-on-the-moon-and-mars> (Retrieval date: 30.06.2019).
14. **Ilin A.** O lunnykh poseleniyakh s zemnoy siloy tyazhesti. Available at: https://www.youtube.com/watch?time_continue=5&v=ca2PHdRflmw (Retrieval date: 30.06.2019).
15. **Krichevsky S.** Cosmic Union of Communities: a New Concept and Technologies of Creating Cosmic Humanity. Philosophy and Cosmology, 2019, vol. 22, pp. 33–50.
16. **Krichevsky S.V.** Ekologichniye tekhnologii i proekty osvoeniya Luny. IIET im. S.I. Vavilova RAN. Godichnaya nauchnaya konferentsiya (2019). Moscow, IIET RAN, 2019 (v pechati).

© Кричевский С. В., 2019

История статьи:

Поступила в редакцию: 14.07.2019
Принята к публикации: 09.08.2019

Модератор: Плетнер К. В.

Конфликт интересов: отсутствует

Для цитирования:

Кричевский С. В. Освоение Луны: история, модель, сверхглобальный проект и экологичные технологии // Воздушно-космическая сфера. 2019. №3. С. 16–25.

Alexander V. BAGROV,
Dr. Sci. (Physics and Mathematics), Leading Research
Scientist, the Institute of Astronomy of the RAS,
Moscow, Russia,
abagrov@inasan.ru



Александр Викторович БАГРОВ,
доктор физико-математических наук, ведущий
научный сотрудник Института астрономии РАН,
Москва, Россия,
abagrov@inasan.ru

ABSTRACT | Space exploration still has no legal basis, and is not regulated by any rules. Without them, space is open to any form of capture. This violates the principle of using space for the benefit and in the interests of all countries as the heritage of all mankind. It is necessary to develop a set of laws for space.

It is proposed to create an international structure under the UN flag to regulate all issues in outer space.

Keywords: *space law, international law, licensing, patents*

АННОТАЦИЯ | Освоение космоса до сих пор не имеет правовой основы и не регламентировано никакими правилами. Без них космос открыт для любых форм захвата. Это нарушает принцип использования космоса на благо и в интересах всех стран как достояния всего человечества. Необходимо выработать свод законов для космоса. Предлагается создать международную структуру под флагом ООН для регулирования всех вопросов в космическом пространстве.

Ключевые слова: *космическое законодательство, международное право, лицензирование, патенты*

A conceptual image showing a hand holding a knife that is cutting into a model of the Moon against a starry space background. The Moon is on the left, and the hand is on the right. The knife is positioned horizontally, with the blade cutting into the Moon's surface. The background is a dark blue space filled with numerous white stars and a faint purple nebula at the bottom.

HOW TO SHARE THE MOON?

КАК ПОДЕЛИТЬ ЛУНУ?

Луна — источник неосвоенных ресурсов

Человечество вплотную подошло к рубежу исследования космического пространства, за которым начинается его освоение. В первую очередь это относится к Луне — едва ли не единственному космическому объекту Солнечной системы, который может стать внеземной территорией, представляющей интерес для колонизации уже в этом веке.

О подвигах человеческого ума, изобретательности и технике, вот уже полвека прокладывающих путь к тайнам Луны, написано много. Упомянем главные результаты этих исследований.

Луна является ближайшим к Земле крупным космическим телом. Она находится на почти круговой орбите Земли на расстоянии около 400 тыс. км от нее. По размерам Луна в четыре раза меньше Земли и почти в 100 раз меньше ее по массе. Сила тяжести на Луне в шесть раз меньше земной. Температура на неосвещенной части лунной поверхности может опускаться до $-150\text{ }^{\circ}\text{C}$, а на освещенной — подниматься до $+120\text{ }^{\circ}\text{C}$. При таких условиях на Луне не может существовать атмосферы в привычном для нас смысле. Миллиарды лет Луну бомбардируют большие и малые метеориты, из-за чего вся поверхность Луны покрыта кратерами и реголитом — перемолотым в пыль метеоритными ударами веществом лунных пород.

НЕОГРАНИЧЕННОЕ ПРАВО ГОСУДАРСТВ РАЗМЕЩАТЬ СВОИ СТАНЦИИ ТАМ, ГДЕ ОНИ СОЧТУТ НУЖНЫМ, ДЕКЛАРИРУЕМОЕ СОГЛАШЕНИЕМ О ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ГОСУДАРСТВ НА ЛУНЕ И ДРУГИХ НЕБЕСНЫХ ТЕЛАХ, ЗАКЛАДЫВАЕТ ПРЕФЕРЕНЦИИ ДЛЯ ПЕРЕДОВЫХ КОСМИЧЕСКИХ ДЕРЖАВ И АВТОМАТИЧЕСКИ УЩЕМЛЯЕТ ПРАВА ТЕХ, КТО ПРИЛЕТИТ НА ЛУНУ ПОЗЖЕ

Доставленные на Землю образцы лунного вещества показали, что оно состоит в основном из базальтов — та-

ких же, как на Земле. Базальты плохо проводят тепло, поэтому на глубине всего два метра под поверхностью Луны температура неизменна и равна $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$. У Луны нет магнитного поля, поэтому ее поверхность подвергается ничем не ослабленным потокам космической радиации. Луна совершает оборот вокруг своей оси, перпендикулярной плоскости ее орбиты,

за 28 суток и с таким же периодом обращается вокруг Земли, в результате чего Луна всегда обращена к Земле одной стороной. Вид обратной стороны Луны стал известен только благодаря космическим миссиям.

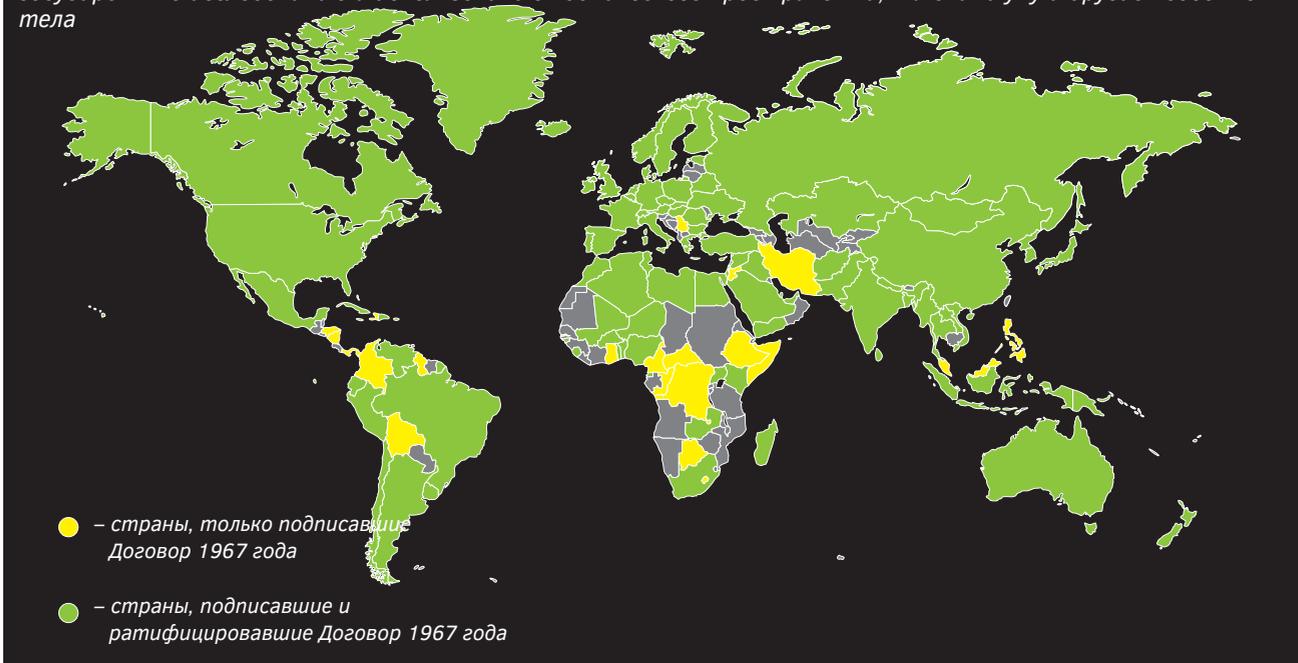
На первый взгляд Луна выглядит как абсолютно безжизненное тело, непригодное для колонизации. На самом деле это не так. Под двухметровым слоем базальта не страшны ни космическая радиация, ни перепады температуры. Базальты состоят наполовину из окислов кремния, наполовину из окислов металлов. Поэтому прямо на Луне из них можно добывать кислород, кальций, железо, титан и другие металлы с помощью самого постоянного источника энергии — солнечного света. Из базальта можно строить дома и лаборатории, а в них создавать самые благоприятные для жизни условия. Все это хорошо понимают ученые и даже политики. Луна сегодня — это самый привлекательный для мировых держав объект в космосе, богатый территориями и ресурсами. Колонизация Луны начнется в ближайшее время, а гонка за место под солнцем на Луне уже в самом разгаре.

Международные законы об использовании космоса

История Великих географических открытий являет нам не только приобретение европейской цивилизацией огромных неосвоенных территорий, но и кровавый след жестоких завоеваний, оставленный первыми колонистами на новых землях. В те времена право сильного было единственным законом, которым руководствовались завоеватели. Сейчас положение изменилось: в мире действуют международные договоры и соглашения, регламентирующие действия держав и частных структур между собой. Каждое суверенное государство, конечно, имеет собственное законодательство, но оно должно быть увязано с международными законами, координатором которых выступает Организация Объединенных Наций.

Под эгидой ООН идет и формирование космического законодательства. Через 10 лет после полета в космос первого спутника был оформлен и ратифицирован всеми космическими державами Договор о принципах деятельности государств по исследованию и использованию космического пространства, включая Луну и другие небесные тела [1], к которому позже присоединилось большинство стран мира (рис. 1). Его срочная разработка и принятие были вызваны ошеломительными успехами мировой (в первую очередь советской) космо-

Рис. 1. Государства, подписавшие и ратифицировавшие Договор 1967 года о принципах деятельности государств по исследованию и использованию космического пространства, включая Луну и другие небесные тела



навтики и опасениями правительств, что очень скоро космос будет поделен между космическими державами. Хуже того — в космосе могло бы оказаться оружие, против которого ни одно государство не имело бы средств защиты.

Договор 1967 года по космосу декларировал свободу любых исследований в космосе и категорически запрещал милитаризацию космоса. Собственно, в договоре были закреплены эти основные принципы космической деятельности, но не установлены ни методы контроля за их исполнением, ни системы санкций за их нарушение. Хотя договор зафиксировал положение о том, что «космическое пространство, включая Луну и другие небесные тела, не подлежит национальному присвоению ни путем провозглашения на них суверенитета, ни путем использования или оккупации, ни любыми другими средствами» (статья II), эта декларация вступает в противоречие со статьей VIII того же договора. В ней говорится: «Государство — участник договора, в регистр которого занесен объект, запущенный в космическое пространство, сохраняет юрисдикцию и контроль над таким объектом и над любым экипажем этого объекта во время их нахождения в космическом пространстве, в том числе и на небесном теле. Права собственности на космические объекты, запущенные в космическое пространство, включая объекты, доставленные или сооруженные на небесном теле, и на их составные части остаются незатронутыми во время их нахождения в космическом

пространстве или на небесном теле». Это значит, что применительно к построенной на Луне станции со всеми ее сооружениями, которая просуществует там миллионы лет, признается действие законодательства государства-собственника, то есть его суверенитет распространяется на всю территорию застройки.

В ожидании более активных действий за пределами околоземного пространства по инициативе ООН в 1979 году было подготовлено Соглашение о деятельности государств на Луне и других небесных телах [2], в котором более детально оговариваются принципы научной и хозяйственной деятельности на Луне. В частности, статья 8.1 соглашения декларирует: «Государства-участники могут осуществлять свою деятельность по исследованию и использованию Луны в любом месте ее поверхности или недр».

Уже одно это положение становится миной замедленного действия при разработке конкретных планов деятельности на Луне. На поверхности Луны есть территории, представляющие особенный интерес для размещения в них долговременных станций. К ним относятся некоторые горные вершины в околополюсных районах Луны, которые почти никогда не затеняются и где очень выгодно размещать энергетические установки из солнечных батарей. Крайне интересными представляются места расположения лавовых трубок — природных пустот под поверхностью Луны, в которых можно размещать обитаемые станции без малейшего риска их

облучения космической радиацией. Неограниченное право государств размещать свои станции там, где они сочтут нужным, закладывает преференции для передовых космических держав и автоматически ущемляет права тех, кто прилетит на Луну позже.

В статье 9.1 соглашения оговаривается: «Государства-участники могут создавать на Луне обитаемые и необитаемые станции. Государство-участник, создающее станцию, использует только такую площадь, которая необходима для обеспечения потребностей этой станции, и немедленно информирует Генерального секретаря Организации Объединенных Наций о месторасположении и целях этой станции». При освоении компактных территорий размер осваиваемой площади будет определять осваивающая организация, и соглашение подводит под такой произвол неоспоримость претензий. При этом заявительный характер на территории тоже может привести к конфликтным ситуациям. В самом деле, можно заявить о намерении проведения работ на каком-то участке и потом откладывать их выполнение годами под разными предлогами. Или, не дожидаясь исполнения заявителем его намерений, другое государство начнет работы на этом участке и уведомит ООН о начале работ. С точки зрения положений соглашения налицо неоднозначность прав этих государств на спорный участок.

Добывать ресурсы — значит владеть ими

Но одно дело — исследование Луны, а другое — ее освоение. Государство, космическое агентство или коммерческая организация при освоении космических ресурсов будет заинтересовано в праве собственности на результаты своего труда, на прибыль от вложенных в освоение средств. Вместо этого статья 11.3 декларирует: «Поверхность или недра Луны, а также участки ее поверхности или недр или природные ресурсы там, где они находятся, не могут быть собственностью какого-либо государства, международной межправительственной или неправительственной организации, национальной организации или неправительственного учреждения или любого физического лица». Совершенно очевидно, что составленное 40 лет назад соглашение, призванное содействовать исследованию Луны космическими средствами, сегодня является препятствием для освоения Луны и ее ресурсов.

Трудно сказать, почему квалифицированные юристы, разрабатывавшие Соглашение о дея-

ЧЕРЕЗ ПЯТЬДЕСЯТ ЛЕТ ПОСЛЕ НАЧАЛА ИССЛЕДОВАНИЙ КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКОЙ ЛУНА ФАКТИЧЕСКИ ОКАЗАЛАСЬ В ПРАВОВОМ ВАКУУМЕ

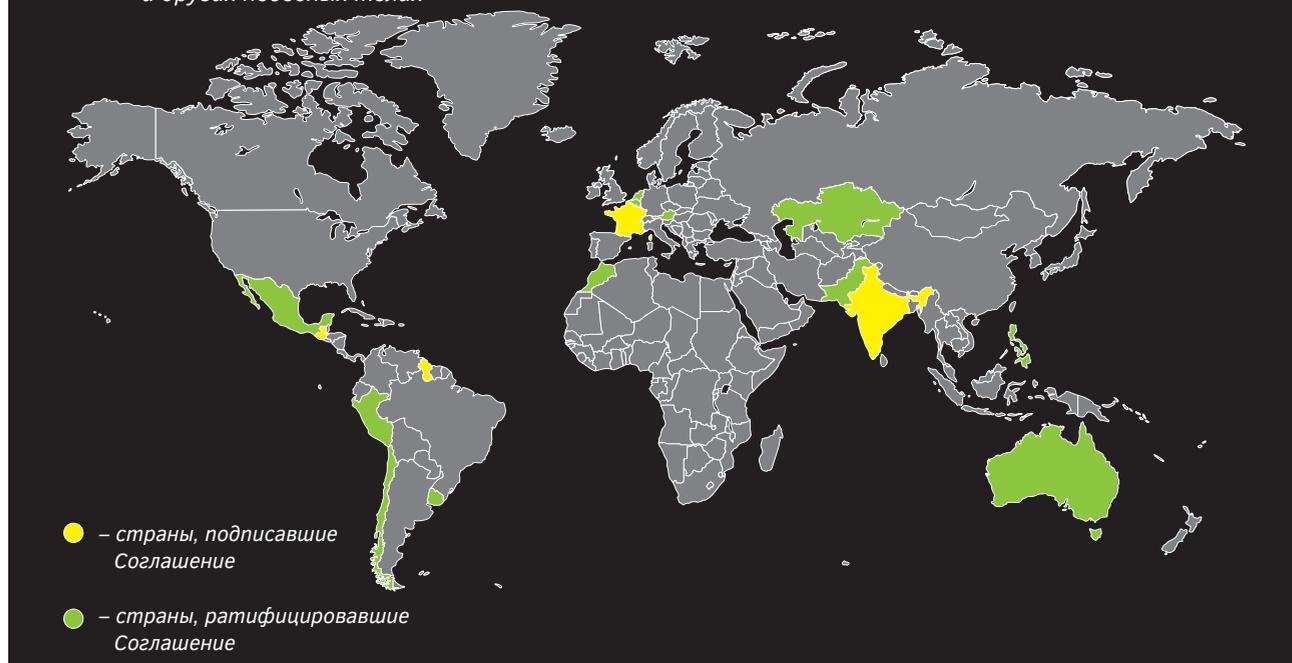
тельности государств на Луне и других небесных телах, допустили так много неоднозначностей в тексте международного документа. Но несовершенство соглашения привело к тому, что ни одно государство - член Совета Безопасности ООН и ни одна космическая держава его не подписали и не ратифицировали. На рис. 2 показаны страны, которые приняли соглашение и признали его законность. Хотя юридически соглашение и вступило в силу, его действие ни в малейшей степени не является обязательным для государств, его не ратифицировавших.

Таким образом, через 50 лет после начала исследований Луны космической техникой Луна оказалась в правовом вакууме — фактически в положении беззащитной жертвы колониальных замыслов жаждающих наживы захватчиков.

Известное положение римского права «разрешено все, что не запрещено» при полном отсутствии однозначных запретов развязывает руки всем, кто торопится принять участие в гонке за лунные ресурсы. Позже, когда (и если) космическое право будет разработано, вступит в силу другое известное положение римского права: «Тот, кто владеет, пусть владеет». То есть все ранее приобретенное — неважно, на каком основании и каким путем, — будет признано собственностью владеющего им. Тем самым лозунг «исследование и использование космического пространства, включая Луну и другие небесные тела, осуществляются на благо и в интересах всех стран, независимо от степени их экономического или научного развития, и являются достоянием всего человечества» на деле окажется пустой декларацией.

Отсутствие ясного законодательства о Луне и ее ресурсах объективно является фактором, провоцирующим большие державы на захват всех космических ресурсов, до которых они могут добраться. Пользуясь отсутствием международных законов, некоторые страны пытаются распространить свои законы на космос. В 2015 году президент США подписал законопроект HR2262, согласно которому гражданам США дозволяется владеть любыми ресурсами, добытыми ими в космосе. Этот закон гарантирует, что добытые ресурсы не могут быть конфискованы у их владельцев [3]. СМИ сообщали также о том, что пра-

Рис. 2. Государства, ратифицировавшие Соглашение о деятельности государств на Луне и других небесных телах



вительство Люксембурга утвердило законодательные нормы о добыче полезных ископаемых на астероидах, дающие право любому землянину безо всяких ограничений добывать космические ресурсы и владеть ими [4].

По всей видимости, несовершенство Соглашения о деятельности государств на Луне и других небесных телах было вызвано поверхностными представлениями готовивших его юристов о космических поселениях и специфике освоения ресурсов космоса. Об этом свидетельствует статья 11.5 соглашения, в соответствии с которой «государства-участники обязуются установить международный режим для урегулирования эксплуатации природных ресурсов Луны, когда станет очевидно, что такая эксплуатация возможна». Сегодня это «когда» наступило, и мы попробуем сформулировать те концептуальные положения, которые должны быть отражены в космическом законодательстве.

Лицензирование космической деятельности — под международный контроль

Резолюция Генеральной Ассамблеи ООН № 68/74 от 11 декабря 2013 года «Рекомендации по национальному законодательству, имеющему отношение к исследованию и использованию кос-

мического пространства в мирных целях» призывает государства в своих законах о национальной космической деятельности исходить из того, что «космическая деятельность должна проводиться с разрешения компетентного национального органа» и «условия выдачи разрешений должны соответствовать международным обязательствам государств, в частности обязательствам по договорам Организации Объединенных Наций по космосу, и другим соответствующим документам». Эти рекомендации фактически передают контроль над космической деятельностью под юрисдикцию самих государств. Законодательства разных государств в отношении космоса могут отличаться друг от друга, и это послабление может приводить к неоднозначным формулировкам правил осуществления космической деятельности. Но, что тревожит больше всего, резолюция предоставляет право государствам самим устанавливать границы внеземных территорий, на которые они претендуют.

На наш взгляд, следует воспользоваться территориальными границами применимости национальных законов, согласно которым национальный суверенитет распространяется только до высоты 100 км над государственной территорией, выше которой начинается космическое пространство. Будет разумно, если все космическое пространство будет полностью под юрисдикцией Международного космического законодательства. В этом случае компетентным

органом, дающим разрешение на космическую деятельность, будет выступать наднациональный комитет, действующий от имени ООН по ее мандату. Комитет может выдавать лицензии на космическую деятельность государственным, межгосударственным и частным лицам или организациям по представлению государства, выступающего гарантом будущего лицензиата.

Одним из видов лицензирования должна быть выдача разрешений на осваиваемые территории на космических телах. Такие лицензии должны предоставляться на ограниченный срок, причем лицензия может быть досрочно отозвана, если лицензиат проводит свои работы с нарушением условий лицензии. В число условий лицензии должен входить период ее действия, оговаривающий разумный срок до начала работ и максимальный срок действия лицензии после прекращения (остановки) работ. Подобный принцип лицензирования позволит избежать пустых деклараций о намерениях, которые не подкреплены реальными планами проведения работ на космической территории, и избежать проведения разовых акций в космосе с целью застолбить свое присутствие на лицензированной территории.

Обязательным условием лицензии должна быть ограниченная территория, на которой разрешается осуществление космической деятельности. Размер этой территории должен соответствовать заявленной задаче космической деятельности. Например, для строительства постоянной базы или поселения может быть выделен участок размером 20 миль (35 км) в диаметре. Специфика лунного строительства такова, что поселение будет представлять собой единую многоэтажную постройку, высота которой будет ненамного отличаться от ее горизонтальных размеров. В поселении размером 10x10 км с высотой в 1000 этажей площадь обитаемых помещений составит 100 млрд м², что достаточно для проживания 100 млн жителей, на каждого из которых приходится 1000 м² помещений разного назначения [5]. Поэтому лицензированной под строительство территории предложенного размера будет достаточно на сотни лет активного использования. Участков такого размера на Луне можно выделить 45 тысяч, и на них могло бы комфортно проживать 4500 миллиардов человек.

Вопрос о территориальной собственности «какого-либо государства, международной межправительственной или неправительственной организации, национальной организации или неправительственного учреждения или любого физического лица» на Луне снимается, если территория предоставляется лицензиату не в собственность, а для временного использования.

ВОПРОС О ТЕРРИТОРИАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ «КАКОГО-ЛИБО ГОСУДАРСТВА, МЕЖДУНАРОДНОЙ МЕЖПРАВИТЕЛЬСТВЕННОЙ ИЛИ НЕПРАВИТЕЛЬСТВЕННОЙ ОРГАНИЗАЦИИ, НАЦИОНАЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ИЛИ НЕПРАВИТЕЛЬСТВЕННОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ИЛИ ЛЮБОГО ФИЗИЧЕСКОГО ЛИЦА» НА ЛУНЕ СНИМАЕТСЯ, ЕСЛИ ТЕРРИТОРИЯ ПРЕДОСТАВЛЯЕТСЯ ЛИЦЕНЗИАТУ НЕ В СОБСТВЕННОСТЬ, А ДЛЯ ВРЕМЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ



Связанный с этим вопрос о «национальном присвоении путем провозглашения суверенитета» при лицензировании внеземных территорий от имени ООН приобретает иной смысл. Осуществление научной и хозяйственной деятельности на лицензированной территории не может проходить вне правового поля. Вполне естественно, что юрисдикция на этой территории должна быть предоставлена гаранту лицензиата, то есть тому государству, под флагом которого на лицензированной территории будет осуществляться космическая деятельность. В этом случае национальное законодательство будет учитывать интересы и традиционный уклад тех людей, которые будут осуществлять лицензированную деятельность. Суверенитет государства-гаранта лицензиата в отношении применения его внутреннего законодательства на предоставленной территории является естественным основанием для ответственности государства за выполнение условий лицензии.



НЕОБЫЧАЙНАЯ СТАБИЛЬНОСТЬ
ЛУННЫХ ПОСТРОЕК ИЗ
МЕСТНОГО ПРОЧНОГО
БАЗАЛЬТА ПОЗВОЛЯЕТ
СОЗДАВАТЬ НА ЛУНЕ
ЧРЕЗВЫЧАЙНО НАДЕЖНЫЕ
ХРАНИЛИЩА КУЛЬТУРНЫХ
ЦЕННОСТЕЙ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА



НА ЛУНЕ ОТСУТСТВУЮТ ПРИРОДНЫЕ
РЕКРЕАТИВНЫЕ МЕХАНИЗМЫ, И ПОТОМУ
ПРОБЛЕМУ УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ
НЕОБХОДИМО БУДЕТ РЕШАТЬ С САМОГО
НАЧАЛА ЕЕ ОСВОЕНИЯ. НЕЗЫБЛЕНЫМ
ДОЛЖНО СТАТЬ ПРАВИЛО: ДОБЫВАТЬ
МОЖНО СТОЛЬКО РЕСУРСОВ, СКОЛЬКО
МОЖНО УТИЛИЗИРОВАТЬ ОТХОДОВ ОТ
ДОБЫЧИ

Вопрос о природных ресурсах лицензированной территории, включая ее недра, должен получить более ясное толкование, чем изложенное в статье 11.3 Соглашения о Луне. На Луне нет мест, в которых добыча минеральных ресурсов или условия строительства обитаемых помещений могли бы иметь преимущества по сравнению с другими территориями. Поэтому тезис о том, что освоение территории «не создает права собственности на поверхность или недра Луны или их участки» (ст. 11.3 Соглашения [2]) является противоречащим ст. 1 Договора 1967 года [1], согласно которому «исследование и использование космического пространства, включая Луну и другие небесные тела, осуществляются на благо и в интересах всех стран, независимо от степени их экономического или научного развития, и являются достоянием всего человечества». Как, в самом деле, можно пользоваться достоянием человечества, если люди не имеют права его присваивать, то есть использовать? Здесь уместно провести аналогию с ресурсами

Мирового океана, которые добываются собственниками судов или государствами, имеющими права на прилегающий к их береговой границе шельф. Добытые морепродукты и минеральные ресурсы признаются безусловной собственностью добытчиков и могут быть использованы как для внутреннего потребления, так и для продажи. Необходимо признать право собственности лицензиата на все добытые им ресурсы на лицензированной территории.

Обязательные условия предоставления лицензий на вземные территории

В принципе, могут быть введены некоторые (оправданные) ограничения на добычу и использование ресурсов космоса. Например, безусловным ограничением на добычу минеральных ресурсов должно стать условие полной утилизации попутных отходов.

На Луне не существует природных механизмов деградации отходов человеческой жизнедеятельности. Выброшенный неисправный механизм пролежит на Луне миллиарды лет в неизменном состоянии. За время активной деятельности на лицензируемой территории может накопиться очень много отходов, и совершенно недопустимо, чтобы они формировали мусорные свалки и терриконы отходов от добычи минеральных ресурсов. Лицензия на космическую деятельность должна четко оговаривать абсолютную недопустимость накопления переработанных отходов.

На Земле мы уже столкнулись с экологическими последствиями накопления мусора, с которыми не справляются природные рекреативные механизмы. А на Луне, где таких механизмов нет вообще, проблему утилизации отходов будет необходимо решать с самых первых шагов ее освоения. Частично проблема переработки отходов жизнедеятельности людей решена на обитаемых космических станциях; этот опыт нужно будет использовать и на Луне. Различного вида минеральные отходы могут быть использованы для лунного строительства. Отсюда вытекает простое и ясное правило: добывать можно столько ресурсов, сколько можно утилизировать отходов от добычи.

Хотелось бы отметить еще один элемент космической деятельности, не затронутый пока космическим законодательством. Необычайная стабильность лунных построек из местного прочного базальта позволяет создавать на Луне чрезвычайно надежные хранилища культурных ценностей человечества [6]. Практически неограниченные возможности капитального строительства на Луне могут обеспечить возведение на Луне музейных комплексов, способных вместить в себя оригиналы или копии всех сокровищ мировой культуры — рукописей, книг,

картин, скульптур, архитектурных шедевров, реконструкций археологических находок, образцов техники и т.д. Неограниченный рост площади и объема музейных помещений в будущем создаст возможности полностью отказаться от концепции музейных запасников, а к музейным экспозициям обеспечить круглосуточный доступ для посетителей. Человечество реально заинтересовано в том, чтобы накопленные им сокровища не утрачивались из-за стихийных бедствий, войн и варварского уничтожения. Поэтому космическое законодательство должно сформировать систему преференций лицензиатам, которые будут выделять часть своих построек для музейных нужд.

Защита интеллектуальной собственности в космосе

Наконец, существует еще одно открытое для пиратства пространство. Это — сфера интеллектуальной собственности. Космос является областью применения самых высоких технологий, насыщенных результатами интеллектуальной деятельности. Как ни удивительно, в космическом пространстве ни одно изобретение не защищается патентным правом. Патентное законодательство до сих пор существует только в пределах национальной юрисдикции государств, которая не распространяется на космос. Самые перспективные разработки, самые прибыльные изобретения можно эксплуатировать в космосе абсолютно легально, без всякого обязательства перед изобретателями и обладателями патентов [7]. Необходимо сформировать такое международное законодательство, в котором интеллектуальные права разработчиков космических технологий будут охраняться во всем космическом пространстве и в течение всего времени, когда они будут востребованы.

Выводы

В заключение еще раз подчеркну, что отсутствие законов, регламентирующих сложный и деликатный труд по освоению Луны и ее ресурсов, является тормозом для осуществления экспансии человечества в космос. Оно способно лишь подстегнуть алчные замыслы тех, кто смотрит на Луну как на ничейный пирог, от которого можно отделить лакомый кусок, пока его не проглотил кто-то другой.

Необходимо самым срочным порядком сформировать пакет международных законов, регламентирующих практическую космическую деятельность на внеземных территориях. Полный контроль над исполнением этих законов должен быть предоставлен специальному комитету ООН, который будет уполномочен предоставлять лицензии на освоение территорий с правом отзываться их при нарушении лицензиатом условий лицензии. Необходимо также разработать законодательство об интеллектуальной собственности в космическом пространстве, которое учитывало бы характер ее применения в космосе.



Литература

1. Договор о принципах деятельности государств по исследованию и использованию космического пространства, включая Луну и другие небесные тела // United Nations Treaty Series. 1967. Vol. 610. No. 8843. Pp. 206-300.
2. Соглашение о деятельности государств на Луне и других небесных телах // United Nations Treaty Series. 1984. Vol. 1363. No. 23002. Pp. 22-86.
3. Обама подписал закон, дающий гражданам США право владения на вземные ресурсы [Электронный ресурс] // Tehnot (Украина). URL: <http://tehnot.com/obama-podpisal-zakon-dayushhij-grazhdanam-ssha-pravo-vladieniya-na-vnezemnye-resursy/> (Дата обращения: 16.07.2019).
4. Люксембург утвердил закон о добыче полезных ископаемых в космосе [Электронный ресурс] // Tehnot (Украина). URL: <https://tehnot.com/lyuksemburg-utverdil-zakon-o-dobyche-poleznyh-iskopaemyh-v-kosmose/> (Дата обращения: 16.07.2019).
5. **Багров А. В., Леонов В. А.** Размер осваиваемой территории на Луне // Идеи К. Э. Циолковского в контексте современного развития науки и техники. Материалы 53-х Научных чтений памяти К. Э. Циолковского. Калуга: АКФ «Политоп», 2018. С. 337-338.
6. **Павлов А. В., Багров А. В.** Задача сохранения исторического и культурного наследия человечества // Институт истории естествознания и техники им. С. И. Вавилова. Годичная научная конференция, 2018. М.: Янус-К, 2018. С. 680-683.
7. **Багров А. В.** Защита интеллектуальной собственности в космическом пространстве // Инноватика и экспертиза. 2019. Выпуск 1. С. 21-26.

References

1. Treaty on Principles Governing the Activities of States in the Exploration and Use of Outer Space, Including the Moon and other Celestial Bodies. United Nations Treaty Series, 1967, vol. 610, no. 8843, pp. 206-300.
2. Agreement Governing the Activities of States on the Moon and Other Celestial Bodies. United Nations Treaty Series, 1984, vol. 1363, no. 23002, pp. 22-86.
3. Obama podpisal zakon, dayushchiy grazhdanam SShA pravo vladieniya na vnezemnye resursy. Available at: <http://tehnot.com/obama-podpisal-zakon-dayushhij-grazhdanam-ssha-pravo-vladieniya-na-vnezemnye-resursy/> (Retrieval date: 16.07.2019).
4. Lyuksemburg utverdil zakon o dobyche poleznykh iskopaemykh v kosmose Available at: <https://tehnot.com/lyuksemburg-utverdil-zakon-o-dobyche-poleznyh-iskopaemyh-v-kosmose/> (Retrieval date: 16.07.2019).
5. **Bagrov A.V., Leonov V.A.** Razmer osvivaemoy territorii na Lune. Idei K. E. Tsiolkovskogo v kontekste sovremennogo razvitiya nauki i tekhniki. Materialy 53-kh Nauchnykh chteniy pamyati K.E.Tsiolkovskogo. Kaluga: Politop, 2018, pp. 337-338.
6. **Pavlov A.V., Bagrov A.V.** Zadacha sokhraneniya istoricheskogo i kulturnogo naslediya chelovechestva. IIET im. S.I.Vavilova RAN. Godichnaya nauchnaya konferentsiya (2018). Moscow: Yanus-K, 2018, pp. 680-683.
7. **Bagrov A.V.** Zashchita intellektualnoy sobstvennosti v kosmicheskom prostranstve. Innovatika i ekspertiza, 2019, iss. 1, pp. 21-26.

© Багров А. В., 2019

История статьи:

Поступила в редакцию: 19.07.2019

Принята к публикации: 13.08.2019

Модератор: Дмитрюк С. В.

Конфликт интересов: отсутствует

Для цитирования:

Багров А. В. Как поделить Луну? // Воздушно-космическая сфера. 2019. №3. С. 26-35.

A LONG-TERM LUNAR BASE WITH ARTIFICIAL GRAVITY AND MINIMUM WEIGHT DESIGN

The background image shows two astronauts in white suits walking on the lunar surface. They are carrying large backpacks and appear to be in a simulated environment. The terrain is rocky and grey, with a dark sky in the background.

**ДОЛГОВРЕМЕННАЯ ЛУННАЯ
БАЗА С ИСКУССТВЕННОЙ
ГРАВИТАЦИЕЙ И МИНИМАЛЬНОЙ
МАССОЙ КОНСТРУКЦИИ**



Alexander O. MAYBORODA,
CEO, LLC "AVANTA-Consulting"
Research Company,
Rostov-on-Don, Russia,
mayboro@gmail.com



Александр Олегович МАЙБОРОДА,
директор научно-исследовательской компании
ООО «АВАНТА-Консалтинг»,
Ростов-на-Дону, Россия,
mayboro@gmail.com

Graphics of drawings – Dmitry Anisimov
The author of drawings – Alexander Mayboroda

Графика рисунков – Дмитрий Анисимов
Автор рисунков – Александр Майборода

ABSTRACT | Variants of a centrifuge-shaped lunar base providing Earth's gravity are considered. The best variant is chosen. Transportable parts of the base have minimum weight and easily minimized size. Possible indivisible parts of a centrifuge can weight 1 tone, given that the whole weight is 2-9 tones. This allows to deliver a centrifuge to the Moon using affordable rocket and space transport. Regolith antiradiation protection and artificial magnetic field with Earth's parameters together with natural gravity provide for practically unlimited lunar time for a base's staff. This allows to change the staff more rarely and, consequently, multiple times reduces the recent maintenance costs.

Keywords: *lunar base, artificial gravity, regolith antiradiation protection, space tether systems, tether centrifuge, toroidal centrifuge, air-inflated structures, camper, magnetic levitation, lunar roving vehicle, soil-thrower, the birth of children in space*

АННОТАЦИЯ | Рассматриваются варианты лунной базы в виде центрифуги, обеспечивающей земной уровень гравитации. Выбирается оптимальный вариант. Транспортируемые части базы имеют минимальные массы и легко минимизируемые габариты. Возможные кванты конструкции центрифуги соответствуют 1 т, при общей массе в диапазоне 2-9 т, что обеспечивает ее доставку на Луну имеющимся ракетно-космическим транспортом. Антирадиационная защита из реголита и искусственное магнитное поле с земными параметрами при наличии естественной величины силы тяжести на базе обеспечивают практически неограниченное время пребывания на Луне персонала базы, что сокращает частоту замены персонала и, соответственно, многократно уменьшает стоимость текущего обслуживания.

Ключевые слова: *лунная база, искусственная гравитация, антирадиационная защита из реголита, космические тросовые системы, тросовая центрифуга, торoidalная центрифуга, пневмоконтрукции, кемпер, магнитная левитация, луноход, грунтотет, рождение детей в космосе*

ВВЕДЕНИЕ

Опыт космической деятельности показал необходимость сохранения в космосе привычных земных условий существования людей. Это, прежде всего, земной уровень тяжести. В условиях нулевой гравитации в организме происходят негативные изменения. Работа на поверхности Луны также сопровождается изменением привычных условий — лунное тяготение в шесть раз меньше земного. Риски для здоровья ограничивают длительность пребывания людей на Луне, а это многократно удорожает эксплуатацию будущей базы из-за частой смены экипажа. Воспроизводство привычных условий существования возможно при сооружении центрифуги в составе лунной базы для создания искусственной гравитации земного уровня, с одновременной защитой от солнечного и галактического излучения и генерацией магнитного поля с земными параметрами. При воспроизводстве типичных земных условий пребывание людей на Луне может быть увеличено с планируемых 1–3 месяцев до 12–36 месяцев.

Таким образом, создание долговременных баз на Луне требует их выполнения в виде центрифуг. Однако если защита от радиации и воспроизводство магнитного поля в помещениях базы могут быть реализованы современными средствами, то создание баз с искусственной силой тяжести считается невыполнимым в обозримом будущем из-за больших массогабаритных параметров.

Центрифуга ЦФ-18 в Центре подготовки космонавтов имени Ю. А. Гагарина имеет плечо — радиус вращения длиной 18 метров. При этих параметрах

масса аппарата составляет 305 т [1, с. 59]. Для комфортного состояния людей в лунной центрифуге желательно иметь плечо равное 224 м и больше, так как при меньшем радиусе силы Кориолиса начинают ощутимо действовать на человека.

Действительно, прямое копирование земных образцов центрифуг ведет к конструкциям с нереальными характеристиками. Требуются новые подходы к проектированию. Такие новые проектные решения существуют. Они решают задачу имитации земного уровня тяготения на Луне благодаря низкой материалоемкости центрифуг. Появились они в ходе НИР по созданию негосударственного общественного проекта лунной базы в 2014 году. Автор вошел в инициативную группу разработчиков компании «Лин Индастриал», резидента фонда «Сколково», с проектом лунной базы в виде центрифуги, совмещающей достоинство и рычажных, и тороидальных типов центрифуг.

Инициативу компании «Лин Индастриал» позитивно оценил директор Института космических исследований РАН Лев Зелёный: «В их команде есть талантливые люди. Какие-то их разработки в будущем могут пригодиться» [2]. Общественно-частный проект создания российской лунной базы получил наименование «Луна семь» и частично был опубликован в России и за рубежом. Проект был охарактеризован как ставящий Россию выше Китая и США в космической гонке [3]. В настоящей работе раскрываются малоизвестные материалы проекта «Луна семь». Воспроизводится логика выбора оптимальной конструкции.

ТРОСОВАЯ ЦЕНТРИФУГА

В условиях Луны, на первой стадии ее освоения, массивные центрифуги с жестким рычагом-плечом длиной в две сотни метров не могут рассматриваться как реальные проекты. Даже упрощенный аналог центрифуги ЦФ-18 с малым плечом для получения искусственной силы тяжести в 1 g может быть использован как часть лунной базы только при изготовлении на месте из лунного сырья. Однако лунную промышленность еще только предстоит создать.

Как известно, конструкции, работающие на растяжение, имеют материалоемкость на порядок меньшую, чем конструкции, работающие на сжатие. В проектах орбитальных центрифуг используются тонкие гибкие элементы — тросы вместо жесткого

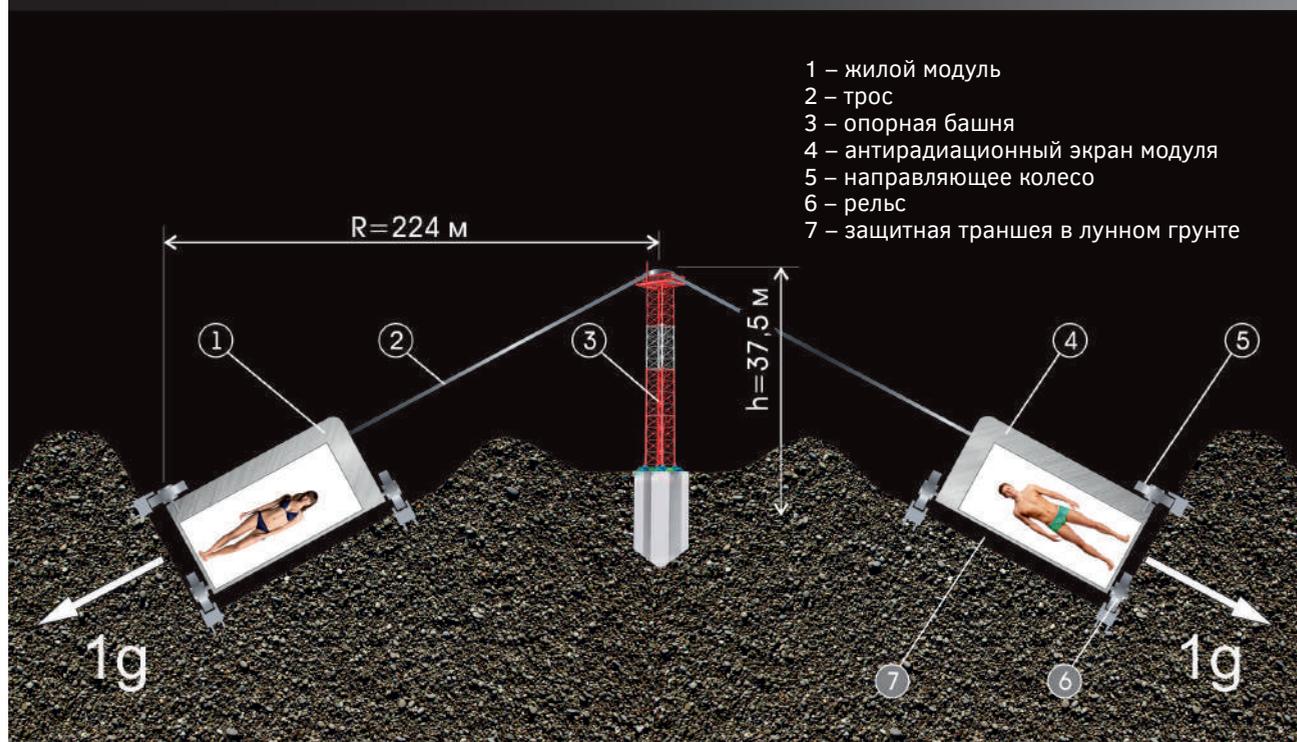
рычага. Такое соединение было апробировано на практике. В конце 1966 года был проведен опыт на пилотируемом корабле «Джемини» — он соединялся 30-метровой синтетической лентой с ракетной ступенью «Аджена». Связка космических объектов вращалась вокруг общего центра масс [4, с. 156; 5, с. 24.].

В первом приближении орбитальные тросовые центрифуги могут быть адаптированы к лунным условиям и успешно применены в составе долговременной обитаемой базы. Так, для создания центрифуги с плечом в 224 м необходимо использовать вертикальную штангу — башню высотой 37,5 м со ступицей на вершине, к которой тросами крепятся жилые модули.

При данном радиусе окружная скорость составит 46,56 м/с (167,6 км/ч). На Луне вес модулей в шесть раз меньше земного, что позволяет экономить на массе центральной штанги. Вместе с тем орбитальные центрифуги на низкой околоземной орбите прикрыты от космической радиации магнитным щитом Земли, тогда как на Луне такой защиты нет. Таким образом, лунная центрифуга должна иметь защиту жилых модулей от радиации, что существенно сказывается на массе ее конструкции. На каждый 1 м² поверхности модуля требуется антирадиационный экран массой около 2 т.

Противорадиационный экран может быть выполнен из местных ресурсов. По современным воззрениям, антирадиационная

Рис. 1. Тросовая центрифуга с опорной башней и траншеей



защита на основе реголита толщиной до 1 м обеспечит защиту от всех видов излучений, включая космические лучи и потоки протонов от Солнца даже в период солнечных вспышек. Масса модулей, таким образом, многократно увеличивается.

Сократить массу модулей можно использованием кольцевых траншей, внутри которых движутся привязные модули. В этом случае только часть поверхности модулей должна иметь антирадиационную защиту. На рис. 1 показана (вне масштаба) принципиальная схема тросовой центрифуги с защитой жилых модулей от радиации из реголита в виде валов, окружающих траекторию вращения модулей, и экранов, установленных на модуле.

Необходимость использования башни — недостаток данного типа центрифуги. Наклон троса под углом $9,5^\circ$ к поверхности при радиусе вращения в 224 м требует крепления тро-

сов к ступице на большой высоте — 37,5 м. Устранение этого недостатка возможно, если вертикальную часть нагрузки с тросов переложить на кольцевую путевую структуру. В этом случае трос, соединяющий модули за счет натяжения, будет находиться параллельно поверхности и потребность в опорной башне устраняется.

От центра вращения троса с двумя жилыми модулями на концах удобно пускать фуникулер для смены экипажа. Наличие фуникулера избавляет пользователей центрифуги от периодических остановок — смена экипажа может совершаться на ходу.

На рис. 2 и 3 показаны принципиальные схемы центрифуг без опорной башни.

Вариант центрифуги с траншеей требует значительных земляных работ — требуется извлечь до 30 тыс. м³ грунта. Вариант без траншеи требует только заполнения реголитом промежутка двойных стенок жилого модуля и, в первом приближении, представляется экономичным. Рассмотрим возможные параметры тросовой центрифуги без опорной башни и траншеи.

При заданных параметрах масса антирадиационной защиты из реголита составит 154 т. Сухая

КОНСТРУКЦИЯ ТРОСОВОЙ ЦЕНТРИФУГИ ПОЗВОЛЯЕТ ИСПОЛЬЗОВАТЬ ФУНИКУЛЕР, ЧТО ИЗБАВЛЯЕТ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ ЦЕНТРИФУГИ ОТ ПЕРИОДИЧЕСКИХ ОСТАНОВОК – СМЕНА ЭКИПАЖА МОЖЕТ СОВЕРШАТЬСЯ НА ХОДУ

Рис. 2. Тросовая центрифуга с траншеей без опорной башни

Обозначения на рис. 2 и 3:

- 1 – жилой модуль (наклон пола кабины – 80,5° на схеме не показан)
- 2 – антирадиационный экран модуля
- 3 – кабина фуникулера (шлюзовая камера для перехода из кабины фуникулера не показана)
- 4 – трос (общая длина 448 м)
- 5 – направляющее колесо
- 6 – причальная мачта кабины фуникулера (устройства посадки в кабину не показаны)
- 7 – монорельс
- 8 – траншея

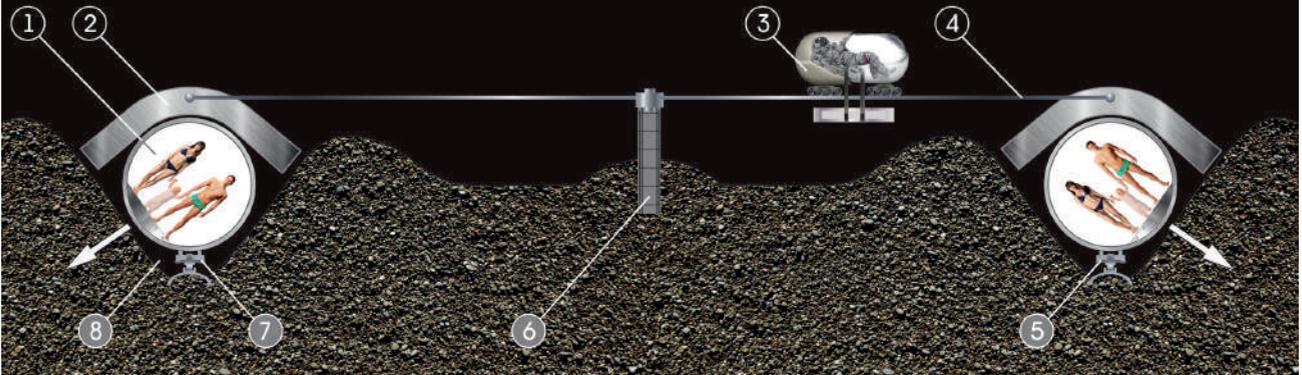
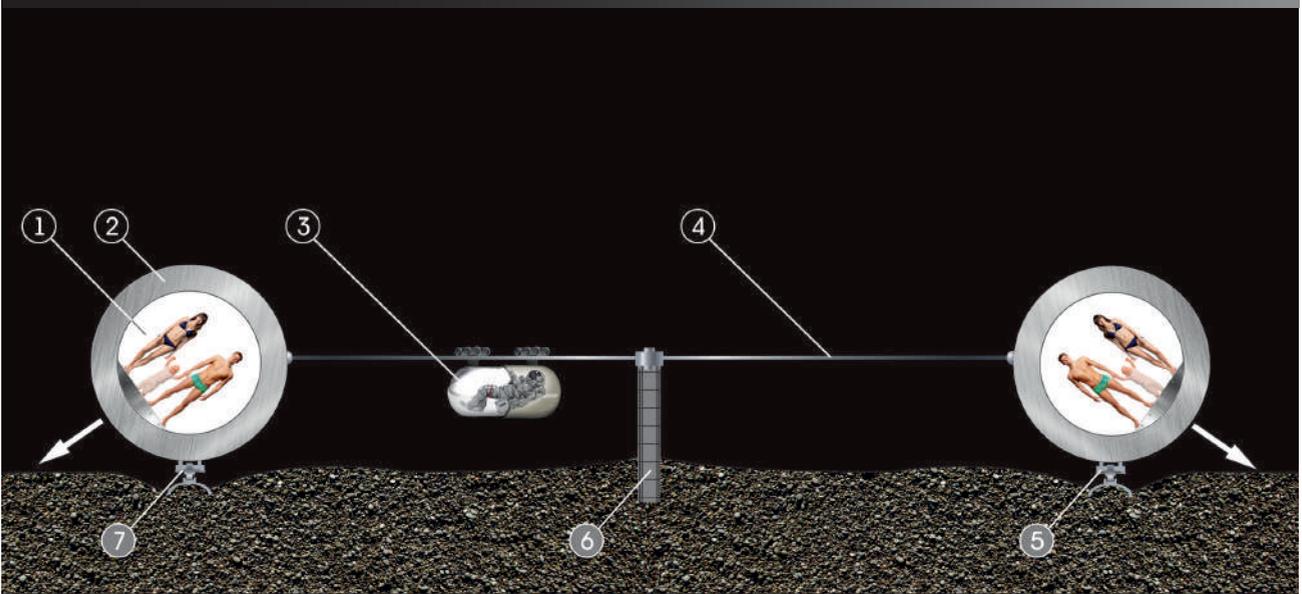


Рис. 3. Тросовая центрифуга без опорной башни и траншеи



масса каждого модуля — 4 т, что дает в итоге 158 т.

Каждый жилой блок для уравновешивания центробежной силы соединен тросом из сверхпрочного материала с разрывной длиной нити около 400 км, аналогов Дупеета или СВМПЭ, с осью в центре кольцевой путевой структуры. В ряде случаев трос должен быть тепло-

изолирован. Нагрузка на трос — 1550 кН. При шестикратном запасе прочности сечение троса составит 25,5 см² при массе 531 кг на каждый модуль.

Нагрузка колес модуля на путевую структуру в шесть раз меньше — 258 кН. На Земле такое давление на путь оказывает вагон массой 26,3 т. Такая нагрузка при скорости 167,6 км/ч требует

использования очень материалоёмкой путевой структуры. При диаметре кольцевой путевой структуры в 448 м ее длина равна 1407 м. Если использовать монорельс из суперпрочного пластика и сплавов бериллия, минимальная масса монорельса составит 11 т. Потребуются также опорные элементы, изготовленные из реголита путем плавле-

ния. Таким образом, рост массы путевой структуры в виде кольцевой трубы-монорельса из бериллия и пластика и деталей из спеченного реголита может перекрывать выигрыш от сокращения затрат на землеройные работы по созданию кольцевой траншеи.

Вместе с тем при реализации программы использования на Луне 3D-принтеров, печатающих изделия из расплавленного реголита, такой вариант имеет перспективы.

Оба варианта центрифуг, показанные на *рис. 2 и 3*, имеют одинаковое количество жилых модулей. Минимальное количество модулей — 2 шт. Максимальное количество модулей — 162 шт.

Перспективен вариант оснащения модулей системой электродинамического подвеса допол-

нительно к колесному шасси. Колеса, которыми оснащены жилые блоки, используются для разгона и торможения. Большую часть времени в процессе движения с постоянной (рабочей) скоростью используется электродинамический подвес (ЭДП) на основе редкоземельных магнитов и путевого полотна в виде проводящей полосы из бериллия (или алюминия). Проводящая полоса установлена на каркасе в виде тонкостенной трубы, которая для создания внутреннего давления заполнена газом или, что безопаснее, прессованным реголитом.

В условиях сильной запыленности пространства над лунной поверхностью электризованными частицами очень желательно устранение трущихся поверхностей в механизме центрифуги. ЭДП обеспечивает бес-

контактное движение модулей по путевой структуре. Сила торможения ЭДП при небольшой толщине проводящей полосы может составлять 3% от веса модуля [6]. Соответственно, при скорости модуля 45,56 м/с для варианта центрифуги на *рис. 3*, где масса модуля равна 158 т, тормозная мощность равна 351 кВт. Таким образом, преимущество имеет тип центрифуги с внешней защитой модулей от радиации, выполненной в виде ограждения из реголита вдоль путевой структуры, показанный на *рис. 2*. Здесь тормозная мощность будет около 180 кВт на модуль. Однако для лунной базы, особенно на первом этапе, такой уровень мощности слишком высок — необходимо искать более эффективное решение.

ТОРОИДАЛЬНАЯ ЦЕНТРИФУГА

Модули, избавленные от радиационной защиты, имеют массу в 4 т. При заданной скорости движения такого модуля с ЭДП тормозная мощность составит 9 кВт, поэтому оптимальным решением будет такая конструкция центрифуги, которая обеспечивает защиту экипажа от радиации полностью за счет внешних неподвижных сооружений. Такая конструкция предполагает переход от кольцевой траншеи к тоннелю в грунте. А это значит, что трос становится элементом, препятствующим полному закрытию траншеи. Следовательно, оптимальная конструкция — это центрифуга, использующая для организации кругового движения модулей только кольцевую путевую структуру. Именно такая бестросовая центрифуга тороидального типа была разработана в ходе НИР по проекту «Луна семь».

Преобразование траншеи в закрытый тоннель позволяет использовать герметичные конструкции путевой структуры, что, в свою очередь, дает воз-

можность использовать различные пневмокаркасы, которые имеют на порядок меньшую массу, чем конструкции, работающие на сжатие.

На *рис. 4* изображена принципиальная схема тороидальной центрифуги с пневматической путевой структурой.

Возможен следующий вариант центрифуги. Основа — газонаполненная кольцевая труба с внутренним давлением в диапазоне от 0,05–0,1 до 0,3–1 бар. Кольцевая труба засыпана реголитом. Внешний диаметр

тора — 448 м. Диаметр кольцевой трубы тора — 4,5 м. Диаметр жилых модулей — 3,2 м. Длина модулей — 8,6 м, без учета длины носового и хвостового обтекателей. В головной части каждого модуля (или сцепки модулей) находится полусферический головной обтекатель. В конце каждого модуля (или сцепки модулей) находится надувной конус-обтекатель длиной 4,3 м. Масса каждого модуля — 4 т. Количество модулей для первого этапа — от 1 до 6 шт. Максимально возможное количество модулей — 163 шт.

ТОРОИДАЛЬНАЯ ЦЕНТРИФУГА ПРЕДПОЛАГАЕТ ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ТРАНШЕИ В ЗАКРЫТЫЙ ТОННЕЛЬ, ЧТО ПОЗВОЛЯЕТ ИСПОЛЬЗОВАТЬ ГЕРМЕТИЧНЫЕ КОНСТРУКЦИИ ПУТЕВОЙ СТРУКТУРЫ. ЭТО ДАЕТ ВОЗМОЖНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ПНЕВМОКАРКАСОВ, КОТОРЫЕ ИМЕЮТ НА ПОРЯДКИ МЕНЬШУЮ МАССУ, ЧЕМ КОНСТРУКЦИИ, РАБОТАЮЩИЕ НА СЖАТИЕ

Рис. 4. Тороидальная центрифуга

- 1 – жилой модуль (диаметр 3,2 м)
- 2 – путевая структура в виде газонаполненной тонкостенной трубы (диаметр 4,5 м)
- 3 – антирадиационный экран в виде насыпи реголита (длина 1407 м)
- 4 – колесо модуля
- 5 – часть пневмоконструкции, выполняющей функцию опорной поверхности для колеса модуля
- 6 – роверы (луноходы), для выполнения работ по выравниванию ложа путевой структуры и засыпке реголитом тороидальной центрифуги прицепным грунтометом



Расчет мощности, необходимой для компенсации аэродинамического сопротивления при давлении 0,1 бар и температуре воздуха $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$, дает следующие результаты: 1 модуль — мощность 11,2 кВт; поезд из 3 модулей — 22,4 кВт; поезд из 6 модулей — 38 кВт. Требуется также дополнительная мощность для преодоления иных видов сопротивления движению. Модуль с ЭДП — 9 кВт. Модули на пневматических колесах — 31 кВт. Модули на металлических колесах,

катящихся по трубчатым металлическим рельсам на пневмокаркасе, — около 3 кВт каждый.

Толщина стенок путевой структуры в виде тора — 0,1 мм для давления газа 0,05–0,1 бар. Масса тора в зависимости от конструкционного материала: сталь — 15 500 кг; титановые сплавы — 8950 кг; алюминиевые сплавы — 5370 кг; бериллиевые сплавы — 3700 кг; СВМПЭ — 1850 кг. Прототип такой конструкции — ракеты Centaur и Atlas, с толщиной

стенок 0,127 и 0,254 мм соответственно.

Масса защитной насыпи при высоте в 5,5 м равна 128 тыс. т. Быстрое создание защитной насыпи возможно при помощи грунтометов — на Земле такие механизмы используются для тушения пожаров. На Луне эффективность грунтометов возрастает. Например, при мощности 1,5–2 кВт лунный грунтомет бросает реголит потоком до 33 кг/с на расстояние до 25 м по дуге высотой больше

6 м. Такой агрегат за один год способен создать насыпь массой 1 млн тонн. Соответственно, на засыпку путепровода потребуется 45 суток рабочего времени.

Прототипы жилых модулей — жилые модули, разработанные в СССР для базы «Звезда». Масса советских модулей — 8 т, масса модулей центрифуги за счет меньшей массы защиты — 4 т. Они подобны «домам на колесах», или автобусам-кемперам.

Использование готовых решений проекта «Звезда» обеспечит максимально комфортные условия, о чем свидетельствуют участники проекта: «Внутри сооружений мы создали очень комфортные условия, как на Земле. Это ведь очень важно — вахта на Луне предполагалась примерно на полгода» [7, с. 112].

Настоящий проект для «Луны семь» получил рабочее название «Грависити» или «Гравитисити» (GravityCity). В случае реализации за счет более высокой комфортности он увеличит сроки

пребывания на Луне до двух-трех лет. Эта величина минимальна, так как ориентируется на экспериментально подтвержденные сроки пребывания людей в замкнутых условиях порядка двух лет, к примеру, при имитации полета на Марс. В модулях «Гравитисити» воспроизводится магнитное поле, подобное земному.

В «Гравитисити» члены экипажа базы будут проходить курсы релаксации. Это существенно увеличит время работы бригад, долго находящихся вне центрифуги, и сократит затраты на смену персонала. Если отдых в поезде с земной тяжестью в течение длительного времени будет дешевле отправки персонала на Землю для реабилитации и последующего возвращения на Луну, то это решает вопрос о практически беспроблемном пребывании человека на Луне. В последующем лунные базы будут комплектоваться постоянным персоналом из добровольцев, которые будут иметь возможность рожать и воспитывать детей на Луне.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Лунная колония на основе базы с искусственной силой тяжести обеспечивает условия для жизни людей на Луне без ограничений срока пребывания, вплоть до создания поселения с колонистами, прибывшими на постоянное жительство без возвращения на Землю. Таких желающих навечно покинуть Землю, как показали исследования по проекту Mars One, набирается более 200 тыс. человек, что делает реальным рекрутирование первой дюжины колонистов из числа лучших претендентов. Имеющиеся научные данные позволяют предполагать, что имитация земных условий в виде силы тяжести, величины магнитного поля и низкого радиационного фона обеспечивает беспроблемное пребывание людей на Луне. Долговременные колонии предполагают семейный образ жизни их обитателей. Соответственно, высоковероятным становится рождение людей вне Земли и появление первого «космического человека», а затем и новой «космической расы».

С экономической точки зрения база с искусственной гравитацией решает проблему сокращения крайне высоких затрат на доставку экипажей на Луну и их возвращения на Землю. Вместо изредка посещаемых роботизированных лунных поселков, управляемых с Земли с задержкой сигнала в три секунды, за счет операторов на лунной базе появляется возможность значительного ускорения работы на предприятиях, без необходимости дожидаться создания интеллектуальных роботов.

Возможна коммерциализация НИОКР за счет организации посещений и пребывания на опытных наземных образцах базы-центрифуги «Гравитисити».

Литература

1. Морозов С. Л. Идеология космической экспансии // Воздушно-космическая сфера. 2019. №1(98). С. 50-61.
2. Виталий Анков. Российская компания вызвалась создать базу на Луне [Электронный ресурс] // РИА Новости. 31 декабря 2014. URL: <https://ria.ru/20141231/1040992406.html> (Дата обращения: 13.08.2019).
3. 'Luna 7', el proyecto que pone a Rusia por encima de China y EE.UU. en la carrera espacial [Электронный ресурс] // TV-Novosti, 2005-2019. URL: https://actualidad.rt.com/ciencias/164916-videos-fotos-luna-rusia-proyecto?fbclid=IwAR2BpWw3q_rkSmRz4aFu5wYzSmzieHwVqGTf0qESbv_Hq42tHJWdN72_Z_o (Дата обращения: 13.08.2019).
4. Горелов С.К.; Софьян А.П.; Щербakov В.И. Развертывание космической тросовой системы при доставке спускаемого аппарата с орбитальной станции на Землю // Труды военно-космической академии имени А. Ф. Можайского. 2016. № 652. С. 154-159.
5. Осипов В.Г., Шошунов Н.Л. Космические тросовые системы: история и перспективы // Земля и Вселенная. 1998. №4. С. 19-29.
6. Кочубей Т.В., Майборода А.О. О влиянии геометрических параметров системы электродинамического подвеса на силовые его характеристики // Космонавтика и ракетостроение. 2010. №3. С. 133-140.
7. Мерзханов А.И. Лунная база «Барминград». Проект, опередивший время // Воздушно-космическая сфера. 2018. №2(95). С. 108-117.

References

1. Morozov S.L. Ideologiya kosmicheskoy ekspansii. Vozdushno-kosmicheskaya sfera, 2019, no. 1, pp. 50-61.
2. Vitaliy Ankov. Rossiyskaya kompaniya vyzvalas sozdat bazu na Lune. RIA Novosti. 31 December 2014. Available at: <https://ria.ru/20141231/1040992406.html> (Retrieval date: 13.08.2019).
3. 'Luna 7', el proyecto que pone a Rusia por encima de China y EE.UU. en la carrera espacial. TV-Novosti, 2005-2019. Available at: https://actualidad.rt.com/ciencias/164916-videos-fotos-luna-rusia-proyecto?fbclid=IwAR2BpWw3q_rkSmRz4aFu5wYzSmzieHwVqGTf0qESbv_Hq42tHJWdN72_Z_o (Retrieval date: 13.08.2019).
4. Gorelov S.K.; Sofyan A.P.; Shcherbakov V.I. Razvertvaniye kosmicheskoy trosovoy sistemy pri dostavke spuskaemogo apparata s orbitalnoy stantsii na Zemlyu. Trudy voenno-kosmicheskoy akademii imeni A.F. Mozhayskogo, 2016, no. 652, pp. 154-159.
5. Osipov V.G., Shoshunov N.L. Kosmicheskiye trosoviye sistemy: istoriya i perspektivy. Zemlya i Vselennaya, 1998, no. 4, pp. 19-29.
6. Kochubey T.V., Mayboroda A.O. O vliyaniy gheometricheskikh parametrov sistemy elektrodinamicheskogo podvesa na siloviyego kharakteristiki. Kosmonavtika i raketostroeniye, 2010, no. 3, pp. 133-140.
7. Merzhanov A.I. Lunnaya baza «Barmingrad». Proekt, operedivshiy vremya. Vozdushno-kosmicheskaya sfera, 2018, no. 2, pp. 108-117.

© Майборода А.О., 2019

История статьи:

Поступила в редакцию: 07.08.2019
Принята к публикации: 21.08.2019

Модератор: Дмитрий С. В.

Конфликт интересов: отсутствует

Для цитирования:

Майборода А.О. Долговременная лунная база с искусственной гравитацией и минимальной массой конструкции // Воздушно-космическая сфера. 2019. №3. С. 36-43.

PROTECTIVE DOME OF THE MANNED STATION ON THE MOON'S SURFACE

ЗАЩИТНЫЙ КУПОЛ ОБИТАЕМОЙ СТАНЦИИ НА ПОВЕРХНОСТИ ЛУНЫ



Alexander M. PYZHOV,
Cand. Sci. (Tech), Associate Professor, Chemistry and
Technology of Organic Nitrogen Compounds, Samara
State Technical University, Samara, Russia,
argel33@mail.ru



Александр Михайлович ПЫЖОВ,
кандидат технических наук, доцент кафедры ХТОСА
ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический
университет», Самара, Россия,
argel33@mail.ru

Dmitry A. SINITSYN,
Head of Laboratory, Chemistry and Technology of
Organic Nitrogen Compounds, Samara State Technical
University, Samara, Russia,
polycarp@mail.ru



Дмитрий Андреевич СИНИЦЫН,
заведующий лабораторией кафедры ХТОСА ФГБОУ ВО
«Самарский государственный технический университет»,
Самара, Россия,
polycarp@mail.ru

Илья V. YANOV,
9th Grade Student, School No. 64,
Samara, Russia,
kotopes.03@mail.ru



Илья Владимирович ЯНОВ,
ученик 9 класса МБОУ «Школа № 64 имени Героя Российской
Федерации В. В. Талабаева» г. о. Самара, Россия,
kotopes.03@mail.ru

Natalia V. LUKASHOVA,
Physics Teacher, School No. 64,
Samara, Russia,
seleviz1@mail.ru



Наталья Викторовна ЛУКАШОВА,
учитель физики МБОУ «Школа № 64 имени Героя
Российской Федерации В. В. Талабаева» г. о. Самара, Россия,
seleviz1@mail.ru

Alexander V. BAGROV,
Dr. Sci. (Physics and Mathematics), Leading Research-
er, Institute of Astronomy of the Russian Academy of
Sciences, Moscow, Russia,
abagrov@inasan.ru



Александр Викторович БАГРОВ,
доктор физико-математических наук, ведущий научный
сотрудник ФГБНУ Институт астрономии РАН,
Москва, Россия,
abagrov@inasan.ru

Vladislav A. LEONOV,
Cand. Sci. (Physics and Mathematics), Researcher,
Institute of Astronomy of the Russian Academy of
Sciences, Moscow, Russia,
leonov@inasan.ru



Владислав Александрович ЛЕОНОВ,
кандидат физико-математических наук, научный
сотрудник ФГБНУ Институт астрономии РАН,
Москва, Россия,
leonov@inasan.ru

ABSTRACT | The process of large-scale research and exploration of the Moon begins with the construction of fast-built stations on its surface, which allow the first inhabitants to organize and conduct preparatory activities for setting up a permanent manned lunar base.

For the first time a conical block-structured dome construction as a protective building element for a lunar manned station is proposed, as well as a method for the erection of a dome by means of pneumatic shuttering in a pit or a natural depression of the Moon's surface. The use of lunar regolith as a material and the microwave sintering of regolith as a method of building blocks manufacture are suggested.

Keywords: *Colonization of the Moon, lunar manned station, protective conical dome, regolith, microwave oven sintering*

АННОТАЦИЯ | Процесс масштабного исследования и освоения Луны начнется с создания на ее поверхности быстровозводимых станций, которые позволят первым ее обитателям организовать и провести подготовительные мероприятия для создания постоянной обитаемой базы на Луне.

Впервые в качестве защитного строительного элемента лунной обитаемой станции предложена коническая блочная купольная конструкция и способ ее возведения с помощью пневматической опалубки в естественном углублении поверхности Луны. В качестве строительного материала для изготовления блоков предлагается использовать лунный реголит, а в качестве способа их изготовления спекание реголита в СВЧ-печи.

Ключевые слова: *колонизация Луны, лунная обитаемая станция, защитный конический купол, реголит, спекание в СВЧ-печи*

ВВЕДЕНИЕ

Масштабное исследование и освоение труднодоступных территорий нашей планеты, как показал земной опыт, начиналось с возведения постоянно действующих обитаемых станций, баз, поселков и городов и зачастую прекращалось после их закрытия. Так, например, была освоена Антарктида. В 1955 году для организации исследований в Антарктиде в СССР была создана Комплексная антарктическая экспедиция АН СССР, а уже в период подготовки к Международному геофизическому году (1956 – 1959 гг.) на ее побережье и в материковых районах были построены и действовали девять советских и более 30 зарубежных обитаемых станций. В то время южный материк по степени своей неизведанности и недоступности был схож с Луной. Известный американский исследователь Антарктиды Р. Берд по этому поводу сказал тогда, что люди знают об Антарктиде меньше, чем о видимой стороне Луны [1].

Подобный сценарий освоения отдаленных территорий не минует и Луну. Это подтверждается декларациями ведущих мировых космических держав, таких как США, Россия, Франция, Китай, Индия и Южная Корея, имеющих собственные космические программы. Так, например, в России согласно второму этапу федеральной космической программы на 2016 – 2025 годы, утвержденной Постановлением Правительства РФ от 23 марта 2016 года № 230, планомерное исследование и освоение Луны начнется с создания лунных космических аппаратов и доставки образцов лунного грунта на Землю.

В 2006 году ведущее российское ракетно-космическое предприятие РКК «Энергия» имени С.П. Королева разработало концепцию программы развития российской пилотируемой космонавтики, согласно которой уже до 2030 года должно быть заложено строительство лунной обитаемой базы [2].

В связи с особой актуальностью процесса освоения Луны авторы проекта на протяжении последних лет ведут активные исследования, посвященные разработке конструкции и способа строительства быстро-возводимой обитаемой станции на поверхности Луны.

ЛУННЫЕ ОБИТАЕМЫЕ СТАНЦИИ И БАЗЫ

Первые проекты лунных станций и баз стали появляться уже в середине 40-х годов прошлого столетия [3]. Они рассматривали различные варианты лунных жилищ: искусственные сооружения, естественные полости, использование защитных свойств лунного вещества, создание замкнутых систем жизнеобеспечения и т. д. В настоящее время считается наиболее целесообразным начать процесс освоения Луны с создания небольшой временной станции, без которой невозможно будет организовать и провести подготовительные мероприятия для создания уже постоянной обитаемой базы. Этот этап строительства обитаемой лунной базы называется нулевым [4]. По другой концепции, основные помещения постоянных обитаемых баз-колоний предполагается возводить в «базальтовых недрах» Луны [5]. Для этого на Луну будет доставляться специальное горнопроходческое оборудование для прокладки туннелей и создания обширных помещений глубоко под поверхностью

Луны, а извлеченный грунт посредством солнечных 3D-принтеров будет переплавляться в надстраиваемые сооружения на поверхности Луны. Однако даже такие масштабные проекты также не обойдутся без предварительного возведения временных обитаемых станций, изготовление которых будет значительно проще и дешевле [4]. Несмотря на простоту конструкций первых лунных станций, они должны надежно защищать первых колонистов от опасностей Луны, основными из которых являются вакуум, большие суточные перепады температур, космические лучи и метеоритная бомбардировка [6].

ЗАЩИТНЫЙ КУПОЛ СТАНЦИИ

Проведенные нами расчеты [7] показали, что на Луне для защиты от космического излучения, перепадов температур и высокоскоростных ударов метеоритов массой до 350 граммов достаточно использовать слой лунного грунта реголита [8] толщиной не менее четырех метров.

Эти расчеты позволили четко сформулировать цель исследований разработать конструкцию строительного элемента станции, способного не только выдержать массу слоя реголита данной толщины, но и иметь достаточно простой способ для его возведения, позволяющий в дальнейшем полностью его роботизировать. Подобные строительные конструкции могут быть использованы в качестве защитных элементов для командно-жилых, складских и научно-исследовательских модулей, составляющих инфраструктуру временных лунных баз [4].

ПНЕВМАТИЧЕСКАЯ ОПАЛУБКА НЕ ТРЕБУЕТ БОЛЬШИХ ЗАТРАТ НА ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ, МОНТАЖ И ЭКСПЛУАТАЦИЮ И ПОЗВОЛИТ УПРОСТИТЬ ПРОЦЕСС ВОЗВЕДЕНИЯ КУПОЛА

В качестве силового строительного элемента обитаемой станции было предложено использовать купольную конструкцию как одну из самых рациональных и выгодных форм пространственных строительных конструкций [9]. Сам купол для такой конструкции возводится из отдельных блоков, которые, в свою очередь, предполагается изготавливать из поверхностного лунного грунта – реголита. Для большей эффективности и простоты процесса возведения купола можно использовать надувную (пневматическую) опалубку, применение которой в настоящее время считается наиболее предпочтительным способом сооружения купольных конструкций, в том числе и монолитных бетонных [10]. Пневматическая опалубка не требует больших затрат на транспортирование, монтаж и эксплуатацию.

Проведенные вычисления подтвердили правильность выбора, однако традиционную сферическую форму купола пришлось заменить сначала на стрельчатую, а впоследствии на коническую [7]. Для скрепления блоков в коническом куполе их необходимо снабдить специальными коническими выступами. Такие выступы могут не только препятствовать перемещению блоков относительно друг друга в горизонтальной плоскости, но и в случае необходимости (при сейсмических воздействиях) ограничивать степень этого перемещения.

Изготовление строительных блоков в условиях Луны более эффективно проводить спеканием предварительно отформованного реголита в СВЧ-печах. Способы изготовления строительных изделий на Луне достаточно подробно изложены в работе, посвященной анализу методов строительства конструкций лунных станций [11]. Среди описанных заслуживает внимания метод создания конструкций мобильным 3D-принтером, в котором применяется расплав лунного грунта, дозируемый в зону плавления солнечным теплом или микроволновым излучением. Однако для этого способа более целесообразным является использование измельченного базальта, который в больших количествах будет образовываться при прокладке тоннелей в коренной породе Луны.

Для оценки возможности изготовления блочных изделий из реголита был проведен ряд экспериментов по спеканию керамических образцов из базальтового имитатора лунного грунта в микроволновой и муфельной печах [12]. Для имитации лунного грунта использовался образец земного базальта Южно-Уральского месторождения. За основу фракционного состава имитатора был взят имитационный состав ЛГА-3, характеристики которого приведены в статье [13]. Наибольший предел прочности образцов из спеченного базальтового имитатора при сжатии составил 130 МПа, а их плотность — 2,5 г/см³, что подтверждает высокую эффективность спекания блоков в микроволновой печи.

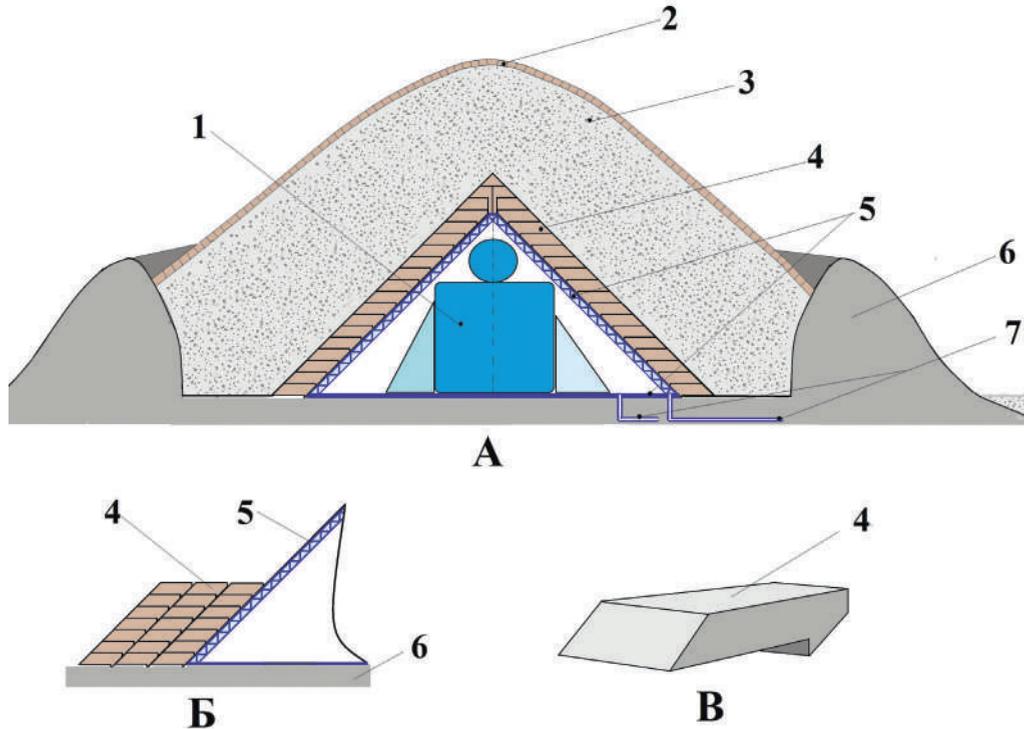
ПРИ ОЦЕНКЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ИЗГОТОВЛЕНИЯ БЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ РЕГОЛИТА ДЛЯ ЕГО ИМИТАЦИИ ИСПОЛЬЗОВАЛСЯ ОБРАЗЕЦ ЗЕМНОГО БАЗАЛЬТА ЮЖНО-УРАЛЬСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ. НАИБОЛЬШИЙ ПРЕДЕЛ ПРОЧНОСТИ ОБРАЗЦОВ ИЗ СПЕЧЕННОГО БАЗАЛЬТА ПРИ СЖАТИИ И ИХ ПЛОТНОСТЬ, ВЫЯВЛЕННЫЕ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЕРИМЕНТА, ПОДТВЕРДИЛИ ВЫСОКУЮ ЭФФЕКТИВНОСТЬ СПЕКАНИЯ БЛОКОВ В МИКРОВОЛНОВОЙ ПЕЧИ

С целью дальнейшей автоматизации процессов изготовления реголитовых блоков и защитного купола нами была разработана компьютерная программа на основе платформы Bootstrap, которая позволяет рассчитывать потребность блоков различной номенклатуры в зависимости от габаритов. Такой программой в дальнейшем могут оснащаться лунные строительные роботы.

ПРОТИВОМЕТЕОРИТНАЯ ЗАЩИТА КУПОЛА

Несмотря на то, что вероятность падения крупных метеоритов массой более 30 граммов невелика, была проведена расчетная оценка максимальной защитной способности противорадиационного слоя реголита толщиной четыре метра к ударам метеоритов. Как показали расчеты, в большей степени опасность представляет не прямое внедрение метеорита в защитный слой лунного грунта за счет его кинетической энергии в этом случае метеорит внедряется на глубину, приблизительно равную его диаметру [14], — а ударная (сейсмическая) волна, которая распространяется на значительно большую глубину глубину трещинообразования, приводя к разрушению строительных конструкций базы. С учетом этих обстоятельств противометеоритная и противорадиационная защита строительной конструкции станции должна состоять из верхнего слоя спеченных блоков, защищающих купольную конструкцию от проникновения метеоритов в противорадиационный слой насыпного реголита. Толщина этого слоя, в свою очередь, должна быть равна или несколько больше глубины распространения волны напряжения (трещинообразования). Стоит отметить, что толщина купола, а значит, и его прочность могут регулироваться количеством блоков в кладке.

Рис. 1. Схемы устройства и расположения купольной конструкции в кратере или в углублении на поверхности Луны (А), укладки блоков при возведении конического купола в три блока (Б), форма блока конического купола (В), где цифрами указаны следующие конструктивные элементы: 1 – жилой модуль; 2 – слой реголитовых блоков на защитном слое из реголита; 3 – защитный слой реголита; 4 – реголитовые блоки конического купола; 5 – надувная опалубка; 6 – лунный кратер; 7 – трубы для надувания пневмоопалубки.



На рис. 1 приведены схема расположения купольной конструкции на поверхности Луны и пример укладки блоков при возведении конического купола в три блока, а также форма блока конического купола.

ЭТАПЫ СТРОИТЕЛЬСТВА

Предложенный нами способ возведения защитного купола временной обитаемой станции состоит из следующих этапов:

1. В подходящем углублении поверхности Луны надувается пневмоопалубка защитного купола и укладываются шлюзовая камера, которые затем выкладываются снаружи предварительно изготовленными блоками из реголита.

2. Далее на сформированную из спеченных реголитовых блоков коническую оболочку купола наносится четырехметровый слой противорадиационной защиты из лунного грунта, на который сверху для защиты от прямого попадания метеоритов укладывается еще один слой блоков с упором в стенки углубления.

3. В случае если помещения купола предназначены для проживания космонавтов, внутри опалубки устанавливается герметичный надувной или иной жилой модуль, который дополняется необходимым оборудованием для их жизнеобеспечения.

При необходимости рядом с возведенным защитным куполом можно установить еще несколько защитных куполов, связанных между собой защищенными тоннелями, которые не повлияют на прочность основных конструкций. Если в качестве жилых модулей применяют оболочки или различные части космических аппаратов, то в этом случае в углубление на грунте предварительно устанавливается оболочка аппарата, а затем поверх нее устанавливается пневмоопалубка.

Все описанные работы могут делать автоматизированные роботы заблаговременно, до высадки космонавтов на Луну. На возведение лунной базы с одним защитным куполом, способным принять первые экипажи, потребуется около одного земного года.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований была разработана конструкция силового защитного элемента быстровозводимой обитаемой станции, сооружаемого в углублении на поверхности Луны из отдельных реголитовых блоков с помощью пневматической опалубки.

Описанные защитные купольные конструкции могут быть возведены на поверхности Луны в качестве промежуточных станций, используемых для временного проживания и хранения запасов еды, кислорода и т.п. во время длительных экспедиций. Подобной защитой должны быть оборудованы любые строительные конструкции жилых сооружений на поверхности Луны на начальном этапе ее освоения.

Литература

1. Грушинский Н.П., Дралкин А.Г. Антарктида. М.: Недра, 1988. 199 с.
2. РКК «Энергия»: концепция развития российской пилотируемой российской пилотируемой космонавтики // Новости космонавтики. 2006. Т. 16. № 7 (282). С. 613.
3. Шевченко В.В. Лунная база. М.: Знание, 1991. 64 с.
4. Луна шаг к технологиям освоения Солнечной системы / под научной редакцией Легостаева В.П. и Лопоты В.А. М.: РКК «Энергия», 2011. 584 с.
5. Багров А.В., Леонов В.А., Павлов А.В. Земля: «колыбель человечества» или одинокий обитаемый остров? // Знание - сила. 2017. № 10. С.18 – 25.
6. Базилевский А.Т. Лунная база, полярная вода и опасность лунотрясений // Природа. 2017. № 11. С. 67 – 72.
7. Пыжов А.М., Сеницын Д.А., Янов И.В., Лукашова Н.В., Леонов В.А., Багров А.В. Возведение защитного купола обитаемой станции на поверхности Луны // Материалы 53-х Научных чтений памяти К.Э.Циолковского «Идеи К.Э.Циолковского в контексте современного развития науки и техники». Калуга: АКФ «Политоп», 2018. С. 315 – 317.
8. Игнатова А.М., Игнатов М.Н. Использование ресурсов реголита для освоения лунной поверхности // Геолого-минералогические науки. 2013. № 11. С. 101–110.
9. Цай Т.Н. Строительные конструкции. Железобетонные конструкции. СПб.: Лань, 2012. 464 с.
10. Лебедева Н.В. Фермы, арки, тонкостенные пространственные конструкции. М.: Архитектура-С, 2006. 120 с.
11. 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.
12. Пыжов А.М., Янов И.В., Лукашова Н.В., Широков И.Э., Луконин А.А. Возведение и защита обитаемой станции на поверхности Луны // Бултеровские сообщения. 2018. Т. 53. № 3. С. 112–119.
13. Королёв В.А. Моделирование гранулометрического состава лунных грунтов // Инженерная геология. 2016. № 5. С. 40–50.
14. Шишкин Н.И. Влияние импульса метеорита на размеры ударного кратера // Прикладная механика и техническая физика. 2011. Т. 52. № 63. С. 3 –12.

References

1. Grushinskiy N.P., Dralkin A.G. Antarktida. Moscow: Nedra, 1988, 199 p.
2. RKK «Energiya»: kontseptsiya razvitiya rossiyskoy pilotiruemyy rossiyskoy pilotiruemyy kosmonavtiki. Novosti kosmonavtiki, 2006, vol. 16, no. 7, pp. 613.
3. Shevchenko V.V. Lunnaya baza. Moscow: Znanie, 1991, 64 p.
4. Luna shag k tekhnologiyam osvoeniya Solnechnoy sistemy. Eds. Legostaev V.P., Lopota V.A. Moscow: RKK «Energiya», 2011, 584 p.
5. Bagrov A.V., Leonov V.A., Pavlov A.V. Zemlya: "kolybel' chelovechestva" ili odinokiy obitaemyy ostrov? Znanie – sila, 2017, no. 10, pp.18 – 25.
6. Bazilevskiy A.T. Lunnaya baza, polyarnaya voda i opasnost' lunotryaseniy. Priroda, 2017, no. 11, pp. 67 – 72.
7. Pyzhov A.M., Sinitsyn D.A., Yanov I.V., Lukashova N.V., Leonov V.A., Bagrov A.V. Vozvedenie zashchitnogo kupola obitaemoy stantsii na poverkhnosti Luny. Materialy 53-kh Nauchnykh chteniy pamyati K.E.Tsiolkovskogo «Idei K.E.Tsiolkovskogo v kontekste sovremennogo razvitiya nauki i tekhniki». Kaluga: AKF "Politop", 2018, pp. 315 – 317.
8. Ignatova A.M., Ignatov M.N. Ispol'zovanie resursov regolita dlya osvoeniya lunnuy poverkhnosti. Geologo-mineralogicheskie nauki, 2013, no. 11, pp. 101–110.
9. Tsay T.N. Stroitel'nye konstruksii. Zhelezobetonnye konstruksii. Saint Petersburg: Lan', 2012, 464 p.
10. Lebedeva N.V. Fermy, arki, tonkostennye prostranstvennye konstruksii. Moscow: Arkhitektura-S, 2006, 120 p.
11. Bagrov A.V., Nesterin I.M., Pichhadze K.M., Sysoev V.K., Sysoev A.K., Yudin A.D. Analiz metodov stroitel'stva konstruksiy lunnykh stantsiy. Vestnik NPO im. S. A. Lavochkina, 2014, no. 4, pp. 75–80.
12. Pyzhov A.M., Yanov I.V., Lukashova N.V., Shirokov I.E., Lukonin A.A. Vozvedenie i zashchita obitaemoy stantsii na poverkhnosti Luny. Butlerovskie soobshcheniya, 2018, vol. 53, no. 3, pp. 112–119.
13. Korolev V.A. Modelirovanie granulometricheskogo sostava lunnykh gruntov. Inzhenernaya geologiya, 2016, no. 5, pp. 40–50.
14. Shishkin N.I. Vliyaniye impul'sa meteorita na razmery udarnogo krat- era. Prikladnaya mekhanika i tekhnicheskaya fizika, 2011, vol. 52, no. 63, pp. 3 – 12.

© Пыжов А.М., Сеницын Д.А., Янов И.В., Лукашова Н.В., Багров А.В., Леонов В.А., 2019

История статьи:

Поступила в редакцию: 21.07.2019

Принята к публикации: 07.08.2019

Модератор: Гесс Л.А.

Конфликт интересов: отсутствует

Для цитирования:

Пыжов А.М., Сеницын Д.А., Янов И.В., Лукашова Н.В., Багров А.В., Леонов В.А. Защитный купол обитаемой станции на поверхности Луны // Воздушно-космическая сфера. 2019. №3. С. 44–49.



Sergey D. KHAYTUN,
*Cand. Sci. (Physics and Mathematics), independent
 researcher, Moscow, Russia,
haitunsd@mail.ru*



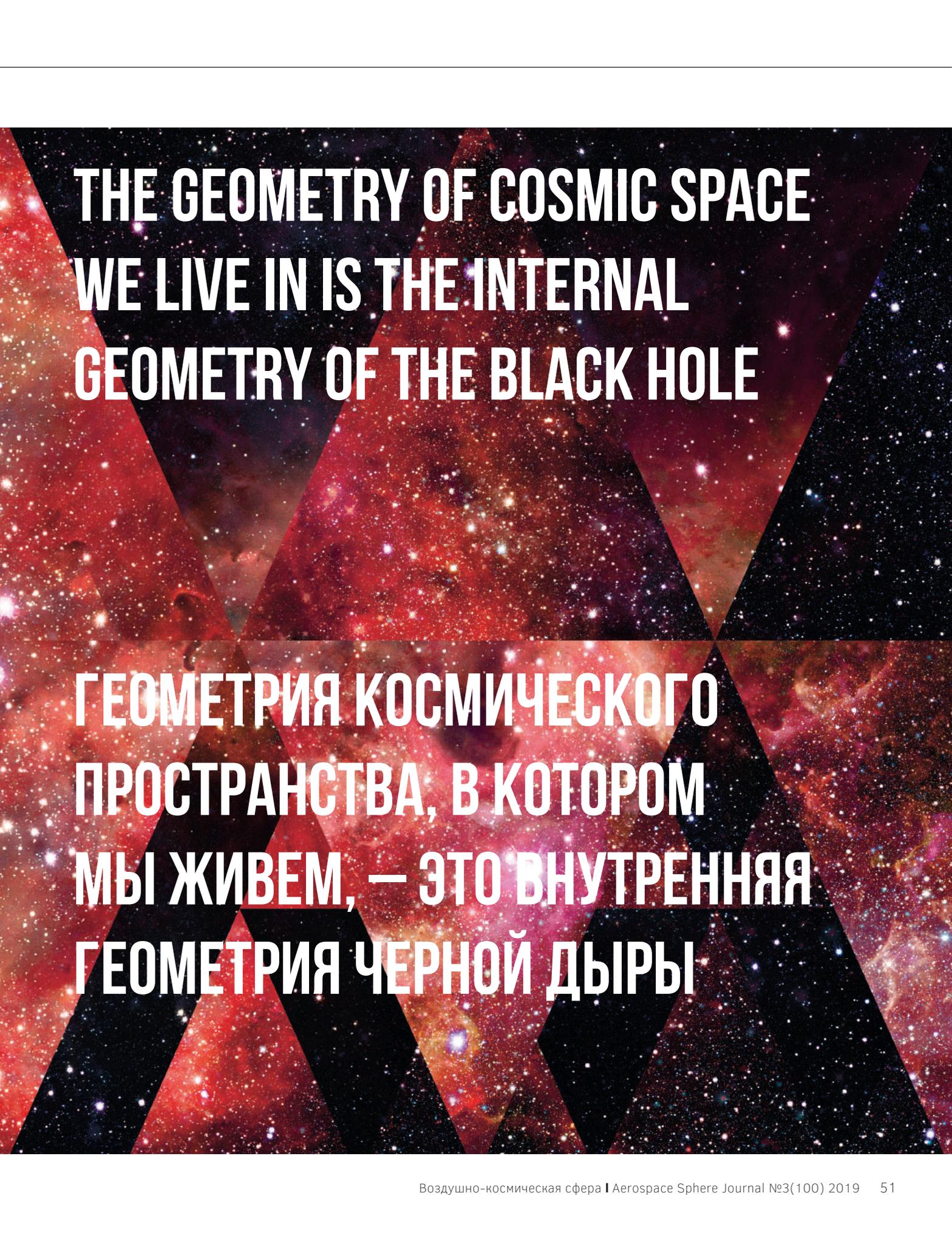
Сергей Давыдович ХАЙТУН,
*кандидат физико-математических наук,
 независимый исследователь, Москва, Россия,
haitunsd@mail.ru*

ABSTRACT | Normal activity in space requires knowing its geometry. Over the past quarter-century crucial adjustments to this area of knowledge have been made by virtue of astronomical observations. Firstly, space macrosystems comparable with the radius of the entire observable world in size were discovered, which made the fractality of the Universe hypothesis more feasible than that of its (macro) homogeneity. If the Universe is not only fractal, but infinite as well, then its global density is zero, and it is not the Universe but only our Metagalaxy which experiences cosmic expansion. In this case, the absence of a centre and gradients in cosmic expansion means that our Metagalaxy is a black hole. Secondly, the acceleration of cosmic expansion at distances of 5–6 billion light years away from Earth was discovered, which may mean that our Metagalaxy began to open 5–6 billion years ago while expanding. That's why the geometry of space outside the sphere with a radius of 5–6 billion light years is no longer the geometry of a black hole. If the Earth is not in the center of our Metagalaxy, then cosmic acceleration should have spherical asymmetry observed.

Keywords: *space geometry, apparent horizon, cosmic expansion, cosmic acceleration, cosmic expansion centre, cosmic expansion gradients, black hole, the inner geometry of a black hole, the cosmic acceleration spherical asymmetry*

АННОТАЦИЯ | Для нормальной работы в космическом пространстве мы должны знать его геометрию. За последнюю четверть века астрономические наблюдения внесли в эту область знания решающие коррективы. Во-первых, были обнаружены космические макросистемы, размерами сравнимые с радиусом всего наблюдаемого мира, что сделало гипотезу о фрактальности Вселенной более правдоподобной, чем гипотеза о ее (макро)однородности. Если же Вселенная не только фрактальна, но и бесконечна, то ее глобальная плотность равна нулю, и тогда космическое расширение переживает не Вселенная, но только наша Метагалактика. В этом случае отсутствие у космического расширения центра и градиентов означает, что наша Метагалактика является черной дырой. Во-вторых, было открыто ускорение космического расширения на расстояниях от Земли 5–6 млрд св. лет и более, которое может означать, что, расширяясь, наша Метагалактика 5–6 млрд лет назад начала размыкаться, поэтому геометрия пространства за пределами сферы радиусом 5–6 млрд св. лет перестает быть геометрией черной дыры. Если же Земля не находится в центре нашей Метагалактики, то в космическом ускорении должна наблюдаться сферическая асимметрия.

Ключевые слова: *геометрия космического пространства, горизонт видимости, космическое расширение, космическое ускорение, центр космического расширения, градиенты космического расширения, черная дыра, внутренняя геометрия черной дыры, сферическая асимметрия космического ускорения*



**THE GEOMETRY OF COSMIC SPACE
WE LIVE IN IS THE INTERNAL
GEOMETRY OF THE BLACK HOLE**

**ГЕОМЕТРИЯ КОСМИЧЕСКОГО
ПРОСТРАНСТВА, В КОТОРОМ
МЫ ЖИВЕМ, — ЭТО ВНУТРЕННЯЯ
ГЕОМЕТРИЯ ЧЕРНОЙ ДЫРЫ**

ВВЕДЕНИЕ

После обнаружения на рубеже 1920–30-х годов космического расширения стало понятно, что наблюдаемый мир ограничен для нас горизонтом видимости радиусом около 13,8 млрд св. лет: так как никакой сигнал не может распространяться быстрее света, а расширение началось около 13,8 млрд лет назад, то события, происходящие вне этой сферы, в принципе не могут нами наблюдаться.

Весь не ограниченный горизонтом видимости материальный мир называют Вселенной, включая в нее все сущее, сферический же участок Вселенной, находящийся в пределах горизонта видимости, обычно называют наблюдаемым миром, а иногда — нашей Метагалактикой. Мы тоже будем иногда называть наблюдаемый мир нашей Метагалактикой, хотя это и не вполне корректно.

В самом деле, опустимся с иерархического уровня метагалактик на иерархический уровень галактик. Наша Галактика (Млечный Путь) — одна из сонма рассеянных в нашей Метагалактике. И мы знаем, что, имея достаточно компактную структуру (в том смысле, что она отделена от других галактик расстояниями, многократно превышающими ее собственные размеры), наша Галактика имеет несферическую форму. Несферическими являются и многие другие галактики, хотя и не все. Отсюда напрашивается вывод, что и наша Метагалактика, то есть относительно компактная космическая макроструктура, отделенная от других метагалактик расстояниями, многократно превышающими ее собственные размеры, может иметь несферическую форму.

Более того, ниоткуда не следует, что размеры нашей Метагалактики хотя бы грубо совпадают с размерами наблюдаемого мира, потому что радиус горизонта видимости определяется не законами формирования компактных космических макроструктур, а совсем другим — временем, прошедшим после начала расширения нашей Метагалактики. Размеры нашей Метагалактики могут существенно превышать размеры наблюдаемого мира.

Подчеркнем, что у космологии, изучающей всю Вселенную, полностью отсутствует эмпирическая база, почему все наши утверждения о ней — это гипотезы. Если же космологи то и дело уверенно говорят о Большом взрыве Вселенной, расширении Вселенной, прошлом и будущем Вселенной и так далее, то это только потому, что неявно они опираются на гипотезу о (макро)однородности Вселенной: для такой Вселенной часть (наблюдаемый мир) и в самом деле подобна целому (Вселенной). Если, однако, Вселенная фрактальна, то ее

часть может существенно отличаться от целого, что будет означать крушение привычной для нас космологической картины мира. Именно это происходит сегодня на наших глазах.

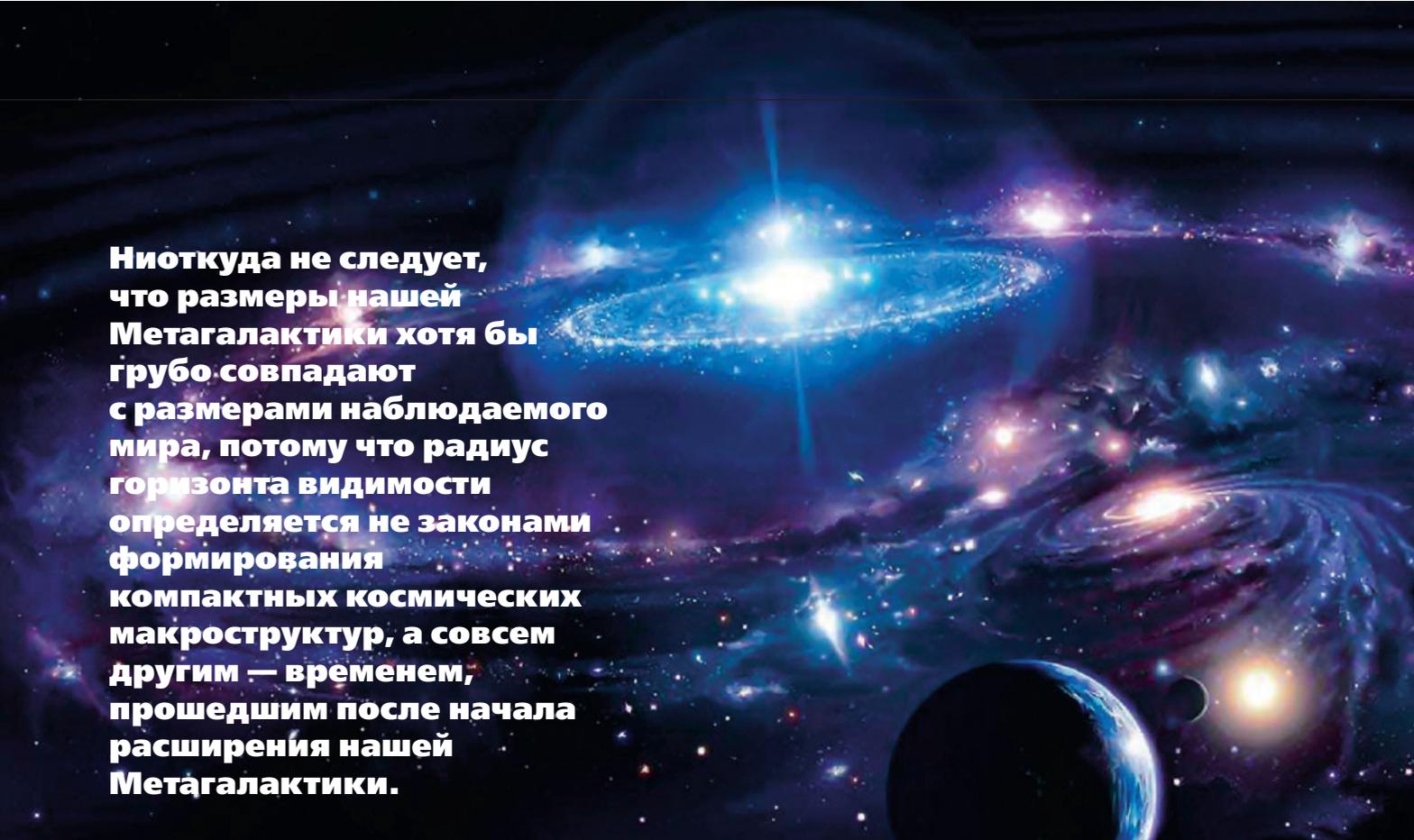
КРУШЕНИЕ ГИПОТЕЗЫ ОБ ОДНОРОДНОСТИ ВСЕЛЕННОЙ И ВЫДВИЖЕНИЕ НА ПЕРВЫЙ ПЛАН ГИПОТЕЗЫ О ЕЕ ФРАКТАЛЬНОСТИ

Гипотеза об однородности Вселенной возникла закономерно и корректно как простейшая из гипотез о Вселенной (принцип экономии сущностей). Однако она сразу же вступила в противоречие с наблюдательными данными, говорящими об иерархическом устройстве космического мира вокруг нас (звезды — скопления звезд — галактики — скопления галактик и т. д.). Руководимые здоровым консерватизмом, космологи принялись спасать эту гипотезу, преобразовав ее в гипотезу о макрооднородности Вселенной, согласно которой Вселенная неоднородна на небольших масштабах и однородна на больших — на расстояниях порядка или более 300 млн св. лет.

Интерес к кластеризации галактик резко возрос у космологов после выхода в свет в 1975 году первой книги Бенуа Мандельброта о фракталах [1]. Еще более он был разогрет открытием на рубеже 1970–1980-х годов эстонской [2, 3] и американской [4, 5] группами исследователей ячеистых структур в пространственном распределении галактик с расстоянием между стенками ячеек около 390 млн св. лет и толщиной стенок около 12 млн св. лет (заметим, что ячеистое устройство возникает и в других областях природы, что свидетельствует об общности фрактальных явлений; можно напомнить, например, о ячейках Бенара, возникающих в подогреваемом снизу слое жидкости при достаточно большом градиенте температуры [6]).

После этого космологи взялись за проблему всеерьез, направив свои усилия на возможно более точное установление верхнего порога масштабов, за которым неоднородное распределение галактик становится однородным. Это потребовало составления трехмерных карт распределения галактик на возможно большую глубину и с возможно более широким обзором неба.

Перелом в этих исследованиях произошел в последние 10–15 лет, особенно резкий — буквально в последние несколько лет, когда были откры-



Ниоткуда не следует, что размеры нашей Метагалактики хотя бы грубо совпадают с размерами наблюдаемого мира, потому что радиус горизонта видимости определяется не законами формирования компактных космических макроструктур, а совсем другим — временем, прошедшим после начала расширения нашей Метагалактики.

ты гигантские космические структуры, которые представляют собой скопления галактик и квазаров (светящихся ядер галактик) и размеры которых вполне сравнимы с радиусом горизонта видимости (13,8 млрд св. лет). Мы укажем здесь пять таких объектов с их размерами и расстояниями от Земли:

- Великая стена CfA2 (1989) [7]; 500–750 млн св. лет; расстояние от Земли 300–550 млн св. лет;
- Великая стена Слоуна (2003), около 1,38 млрд св. лет; расстояние от Земли около 1,2 млрд св. лет;
- Громадная группа квазаров (2012), около 4 млрд св. лет; расстояние от Земли около 9 млрд св. лет;
- Великая стена Геркулес — Северная Корона (2014), более 10 млрд св. лет; расстояние от Земли около 10 млрд св. лет;
- Гигантская кольцеобразная структура (2015), около 5 млрд св. лет; расстояние от Земли около 7 млрд св. лет.

После открытия этих структур тезис о неоднородности всего наблюдаемого мира (радиусом 13,8 млрд св. лет) приобретает статус подтвержденного эмпирического факта.

Подчеркнем, что космические структуры распределены в наблюдаемом мире не только неоднородно, но и фрактально. Это означает, во-первых, что

они имеют иерархический характер (звезды — скопления звезд — галактики — скопления галактик). И это означает, во-вторых, что плотность космических структур быстро падает с их размерами (плотность Солнца равна $1,416 \text{ г/см}^3$, нашей Галактики — около 10^{-24} г/см^3 , всего наблюдаемого мира — около 10^{-31} г/см^3), подчиняясь эмпирическому закону Карпентера [12]: плотность сферического участка космической структуры пропорциональна его радиусу R в степени $(D - 3)$. Величину D , приблизительно равную здесь 1,23, называют фрактальной размерностью.

Закон Карпентера обеспечивается особым устройством космических структур: расстояния между звездами много больше размеров звезд, расстояния между скоплениями звезд много больше размеров этих скоплений, расстояния между галактиками много больше размеров галактик и т. д.

Таким образом, тезис о фрактальности всего наблюдаемого мира также приобретает на наших глазах статус подтвержденного эмпирического факта. Экстраполируя его на Вселенную, заключаем, что гипотеза о фрактальности Вселенной становится сегодня более правдоподобной, чем гипотеза о ее (макро)однородности.

УСТРОЙСТВО ФРАКТАЛЬНОЙ ВСЕЛЕННОЙ

Принимая на вооружение гипотезу о фрактальности Вселенной, мы считаем ее (Вселенную) еще и бесконечной, делая это по двум причинам. Во-первых, для фрактальной Вселенной это предположение — простейшее из возможных (мы снова ориентируемся на принцип экономии сущностей). Во-вторых, как известно, Альберт Эйнштейн выдвинул в 1917 году модель замкнутой Вселенной, чтобы избавиться от гравитационной неустойчивости бесконечной Вселенной с отличной от нуля средней плотностью (после открытия космического расширения Эйнштейн отказался от этой модели, однако она продолжает обсуждаться в космологической литературе). Между тем для фрактальной бесконечной Вселенной проблема гравитационной неустойчивости не существует, так как ее глобальная плотность равна нулю: устремляя в законе Карпентера радиус к бесконечности, получаем для плотности нулевое значение.

Эйнштейн писал в 1945 году, что отличная от нуля глобальная плотность Вселенной — это только «подсказываемая опытом гипотеза» [13]. Нулевая глобальная плотность Вселенной — это тоже «подсказываемая опытом» гипотеза, только ставшая сегодня более правдоподобной. Имея же нулевую глобальную плотность, фрактальная Вселенная не может глобально расширяться или сжиматься.

Фрактальная Вселенная стационарна глобально, но не локально. Составляющие ее макросистемы конечных размеров (метagalактики и др.) могут расширяться и сжиматься как угодно, однако из-за глобальной стационарности фрактальной Вселенной все составляющие ее космические системы не могут расширяться или сжиматься одновременно. Это значит, что если Вселенная фрактальна, то она не переживала Большого взрыва, будучи глобально стационарной и вечной. Гипотеза о фрактальности Вселенной десакрализует космологию, снимая проблему возникновения Вселенной. Наблюдаемое нами космическое расширение является результатом Большого взрыва не Вселенной, но только нашей Метagalактики.

Обсуждая прошлое нашей Метagalактики, можно опираться на идею «отскока», высказанную в космологической литературе в отношении Вселенной. Судя по всему, в прошлом произошло сжатие нашей Метagalактики «до упора», заданного известными и неизвестными нам негравитационными механизмами возникновения внутреннего давления, остановившего гравитационный коллапс и обратившего его вспять.

ЗАГАДКА БОЛЬШОГО ВЗРЫВА

Как известно, когда взрывается тело конечных размеров, будь то сверхновая звезда, ядерная бомба или тротильный заряд, то такой взрыв имеет центр и градиенты расширения (давления, плотности, температуры). Ничего подобного при расширении нашей Метagalактики не наблюдается: все галактики разбегаются не от какого-то центра, а друг от друга безо всяких перепадов давления и прочего, так что все точки наблюдаемого мира в этом отношении равноправны.

Далее мы увидим, что в предположении справедливости гипотезы о фрактальности Вселенной эта загадка может быть разрешена единственным образом: отсутствие у нашей Метagalактики центра и градиентов расширения является свидетельством того, что она замкнута, являясь черной дырой.

ПЛОТНОСТЬ НАБЛЮДАЕМОГО МИРА ПОДОЗРИТЕЛЬНО БЛИЗКА К КРИТИЧЕСКОЙ

Черная дыра — это масса M , находящаяся внутри *сферы Шварцшильда*, радиус которой называется *гравитационным радиусом*, или *радиусом Шварцшильда*:

$$R < R_g = \frac{2GM}{c^2}, \quad (1)$$

где M — масса тела, G — гравитационная постоянная, c — скорость света). Условие (1) говорит, насколько мало должно быть тело *данной массы*, чтобы быть черной дырой. Перепишем его в виде

$$\rho < \rho_{кр} = \frac{3C^2}{8\pi GR^2}. \quad (2)$$

Это условие обратно условию (1), говоря о том, как велика должна быть плотность тела *данного радиуса*, чтобы оно было черной дырой. Мы видим, что критическая плотность гравитирующей массы, при которой она становится черной дырой, падает пропорционально квадрату ее радиуса. Таким образом, очень большие космические системы могут оказаться замкнутыми, будучи очень разреженными.

В литературе встречаются разные значения критической и реальной плотностей наблюдаемого мира, однако все они говорят, что его реальная плотность близка к критической, будучи немного меньше ее [14, 15]. Обсуждая этот факт, космологи говорят о нем как о проблеме пло-



Составляющие фрактальную Вселенную макросистемы конечных размеров могут расширяться и сжиматься как угодно, однако из-за глобальной стационарности фрактальной Вселенной все составляющие ее космические системы не могут расширяться или сжиматься одновременно. Это значит, что если Вселенная фрактальна, то она не переживала Большого взрыва.

скости *Вселенной*. Применительно к нашей Метагалактике этот факт говорит другое — что средняя плотность *наблюдаемого мира* странным образом близка к той, какую он имел бы, будучи замкнутым в черную дыру, но немного меньше ее (критической плотности). Далее сыграют оба пункта — и то, что близка, и то, что немного меньше.

НАША МЕТАГАЛАКТИКА — ЧЕРНАЯ ДЫРА

Высказывания астрофизиков о внутренней геометрии черных дыр противоречивы. С одной стороны, они утверждают, что постичь внутреннее устройство этих объектов трудно или вообще невозможно [16, 17, 18]. С другой стороны, они высказывают на этот счет вполне конкретные соображения:

- в центре черных дыр находится гравитационная сингулярность, в которой пространство-время обладает весьма странными свойствами, а вне ее внутри черной дыры — пустота [19, 20];
- все, попавшее внутрь черной дыры, неудержимо падает в сингулярность, разрушаясь по дороге чудовищными градиентами гравитации [21, 22].

Я утверждаю, и это центральный пункт настоящей статьи, что черные дыры устроены совсем

не так, как полагают астрофизики, но так, как устроена наша Метагалактика.

В самом деле, нет оснований полагать, что внутренняя геометрия замкнутых космических систем конечного размера (черных дыр) сколько-нибудь существенно отличается от геометрии Вселенной в предположении ее замкнутости. Между тем, о геометрии замкнутой Вселенной, введенной в космологию, напомним, Эйнштейном еще в 1917 году, разработаны достаточно определенные представления. Ее пространство, будучи конечным по объему, безгранично, так что луч света, движущийся в ней в заданном направлении, описав огромный круг, возвращается сзади в исходную точку. Из-за безграничности представляющего перед наблюдателем пространства он не только не обнаружит в замкнутой Вселенной выделенного центра, но и все ее точки окажутся равноправными [23, 24].

Обычному человеку трудно представить себе замкнутое трехмерное пространство. Трудно это дается и профессиональным космологам: «Наглядно представить себе замкнутую Вселенную невозможно» [25]. Чтобы облегчить себе жизнь, космологи часто используют аналогию трехмерного замкнутого безграничного пространства с двумерной поверхностью трехмерной сферы — в обоих случаях пространство конечно по объему (по площади), но не имеет границ [26, 27].

Чтобы лучше представить себе внутреннюю геометрию черной дыры, прибегнем к этой аналогии и мы, приложив ее к нашей Метагалактике. Поместим на поверхность расширяющейся трехмерной сферы двумерный газ взаимодействующих точек, имитирующий трехмерный «газ» звезд и галактик. Если эти взаимодействия удачно имитируют реальные, то подобно тому, что мы видим в наблюдаемом мире, точки на нашей сфере будут образовывать фрактальные структуры. Из-за симметрии задачи газ на двумерной сферической поверхности не будет иметь выделенных точек и направлений, оставаясь изотропным в каждой точке. По мере расширения сферы плотность газа на ее поверхности уменьшается, точки разбегаются, не имея центра и градиентов расширения. ***Все это, только в трехмерном пространстве, мы и наблюдаем в нашей Метагалактике.***

Таким образом, если справедлива гипотеза о фрактальности и бесконечности Вселенной, то наша Метагалактика — это черная дыра, а высказывания астрофизиков о внутреннем устройстве черных дыр несостоятельны. Все мы имеем достаточно ясные представления о внутреннем устройстве черных дыр, так как живем внутри одной из них. Главное для внутренней геометрии черных дыр: *у их содержимого отсутствуют центр и градиенты расширения/сжатия.*

НАША МЕТАГАЛАКТИКА — РАСКРЫВАЮЩАЯСЯ ЧЕРНАЯ ДЫРА

В принципе наша Метагалактика может перестать быть черной дырой, выйдя в процессе своего расширения за пределы сферы Шварцшильда. Похоже, именно это и происходит в настоящее время; именно поэтому реальная плотность наблюдаемого мира близка к критической, но немного меньше ее. Так может быть истолковано открытое в 1998–1999 годах ускорение космического расширения, а именно: две большие интернациональные группы исследователей — одна под руководством Адама Рисса (Райеса) и Брайана Шмидта [28] и другая под руководством Сола Перлмуттера [29] — установили, что космическое расширение происходит с ускорением, начавшимся около 5–6 млрд лет назад и заметным, соответственно, на расстояниях от Земли 5–6 млрд св. лет и более.

В 2011 году руководителей проектов наградили Нобелевской премией «за открытие ускоренного расширения Вселенной посредством наблюдения дальних сверхновых». В этой формулировке, как

это характерно для всей современной космологии, объект наблюдения — наблюдаемый мир, или наша Метагалактика — некорректно подменен Вселенной. Что же касается самого открытия, то, строго говоря, открыто было не натуральное ускорение космического расширения, а только более медленное снижение скорости космического расширения в результате его торможения гравитацией, чем это предписано стандартной космологической теорией.

Для объяснения космического ускорения космологи выдвинули гипотезу о существовании темной энергии, которой приписывается расталкивающее действие. На мой взгляд, гипотеза о темной энергии не только чересчур фантастична, но и попросту не нужна. В самом деле, она представляет собой *ad hoc* гипотезу, то есть гипотезу, выдвинутую специально, чтобы объяснить неожиданно открытый факт (космическое ускорение). Принцип экономии сущностей говорит, что желательнее обходиться без *ad hoc* гипотез. Между тем в предположении справедливости гипотезы о фрактальности Вселенной это ускорение получает гораздо менее фантастическое объяснение.

Прежде всего, если Вселенная фрактальна, то речь должна идти об ускорении расширения не всей Вселенной, но только нашей Метагалактики. Далее обратим внимание на то обстоятельство, что космическое ускорение происходит на больших расстояниях от Земли (от нашей Галактики) и может считаться по отношению к ней периферийным. Наконец, главное: ускорение космического расширения может быть истолковано как проявление начавшегося 5–6 млрд лет назад размыкания нашей Метагалактики, в результате которого она перестала быть черной дырой за пределами сферы радиусом около 5–6 млрд св. лет, оставаясь таковой на меньших расстояниях.

Из-за гигантских размеров нашей Метагалактики крайне маловероятно, чтобы Земля (наша Галактика) находилась точно в ее центре. Если же и на самом деле Земля (наша Галактика) смещена от центра нашей Метагалактики, то в космическом ускорении должна наблюдаться сферическая асимметрия. Если таковая обнаружится, то, во-первых, ее крайне трудно будет объяснить действием темной энергии и, во-вторых, ее существование будет аргументом в пользу всей авторской концепции, начиная с гипотезы о фрактальности Вселенной. Другими словами, предлагаемый эксперимент по обнаружению сферической асимметрии космического ускорения предоставляет возможность, фигурально выражаясь, выглянуть за пределы наблюдаемого мира.



Литература

- Mandelbrot B. V. Les Objects Fractals. Forme, Hazard et Dimension. Paris, Flammarion, 1975, 192 p.
- Einasto J., Jöeveer M., Saar E. Structure of superclusters and supercluster formation // Monthly Notices of the Royal Astronomical Society. 1980. Vol. 193. Pp. 353–375.
- Йэвээр М., Эйнасто Я. Имеет ли Вселенная ячеистую структуру? // Крупномасштабная структура Вселенной. Ред. Я. Б. Зельдович, Э. Я. Эйнасто. М.: Мир, 1981. С. 270–280.
- Tift W. G., Gregory S. A. Direct observations of the large-scale distribution of galaxies // The Astrophysical Journal. 1976. Vol. 205. Pp. 696–708.
- Тифт В. Г., Грегори С. А. Наблюдения крупномасштабного распределения галактик // Крупномасштабная структура Вселенной. Ред. Я. Б. Зельдович и Э. Я. Эйнасто. М.: Мир, 1981. С. 296–299.
- Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса. Новый диалог человека с природой. Ред. В. И. Аршинов, Ю. Л. Климонтович, Ю. В. Сачков. М.: Прогресс, 1986. С. 196.
- Geller M. J., Huchra J. Mapping the Universe // Science. 1989. Vol. 246 (4932). Pp. 897–903.
- Gott J. R. III, Jurić M., Schlegel D., Hoyle F., Vogeley M., Tegmark M., Bahcall N., Brinkmann J. A map of the Universe // The Astrophysical Journal. 2005. Vol. 624. Pp. 463–484.
- Clowes R. G., Harris K. A., Raghunathan S., Campusano L. E., Söchting I. K., Graham M. J. A structure in the early Universe at that exceeds the homogeneity scale of the R-W concordance cosmology // Monthly Notices of the Royal Astronomical Society. 2013. Vol. 429. No. 4. Pp. 2910–2916.
- Horvath I., Bagoly Zs., Hakkila J., Tóth L. V. New data support the existence of the Hercules–Corona Borealis Great Wall // Astronomy & Astrophysics. 2015. Vol. 584. Id.A48, 9 p.
- Balázs L. G., Bagoly Z., Hakkila J. E., Horváth I., Kóbori J., Rácz I. I., Tóth L. V. A giant ring-like structure at displayed by GRBs // Monthly Notices of the Royal Astronomical Society. 2015. Vol. 452. No. 3. Pp. 2236–2246.
- Carpenter E. F. Some characteristics of associated galaxies I. A density restriction in the metagalaxy // The Astrophysical Journal. 1938. Vol. 88. Pp. 344–355.
- Эйнштейн А. О «космологической проблеме». Пер. с англ. А. Базя, Л. Пузикова и А. А. Сазыкина // С чего началась космология. М., Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2014. С. 372.
- Чернин А. Д. Космический вакуум // Успехи физических наук. 2001. Т. 171. Вып. 11. С. 1153–1175.
- Гинзбург В. Л. О некоторых успехах физики и астрономии за последние три года // Успехи физических наук. 2002. Т. 172. Вып. 2. С. 213–219.
- Новиков И. Д., Фролов В. П. Физика черных дыр. М.: Наука, 1986. С. 272.
- Трофименко А. П. Белые и черные дыры во Вселенной. Минск: Университетское изд-во, 1991. С. 69.
- Грин Б. Элегантная Вселенная. Суперструны, скрытые размерности и поиски окончательной теории. Ред. В. О. Малышенко. М.: УРСС, 2011. С. 60.
- Цицин Ф. А. Черные дыры – реальность или мираж? (К истории и перспективам концепции) // Исследования по истории физики и механики, 2001. М.: Наука, 2002. С. 290.
- Рубин С. Г. Устройство нашей Вселенной. Фрязино: Век-2, 2006. С. 46.
- Николсон И. Тяготение, черные дыры и Вселенная. Ред. Н. В. Мицкевич. М.: Мир, 1983. С. 115.
- Хокинг С. Черные дыры и молодые Вселенные. Пер. с англ. М. Кононова. СПб.: Амфора / Эврика, 2009. С. 49.
- Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Теория поля. М.: Физматлит, 1962. С. 390.
- Паркер Б. Мечта Эйнштейна. В поисках единой теории строения Вселенной. Ред. Я. А. Смородинский. М.: Наука, 1991. С. 119.
- Зельдович Я. Б., Новиков И. Д. Строение и эволюция Вселенной. М.: Наука, 1975. С. 49.
- Пенроуз Р. Новый ум короля. О компьютерах, мышлении и законах физики. Ред. В. О. Малышенко. М.: УРСС, 2003. С. 65.
- Решетников В. П. Почему небо темное. Как устроена Вселенная. Фрязино: Век-2, 2015. С. 104.
- Riess A. G., Filippenko A. V., Challis P., et al. Observational evidence from supernovae for an accelerating Universe and a cosmological constant // The Astronomical Journal. 1998. Vol. 116. Pp. 1009–1038.
- Perlmutter S., Aldering G., Fabbro S., et al. Measurements of Ω and Λ from 42 High-Redshift Supernovae // The Astrophysical Journal. 1999. Vol. 517. No. 2. Pp. 565–586.
- Carpenter E. F. Some characteristics of associated galaxies II. A density restriction in the metagalaxy // The Astrophysical Journal, 1938, vol. 88, pp. 344–355.
- Einstein A. O “kosmologicheskoy probleme”. Trans. A. Baz, L. Puzikov, A. A. Sazykin // S chego nachalasya kosmologiya. Moscow, Izhevsk: NITS “Regulyarnaya i khaoticheskaya dinamika. 2014. p. 372.
- Chernin A. D. Kosmichesky vacuum // Uspekhi fizicheskikh nauk, 2001, vol. 171, pp. 1153–1175.
- Ginzburg V. L. O nekotorykh uspekakh fiziki i astronomii za posledniye tri goda // Uspekhi fizicheskikh nauk, 2001, vol. 172, pp. 213–219.
- Novikov I. D., Frolov V. P. Fizika chyornyykh dyr. Moscow: Nauka, 1966. P. 272.
- Trofimenko A. P. Belye i chyornye дыры vo Vselennoy. Minsk: Universitetskoye izdatelstvo, 1991. P. 69.
- Grin B. Elegantnaya Vselennaya. Superstruny, skrytiye razmernosti i poiski okonchatelnoy teorii. Ed. V. O. Malyschenko. Moscow: URSS, 2011. P. 60.
- Tsytsyn F. A. Chyorniyе дыры – realnost ili mirazh? (K istorii i perspektivam kontseptsii // Issledovaniya po istorii fiziki i mekhaniki. 2001. Moscow: Nauka, 2002. P. 290.
- Rubin S. G. Ustroystvo nashey Vselennoy. Fryazino: Vek-2, 2006. P. 46.
- Nicolson I. Tyagoteniye, chyorniyе дыры i Vselennaya. Ed. N. V. Mitskevich. Moscow: Mir, 1983. P. 115.
- Hawking S. W. Chyorniyе дыры i molodiye Vselenniye. Trans. M. Kononov. Sankt Peterburg: Amfora/Evrika, 2009. P. 49.
- Landau L. D., Lifshits E. M. Teoriya polya. Moscow: Fizmatlit, 1962. P. 390.
- Parker B. Mechta Einsteina. V poiskakh yedinoi teorii stroeniya Vselennoy. Ed. Ya. A. Smorodinsky. Moscow: Nauka, 1991. P. 119.
- Zeldovich Ya. B., Novikov I. D. Stroeniye Vselennoy. Moscow: Nauka, 1975. P. 49.
- Penrose R. Noviy um korolya. O kompyuterakh, myshlenii i zakonakh fiziki. Ed. V. O. Malyschenko. Moscow: URSS, 1993. P. 5.
- Reshetnikov V. P. Pochemu nebo tyomnoye. Kak ustroyena Vselennaya. Fryazino: Vek-2, 2015. P. 104.
- Riess A. G., Filippenko A. V., Challis P., et al. Observational evidence from supernovae for an accelerating Universe and a cosmological constant // The Astronomical Journal, 1998, vol. 116, pp. 1009–1038.
- Perlmutter S., Aldering G., Fabbro S., et al. Measurements of Ω and Λ from 42 High-Redshift Supernovae // The Astrophysical Journal, 1999, vol. 517, no. 2, pp. 565–586.

References

- Mandelbrot B. V. Les Objects Fractals. Forme, Hazard et Dimension. Paris, Flammarion, 1975, 192 p.
- Einasto J., Jöeveer M., Saar E. Structure of superclusters and supercluster formation // Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 1980, vol. 193, pp. 353–375.
- Jöeveer M., Einasto J. Imeet li Vselennaya yacheistuyu strukturu? // Krupnomasshtabnaya struktura Vselennoy. Ed. Ya. B. Zeldovich, J. Einasto. Moscow, Mir, 1981. Pp. 270–280.
- Tift W. G., Gregory S. A. Direct observations of the large-scale distribution of galaxies // The Astrophysical Journal, 1976, vol. 205, pp. 696–708.
- Tift W. G., Gregory S. A. Nablyudeniya krupnomasshtabnogo raspredeleniya galaktik // Krupnomasshtabnaya struktura Vselennoy. Ed. Ya. B. Zeldovich, J. Einasto. Moscow, Mir, 1981. Pp. 296–299.
- Prigozhin I., Stengers I. Poryadok iz khaosa. Noviy dialog cheloveka s prirodoy. Ed. V. I. Arshinov, Yu. L. Klimontovich, Yu. V. Sachkov. Moscow: Progress, 1986. P. 196.
- Geller M. J., Huchra J. Mapping the Universe // Science, 1989, vol. 246 (4932), pp. 897–903.
- Gott J. R. III, Jurić M., Schlegel D., Hoyle F., Vogeley M., Tegmark M., Bahcall N., Brinkmann J. A map of the Universe // The Astrophysical Journal, 2005, vol. 624, May 10, pp. 463–484.
- Clowes R. G., Harris K. A., Raghunathan S., Campusano L. E., Söchting I. K., Graham M. J. A structure in the early Universe at that exceeds the homogeneity scale of the R-W concordance cosmology // Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 2013, vol. 429, pp. 2910–2916.
- Horvath I., Bagoly Zs., Hakkila J., Tóth L. V. New data support the existence of the Hercules–Corona Borealis Great Wall // Astronomy & Astrophysics, 2015, vol. 584, id.A48, 9 pp.
- Balázs L. G., Bagoly Z., Hakkila J. E., Horváth I., Kóbori J., Rácz I. I., Tóth L. V. A giant ring-like structure at displayed by GRBs // Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 2015, vol. 452, No. 3, pp. 2236–2246.

© Хайтун С. Д., 2019

История статьи:

Поступила в редакцию: 09.07.2019
Принята к публикации: 07.08.2019

Модератор: Гесс Л. А.

Конфликт интересов: отсутствует

Для цитирования:

Хайтун С. Д. Внутренняя геометрия космического пространства, в котором мы живем, – это геометрия черной дыры // Воздушно-космическая сфера. 2019. №3. С. 50–57.

MICRO LAUNCH VEHICLES: THE SEGMENT IN THE LAUNCH SERVICES MARKET AND PROMISING PROJECTS

Valery Y. KLYUSHNIKOV,
Dr. Sci. (Tech), Senior Fellow, Chief Researcher,
FSUE "Central Research Institute of Machine
Building", ROSCOSMOS, Moscow, Russia,
wkljs9@yandex.ru

ABSTRACT The author analyses the perspectives of the commercial use of micro launch vehicles in the emerging small satellites launch market. The most promising projects of micro launch vehicles as well as technologies for improving their technical and economic indicators are considered.

Keywords: *micro launch vehicle, launch cost, cost of 1 kg of payload launch to orbit, payload mass*



РАКЕТЫ-НОСИТЕЛИ СВЕРХЛЕГКОГО КЛАССА:

НИША НА РЫНКЕ ПУСКОВЫХ УСЛУГ И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ПРОЕКТЫ



Валерий Юрьевич КЛЮШНИКОВ,
доктор технических наук, старший научный
сотрудник, главный научный сотрудник ФГУП
«Центральный научно-исследовательский институт
машиностроения», Роскосмос, Москва, Россия,
wklj59@yandex.ru

АННОТАЦИЯ | В статье анализируются перспективы коммерческого использования ракет-носителей сверхлегкого класса на формирующемся рынке запусков малоразмерных космических аппаратов. Рассматриваются наиболее перспективные проекты сверхлегких носителей и технологии, позволяющие улучшить их технико-экономические показатели.

Ключевые слова: *ракета-носитель сверхлегкого класса, стоимость пуска, стоимость выведения на орбиту 1 кг полезного груза, масса полезного груза*

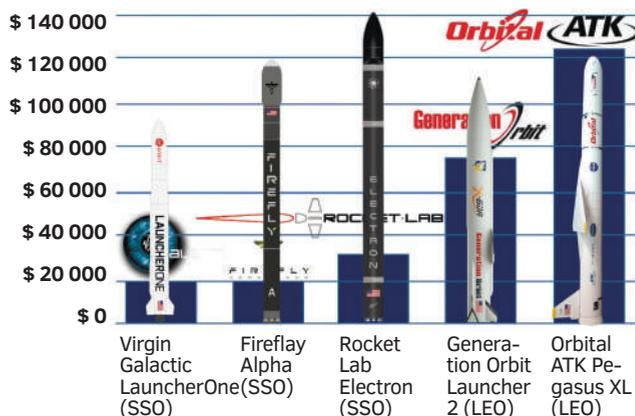
ВВЕДЕНИЕ

Существующие классификации ракет-носителей (РН) по энергетическим возможностям достаточно условны, и вплоть до последнего времени такой класс, как сверхлегкая РН, или микроРН, в нормативных документах и в специальной литературе отсутствовал. Сейчас к сверхлегким (микроРН) одни авторы относят ракеты, способные вывести на низкую околоземную орбиту (НОО) полезную нагрузку массой до 500 кг [1], другие — до 300 кг и даже до 100 кг [2].

В соответствии с приведенной выше классификацией формально сверхлегкие РН были созданы еще в начале космической эры (табл. 1).

Однако малая масса сверхлегких РН на заре космонавтики была обусловлена техническими и технологическими ограничениями и примитивностью запускаемых космических аппаратов (КА). В дальнейшем развитие производства малоразмерных спутников (малых космических аппаратов) длительное время не сопровождалось снижением грузоподъемности и размеров РН. Сейчас же снижение массы и габаритов КА и РН — целенаправленная техническая политика, ориентированная, в конечном счете, на снижение стоимости и повышение доступности космических услуг для массового потребителя.

Рис. 1. Удельные экономические показатели сверхлегких РН [5]



В настоящее время принятых в эксплуатацию носителей сверхлегкого класса не существует. Наиболее близким к ним по требуемым характеристикам является воздушно-космический комплекс легкого класса на базе крылатой ракеты Pegasus XL (табл. 2). Но он очень дорог (удельная стоимость выведения 1 кг полезного груза на низкую околоземную орбиту достигает 90 тыс. долл.) и переразмерен для выведения микро- и наноспутников (масса полезного груза — 443 кг).



Vanguard

Lambda-4S

ТАБЛИЦА 1.

Основные характеристики первых РН сверхлегкого класса [3, 4]

РН Характеристики	Vanguard	«Лямбда-4S»
Разработчик	Glenn L. Martin Company (США)	Nissan (Япония)
Количество ступеней	3: 1 ст.: керосин + жидкий O ₂ , 2 ст.: азотная кислота + несимметричный диметилгидразин (НДМГ); 3 ст.: смесевое твердое ракетное топливо (СТРТ)	5: все – СТРТ
Стартовая масса	10 050 кг	9400 кг
Длина	23 м	16,5 м
Диаметр	1,14 м	0,74 м
Год первого пуска	1957	1966
Количество пусков	11 (3 успешных)	5 (1 успешный)
Космодром (место) запуска	Канаверал (LC-18)	Утиноура
Масса полезного груза, выводимого на НОО	22,5 кг	26 кг

Примечание: До запуска японской сверхлегкой ракеты-носителя SS-520-5, созданной на базе метеорологической ракеты, РН «Лямбда-4S» была самой легкой в истории из всех космических РН, достигших орбиты.

ТАБЛИЦА 2.
Основные характеристики РН Pegasus-XL [3, 13]



Разработчик	Orbital Sciences Corporation
Количество ступеней	3 (все – СТРТ, в варианте Pegasus HAPS дополнена блоком маневрирования, работающим на гидразине)
Стартовая масса	23 130 кг
Длина	17,6 м
Диаметр	1,27 м
Год первого пуска	1990
Количество пусков	46 (3 неудачных, 2 частично неудачных)
Способ запуска	с самолетов-носителей B-52 (принадлежит NASA) или L-1011 «Трайстар» (принадлежит корпорации Orbital)
Масса полезного груза, выводимого на НОО	443 кг
Стоимость запуска (на 2016 год)	40 млн долл.
Стоимость выведения на НОО 1 кг полезного груза	до 90 тыс. долл.

Существуют общие закономерности изменения технико-экономических показателей РН по мере уменьшения начальной стартовой массы и массы полезного груза, выводимого на орбиту: стоимость пуска уменьшается, а удельная цена выведения на орбиту 1 кг полезного груза увеличивается (рис. 1). Последняя закономерность связана с ухудшением энергомассового совершенства легких РН. Естественно, такое ухудшение разработчики

современных сверхлегких РН стремятся компенсировать использованием современных технологий.

Цель данной статьи заключается в выявлении и анализе перспективных технологий — проектно-конструкторских решений, определяющих облик перспективных сверхлегких РН, которые позволили бы максимально улучшить прежде всего удельные экономические показатели РН сверхлегкого класса.

РИС. 2. Статистика запусков и прогноз рынка nano / микроспутников (1-50 кг) по состоянию на 2018 год [7]



РИС. 3. Прогноз количества спутников в многоспутниковых группировках [8]



I. МЕСТО СВЕРХЛЕГКИХ РАКЕТ-НОСИТЕЛЕЙ НА РЫНКЕ ПУСКОВЫХ УСЛУГ

Согласно [6], стоимость полета в космос за последние полвека существенно не изменилась, что привело к некоторому замедлению темпов развития рынка космических услуг и в целом не оправдало ожиданий от результатов исследования и освоения космоса, характерных для начала космической эры.

Дальнейшее развитие космической техники связано с радикальным снижением стоимости космических услуг, повышением их доступности и расширением номенклатуры. Эта цель может быть достигнута с помощью микроминиатюризации элементной базы, бортовой аппаратуры и изделий ракетно-космической техники в целом, развертывания многоспутниковых группировок малоразмерных космических аппаратов (МКА) инфокоммуникационного назначения. Количество МКА уже в ближайшие 5-10 лет до-

ТАБЛИЦА 3. Основные характеристики некоторых перспективных сверхмалых ракет-носителей [11, 12, 13]

Название РН	Оператор, страна	Число ступеней	Топливо
SS-520-4 /SS-520-5	JAXA / Canon, Япония	3	СТРТ ¹
Super Strypi	ORS Office, США	3	СТРТ
Alpha 1.0	Firefly Space Systems, США / Украина	2	ж. O ₂ ² + керосин
Electron	Rocket Lab, США	2	ж. O ₂ + керосин
Arion 2	PLD Space, Испания	3	ж. O ₂ + керосин
Vector-R (Vector Rapid)	Vector Space, США	2/3	1, 2 ст. ³ - ж. O ₂ + пропилен, 3 ст. - ЭРД
Vector-H (Vector Heavy)	Vector Space, США	2/3	1, 2 ст. - ж. O ₂ + пропилен, 3 ст. - СТРТ
Haas 2C	ARCA Space Corporation, США	2	ж. O ₂ + керосин
Haas 2CA	ARCA Space Corporation, США	1	70% H ₂ O ₂ + керосин
Neptune N1 (минимальная конфигурация)	Interorbital Systems Corporation (IOS), США	3	Скипидар + азотная кислота
ALASA (Airborne Launch Assist Space Access)	Phantom Works Advanced Space Exploration, США	2+ Самолет	Монотопливо NA-7 (закись азота + ацетилен)
RASCAL (Responsive Access Small Cargo Affordable Launch)	Space Launch, США	2+ Самолет	1 ст. – ЖРД; 2 ст. – гибридный РД
Cab-3A	CubeCab, США	2+ Самолет	
LauncherOne	Virgin Orbit, США	2+ Самолет	ж. O ₂ + керосин
Bloostar	Zero2Infinity, Испания	3+ Стратостат	ж. O ₂ + метан
Phantom Express (XS-P, XS-1)	The Boeing Company, США	2	ж. O ₂ + ж. H ₂
Black Arrow 2	Horizon Space Technologies, Британия	2	ж. O ₂ + СПГ ⁴
Intrepid 1	Rocket Crafters, Inc., США	2	Гибридный ракетный двигатель (H ₂ O ₂ + твердое горючее)
OS-M1 (Chongqing Liangjiang Star)	OneSpace, Китай	4	СТРТ
New Line 1	Link Space Aerospace Technology Group, Китай	2	ж. O ₂ + керосин
Hyperbola-1	iSpace, Китай	3	1, 2 ст. – СТРТ; 3 ст. - ЖРД
Zhuque-1 (ZQ-1)	Landspace, Китай	3	СТРТ
SMILE (Small Innovative Launcher for Europe)	Консорциум SMILE из 14 европейских компаний и институтов	3	1 ст. - ж. O ₂ + керосин; 2, 3 ст. - H ₂ O ₂ + твердое горючее

¹ СТРТ – смешанное твердое ракетное топливо; ² Жидкий кислород (ж. O₂); ³ ступень (ст.);

⁴ СПГ – сжиженный природный газ; ⁵ ССО – солнечно-синхронная орбита;

⁶ НОО – низкая околоземная орбита

стигнет нескольких сотен и, возможно, тысяч. Наиболее высоких темпов роста ожидают от запусков космических аппаратов массой до 50 кг, относящихся по принятой классификации к нано- и микроКА (рис. 2).

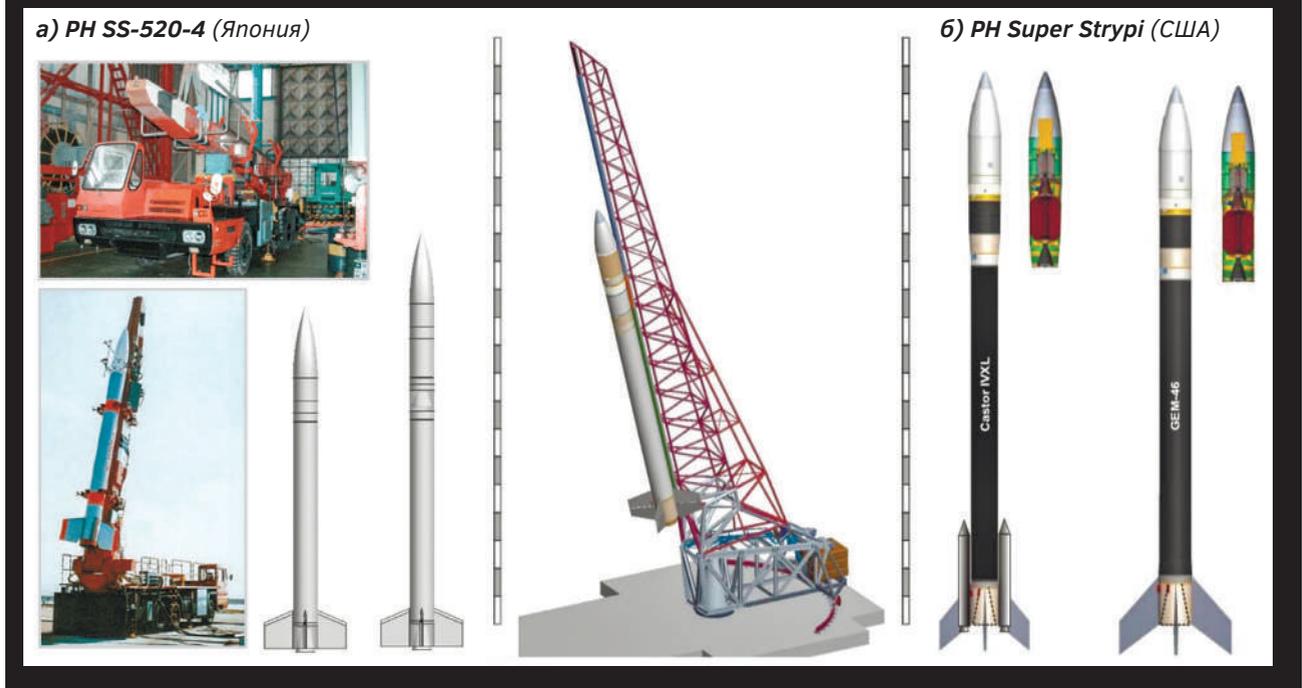
Необходимо также принимать во внимание планы развертывания многоспутниковых группировок, прежде всего низкоорбитальных космических систем широкополосной связи, которые в ближайшие 10 лет могут насчитывать более 16 000 малых космических аппаратов класса мини, массой до 300-400 кг (рис. 3). При-

чем требуемые диапазоны высот и наклонов орбит — существенно шире используемых в настоящее время для запусков тяжелых КА.

Если для развертывания многоспутниковых орбитальных группировок могут быть использованы существующие ракеты-носители легкого и среднего классов, то для наращивания и поддержания будут необходимы сверхлегкие РН, рассчитанные на выведение на низкую околоземную орбиту полезной нагрузки массой от единиц килограммов до 200-300 килограммов. К таким носителям будут предъявляться

Стартовая масса, т	Масса полезного груза, кг	Стоимость пуска, млн долл.	Стоимость выведения на орбиту 1 кг, тыс. долл.	Год первого запуска	ПРИМЕЧАНИЕ
2,6	4	3,6	900,0	2017 2018	Проект заморожен
28,3	250 (ССО) ⁵	12,0	48,0	2015	Проект закрыт
54,0	1000 (НОО) ⁶	10,0-15,0	< 20,0	2019	3D-печать
10,5	250 (НОО)	4,9	49,0	2017	3D-печать
7,0	150 (НОО)	4,8-5,5	32,0-36,6	2020	Повторное использование ракетных блоков до 10 раз
5,0	60 (НОО)	2,0-3,0	33,3-50,0	2019	3D-печать форсунок ЖРД. В 2017 г. – суборбитальные испытательные пуски
11,9	290 (НОО)	3,5-4,5	33,3-50,0	2019	3D-печать форсунок ЖРД
16,0	400	1,0	2,5	2019	Суборбитальная ракета – прототип 1-й ступени Haas 2CA
16,0	100	1,0	10,0	2019	Линейный клиновоздушный ЖРД
2,449	6,4	0,25	39,0	2019	Модульный носитель
?	45 (НОО)	1	22,2	2020	1 ступень – самолет-истребитель F-15E. Проект закрыт
7,3	75 (НОО)	0,75	10,0	–	1 ступень – специальный авиационный носитель. Пуск на высоте 58 000-60 000 м. Проект закрыт
13,0	5,0 (НОО)	0,25	50,0	2020	Печать на 3D-принтере. Пуск с F-104 3D-печать, COTS- технологии
25,0	500,0 (НОО)	12,0	24,0		1 ступень – Boeing 747-400
4,93	75,0	4,0	53,3	2019	Пуск с H=30-100 км со стратостата
108,86	1360,0-2270,0 (НОО)	5,0	3,7-2,2	2020	Вертикальный старт, горизонтальная посадка, одноразовая 2-я ступень
–	500,0 (НОО)	6,12	12,2	2020	3D-печать и композитные конструкции
24,0	376,0 (НОО)	5,4	14,4	2020	Гибридный ракетный двигатель D-DART (патент RCI) с возможностью повторного запуска. 3D-печать твердотопливных зарядов
20,0	205,0 (НОО)	> 2,0	< 10,0	2019	В 2018 г. – 2 суборбитальных испытательных пуска. В 2019 г. – неудачный запуск КА Lingque-1B.
33,0	200,0 (ССО)	2,5 - 4,5	12,5 - 22,5	2021	Спасаемая 1-я ступень с ракетно-динамической посадкой
31,0	300,0 (НОО)	–	–	2019	В апреле 2018 г. – суборбитальный отработочный пуск 2-й ступени
27,0	300,0 (НОО)	–	–	2018	Неудачный запуск КА телевидения
20,8	70,0 (НОО)	< 3,5	< 50,0	–	Шестигранный керамический ЖРД типа Aerospike на 1-й ст. На 2 и 3 ст. – гибридный РД

РИС. 4. Сверхлегкие ракеты-носители, созданные на базе существующих геофизических ракет



требования минимальной стоимости и высокой оперативности пуска, простоты подготовки к пуску и надежности, широкого диапазона высот и наклонений целевых орбит.

Так уже сейчас для восполнения состава системы глобальной широкополосной связи OneWeb планируется использовать сверхлегкую РН Launcher One (Virgin Galactic, США), а компания Planet (США) планирует осуществить замену отказавших спутников типа Flock (кубсат формфактора 3U) системы дистанционного зондирования Земли при помощи сверхлегкой РН Electron (Rocket Labs, США) [9] и т. д.

Таким образом, место сверхлегких РН на рынке пусковых услуг определяется:

1. Возможностью более частых запусков, не привязанных к пускам тяжелых РН.

Несмотря на то, что в настоящее время реализуется множество программ создания сверхлегких ракет-носителей, получающих как государственное, так и частное финансирование, отсутствует устойчивая бизнес-модель для рынка сверхлегких РН

2. Широким спектром требований к высотам и наклонениям целевых орбит малоразмерных космических аппаратов, которые невозможно удовлетворить при попутном выведении.

3. Перспективами использования сверхлегких РН для решения задачи восполнения много-спутниковых группировок.

Однако, несмотря на то, что в настоящее время реализуется множество программ создания сверхлегких РН, получающих как государственное, так и частное финансирование, отсутствует устойчивая бизнес-модель для рынка сверхлегких РН, и это может помешать его развитию. Среди потенциальных препятствий на пути успеха рынка запусков малых КА при помощи сверхлегких РН называют технологические проблемы, чрезмерно оптимистичные прогнозы спроса и возможность альтернативных решений, таких как доставка нескольких небольших спутников на более тяжелых ракетах-носителях с использованием специализированных пусковых устройств (диспенсеров) [10]. Существует и обратное влияние практических успехов в развитии сверхлегких РН на динамику рынка малых КА: не исключено, что существенное улучшение удельных экономических показателей сверхлегких РН (снижение стоимости выведения на орбиту 1 кг полезного груза) стимулирует развитие рынка малых КА и орбитальных группировок на их основе.

2. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ПРОЕКТЫ СВЕРХЛЕГКИХ НОСИТЕЛЕЙ: ПОИСК ОПТИМАЛЬНОГО ОБЛИКА

Несмотря на ряд описанных выше сложностей, в настоящее время в мире создается несколько десятков сверхлегких РН, рассчитанных на выведение на низкую околоземную орбиту грузов до 300 кг (табл. 3). Летные испытания многих из них намечены на 2019–2020 годы.

Перспективные проекты сверхлегких РН отличаются разнообразием реализуемых технологических решений, включая способ запуска, тип двигательной установки и топлива, технологии изготовления основных элементов и др.

В отличие от России, в западных странах (а в последнее время и в Китае) многие технологические решения при создании сверхлегких РН могут быть достаточно быстро и эффективно проверены экспериментально. Это достигается системой стартапов — сравнительно небольшим финансированием частных фирм — по их собственной инициативе или в результате победы в конкурсе, объявленном, например, агентством DARPA или NASA (США). Конечно, в этих случаях могут иметь место различные коллизии, но цель, на наш взгляд, достигается: предлагаются и проверяются на практике самые нетрадиционные технологические решения.

2.1. МОДИФИКАЦИИ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ РАКЕТ

На первый взгляд, очевидным решением задачи создания сверхлегких РН является модернизация геофизических ракет с целью повышения их энергетических возможностей, с тем чтобы использовать в качестве носителей. Речь идет о японской высотной двухступенчатой твердотопливной исследовательской ракете SS-520 и американской геофизической трехступенчатой твердотопливной ракете Strypi, специально разработанной для ядерных испытаний (рис. 4). Их модификации соответственно получили названия SS-520-4 (к SS-520 была прибавлена третья ступень) [14] и Super Strypi (были изготовлены новые твердотопливные двигатели) [15].

Успехом увенчался только второй пуск японского носителя (SS-520-5) 3 февраля 2018 года (первый пуск 15 января 2017 года был аварийным). Единственный же пуск ракеты Super Strypi в 2015 году закончился аварией. В настоящее время проект закрыт.

В России НПО «Тайфун» Росгидромета сделало попытку обосновать предложения по исполь-



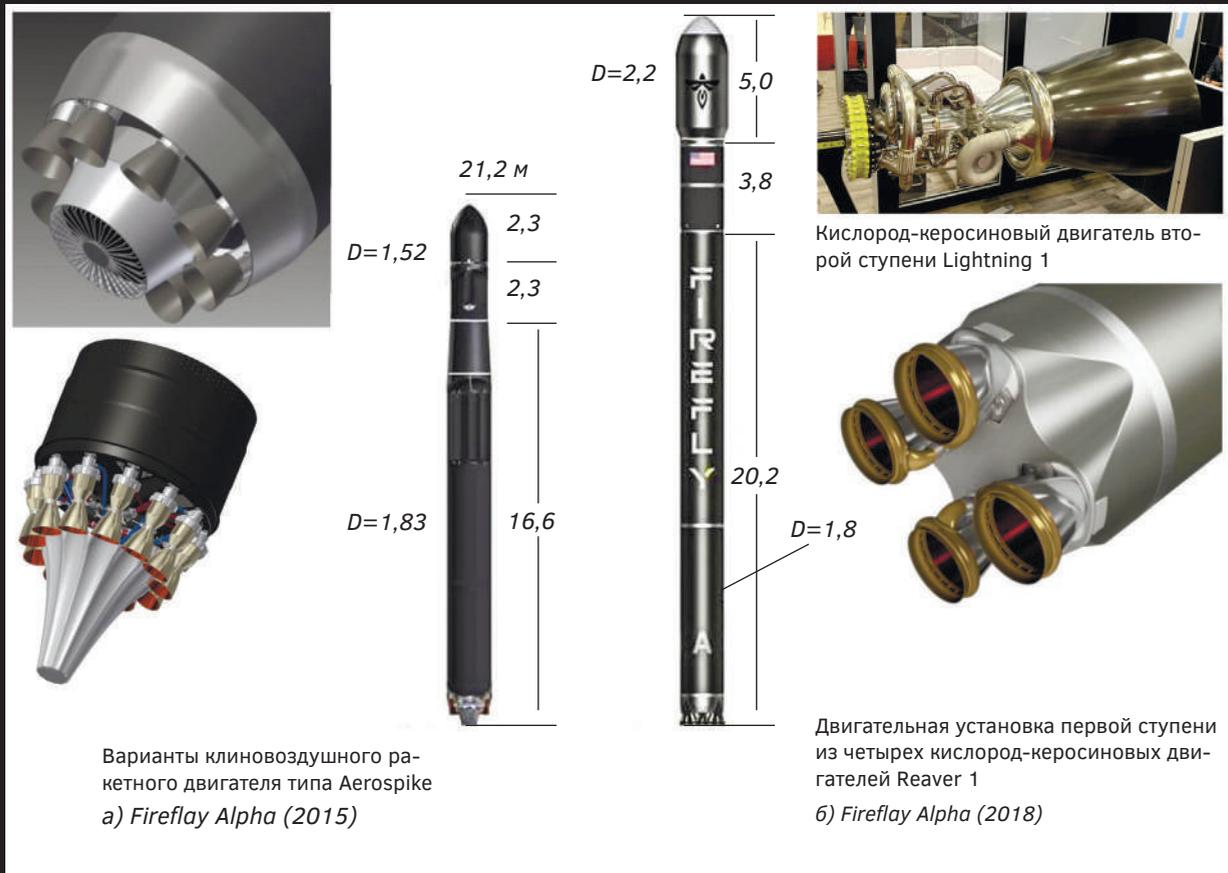
Радикальное снижение стоимости космических услуг, повышение их доступности и расширение номенклатуры может быть достигнуто с помощью микроминиатюризации элементной базы, бортовой аппаратуры и изделий ракетно-космической техники в целом, развертывания многоспутниковых группировок малоразмерных космических аппаратов

зованию модернизированного геофизического ракетного комплекса МР-30 с ракетой МН-300 (разработчик ОКБ «Новатор») в качестве средства выведения сверхлегкого класса для запуска МКА. Привлекательность этой идеи заключается в возможности унификации носителя и геофизического ракетного комплекса с целью снижения стоимости пуска за счет производства большой серии унифицированных элементов обоих типов ракет. Однако предварительные оценки и проектно-баллистические расчеты показали проблематичность создания многоступенчатой РН сверхлегкого класса для запуска КА массой 5–15 кг на НОО на базе твердотопливной метеорологической ракеты по следующим причинам:

— ракета МН-300 обладает дефицитом энергии из-за низкого весового совершенства конструкции ступени (на уровне 20% от массы топлива) и низкого пустотного удельного импульса используемого смесового твердого топлива;

— попытка модификации ракеты МН-300, по существу, приведет к созданию новой ракеты, так как для решения поставленной задачи необходимы новая первая ступень, дополнительная вторая ступень и апогейная ступень. Кроме того, необходимо создавать новую систему управления (ракета МН-300 стабилизируется в полете вращением).

Рис. 5. Ракета-носитель Alpha компании Firefly Aerospace [16, 17]



2.2. РАКЕТЫ-НОСИТЕЛИ ТРАДИЦИОННЫХ СХЕМ

Необходимо заметить, что в числе нескольких десятков прорабатываемых проектов сверхлегких РН присутствуют в основном традиционные схемы и компоновки. Улучшения удельных экономических показателей разработчики рассчитывают добиться за счет использования более современных технологий изготовления элементов РН и повышения тем самым энергомассового совершенства.

РН ALPHA

Так, в 2014 году интерес специалистов вызвал стартуп Firefly Space Systems (США) сверхлегкой ракеты носителя под названием Alpha (рис. 5).

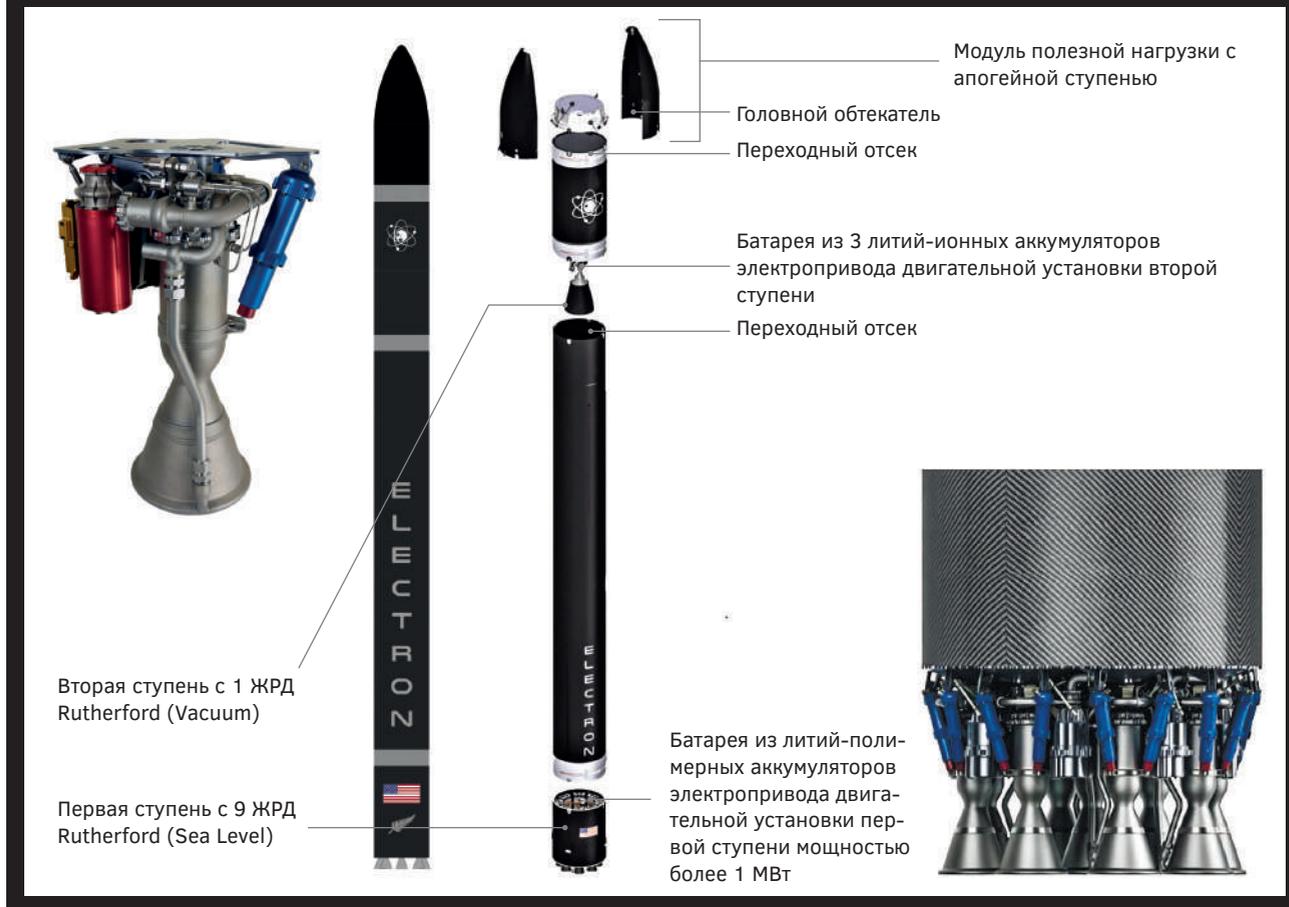
Так сложилось, что ракета разрабатывалась в двух вариантах. В первом варианте РН (Firefly Space Systems, 2015 г.) был принят ряд передовых проектно-конструкторских решений, направленных на максимальное снижение стоимости пуска и улучшение удельных экономических показателей, в том числе [16, 17]:

- использование в качестве топлива жидкого кислорода и метана;
- установка на первой ступени клиновоздушного жидкостного ракетного двигателя (ЖРД) типа Aerospike;
- изготовление корпуса ракеты из углерод-углеродного композита.

Наибольший интерес в первом варианте ракеты представлял клиновоздушный ЖРД (ЖРД с центральным телом), позволяющий снизить массу топлива на 25–30% за счет того, что клиновидное сопло способно регулировать давление истекающей газовой струи в зависимости от изменения атмосферного давления по мере набора высоты.

Однако в начале 2017 года Firefly приостановила свою деятельность из-за финансовых трудностей. В дополнение ко всем проблемам компания Virgin Galactic предъявила к Firefly иск за нарушение авторских прав. В результате компания была продана с аукциона и куплена предпринимателем Максимом Поляковым (Max Polyakov) [16]. В 2018 году Максим Поляков открыл исследовательский центр в городе Днепр (бывший Днепропетровск, Украина) с перспективой ор-

Рис. 6. Ракета-носитель Electron компании Rocket Lab [18]



ганизации экспериментального производства сверхлегких РН и применения космических технологий в аграрном секторе. В центре установлен самый большой на Украине 3D-принтер.

После покупки М. Поляковым компании Firefly Space Systems концепция РН Alpha претерпела существенные изменения, включающие:

- отказ от клиновоздушного двигателя на первой ступени; вместо него будет установлен турбонасосный ЖРД обычной схемы со сверхкомпактным горизонтальным турбонасосом;
- отказ от метана, вместо метана будет использоваться керосин RP-1;
- печать элементов конструкции РН на 3D-принтере.

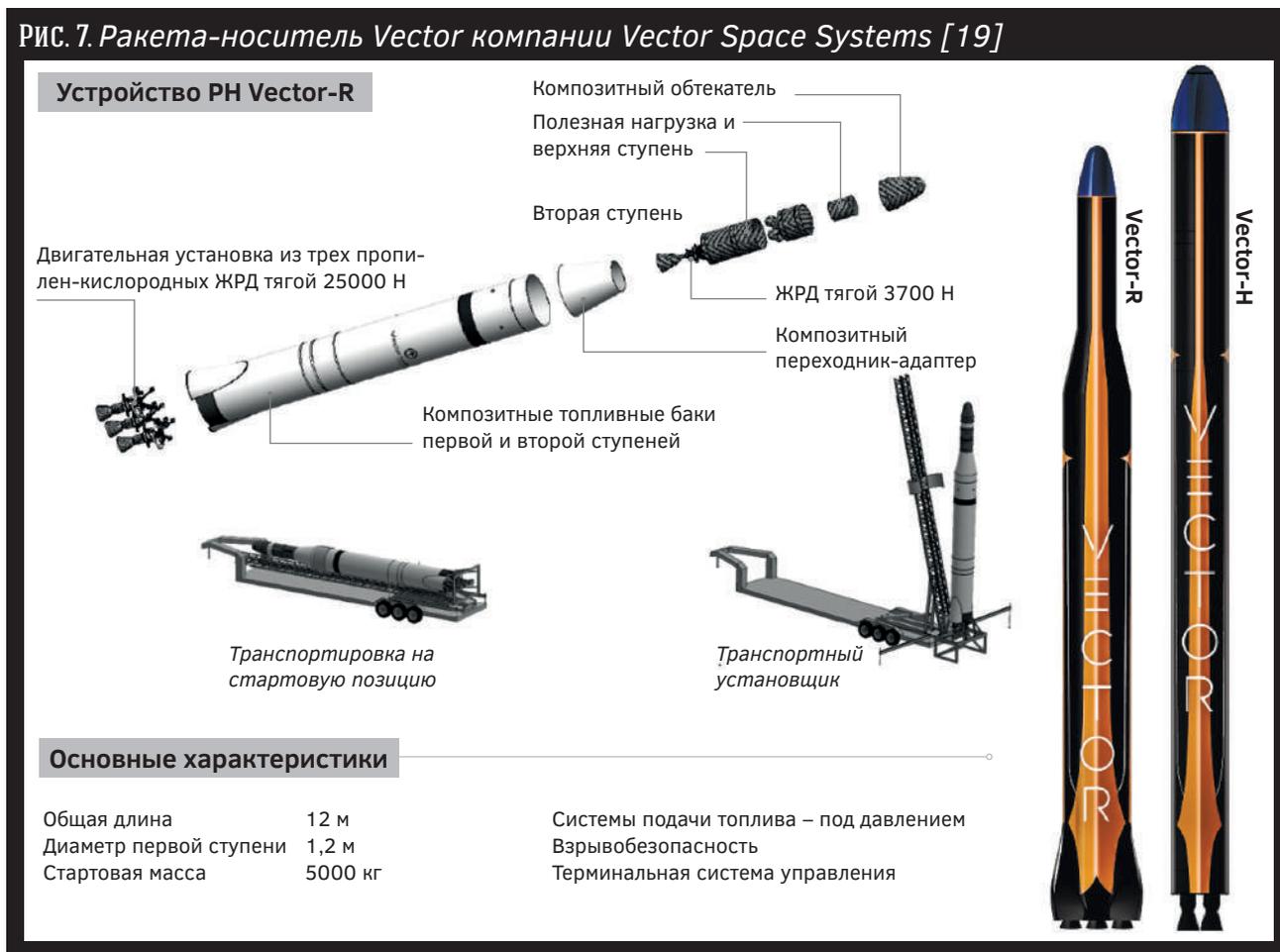
В июне 2018 года Firefly Aerospace объявила о подписании соглашения об оказании услуг по использованию РН Alpha для запуска малых КА британской компании Surrey Satellite Technology Limited (SSTL). Дата первого пуска намечена на третий квартал 2019 года. К концу 2020 года планируемый темп должен составить один пуск в месяц.

РН ELECTRON

Наиболее продвинутым проектом сверхлегкой РН традиционной схемы является, на наш взгляд, ракета-носитель сверхлегкого класса Electron (рис. 6), разработанная новозеландским подразделением американской частной аэрокосмической компании Rocket Lab (США / Новая Зеландия) [18]. Ракета позволяет вывести полезную нагрузку массой до 150 кг на солнечно-синхронную орбиту высотой 500 км или до 250 кг на низкую околоземную орбиту. Стоимость пуска ракеты-носителя составляет от 4,9 до 6,6 млн долларов США.

Первый пуск 25 мая 2017 года оказался неудачным. Однако последующие четыре пуска (по состоянию на конец марта 2019 года) были успешными. Подписаны контракты на запуски малых КА с компаниями Planet (три запуска 20–25 КА) и Moon Express (три пуска в рамках конкурса Google Lunar X Prize), а также с BBC США (запуск трех КА). Таким образом, на сегодня Electron можно назвать единственным эксплуатируемым носителем сверхлегкого класса.

Рис. 7. Ракета-носитель Vector компании Vector Space Systems [19]



К инновационным техническим решениям, принятым в РН Electron, следует отнести:

- изготовление из углеродных композитов основных элементов конструкции, включая несущий цилиндрический корпус, топливные баки и головной обтекатель, причем материал баков окислителя совместим с жидким кислородом;

- 3D-печать всех основных элементов ЖРД Reserford;

- установку на обеих ступенях ракеты электрических турбонасосных агрегатов (электропривод двигательной установки из двух электродвигателей первой ступени питается от литий-полимерных аккумуляторов; электропривод ДУ второй ступени — от трех литий-ионных батарей).

РН VECTOR

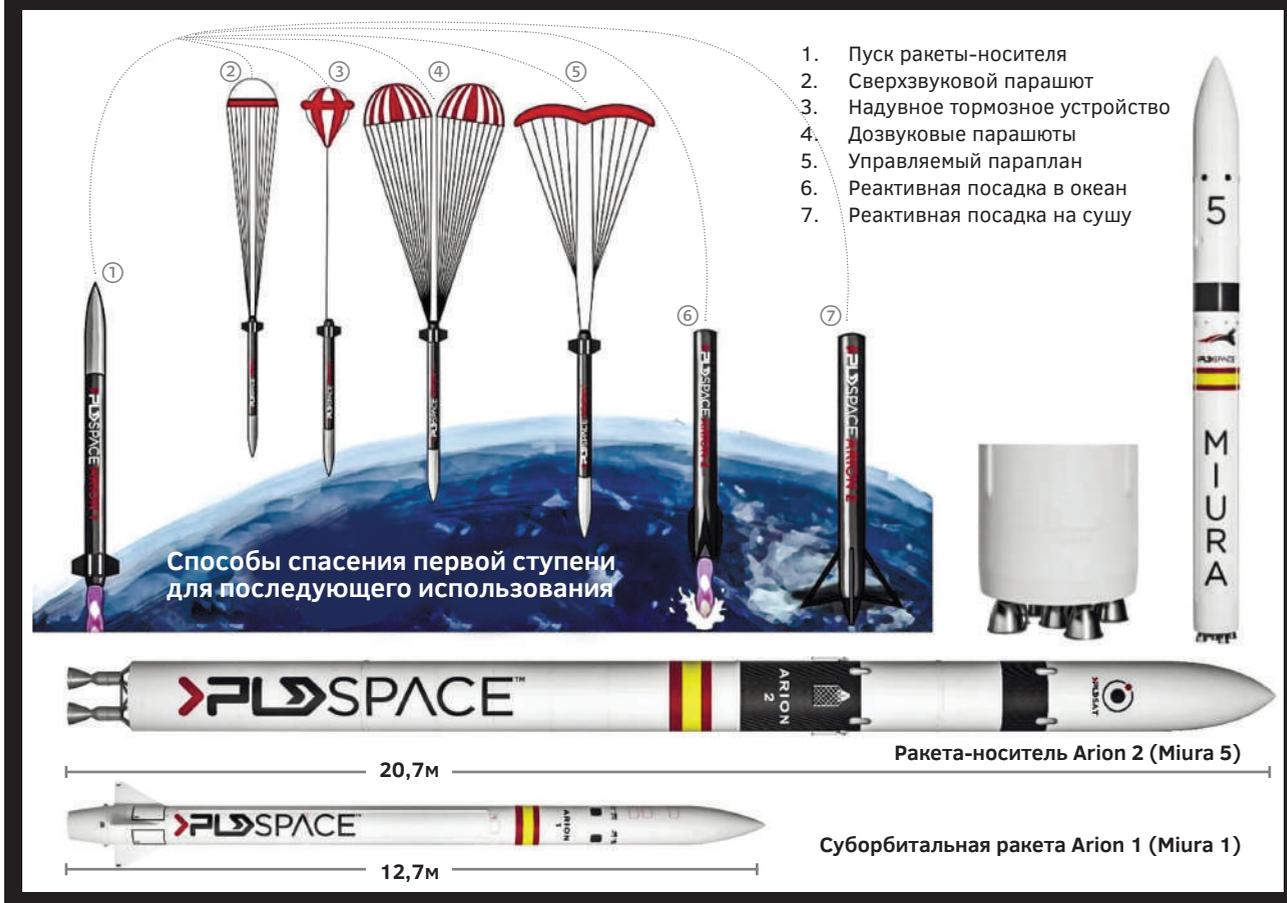
РН Vector — двухступенчатая сверхлегкая РН, ориентированная на коммерческий рынок микро- и наноспутников (рис. 7), созданная американской компанией Vector Space Systems [19]. Ранее основные сотрудники этой компании работали в SpaceX над проектом РН Falcon 1.

Vector — семейство носителей, состоящее из двух модификаций: Vector-R (Rapid) массой 5 тонн и Vector-H (Heavy) массой 12 тонн. РН Vector-R будет способна вывести на низкую околоземную орбиту полезную нагрузку массой 60 кг, а на солнечно-синхронную — 26 кг. РН Vector-H будет способна доставлять на низкую орбиту 290 кг полезного груза, а на солнечно-синхронную — 95 кг.

В конструкции РН Vector широко используются углеродные композиты (этим объясняется черный цвет ракеты). На первой ступени РН Vector-R установлено три пропилен-кислородных ЖРД, на первой ступени Vector-H — шесть пропилен-кислородных ЖРД. Форсунки (инжекторы) ЖРД печатаются на 3D-принтере. На РН может устанавливаться третья ступень с электроракетными или твердотопливными двигателями.

В 2017 году было проведено два суборбитальных испытательных пуска РН Vector-R. На 2019 год запланировано четыре пуска, в том числе два — с выводением КА на НОО. В перспективе, по мнению руководства компании Vector Space Systems, будет возможным выполнение до 100 пусков РН Vector ежегодно.

Рис. 8. Ракета-носитель Arion 2 / Miura 5 компании PLD Space [20]



Рассматривается возможность повторного использования первой ступени PH Vector: первая ступень будет возвращаться на землю с помощью парашютной системы.

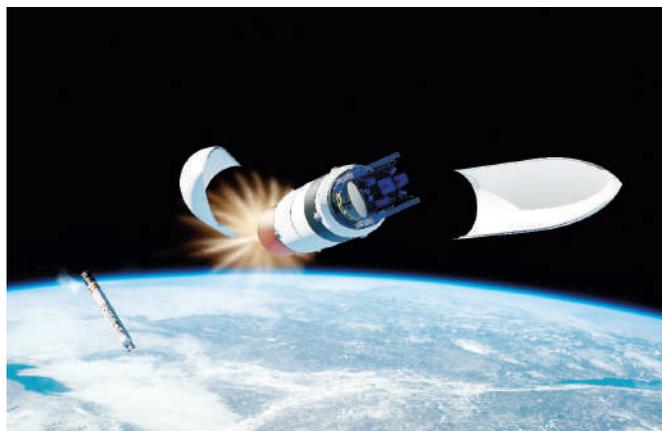
PH ARION 2 (MIURA 5)

Испанский стартап PLD Space пытается создать сверхлегкую PH с многоразовой первой ступенью Arion 2 (рис. 8) [12, 20]. Ракета рассчитана на выведение на НОО 150 кг полезного груза. Спасение первой ступени будет осуществляться при помощи парашюта, надувного тормозного устройства или тормозных ракетных двигателей (окончательно способ спасения еще не выбран).

В конце 2018 года фирма PLD Space объявила об изменении конструкции ракеты с целью удвоения массы выводимой на НОО (высотой 500 км) полезной нагрузки (доведения ее до 300 кг). Стартапу была оказана поддержка со стороны Европейского космического агентства в размере 300 тыс. евро. Также было принято решение об изменении названия ракеты с Arion 2 на Miura 5. Цифра в названии Miura 5 отражает количество ЖРД на первой ступени, а новое название позво-

лит, по замыслу, избежать путаницы с ракетами компании Ariane Group.

На третий квартал 2019 года намечен суборбитальный испытательный пуск прототипа первой ступени PH Miura 5 — Miura 1. Первый запуск Arion 2 (Miura 5) запланирован на 2021 год.



Продолжение статьи читайте в следующем выпуске журнала.

Литература

1. **Timo Wekerle et al.** Status and Trends of Smallsat and Their Launch Vehicles — An Up-to-date Review // *Journal of Aerospace Technology and Management*. 2017. Vol. 9. No. 3. Pp. 269-286. DOI: 10.5028/jatm.v9i3.853
2. **Сенькин В. С.** Оптимизация проектных параметров ракеты-носителя сверхлегкого класса // *Техническая механика*. 2009. № 1. С. 80-88.
3. *To Reach the High Frontier: A History of U.S. Launch Vehicles*. 1st Edition, University Press of Kentucky, 2002. 525 p.
4. *Encyclopedia Astronautica* [Электронный ресурс]. URL: <https://everipedia.org> (Дата обращения: 20.04.2019).
5. *Smallsat Launch Vehicle Markets* [Электронный ресурс]. URL: <https://www.nsr.com/research/smallsat-launch-vehicle-markets/> (Дата обращения: 30.03.2019).
6. **Hertzfeld H. R.** The State of Space Economic Analyses: Real Questions, Questionable Results // *New Space*. 2013. No. 1(1). Pp. 21-28.
7. *2018 Nano/Microsatellite Launch History & Market Forecast (1-50 kg)* [Электронный ресурс]. URL: <https://twitter.com/SpaceWorksSEI/media> (Дата обращения: 28.03.2019).
8. **Sweeting M.** ICT Business with Micro/Mini-Satellites [Электронный ресурс]. URL: http://www.soumu.go.jp/main_content/000462909.pdf (Дата обращения: 29.03.2019).
9. *Smallsat constellations* [Электронный ресурс]. URL: <https://satelliteobservation.net/2017/02/11/smallsat-constellations/> (Дата обращения: 28.03.2019).
10. *Micro-launchers: what is the market? Quick and flexible delivery of small payloads*. February 2017 [Электронный ресурс]. URL: https://www.pwc.fr/fr/assets/files/pdf/2017/02/micro-lanceurs_dec2016.pdf (Дата обращения: 30.03.2019).
11. *Surplus missile motors. Sale Price Drives Potential Effects on DOD and Commercial Launch Providers. Report to Congressional Addressees // United States Government Accountability Office (GAO-17-609)*, August 2017. 58 p.
12. *The Annual Compendium of Commercial Space Transportation: 2018*. Federal Aviation Administration, January 2018, Washington. 255 p.
13. **Carlos Niederstrasser.** Small Launch Vehicles – A 2018 State of the Industry Survey // 32nd Annual AIAA/USU Conference on Small Satellites, SSC18-IX-01 [Электронный ресурс]. URL: <https://digitalcommons.usu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=4118&context=smallsat> (Дата обращения: 01.03.2019).
14. *Japan's SS-520 CubeSat Launch Vehicle Achieves Success on Second Try* [Электронный ресурс]. URL: <http://spaceflight101.com/japan-ss-520-5-launch-success/> (Дата обращения: 01.03.2019).
15. **SPARK (Super Strypi)** [Электронный ресурс]. URL: <http://spaceflight101.com/spacerockets/spark-super-strypi/> (Дата обращения: 01.03.2019).
16. **Max Polyakov.** Relaunches Firefly with High Hopes to Bridge Gap between CubeSats and Space [Электронный ресурс]. URL: <https://noosphereventures.com/max-polyakov-relaunches-firefly-aerospace-with-high-hopes-to-bridge-gap-between-cubesats-and-space/> (Дата обращения: 01.03.2019).
17. *Firefly Payload User's Guide*. August 10, 2018. Austin (Texas): Firefly Aerospace Inc. 64 p.
18. *Electron. Payload User's Guide*. Version 6.2, Rocket Lab. New Zealand, 2018. 53 p.
19. *Vector-H Forecasted Launch Service Guide – VSS-2017-023 - Version 2.0*. Tucson (Arizona): Vector Space Systems, 2017. 14 p.
20. *Arion-2 Miura-5* [Электронный ресурс]. URL: http://www.b14643.de/Spacerockets_3/PLD-Space/Description/Frame.htm (Дата обращения: 01.03.2019).
21. *ARCA to Perform Historic First Flight of Aerospike*. Press Release: June 15th, 2017 [Электронный ресурс]. URL: http://www.arcaspace.com/en/ARCA_Space_Corporation_Demonstrator_3_Press_Release.pdf (Дата обращения: 01.03.2019).
22. *IOS Neptune* [Электронный ресурс]. URL: http://www.b14643.de/Spacerockets_3/Interorbital-Systems/Description/Frame.htm (Дата обращения: 01.03.2019).
23. **Kieran Hayward, José Mariano López.** Small satellite launch vehicle from a balloon platform / 13th Reinventing Space Conference. 9-12 November 2015. Oxford, UK (BIS-RS-2015-60) [Электронный ресурс]. URL: <http://www.zero2infinity.space/wp-content/uploads/2017/08/RIspace-Paper-KH-Final.pdf> (Дата обращения: 01.03.2019).
24. *Responsive Access Small Cargo Affordable Launch (RASCAL) Independent Performance Evaluation* David Young AE8900. Special Project Report May 3, 2004, School of Aerospace Engineering Space System Design. Laboratory Georgia Institute of Technology. Georgia 30332-0150 [Электронный ресурс]. URL: <http://hdl.handle.net/1853/8372> (Дата обращения: 01.03.2019).
25. *ALASA* [Электронный ресурс]. URL: https://space.skyrocket.de/doc_lau/alasa.htm (Дата обращения: 01.03.2019).
26. *US Military's XS-1 Space Plane Will Be Built by Boeing* [Электронный ресурс]. URL: <https://www.space.com/36985-darpa-xs-1-spaceplane-boeing-phantom-express.html> (Дата обращения: 01.03.2019).
27. **Bertil Oving, Arnaud Van Kleef, Bastien Haemmerl, Adrien Boiron, Markus Kuhn, Ilja Müller, Ivaylo Petkov, Marina Petrozzi, Ana-Maria Neculaescu, Tudorel Petronel Afilipoae.** Small Innovative Launcher for Europe: achievement of the H2020 project SMILE / 7th European conference for aeronautics and space sciences (EUCASS). Milan, Italy, 3-6 July 2017. DOI: 10.13009/EUCASS2017-600
28. *New patent granted to 3D printed hybrid rocket fuel engines for low cost access to space* [Электронный ресурс]. URL: <https://room.eu.com/news/new-patent-granted-to-3d-printed-hybrid-rocket-fuel-engines-for-low-cost-access-to-space> (Дата обращения: 15.04.2019).

References

1. **Timo Wekerle et al.** Status and Trends of Smallsat and Their Launch Vehicles — An Up-to-date Review. *Journal of Aerospace Technology and Management*, 2017, vol. 9, no. 3, pp. 269-286. DOI: 10.5028/jatm.v9i3.853
2. **Senkin V.S.** Optimizatsiya proektnykh parametrov rakety-nositelya sverkhlegkogo klassa. *Tekhnicheskaya mekhanika*, 2009, no. 1, pp. 80-88.
3. *To Reach the High Frontier: A History of U.S. Launch Vehicles*. 1st Edition, University Press of Kentucky, 2002. 525 p.
4. *Encyclopedia Astronautica*. Available at: <https://everipedia.org> (Retrieval date: 20.04.2019).
5. *Smallsat Launch Vehicle Markets*. Available at: <https://www.nsr.com/research/smallsat-launch-vehicle-markets/> (Retrieval date: 30.03.2019).



6. **Hertzfeld H.R.** The State of Space Economic Analyses: Real Questions, Questionable Results. *New Space*, 2013, no. 1(1), pp. 21-28.
7. 2018 Nano/Microsatellite Launch History & Market Forecast (1-50 kg). Available at: <https://twitter.com/SpaceWorksSEI/media> (Retrieval date: 28.03.2019).
8. **Sweeting M.** ICT Business with Micro/Mini-Satellites. Available at: http://www.soumu.go.jp/main_content/000462909.pdf (Retrieval date: 29.03.2019).
9. Smallsat constellations. Available at: <https://satelliteobservation.net/2017/02/11/smallsat-constellations/> (Retrieval date: 28.03.2019).
10. Micro-launchers: what is the market? Quick and flexible delivery of small payloads. February 2017. Available at: https://www.pwc.fr/fr/assets/files/pdf/2017/02/micro-lanceurs_dec2016.pdf (Retrieval date: 30.03.2019).
11. Surplus missile motors. Sale Price Drives Potential Effects on DOD and Commercial Launch Providers. Report to Congressional Addressees. United States Government Accountability Office (GAO-17-609), August 2017. 58 p.
12. The Annual Compendium of Commercial Space Transportation: 2018. Federal Aviation Administration, January 2018, Washington. 255 p.
13. **Carlos Niederstrasser.** Small Launch Vehicles – A 2018 State of the Industry Survey // 32nd Annual AIAA/USU Conference on Small Satellites, SSC18-IX-01. Available at: <https://digitalcommons.usu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=4118&context=smallsat> (Retrieval date: 01.03.2019).
14. Japan's SS-520 CubeSat Launch Vehicle Achieves Success on Second Try. Available at: <http://spaceflight101.com/japan-ss-520-5-launch-success/> (Retrieval date: 01.03.2019).
15. SPARK (Super Strypi). Available at: <http://spaceflight101.com/spacerockets/spark-super-strypi/> (Retrieval date: 01.03.2019).
16. **Max Polyakov.** Relaunches Firefly with High Hopes to Bridge Gap between CubeSats and Space. Available at: <https://noosphereventures.com/max-polyakov-relaunches-firefly-aerospace-with-high-hopes-to-bridge-gap-between-cubesats-and-space/> (Retrieval date: 01.03.2019).
17. Firefly Payload User's Guide. August 10, 2018. Austin (Texas): Firefly Aerospace Inc. 64 p.
18. Electron. Payload User's Guide. Version 6.2, Rocket Lab. New Zealand, 2018. 53 p.
19. Vector-H Forecasted Launch Service Guide – VSS-2017-023 – Version 2.0. Tucson (Arizona): Vector Space Systems, 2017. 14 p.
20. Arion-2 Miura-5. Available at: http://www.b14643.de/Spacerockets_3/PLD-Space/Description/Frame.htm (Retrieval date: 01.03.2019).
21. ARCA to Perform Historic First Flight of Aerospike. Press Release: June 15th, 2017. Available at: http://www.arcaspace.com/en/ARCA_Space_Corporation_Demonstrator_3_Press_Release.pdf (Retrieval date: 01.03.2019).
22. IOS Neptune. Available at: http://www.b14643.de/Spacerockets_3/Interorbital-Systems/Description/Frame.htm (Retrieval date: 01.03.2019).
23. **Kieran Hayward, José Mariano López.** Small satellite launch vehicle from a balloon platform / 13th Reinventing Space Conference. 9-12 November 2015. Oxford, UK (BIS-RS-2015-60). Available at: <http://www.zero2infinity.space/wp-content/uploads/2017/08/RIspace-Paper-KH-Final.pdf> (Retrieval date: 01.03.2019).
24. Responsive Access Small Cargo Affordable Launch (RASCAL) Independent Performance Evaluation David Young AE8900. Special Project Report May 3, 2004, School of Aerospace Engineering Space System Design. Laboratory Georgia Institute of Technology. Georgia 30332-0150. Available at: <http://hdl.handle.net/1853/8372> (Retrieval date: 01.03.2019).
25. ALASA. Available at: https://space.skyrocket.de/doc_lau/alasa.htm (Retrieval date: 01.03.2019).
26. US Military's XS-1 Space Plane Will Be Built by Boeing. Available at: <https://www.space.com/36985-darpa-xs-1-spaceplane-boeing-phantom-express.html> (Retrieval date: 01.03.2019).
27. **Bertil Oving, Arnaud Van Kleef, Bastien Haemmerl, Adrien Boiron, Markus Kuhn, Ilja Müller, Ivaylo Petkov, Marina Petrozzi, Ana-Maria Neculaescu, Tudorel Petronel Afilipoe.** Small Innovative Launcher for Europe: achievement of the H2020 project SMILE / 7th European conference for aeronautics and space sciences (EUCASS). Milan, Italy, 3-6 July 2017. DOI: 10.13009/EUCASS2017-600
28. New patent granted to 3D printed hybrid rocket fuel engines for low cost access to space. Available at: <https://room.eu.com/news/new-patent-granted-to-3d-printed-hybrid-rocket-fuel-engines-for-low-cost-access-to-space> (Retrieval date: 15.04.2019).

© Ключников В. Ю., 2019

История статьи:

Поступила в редакцию: 15.07.2019
Принята к публикации: 09.08.2019

Модератор: Дмитрюк С. В.

Конфликт интересов: отсутствует

Для цитирования:

Ключников В. Ю. Ракеты-носители сверхлегкого класса: ниша на рынке пусковых услуг и перспективные проекты // Воздушно-космическая сфера. 2019. №3. С. 58-71.

Vitaly V. ADUSHKIN,

Academician of the RAS, Chief Researcher, Institute of Geosphere Dynamics of the RAS, Moscow, Russia, adushkin@idg.chph.ras.ru



Виталий Васильевич АДУШКИН,

академик РАН, главный научный сотрудник Института динамики геосфер РАН, Москва, Россия, adushkin@idg.chph.ras.ru

Oleg Y. AKSENOV,

Dr. Sci. (Tech), Professor, Head of the Research-Test Center, the Central Research Institute of the Aerospace Defence Forces of the RF Ministry of Defence, Moscow, Russia, aks974@yandex.ru



Олег Юрьевич АКСЁНОВ,

доктор технических наук, профессор, начальник Научно-исследовательского испытательного центра Центрального научно-исследовательского института войск воздушно-космической обороны Минобороны России, Москва, Россия, aks974@yandex.ru

Stanislav S. VENIAMINOV,

Dr. Sci. (Tech), Professor, Senior Researcher of the Research-Test Center, the Central Research Institute of the Aerospace Defence Forces of the RF Ministry of Defence, Moscow, Russia, sveniami@gmail.com



Станислав Сергеевич ВЕНИАМИНОВ,

доктор технических наук, профессор, старший научный сотрудник Научно-исследовательского испытательного центра Центрального научно-исследовательского института войск воздушно-космической обороны Минобороны России, Москва, Россия, sveniami@gmail.com

Stanislav I. KOZLOV,

Dr. Sci. (Tech), Senior Researcher, Institute of Geosphere Dynamics of the RAS, Moscow, Russia, skozlov@inbox.ru



Станислав Иванович КОЗЛОВ,

доктор технических наук, старший научный сотрудник Института динамики геосфер РАН, Москва, Россия, skozlov@inbox.ru

ABSTRACT | In contrast to large orbital debris, the impact of small one on space activities and ecology of the Earth and near-Earth space is often underestimated. As shown in this paper, it is unfair. According to the data from different sources, the amount, mass, and dynamics of the small orbital debris population in LEO, its danger to space activity are estimated as well as the consequences of multi-satellite communication space systems deployment being planned now. The latter makes the study of this area particularly relevant. Various aspects of the consequences of technogenic contamination of near-Earth space are considered, as well as the danger of small space debris to space activities and the ecology of the Earth and near-Earth space in comparison to the danger of large debris. The significant lack of complete and reliable information on small space debris due to the shortage of sensors that can observe it is marked.

Keywords: *near-Earth space, space activities, space object, orbital debris, collisions in space, hazard, Kessler syndrome, ecology, contamination mitigation measures.*

АННОТАЦИЯ | В отличие от влияния крупного космического мусора влияние мелкого на космическую деятельность и экологию Земли и околоземного пространства часто недооценивают. В статье показано, что это несправедливо. По данным из различных источников оцениваются количество, масса и динамика популяции мелкого космического мусора в низкоорбитальной области и его опасность для космической деятельности, а также последствия (с точки зрения прогрессирующего засорения космоса) реализации планов развертывания в низкоорбитальной области многоаппаратных коммуникационных космических систем. Последнее придает исследованию этой области особую актуальность. Рассматриваются различные аспекты последствий техногенного засорения околоземного космоса, особенности опасности со стороны мелкого космического мусора для космической деятельности и экологии Земли и околоземного пространства в сравнении с опасностью со стороны крупного мусора. Отмечается существенный недостаток полных и надежных сведений о мелком космическом мусоре из-за дефицита средств, способных его наблюдать.

Ключевые слова: *околоземное космическое пространство, космическая деятельность, космический объект, космический мусор, столкновения в космосе, опасность, синдром Кesslera, экология, меры противодействия засорению*

An astronaut in a white spacesuit is shown from the chest up, holding a glowing, realistic Earth in front of their chest. The astronaut's helmet is reflective, showing a bright light source. The background is a deep space scene with a starry field and a faint galaxy. The text is overlaid on the left side of the image.

**ON THE ESTIMATE
OF THE SMALL
SPACE DEBRIS
DANGER FOR
SPACE ACTIVITIES
AND NEAR-EARTH
ECOLOGY**

**ОБ ОЦЕНКЕ
ОПАСНОСТИ МЕЛКОГО
КОСМИЧЕСКОГО МУСОРА
ДЛЯ КОСМИЧЕСКОЙ
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ И
ЭКОЛОГИИ ЗЕМЛИ**

ВВЕДЕНИЕ

С началом эры освоения космоса в экологии Земли и околоземного космического пространства (ОКП) произошло принципиально новое и драматическое событие: в этом пространстве деятельности человека появилась и стала стремительно наращиваться популяция техногенных космических объектов, в которой все большую долю составляет так называемый космический мусор (КМ) [1].

Строго говоря, и до 1957 года ОКП не было пустым. Порядка 40 000 (± 20 000) тонн метеороидов входит в атмосферу Земли ежегодно. Но метеороиды, астероиды и другие космические тела, вращающиеся по орбитам вокруг Солнца, иногда попадают в ОКП, быстро и однократно (что принципиально!) его пронизывают и либо покидают его, либо сгорают в атмосфере. Конечно, теоретически можно рассчитать, под каким углом и, главное, с какой скоростью астероид должен войти в ОКП, чтобы он был захвачен гравитационным полем Земли и вышел на орбиту вокруг нее, оставаясь там надолго. Однако вероятность этого события мизерная. Важно то, что естественные тела не накапливаются в ОКП. И лишь некоторые из них и очень редко достигают поверхности Земли. Поверхность Земли «коллекционировала» метеориты миллиарды лет.

В отличие от естественных, техногенные (искусственные) космические объекты (КО) (появившиеся всего лишь несколько десятков лет назад), будучи выведены на орбиты вокруг Земли, обычно надолго остаются в ОКП, а по завершении своей функциональной миссии (если они были действующими космическими аппаратами (КА)) остаются постоянной угрозой столкновения с другими КО, в том числе и с действующими КА. К примеру, если на Земле в вас стреляли и промахнулись, то через секунду пуля во что-нибудь войдет и перестанет быть опасной как для вас, так и для других. А в случае КМ, движущегося по орбите, ситуация принципиально иная. Длительность пребывания техногенного КМ в ОКП зависит, прежде всего, от высоты его орбиты и может достигать десятков, сотен, тысяч и миллионов лет, например для КО на геостационарной орбите (ГСО). И все это время КМ продолжает оставаться многоплановой угрозой. О прогрессирующем характере засорения ОКП говорит следующий показательный факт. Более чем за 60 лет космической эры было осуществлено свыше 5000 запусков искусственных спутников Земли (ИСЗ), и только 10 из них породили одну треть каталога КО. Но наиболее показательным то, что из этой десятки шесть приходится на последние 10-15 лет.

РИС. 1.
ДИНАМИКА ЗАСОРЕНИЯ
ОКП (В ТОМ ЧИСЛЕ
МЕЛКИМ КМ РАЗМЕРОМ
1-2,5 мм)
С 1957 ПО 2018 Г.

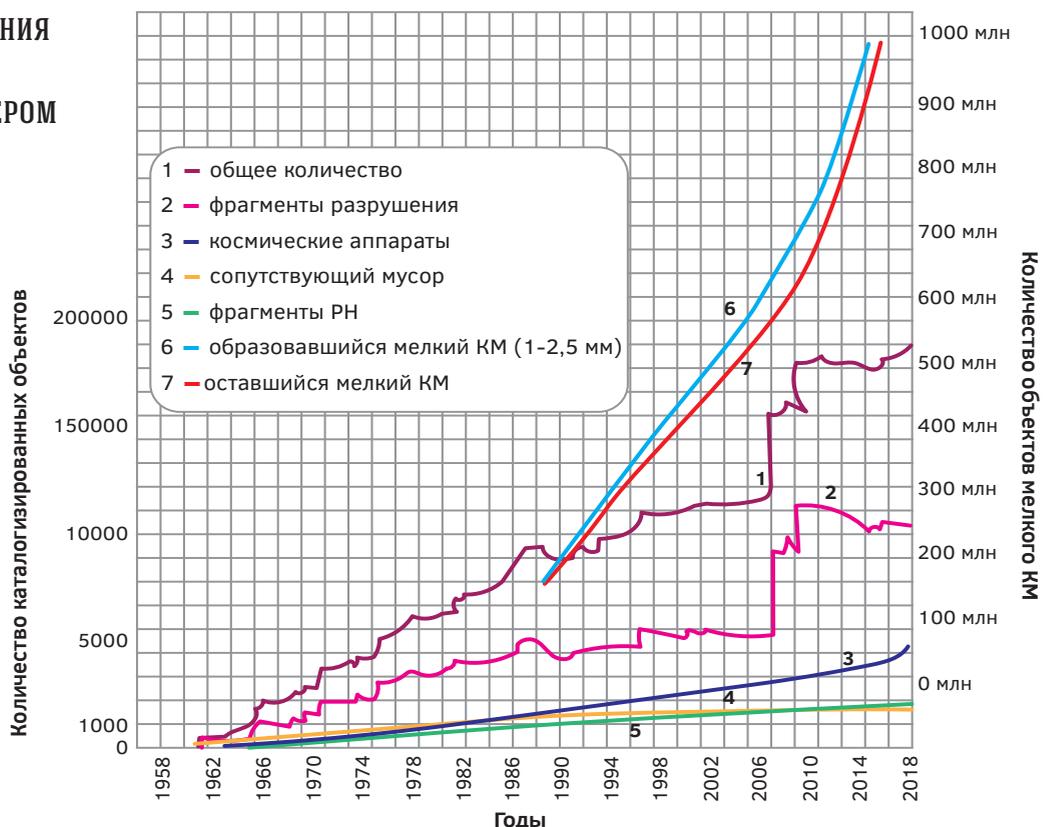
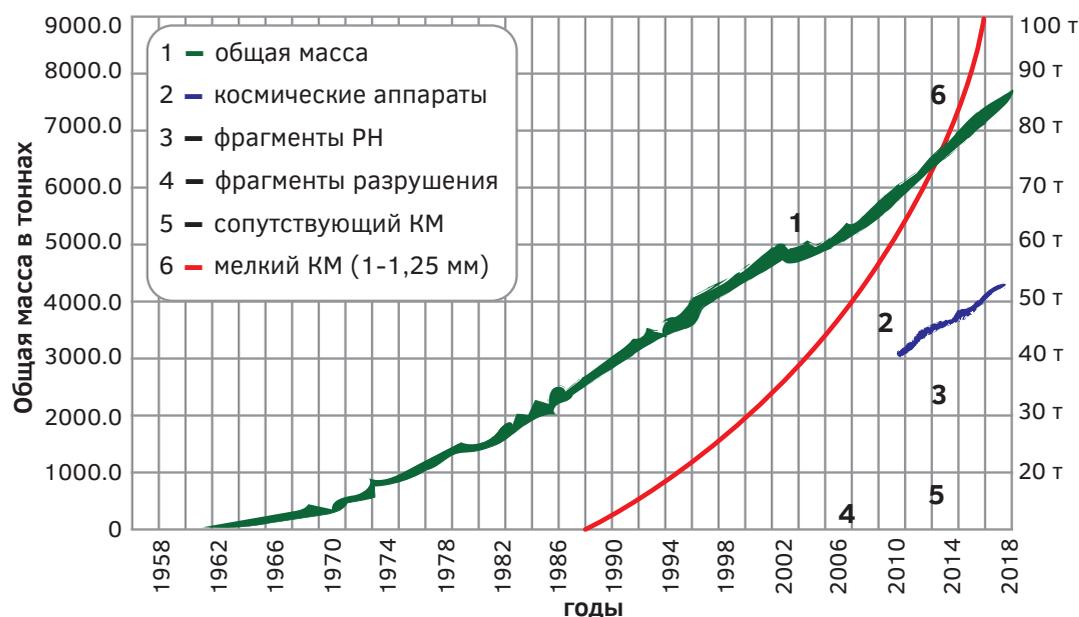


РИС. 2.
РОСТ СУММАРНОЙ МАССЫ КМ



МЕЛКАЯ ФРАКЦИЯ КМ И ЕЕ УГРОЗЫ

О последствиях засорения ОКП крупным, каталогизированным, КМ говорилось достаточно много, а вот опасность мелкого часто игнорируется, но именно с ним связаны наиболее сложные проблемы. Получению более полного представления о мелком КМ — о его количестве, составе, распределении в пространстве, динамике и степени опасности — препятствуют по крайней мере два фактора. Это явная недооценка его опасности и дефицит соответствующих измерений, являющийся прямым следствием нехватки средств, способных его наблюдать — не только в нашей стране, но и во всем мире.

В оценках опасности мелкого КМ следует отталкиваться не столько от массы, сколько от количества и скорости частиц, точнее от ее квадрата, и ряда других особенностей мелкого КМ и его контроля. Например, в отличие от мелкого КМ многие отработавшие КА уведутся с рабочих орбит в плотные слои атмосферы, где затем сгорят, или на орбиты захоронения. Этого пока нельзя сделать с мелким КМ, особенно на сравнительно высоких орбитах.

На рис. 1 представлено (по данным многолетних наблюдений, анализа поверхностей возвращенных из космоса КО, лабораторных исследований,

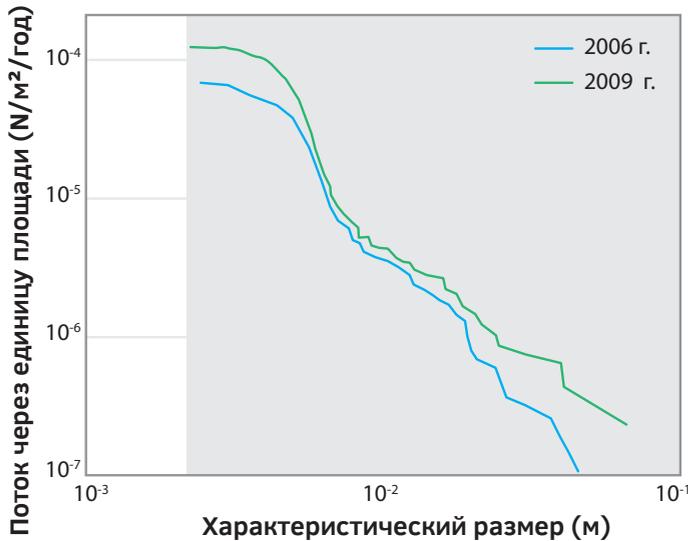
экспериментов и моделирования) изменение количества КМ в ОКП с 1957 по 2018 год. Из этих данных следует, что происходит прогрессивное засорение космоса во всех диапазонах размеров КМ. Кривая 6 представляет динамику образования мелкого КМ (размером 1–2,5 мм в диапазоне высот 400–2000 км), а кривая 7 — остающееся количество после частичного его сгорания (в среднем 10% в год) [2].

Можно приближенно рассчитать нарастание массы мелкого КМ в ОКП на фоне роста массы крупных КО. Спектральный анализ кратеров на поверхности КА от столкновений с КМ показывает, что состав КМ включает едва ли не всю таблицу Менделеева.

Однако в основном КМ состоит из алюминия. Значительно меньше в нем кальция, магния, титана, железа, меди, олова, свинца, никеля, хрома, серебра, золота, прочих металлов, кремния, композитных материалов и пластмасс [3]. Исходя из известных оценок их пропорции, примем условную среднюю плотность частиц КМ равной 3 г/см^3 (у алюминия она равна $2,7 \text{ г/см}^3$). В таком случае получим для фракции КМ размером 1–2,5 мм только в низкоорбитальной области (для высот от 400 до 2000 км) кривую изменения суммарной массы, представленную на рис. 2 (кривая 6).

Из графиков на обоих рисунках видно, что нарастание количества и массы мелкого КМ происходит стремительнее, чем крупного

Рис. 3.
СРАВНЕНИЕ ПОТОКОВ МЕЛКОГО КМ ЧЕРЕЗ
ЕДИНИЦУ ПЛОЩАДИ НА ВЫСОТАХ 800-900 КМ
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РАЗМЕРОВ КМ



(в обоих случаях в среднем экспоненциально). Количественно это подтверждается следующим фактом. В 1994 году масса мелкого КМ указанного размера составляла менее 0,5% от общей массы КМ, а к 2018 году их соотношение достигло 1,4%, то есть за 24 года возросло почти в три раза. В абсолютном выражении количество мелкого КМ выросло со 172 млн до 1,25 млрд, то есть более чем в семь раз. В том же соотношении возросла и его суммарная масса. И это только в низкоорбитальной области, где она в 2018 году заметно превысила 100 т и в 2019 году продолжала расти.

К сожалению, для составления более полной и достоверной картины распределения мелкого КМ во всем ОКП не хватает достаточной информационной базы по этой категории КМ. К настоящему времени доступны измерения потоков мелкого

В настоящее время доступны измерения потоков мелкого космического мусора на высотах до 600 км. При этом по фрагментарным данным бортовых детекторов и измерениям радаров «Хейстек» и ХЭКС реально существуют более мощные его потоки на больших высотах – от 700 до 1000 км.

КМ в основном на высотах до 600 км. При этом по фрагментарным данным бортовых детекторов и измерениям радаров «Хейстек» и ХЭКС реально существуют более мощные его потоки на больших высотах, в частности от 700 до 1000 км. Кроме того, измерения бортовых детекторов ударов КМ еще в 2001 году показали, что в области геостационарного пояса потоки мелкого техногенного КМ количественно превышают естественные метеороидные потоки по крайней мере в пять раз [4]. В последующий период ввиду ряда разрушений на ГСО и отсутствия тормозящей движение КМ атмосферы это соотношение, разумеется, увеличилось.

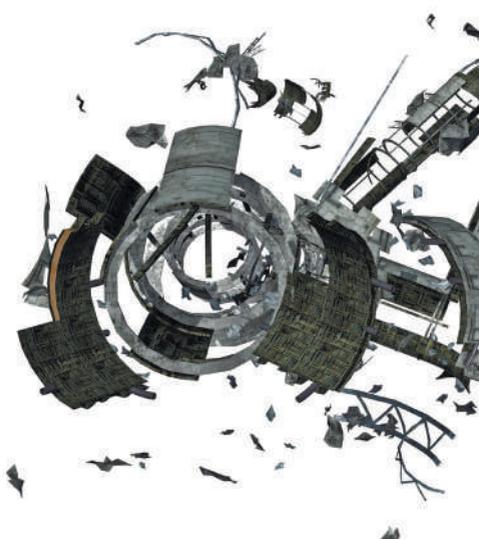
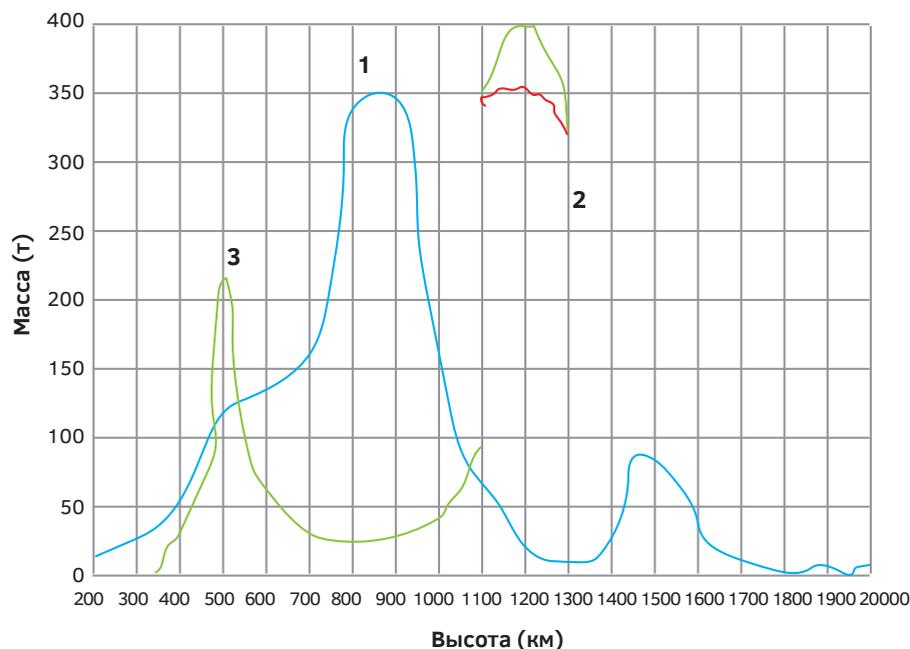
Можно с недоверием относиться к результатам моделирования, но не к данным реальных наблюдений. Специально для скептиков приведем следующую неоспоримую и показательную информацию для оценки прогрессирующего роста мелкой фракции КМ (размером от 1 мм до 10 см). На рис. 3 приведены соответствующие графики с интервалом три года. Данные получены по реальным наблюдениям радаров «Хейстек» и ХЭКС в 2006 и 2009 годах в одной из наиболее загруженных орбитальных областей (на высотах от 800 до 900 км) [5]. Сравнение кривых показывает, что за указанный период (три года) прирост количества мелкого КМ размером вплоть до границы размеров каталогизированных КО в данной области составляет в среднем 20-30%.

Во всем мире к настоящему времени независимо построено, откалибровано и отвалидировано множество моделей для оценки состояния и прогнозирования засоренности ОКП. Все они предсказывают ее экспоненциальный рост на сотни лет вперед даже в случае если человек прекратит все запуски вообще.

Стремительное увеличение количества КМ (именно количества, а не массы) столь же стремительно приближает нас к началу каскадного эффекта, так называемого синдрома Кесслера — расширяющегося цепного процесса образования вторичных осколков в результате все учащающихся столкновений КО после превышения критической плотности КМ в некоторой области ОКП. Это неизбежно приведет к вынужденному прекращению космической деятельности в относительно недалеком будущем. Однако несмотря на все эти предостережения ряд коммерческих компаний планирует запуск в низкоорбитальную область (ниже 2000 км) трех телекоммуникационных космических систем (КС), состоящих из нескольких тысяч КА класса 100-300 кг. По данным последней версии цифровой модели НАСА LEGEND [6], в случае реализации этого проекта ситуация с техногенным насыщением в этой важной оперативной области суще-

РИС. 4.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СУММАРНОЙ МАССЫ КО В НИЗКООРБИТАЛЬНОЙ ОБЛАСТИ ПО ВЫСОТАМ НА 01.01.2018



ственно осложнится. Если отказаться от этого проекта, то к 2215 году засоренность ОКП (как крупным, так и мелким КМ) возрастет примерно на 25% по сравнению с текущей. А в результате развертывания этих КС ее рост превысит 290% даже при условии регулярного увода с рабочих орбит 90% отработавших КА и погружения их в атмосферу. При этом рост катастрофических столкновений (с полным разрушением КО) в низкоорбитальной области составит 260 % при тех же условиях. Эти данные относятся только к каталогизированным (крупным) КО и не учитывают влияния мелкого КМ. А столкновения с последними также могут быть катастрофическими, что будет продемонстрировано ниже.

Для наглядности на рис. 4 [2] представлено распределение массы крупного КМ в низкоорбитальной области по высотам на 2018 год по данным каталогов КО СККП США и РФ — кривая 1 без учета развертывания КС. Для сравнения приводится также чистый прирост количества КО в каталогах в результате потенциального запуска КС — кривая 2. Кривая 3 демонстрирует дополнительное количество КМ, образовавшееся в результате развертывания КС. Распределение мелкого КМ (на рисунке не показано) ввиду существенной корреляции с распределением крупного аналогично (но не идентично) суммарному (кривые 1 и 2) с некоторым смещением влево (вследствие более заметного атмосферного торможения).

Угроза для космической деятельности и экологии Земли и ОКП, представляемая КМ (как крупным, так и мелким), многолика. КМ опасен:

— для действующих КА из-за неуклонно возрастающей вероятности столкновений с ним;

— для наземных сооружений (особенно для ядерных объектов и хранилищ химического и бактериологического оружия) и населения Земли из-за возможного падения на Землю крупных обломков, преодолевших сопротивление атмосферы. По данным ООН, 80% населения Земли либо находятся в легких укрытиях, либо вообще не защищены от падающих на Землю обломков КО, а крупные обломки падают на Землю 1-2 раза в неделю [8];

— для экологии Земли и ОКП, так как снижает прозрачность атмосферы и околоземного космоса, нарушая сложившийся за миллиарды лет световой и теплообмен между Землей и космосом, а также создает помехи астрономическим наблюдениям;

— для состояния засоренности ОКП, ускоряя наступление каскадного эффекта.

За перечисленные угрозы ответственен как крупный, так и мелкий КМ. Поэтому специально рассмотрим опасность для космической деятельности и экологии, обусловленную именно мелким КМ, исходя из его особенностей и особенностей его контроля. Эти особенности и сама опасность состоят в следующем:

На данный момент во всем мире независимо построено, откалибровано и отвалидировано множество моделей для оценки состояния и прогнозирования засоренности околоземного космического пространства. Все они предсказывают ее экспоненциальный рост на сотни лет вперед даже в случае если человек прекратит все запуски вообще.

- 1) современные каталоги СККП не содержат информации о мелком КМ, то есть в них нет данных о параметрах движения его элементов, что не позволяет рассчитывать и совершать маневры уклонения от столкновения с ним;
- 2) мелких КО (размером менее 10 см) на несколько порядков больше, чем крупных (каталогизированных), и этот разрыв прогрессивно увеличивается;
- 3) значительно труднее осуществлять мониторинг хотя бы потоков мелкого КМ — об индивидуальном контроле движения его частиц вообще не может быть и речи. Это связано как с его количеством, малодоступностью его наблюдения существующими средствами, так и с более быстрым изменением распределения его скоплений и кинетических параметров (как следствие большего отношения площади поверхности к массе и, таким образом, большей степени атмосферного торможения);
- 4) в случае столкновения мелкого КМ с действующим КА причиняемый ущерб сильно зависит (значительно сильнее, чем при столкновении с крупным КМ) от параметров столкновения (угла вектора скорости частицы КМ к поверхности КА, уязвимости места удара и т. д.);
- 5) прозрачность атмосферы и ОКП снижается преимущественно в результате накопления мелкой фракции КМ, что влияет не только на общий характер свето- и теплообмена Земли со средой, но и, в частности, на степень диссоциации молекулярного кислорода и озона на высотах 15 – 30 км, то есть на изменения в озоновом слое Земли;
- 6) при оценке опасности столкновения с мелким КМ и вообще его накопления в ОКП (ее степени и характера) следует исходить не столько из его массы, сколько из его количества и скорости, поэтому в разной степени опасен мелкий мусор любого размера.

Официально о столкновениях в космосе основная масса населения узнает из СМИ, которые освещают лишь случаи столкновений и разрушений крупных КО. Столкновения же с мелкими КО, если они не причиняют существенного ущерба действующему КА, как правило, остаются за кадром, не говоря уже о столкновениях мелких КО между собой. Однако и теоретически, и экспериментально доказано, что основным источником образования мелкого КМ (то есть насыщения ОКП техногенным мусором) являются взаимные столкновения некаталогизированных (сравнительно мелких) КО. Именно столкновения, так как при них образуется значительно больше мелкого КМ, чем при взрыве, к тому же столкновения происходят намного чаще, чем взрывы, и с нарастающей частотой. При этом столкновения мелких КО — значительно чаще, чем крупных. Например, вклад столкновений некаталогизированных КО (размером менее 10 см) в образование КМ размером от 1 до 10 мм по крайней мере на несколько порядков больше вклада взаимных столкновений каталогизированных КО. По расчетам отечественных и зарубежных специалистов, от столкновений КО ежегодно образуется свыше 30 млн фрагментов размером от 1 до 2,5 мм, и лишь 10% из них сгорает в результате атмосферного торможения [7].

Эти расчеты нетрудно подтвердить известными примерами. 10 февраля 2009 года катастрофически столкнулись нефункционирующий российский «Космос-2251» и действующий американский «Иридиум 33». За последовавшие за разрушением несколько лет было каталогизировано 1800 обломков (разумеется, крупных). Вместе с тем наблюдения некоторых способных обнаруживать мелкие КО радиолокационных и оптических средств (в частности, радаров «Хейстек», ХЭКС и др.) и использование известных моделей (ORDEM, MASTER, PROOF, SDPA и др.) показали наличие большого числа мелких фрагментов. Результаты отражены в *табл. 1*.

Моделирование позволило также оценить среднее количество столкновений КО разных размеров в год – см. *табл. 2* [7].

ОБ ИЗМЕРЕНИИ ОПАСНОСТИ КМ

Естественно поставить вопрос о мере опасности любого конкретного состояния техногенной засоренности ОКП для космической деятельности. В качестве такой меры (хотя бы теоретически) можно принять суммарную кинетическую энергию всех техногенных объектов в ОКП или пропорциональную ей величину. Поскольку размеры КО охватывают очень широкий диапазон

ТАБЛ. 1. ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБНАРУЖЕННЫХ ФРАГМЕНТОВ ОТ СТОЛКНОВЕНИЯ КА «КОСМОС-2251» И «ИРИДИУМ»

Размер	> 1 м	20 см – 1 м	10 см – 20 см	1 см – 5 см	2,5 мм – 1 см	1 мм – 2,5 мм
Количество	2	130	652	145 200	1 480 000	6 250 000
Масса, кг	360	600	155	153	63	30

ТАБЛ. 2. СРЕДНЕЕ ЧИСЛО СТОЛКНОВЕНИЙ N_{cp} В ГОД КМ РАЗНЫХ РАЗМЕРОВ

Размер, см	0,1	0,2	0,5	1	5	10	20
N_{cp}	220	325	5,2	0,854	0,123	0,052	0,038

значений — от десятков метров до долей микрометра, общую оценку опасности по разным сообщениям целесообразно, хотя и весьма условно, разбить на несколько слагаемых, каждое из которых отражает свой собственный характер опасности и должно учитываться со своим весом:

$$D = D_1 + D_2 + D_3 + D_4 = w_1 \sum_{i \in P_1} m_i v_i^2 + w_2 \sum_{i \in P_2} m_i v_i^2 + w_3 \sum_{i \in P_3} m_i v_i^2 + w_4 \sum_{i \in P_4} m_i v_i^2.$$

В первом слагаемом суммирование ведется по популяции P_1 КМ размером более 10 см (каталогизированные КО). P_1 — это каталогизированные объекты. Столкновение с ними как действующих КА, так и пассивных КО катастрофично. Однако высокая точность известных параметров движения каталогизированных КО позволяет заблаговременно предвидеть их опасные сближения с КА (и другими каталогизированными КО) и успешно совершить маневр уклонения от столкновения, разумеется, при наличии такого ресурса. Поэтому главная опасность КО из популяции P_1 — в возможности столкновения с объектами популяции P_2 и некоторыми (имеющими опасно высокие массу и скорость сближения с объектами P_1) КО популяции P_3 . В результате таких столкновений образуется большое количество фрагментов разрушения.

Популяция P_2 опасна, прежде всего, отсутствием сведений об элементах орбит ее элементов с точностью, достаточной для расчета маневра уклонения от них, и столкновения с ними, если они случатся, скорее всего, будут катастрофичными.

Весьма многочисленны популяции P_3 и P_4 , что усугубляет их опасность. При достаточно высокой относительной скорости сближения элемен-

ты P_3 могут привести к катастрофичности столкновения с объектами первых трех групп. Кроме того, из-за многочисленности этих популяций и их прогрессирующего роста все ощутимее становится их воздействие на сложившуюся и относительно стабилизировавшуюся в течение многих миллионов лет экологию Земли и верхних геосфер, в частности, свето- и теплообмен между ними и внешней средой.

Типичным ущербом для некоторых космических программ от популяции P_4 является повреждение ее частицами чувствительных поверхностей выносных бортовых приборов (телескопов, солнечных панелей, угловых отражателей, датчиков излучений, детекторов столкновений с элементами КМ и т. п.). Однако есть примеры более серьезных исходов столкновений с ними. В 2013 году российский метрологический спутник «Блиц» был разрушен на высоте 825 км при столкновении с микрочастицей массой ~ 0,035 г размером ~3 мм при относительной скорости столкновения ~12,3 км/с [7, 9]. Американский спутник Sentinel-1A столкнулся с микрочастицей массой около 0,2 г и получил вмятину диаметром 40 см (это зафиксировала бортовая камера), изменил орбиту, поменял ориентацию, снизилась также мощность его солнечных батарей [10]. Еще один американский спутник Telesat-1A был выведен из строя микрометеороидом — на этот раз естественным, но так или иначе мелким мусором.

В заключение рассмотрим военный аспект опасности мелкого КМ. При столкновении КА с каталогизированным и надежно отслеживаемым КО причина разрушения или выхода из строя КА очевидна и легко объяснима. Однако в течение последних десятилетий многократно наблюдались внезапные выходы из строя КА военного назначения, причины которых так

и не удалось установить ни с помощью наблюдений, ни посредством телеметрии. Остаются два возможных объяснения — незарегистрированное столкновение с КМ или «происки» космического противника. А это уже политически опасная дилемма [1, 11]. Не всегда страна – собственник подвергнутого воздействию КМ КА может оперативно определить действительную причину его выхода из строя. Строго говоря, КМ с военной точки зрения представляет собой мощную независимую неуправляемую опасную космическую группировку, способную повредить или уничтожить как военный, так

и гражданский КА или наземный объект. С другой стороны, человечество стало разрабатывать способы борьбы с КМ. Однако принципиально эти способы могут применяться не только к КМ, но и к действующим КА. В отличие от КМ они являются активными и имеют своих конкретных операторов, представляющих конкретные государства, и при определенных намерениях своих операторов также могут представлять угрозу для действующих КА других государств. Иначе говоря, и КМ, и методы борьбы с ним могут рассматриваться как космическое оружие.

ВЫВОДЫ

- Космический мусор любого размера представляет потенциальную и реальную опасность для действующих КА и для экологии ОКП.
- Количество мелкого КМ в ОКП на несколько порядков превосходит численность крупных, каталогизированных, КО и прогрессивно растет.
- В наиболее плотно заселенной низкоорбитальной области (на высотах до 2000 км) относительные скорости КА и КМ могут превышать 15 км/с, а в перигейной области высокоэллиптических орбит — 17 км/с. Следовательно, столкновения с КМ размером 1 см и меньше при таких скоростях могут нанести КА значительный ущерб.
- Пылевидные частицы КМ регулярно повреждают солнечные панели, иллюминаторы и оптические поверхности бортовых наблюдательных инструментов и даже могут уничтожить КА или заметно снизить эффективность его функционирования, как это уже было в случае с российским КА «Блиц» и американскими Sentinel и Telecom-1A.
- В отличие от сближения действующего КА с крупными КО (каталогизированными и легко отслеживаемыми), сближения с мелким КМ не отслеживаются. Поэтому невозможно совершить маневр уклонения от столкновения с ним. Такое столкновение может произойти неожиданно как для российской стороны, так и для страны-собственника (например, потенциального противника). При отсутствии оперативной информации о причинах выхода из строя КА это событие может быть истолковано как нападение на космическую собственность со стороны вероятного противника, что чревато военно-политическим конфликтом.
- Прогрессивный рост техногенного засорения ОКП как крупным, так и мелким КМ неуклонно приближает наступление каскадного синдрома Кesslera. Многие специалисты считают, что цепной процесс уже начался в некоторых орбитальных областях и некоторых фракциях мелкого КМ. Этот процесс в относительно недалеком будущем неизбежно приведет к вынужденному прекращению космической деятельности.
- Рост количества КМ обостряет вопрос о целесообразности совершения маневра уклонения от столкновения с ним автоматических (не пилотируемых) КА, который требуется производить все чаще. При этом заметно сокращается энергетический ресурс КА и, как следствие, срок его активного использования. Во всяком случае, напрашивается необходимость пересмотра соответствующего критерия (сейчас общепринятая норма предельной расчетной вероятности столкновения составляет 10^{-4}).
- Стремительный процесс засорения ОКП КМ (особенно мелким) ведет к нарушению сложившегося за многие миллионы лет свето- и теплообмена между Землей, ОКП и внешней средой. Это наносит экологический ущерб, в частности озоновому слою Земли.

• Особую проблему представляют ограниченные возможности мониторинга мелкого КМ. Узким местом в исследовании и решении проблем, связанных с мелким КМ, является дефицит измерений. Проблема осложняется еще и тем, что изменение состояния засоренности ОКП мелким мусором значительно более динамично, чем крупным (ввиду большего отношения площади поверхности к массе). Поэтому весьма насущным является создание и совершенствование средств наблюдения мелкого КМ, расширение возможностей и увеличение количества (точнее, площади рабочей поверхности) бортовых детекторов их ударов (технология in situ).

• Еще больше проблема обостряется из-за отсутствия эффективных способов удаления мелкого КМ, особенно с относительно высоких орбит.

• Меры сдерживания техногенного засорения и снижения засоренности ОКП как крупным, так и мелким мусором перестанут быть эффективными с началом каскадного эффекта. Поэтому их основная цель — не допустить его развития. Это определяет срочность и неотвратимость их применения всеми странами, участвующими в освоении космоса. Но поскольку некоторые из таких мер могут рассматриваться как космическое оружие, внедрять и применять их нужно под строгим международным контролем.

Литература

1. **Вениаминов С.** Космический мусор – угроза человечеству. Изд. 2-е, исправл. и дополн. М.: ИКИ РАН, 2013. 207 с.
2. **Адушкин В., Аксенов О., Вениаминов С., Козлов С., Дедус Ф.** О популяции мелкого космического мусора, ее влиянии на безопасность космической деятельности и экологию Земли // Международная конференция «Космический мусор: фундаментальные и практические аспекты угрозы», Москва, 7-19 апреля 2019 г.М.: ИНАСАН, ИКИ РАН, 2019.
3. **Bernhard R. et al.** Analytical electron microscopy of LDEF impactor residues // LDEF 69 Months in Space, 3d Post-Retrieval Symposium, NASA CP 3275, 1993, part 1, pp. 401-427.
4. **Drolshagen G., Nehls T.**, The Small Size Debris Population in the GEO Belt // Proceedings of the Fifth European Conference on Space Debris, ESA/ESOC, Darmstadt, Germany, 2009.
5. **Hamilton J.** NASA Develops Report on Radar Observations of Small Debris Populations // Orbital Debris Quarterly News. 2013. Vol. 17. Iss. 4. Pp. 4-5.
6. **Liou J.-C., Matney M., Vavrin A. et al.** NASA ODPO's Large Constellation Study // Orbital Debris Quarterly News. 2018. Vol. 22. Iss. 3. Pp. 4-7.
7. **Назаренко А. И.** Моделирование космического мусора. М.: ИКИ РАН, 2013. 216 с.
8. Orbital Debris Quarterly News. 1997. Vol. 2. Iss. 4. P. 7.
9. **Adushkin V., Aksenov O., Veniaminov S., Kozlov S.** Challenging aspects in evaluating the potential danger of space objects breakups and collisions for space flights // Advances in Astrophysics. 2018. Vol. 3. No. 2. Pp. 83–90.
10. **Королёв В.** ESA показало последствия столкновения спутника с космической песчинкой [Электронный ресурс] // N+1. 2016. 31 августа. URL: <https://nplus1.ru/news/2016/08/31/sentinel-hit> (Дата обращения: 11.08.2019).
11. **Adushkin V., Veniaminov S., Kozlov S., Silnikov M.** Orbital missions safety – A survey of kinetic hazards // Acta Astronautica. 2016. Vol. 126. Pp. 510–516.

References

1. **Veniaminov S.** Kosmicheskiy musor – ugroza chelovechestvu. 2st Edition. Moscow: IKI RAN, 2013. 207 p.
2. **Adushkin V., Aksenov O., Veniaminov S., Kozlov S., Dedus F.** O populyatsii melkogo kosmicheskogo musora, ee vliyaniya na bezopasnost' kosmicheskoy deyatel'nosti i ekologiyu Zemli. Mezhdunarodnaya konferentsiya "Kosmicheskiy musor: fundamental'nye i prakticheskie aspekty ugrozy" (April 17-19, 2019, Moscow). Moscow: INASAN, IKI RAN, 2019.
3. **Bernhard R. et al.** Analytical electron microscopy of LDEF impactor residues. LDEF 69 Months in Space, 3d Post-Retrieval Symposium, NASA CP 3275, 1993, part 1, pp. 401-427.
4. **Drolshagen G., Nehls T.**, The Small Size Debris Population in the GEO Belt. Proceedings of the Fifth European Conference on Space Debris, ESA/ESOC, Darmstadt, Germany, 2009.
5. **Hamilton J.** NASA Develops Report on Radar Observations of Small Debris Populations. Orbital Debris Quarterly News, 2013, vol. 17, iss. 4, pp. 4-5.
6. **Liou J.-C., Matney M., Vavrin A. et al.** NASA ODPO's Large Constellation Study. Orbital Debris Quarterly News, 2018, vol. 22, iss. 3, pp. 4-7.
7. **Nazarenko A. I.** Modelirovanie kosmicheskogo musora. Moscow: IKI RAN, 2013. 216 p.
8. Orbital Debris Quarterly News, 1997, vol. 2, iss. 4, p. 7.
9. **Adushkin V., Aksenov O., Veniaminov S., Kozlov S.** Challenging aspects in evaluating the potential danger of space objects breakups and collisions for space flights. Advances in Astrophysics, 2018, vol. 3, no. 2, pp. 83–90.
10. **Korolev V.** ESA pokazalo posledstviya stolknoveniya sputnika s kosmicheskoy peschinkoy. N+1. 2016. 31 August. Available at: <https://nplus1.ru/news/2016/08/31/sentinel-hit> (Retrieval date: 11.08.2019).
11. **Adushkin V., Veniaminov S., Kozlov S., Silnikov M.** Orbital missions safety – A survey of kinetic hazards. Acta Astronautica, 2016, vol. 126, pp. 510–516.



© Адушкин В.В., Аксёнов О.Ю.,
Вениаминов С.С., Козлов С.И., 2019

История статьи:

Поступила в редакцию: 12.07.2019
Принята к публикации: 09.08.2019

Модератор: Гесс Л.А.

Конфликт интересов: отсутствует

Для цитирования:

Адушкин В. В., Аксёнов О. Ю., Вениаминов С. С., Козлов С. И. Об оценке опасности мелкого космического мусора для космической деятельности и экологии Земли // Воздушно-космическая сфера. 2019. № 3. С. 72-81.

NEW GENERATION OF SATELLITES FOR MARITIME SURVEILLANCE

Nikolay N. KLIMENKO,
Cand. Sci. (Tech), Lieutenant-General retired,
Deputy General Director, Lavochkin Association,
Moscow, Russia,
Klimenko@laspace.ru

Kirill A. ZANIN,
Dr. Sci. (Tech), Leading Research Scientist,
Lavochkin Association, Moscow, Russia,
khsm@laspace.ru

ABSTRACT | The article deals with the projects of new generation of satellites for maritime surveillance, designed by XpressSAR, Urthe-Cast, Iridium, Thales Alenia Space, ICEYE, Capella Space, Umbra Lab, HawkEye 360, GomSpace, FFI/SFL, Kleos Space, UnSeen Labs companies. Their basic characteristics are given, as well as information on their application for intended purposes.

Keywords: *maritime surveillance, SAR satellite, SIGINT satellite, HAPS – high-altitude pseudosatellite, startup, ground-based network*

НОВОЕ ПОКОЛЕНИЕ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ ДЛЯ НАБЛЮДЕНИЯ ЗА МОРСКОЙ ОБСТАНОВКОЙ



Николай Николаевич КЛИМЕНКО,
кандидат технических наук, генерал-лейтенант
запаса, заместитель генерального директора
АО «НПО Лавочкина» по специальным проектам,
Москва, Россия,
Klimenko@laspace.ru



Кирилл Анатольевич ЗАНИН,
доктор технических наук, ведущий научный
сотрудник АО «НПО Лавочкина», Москва, Россия,
khsmt@laspace.ru



АННОТАЦИЯ | В статье рассматриваются проекты космических аппаратов нового поколения для наблюдения морской обстановки, разрабатываемые компаниями XpressSAR, UrtheCast, Iridium, Thales Alenia Space, ICEYE, Capella Space, Umbra Lab, HawkEye 360, GomSpace, FFI/SFL, Kleos Space, UnSeen Labs. Приведены их основные характеристики, а также сведения об их применении для решения целевых задач.

Ключевые слова: слежение за морской обстановкой, космический аппарат с радиолокатором с синтезированной апертурой, космический аппарат радиоэлектронного наблюдения, псевдокосмический аппарат, стартан, сеть наземного базирования

ЧАСТЬ 2.

КОСМИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ РАДИОЭЛЕКТРОННОГО НАБЛЮДЕНИЯ ЗА МОРСКОЙ ОБСТАНОВКОЙ

До недавнего времени КА радиоэлектронного наблюдения (РЭН) применялись только для решения задач обороны и безопасности. Впервые на рынок коммерческой космической информации о радиоэлектронной обстановке (РЭО) вышла американская компания HawkEye 360 (HE 360) [1]. При этом компания HE 360 установила сотрудничество с компанией KRATOS — ведущим провайдером АНБ — для информационной интеграции и объединения возможностей наземной сети РЭН, контролирующей КА-ретрансляторы на геостационарной орбите (ГСО), и возможностей ОГ МКА компании HE 360. Подобный подход к ведению РЭН получил инновационное развитие в закрытом проекте BeamWatch компании ComSpace [2]. Замысел проекта состоит в создании низкоорбитальных МКА РЭН, осуществляющих прием и анализ сигналов спутниковой связи на выходе около 429 КА-ретрансляторов. Планируется, что такие КА на полярной орбите в течение суток будут осуществлять контроль всех лучей КА-ретрансляторов на ГСО, что невозможно с наземных позиций. Объединение в рамках инновационного проекта информации о спутниковых системах связи, получаемых как на линиях «вверх», так и на линиях «вниз», имеет целью повышение эффективности РЭН — как в интересах выявления и локализации источников помех спутниковой связи, так и для вскрытия изменений в развертывании и целевом применении средств спутниковой связи в районах особого внимания, в том числе в ближней и дальней морских зонах.

Впервые концепция создания и применения коммерческих КА РЭН для наблюдения за морской обстановкой была выдвинута еще в начале 2000-х годов норвежским НИИ Минобороны FFI [3, 4]. Концепция базируется на том, что на более чем 300 000 кораблей длиной не менее 45 метров предусмотрена обязательная установка навигационных РЛС X-диапазона мощностью 1...50 кВт. Диаграмма направленности антенны (ДНА) РЛС составляет 1...6 градусов по азимуту и 20...25 градусов по углу места. Исследования института FFI показали, что при совпадении главных лучей ДНА на КА РЭН и навигационных РЛС обеспечиваются условия для обнаружения, геолокации и иден-

тификации РЛС на расстояниях до 3000 км. Поэтому для слежения за морской обстановкой был предложен проект МКА РЭН NSAT-1, запускаемый на орбиту высотой около 600 км, с бортовой антенной X-диапазона, направленной «под горизонт» для обнаружения корабельных РЛС по главному лучу ДНА. В ходе исследований было также установлено, что с использованием плоской антенны размером 50×50 см можно обеспечить полосу обнаружения корабельных навигационных РЛС размером 1200 км по дальности, что в разы превосходит полосу съемки КА с радиолокатором с синтезированной апертурой (РСА).

Установленная на МКА РЭН NSAT-1 плоская антенная решетка состоит из шести подрешеток, каждая из которых имеет ширину ДНА 10 градусов по углу места и 7 градусов по азимуту. Антенная решетка имеет вертикальную и горизонтальную составляющие, каждая из которых соединена с цифровым приемником и фазометрами. Такая полезная нагрузка представляет собой фазовый пеленгатор, или интерферометр. Размеры ДНА определяют размеры ее «пятна» (проекции) на морскую поверхность: 1200 км по дальности и 150...300 км по азимуту. Прием сигналов осуществляется шестиканальным цифровым приемником, поканально подключенным к выходам каждой антенной подрешетки. При помощи фазометров определяется направление на источник радиоизлучения (ИРИ) путем измерения разности фаз сигналов, принимаемых на разнесенные в пространстве антенные субрешетки. При этом ДНА направлена под углом 63 градуса по отношению к направлению в надир. Такой способ пеленгации при соблюдении определенных требований к точности определения положения МКА на орбите обеспечивает точность определения местоположения кораблей по их ИРИ около 1 км в полосе 1200 км. Для обеспечения такой точности требуется точность стабилизации МКА по трем осям не хуже 0,5 градуса и знание положения МКА на рабочем участке при включенной полезной нагрузке не хуже 0,001 градуса. Это обеспечивается прецизионной бортовой системой управления ориентации и стабилизации (СУОС), включающей высокоточные звездный

солнечный датчик, магнитные исполнительные органы и силовые гироскопы с достаточно большим кинетическим моментом. Размеры и электрические параметры солнечной батареи обеспечивают генерацию электроэнергии, достаточной для включения аппаратуры РЭН длительностью 10 минут на каждом суточном витке (СВ). Этого достаточно для мониторинга морской обстановки в норвежском регионе. Для обеспечения большей длительности включения аппаратуры РЭН требуется более мощная система электроснабжения, прежде всего бóльшая по размеру солнечная батарея.

Покрытие земной поверхности может быть улучшено за счет установки антенных решеток на двух и более боковых сторонах МКА и увеличения канальности приемника. Предусмотрена возможность поворота МКА по азимуту для перенацеливания ДНА на районы (зоны) особого внимания.

При выборе орбиты разработчики исходили из того, что для глобального применения преимущественно обладают полярные орбиты и ССО с прецессией, а для локальных районов — орбиты с наклоном, соответствующим широте наблюдаемого района. Поэтому прорабатывалась ОГ с комбинацией МКА NSAT-1 на полярных и наклонных орбитах.

Обработка сигналов РЛС предусмотрена на борту МКА и включает измерение параметров импульсов в диапазоне длительности от 100 до 1000 нс, частоты повторения до 1 кГц, а также депере-

межение импульсов, определение координат и классификацию (идентификацию) РЛС. Сброс информации осуществляется по низкоскоростной радиолинии. В предположении средней плотности обнаружения пять кораблей в секунду средняя скорость передачи информации может составлять несколько сотен кбит/сек.

Конструкция МКА NSAT-1 приведена на рис. 1. При размере 71×55×50 см МКА имеет массу 50 кг. Солнечная батарея генерирует электроэнергию мощностью 38 Вт. Скорость передачи командно-программной информации в S-диапазоне 10 кбит/сек, а передачи специальной информации 1...2 Мбит/сек. Орбита МКА позволяет осуществлять сброс информации на наземные центры, например в Тромсё, на 11 из 15 СВ. При этом планируется включение аппаратуры РЭН в течение 4...8 минут на каждом из 13 СВ, проходящих над прилегающими к Норвегии акваториями, включая Северный морской путь.

Для достижения высокой точности определения местоположения РЛС при наблюдении «под горизонт» требуется высокая точность знания положения ДНА в пространстве. С этой целью звездный датчик в МКА NSAT-1 жестко прикреплен к тыльной стороне антенной решетки под фиксированным углом 27 градусов между оптической осью звездного датчика и нормалью к плоскости антенной решетки (нормаль определяется по наилучшей настройке плоскости, проходящей через четыре фазовых центра антенной решетки). Этот угол может претерпевать измене-

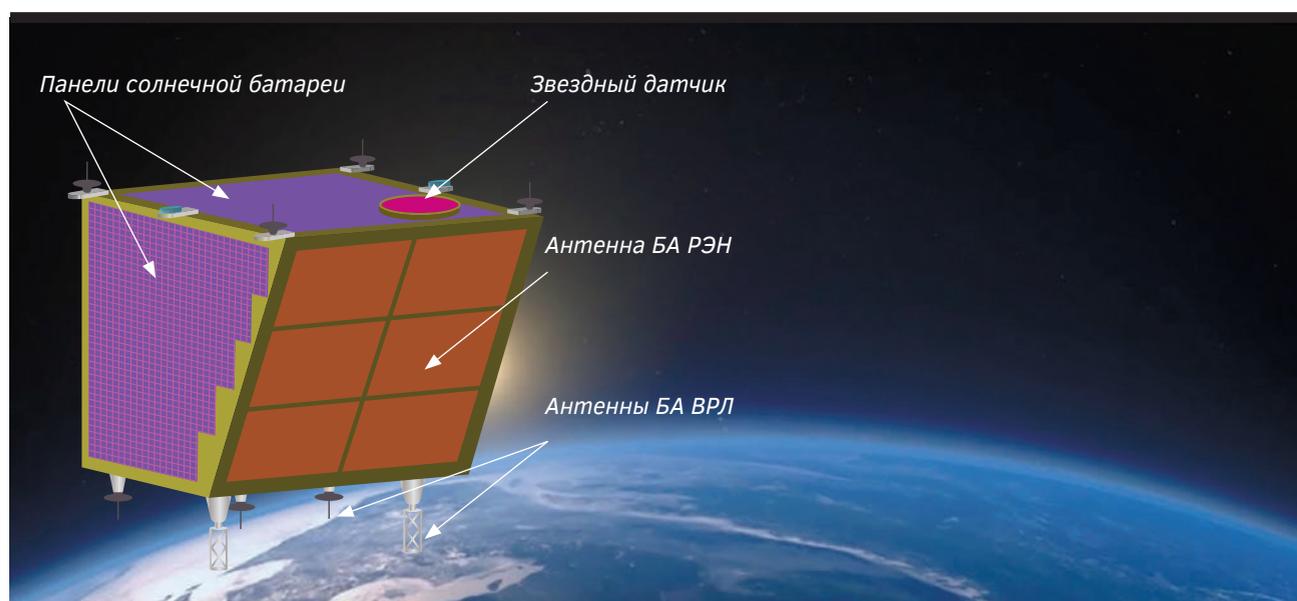


Рис. 1. Конструкция МКА NSAT-1

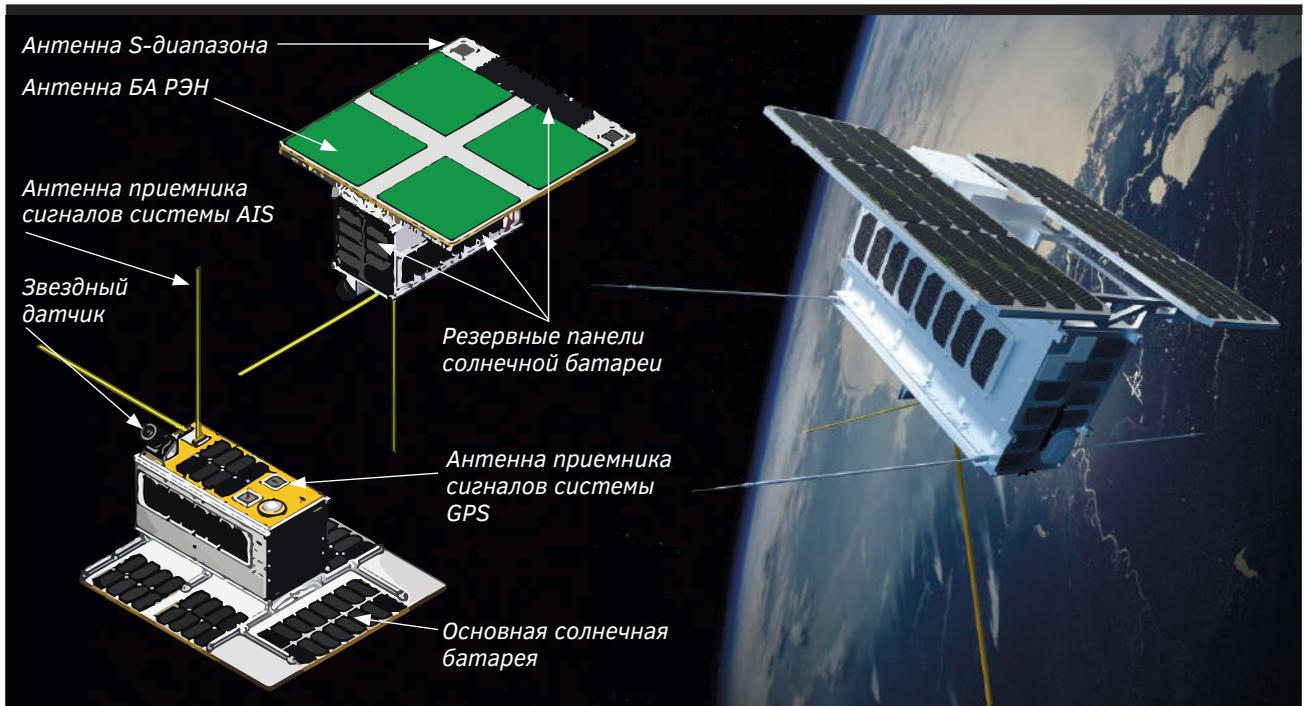


Рис. 2. МКА РЭН NORSAT-3

ния вследствие тепловой деформации посадочного места звездного датчика и соединительного кронштейна, а также вследствие неплоскостности самой антенной решеткой. Эти изменения не должны выходить за определенные пределы. В [5] приведены результаты исследования сборки «звездный датчик — кронштейн — антенная решетка» по таким показателям, как стабильность установки кронштейна, плоскостность антенной решетки, рабочая температура звездного датчика. Установлено, что для обеспечения требуемой точности геолокации к этой сборке предъявляются следующие требования:

— общая вариация угла между оптической осью звездного датчика и нормалью к плоскости антенной решетки не должна превышать 0,001 градуса;

— максимально допустимая неплоскостность антенной решетки 10 мкм;

— изменение толщины антенной панели не больше 80 мкм;

— допустимый диапазон температур звездного датчика $-35...+10$ градусов;

— изменение температуры посадочного места звездного датчика за один СВ не более 4 градусов;

— разность температур между любыми точками посадочного места звездного датчика в любой момент времени не более 4 градусов.

Обеспечение минимальных температурных вариаций антенной панели и звездного датчика достигается выбором параметров орбиты, радиатором на звездном датчике и углепластиковым кольцом для изоляции звездного датчика от нагрева титанового кольца в составе кронштейна.

Рассмотренная концепция создания МКА РЭН и соответствующий научно-технический задел в дальнейшем получили развитие в проекте МКА РЭН NORSAT-3 (рис. 2), также оснащенного многоканальным цифровым приемником, фазометрами и плоской ортогональной антенной решеткой X-диапазона для приема и обработки сигналов как навигационных РЛС, так и других корабельных РЛС X-диапазона [6, 7].

Применяется четырехмодульная антенная решетка размером 56×62 см с шириной ДНА 10 гра-

С целью изготовления непосредственно на орбите конструкций ортогональной антенной системы компании Magna Parva и Kleos создали бортовой прецизионный робототехнический комплекс с запасом сырья – углепластикового волокна и резины. Из них в ходе полета будут «выращиваться» штанги, на концах которых крепятся антенны. Эта технология получила название «пултрузия».



Рис. 3. Зона обзора МКА NORSAT-3

дусов. Такая интерферометрическая система обеспечивает погрешность местоопределения РЛС в пределах 1 км. Для этого СУОС фактически совмещена с полезной нагрузкой и определяет положение и ориентацию МКА с точностью 15 м и 0,001 градуса соответственно. При боковом обзоре «под горизонт» с полярной орбиты или ССО высотой 550...650 км формируется зона обнаружения эллиптической формы размером 1400×450 км на дальностях до 2800 км (рис. 3). Комплексное применение аппаратуры РЭН и AIS повышает эффективность слежения за морской обстановкой в интересах как гражданских, так и военных потребителей. Планируется развертывание ОГ из четырех МКА.

МКА NORSAT-3 разработан на базе космической платформы NEMO-15 (вес 15 кг, размер 20×30×40 см), получившей летную квалификацию в составе МКА Hawk компании HE 360, а также в составе норвежских МКА AIS NORSAT-1, 2. В отличие от космической платформы МКА NSAT-1 платформа NEMO-15 обеспечивает рабочий ресурс МКА NORSAT-3 до 90 минут на каждом СВ, что позволяет вести наблюдение не только прилегающей к Норвегии акватории, но и морской обстановки в других регионах.

Замысел применения МКА NORSAT-3 состоит в одновременном наведении аппаратуры AIS и РЭН на заданные районы наблюдения [8].

Применение аппаратуры РЭН состоит в сканировании целевого района главным лучом ДНА. Цель сканирования состоит в максимизации покрытия этого района проекцией ДНА на морской поверхности. Для этого центральная ось ДНА в общем случае направляется под углом 27...35 градусов по отношению к местному горизонту на МКА при пролете над целевым районом. Предусмотрено также вращение МКА вокруг оси, совпадающей с направлением главного луча ДНА, для подстройки под прием сигналов РЛС с линейной поляризацией. На СВ, на которых трасса МКА проходит вблизи или непосредственно над целевым районом, сканирование ДНА заданного района возможно как на подлете, так и на отлете от него, как показано на рис. 4.

На СВ, на которых трасса МКА проходит на удалении от целевого района, сканирование ДНА неэффективно. Поэтому покрытие района осуществляется путем фиксированного наведения ДНА «под горизонт». За пределами рабочих участков при невключенной аппаратуре РЭН и AIS МКА функционирует в режиме постоянной солнечной ориентации.

Для обеспечения функционирования МКА NORSAT-3 на рабочих участках СУОС должна обеспечивать:

— трехосную ориентацию на рабочих участках с погрешностью не более 0,5 градуса (2);

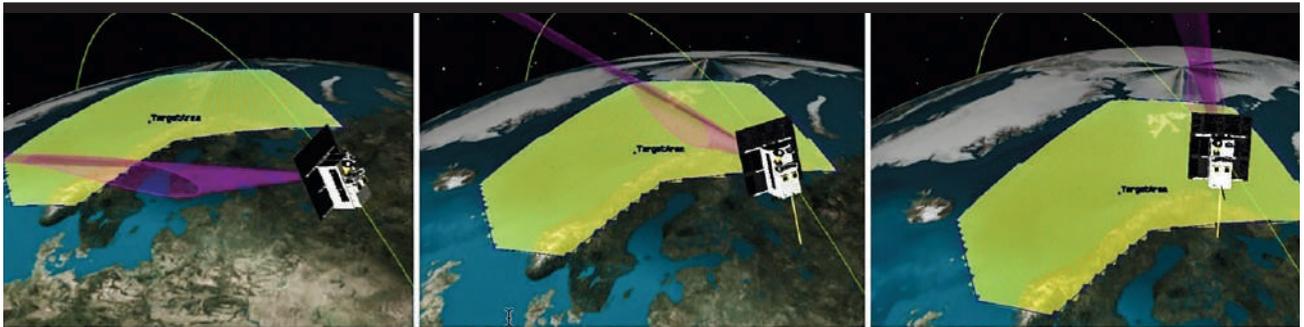
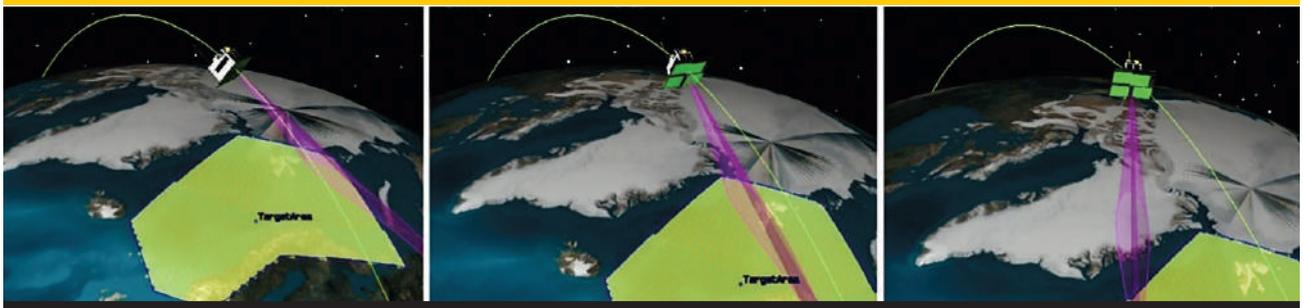


Рис. 4. Способы сканирования целевого района диаграммой направленности МКА NSAT-3



— динамическое наведение ДНА аппаратуры РЭН на наземные цели (районы) с поддержанием оси главного луча в пределах 5 градусов по отношению к местному горизонту на МКА;

— развороты на рабочем участке со скоростью до 1 градуса/сек;

— знание положения МКА на рабочем участке не хуже 10 м (1).

Следует отметить, что со стороны аппаратуры AIS особые требования к СУОС не предъявляются. Антенны канала AIS представляют собой четвертьволновые вибраторы длиной 46 см (частота 162 МГц) со всенаправленной ДНА.

Сброс информации о корабельных РЛС и данных системы AIS осуществляется на наземные центры в Вардё и Свальбарде непосредственно на витках с рабочими участками или на последующих СВ. Для обмена информацией с МКА NORSAT-3 на линии «вверх» применяется две радиолинии S-диапазона с GFSK. Одна из них — высокоскоростная — обеспечивает передачу командно-программной информации для полезной нагрузки со скоростью 32 кбит/сек и применяется на рабочих участках в режиме обеспечения трехосной ориентации и стабилизации. Радиолинии работают в диапазоне частот 2025...2110 МГц. На линии «вниз» для сброса информации аппаратуры РЭН применяется радиолиния S-диапазона с QPSK со скоростью 32...4096 кбит/сек.

Норвегия стремится стать космическим форпостом на северном морском направлении. Наряду с применением МКА AIS типа NORSAT-1, 2 и МКА РЭН типа NORSAT-3 на базе канадской космической платформы NEMO-15 разрабатывается МКА ОЭН NORSAT-4 и МКА с PCA для наблюдения за морской обстановкой (рис. 5) [9]. Норвегия также создала и развивает мощную наземную космическую инфраструктуру для приема, обработки и доведения пользователям различной информации. В целях дальнейшего развития норвежское космическое агентство заключило соглашение с французским агентством CNES о перспективных совместных способах применения МКА NORSAT-3 и последующих типов МКА для решения специальных задач [10].

Американский стартапный подход к созданию высокотехнологичных МКА нового поколения, рожденный новой космической революцией, находит применение и в европейских странах. Так две стартапные компании, Kleos и UnSeenLabs, ведут разработку уникальных МКА РЭН для наблюдения за морской обстановкой [11].

Разрабатываемый компанией Kleos МКА РЭН (рис. 6) будет осуществлять мониторинг сигналов спутниковой радиотелефонной связи, мобильной телефонной связи и связи между судами в море в диапазоне частот 150...1900 МГц, а также определять их местоположение с точностью до 1 км с доведением до 50 м. Одиночный МКА будет обеспечивать периодичность наблюдения 12...24 часа,



Рис. 5. Норвежские МКА для наблюдения за морской обстановкой



Рис. 6. МКА РЭН компании Kleos



Рис. 7. НаноКА РЭН компании UnSeen Labs

а ОГ из 10 МКА от 1 до 2,5 часа. Полученные данные об ИРИ будут накладываться на цифровые карты и космические снимки в среде ГИС и размещаться в банке геопрограммной информации AVI — Activity Based Intelligence [12].

Компания Kleos ведет разработку в кооперации с датской компанией ComSpace и британской компанией Magna Parva. Первая поставляет космическую платформу на базе Cubesat, а вторая ведет разработку ключевого технического решения — антенной системы, развертываемой в космосе. Планируется создание непосредственно на орбите гигантской ортогональной антенной системы, как показано на рисунке 6, с расстоянием между антеннами до 100 м. Это обеспечит высокую точность геолокации ИРИ разностно-дальномерным методом (РДМ). Изготовление необходимых для этого длинных, тонких и легких конструкций будет осуществляться на орбите. С этой целью компании Magna Parva и Kleos создали бортовой прецизионный робототехнический комплекс с запасом сырья — углепластикового волокна и резины. Из них в ходе полета будут «выращиваться» штанги (стержни), на концах которых крепятся антенны. Такая технология получила название «пултрузия» [13, 14]. В ходе испытаний наземного прототипа робототехнического комплекса достигнута скорость производства стержней 1 мм/сек. Это означает, что формирование антенной системы с длиной штанг 50 м может быть осуществлено примерно за 1,5 часа полета, а при последовательном их «вы-

ращивании» — за 6 часов полета. В настоящее время идет доводка наземного прототипа, реализующего технологию «пултрузия» до летного образца. В случае успеха МКА компании Kleos сможет осуществлять высокоточное — до 100 м — местоопределение корабельных ИРИ с использованием РДМ одним бортовым интерферометром, в то время как в традиционном варианте (например, разработка компании HE 360) для этого требуется формирование и поддержание на орбите БСГ из трех МКА с обеспечением высокоточной синхронизации их бортовых шкал времени. Компания планирует в 2022 году развернуть ОГ из 22 МКА с периодичностью наблюдения до 3 часов.

Компания Kleos создает свою собственную наземную инфраструктуру для предоставления потребителям симбиоза коммерческой геопрограммной информации и информации о РЭО. Поставка информации будет осуществляться на коммерческой основе по подписке государственным органам, бизнес-структурам и разведсообществу. В этих интересах компания Kleos стремится интегрировать свою инфраструктуру в наземную сеть, получившую название Five Eyes, известную также как «Разведывательный союз Англосферы» (Intelligence Alliance of Anglosphere), объединяющий Великобританию, США, Канаду, Австралию и Новую Зеландию [15]. Конечный информационный продукт будет представлять собой космический снимок и/или слой цифровой карты в ГИС с наложением на них

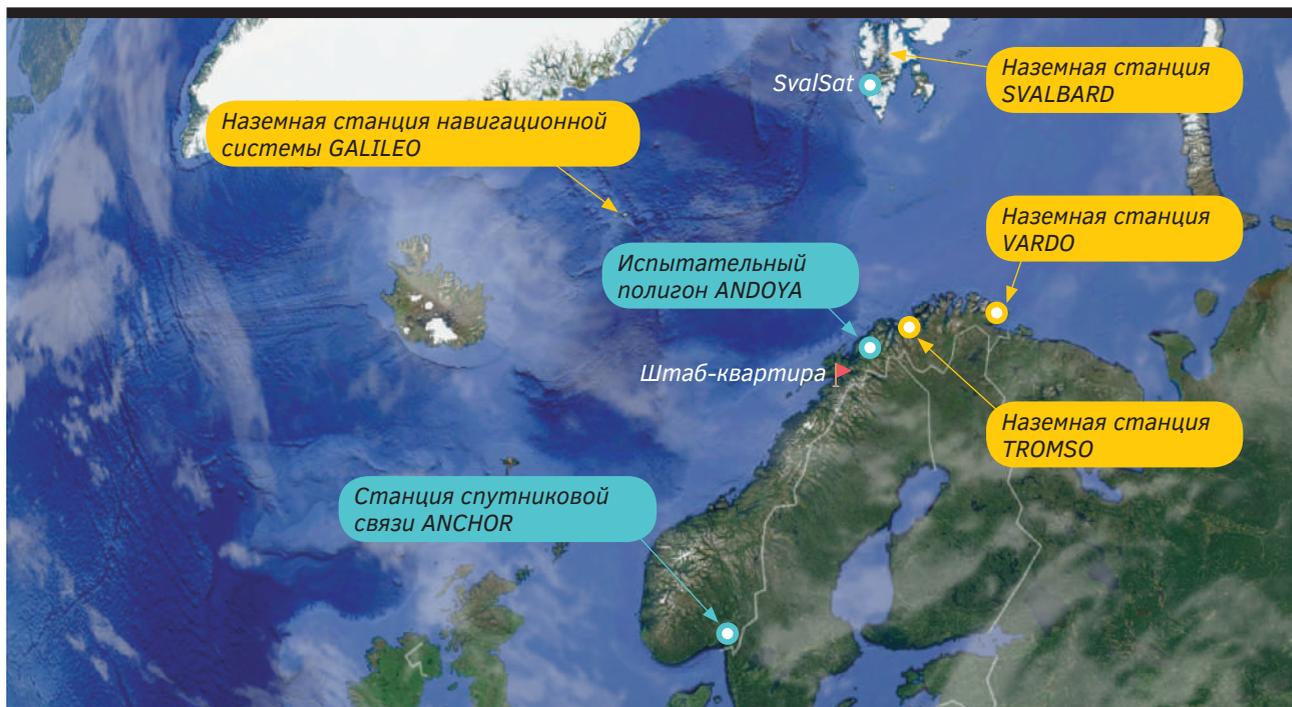


Рис. 8. Наземная космическая инфраструктура компании KSAT

данных о РЭО, отображающих местоположение и частоту излучения корабельных и других ИРИ как с существующими сигналами, так и с вновь появляющимися структурами с использованием СПО собственной разработки. Применение глобальной базы АВІ имеет целью сместить акцент с традиционной реакции на известные события на выявление ранее неизвестной деятельности. В первую очередь усилия будут направлены на слежение за морской обстановкой. Замысел простой, но надежный: если будет зафиксирован телефонный сигнал, например, в Атлантике, с координатами ИРИ, откуда не поступают сигналы AIS, то, следовательно, корабль совершает какие-то скрытые действия. Отметим, что данные о РЭО в форме геопространственной информации представляют практический оперативный интерес как для гражданских, так и для военных потребителей.

Во Франции на волне новой космической революции учреждена стартапная компания UnSeen Labs, ведущая разработку наноКА РЭН (рис. 7), предназначенного для обнаружения нарушителей радиообстановки и, в первую очередь, для наблюдения за морской обстановкой [16, 17]. Компания разработала усовершенствованную аппаратуру РЭН, обеспечивающую геолокацию и идентификацию корабельных ИРИ и выявление кораблей, не проявляющихся в системе

AIS. Важным элементом аппаратуры РЭН является антенная система, детали которой не раскрываются, но отмечается ее революционный характер. Космическую платформу под ключ поставляет датская компания ComSpace. Работы ведутся по контракту с Минобороны Франции и при содействии агентства CNES, одна из базовых компаний которого — NEXEYA — оказывает содействие как в создании наноКА, так и в реализации методов наблюдения за морской обстановкой. Компания NEXEYA известна по участию в создании КА РЭН по проекту CERES. Масса разрабатываемого наноКА 10...20 кг. Ожидается, что срок активного существования составит 3...4 года. Аппаратура РЭН будет обеспечивать точность определения координат ИРИ 5 км с высоты орбиты 550...650 км. Планируемая длительность включения аппаратуры РЭН на СВ 20 минут. ОГ в составе 20 наноКА обеспечит периодичность наблюдения 25 минут.

Замысел применения наноКА по проекту компании UnSeen Labs состоит в высокочастотном наблюдении морских зон особого внимания и в оперативной выдаче полученных данных о кораблях для наведения на них космических средств видового наблюдения, осуществляющих их съемку с разрешением, достаточным для идентификации и распознавания. Подобный замысел уже реализован компаниями HE 360 и Black Sky.

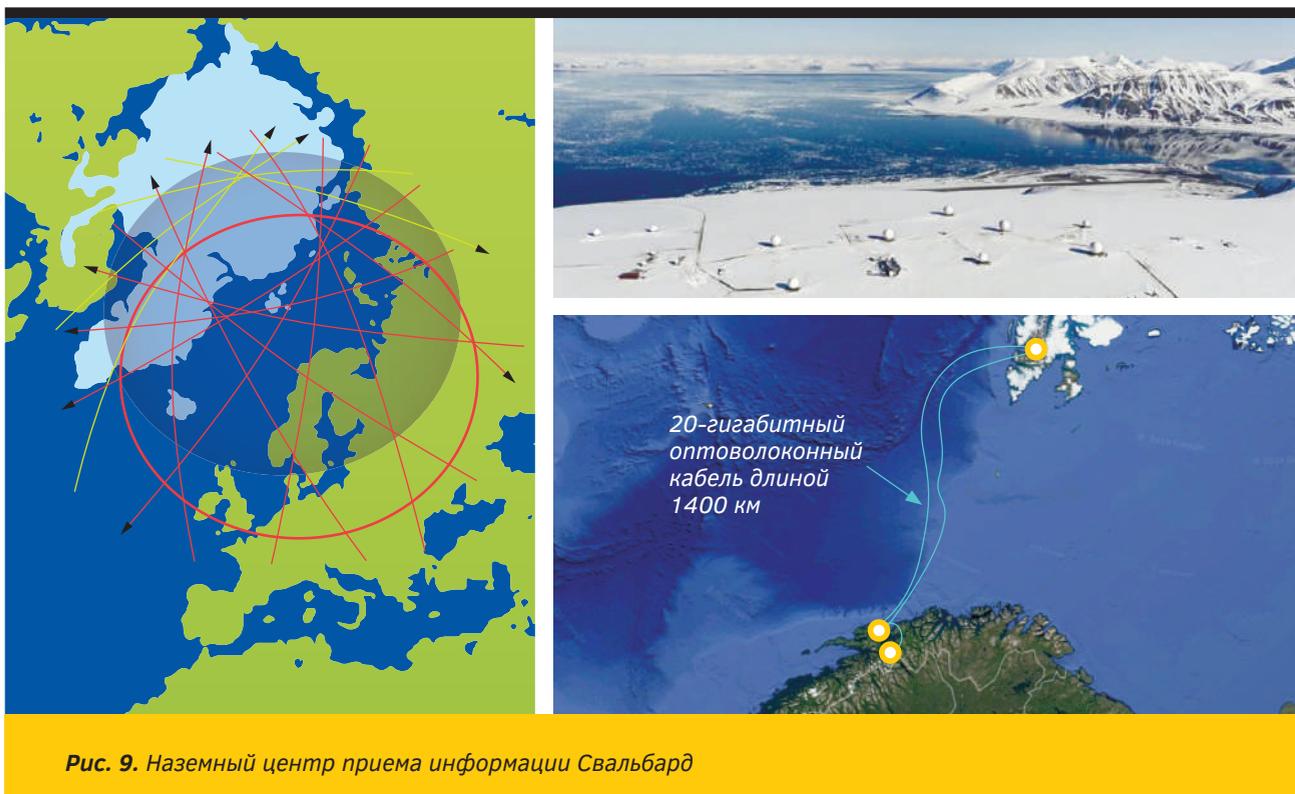


Рис. 9. Наземный центр приема информации Свальбард

НАЗЕМНАЯ ИНФРАСТРУКТУРА ДЛЯ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ КА, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИХ СЛЕЖЕНИЕ ЗА МОРСКОЙ ОБСТАНОВКОЙ

Компании XpressSAR, Capella Space, UrtheCast создают свои собственные наземные сегменты. Компания XpressSAR ориентируется на существующие американские центры приема и обработки информации, используя S- и X-диапазоны частот, предназначенные для спутниковой связи. Компания UrtheCast планирует развертывание наземного сегмента на базе облачной инфраструктуры AWS (Amazon Web Service). Дополнительно разрабатывается технология Web Platform в среде AWS для распределения информации и доведения ее до потребителей. Аналогичный подход к созданию наземного сегмента прорабатывает и компания Capella Space. Однако компания еще не определилась, какие наземные центры будут использоваться для приема и обработки информации.

Компания Kleos планирует интеграцию своего наземного сегмента, как уже отмечалось выше, непосредственно в сеть наземных центров Five Eyes.

Компании ICEYE, Stella Marine, HE 360, SFL/FFI, Spire, Iridium, а также Digital Globe, Cosmo-Skymed, DLR (TerraSAR-X, TANDEM-X), MDA (RADARSAT-2), ESA (SENTINEL, ENVISAT) и ряд других, ведущих

наблюдение на полярных орбитах и ССО, используют наземную инфраструктуру норвежской компании KSAT (рис. 8), располагающую наиболее развитой глобальной сетью наземных центров, в том числе самым большим в мире центром в арктической зоне (в Свальбарде) (рис. 9). Этот центр наиболее эффективен для приема информации с КА на полярных орбитах и ССО [19, 20]. Компания KSAT — ведущий мировой провайдер информации о морской обстановке, прежде всего в арктической зоне. Наземная инфраструктура KSAT — это 21 центр с 140 приемными антеннами. При этом наземные центры в Свальбарде, Тромсё, Гримстаде обеспечивают прием информации с КА в среднем через 30...60 минут после ее регистрации на борту. Современные возможности сети KSAT: заказ информации — за 12 часов до соответствующего включения полезной нагрузки, реализация заказа (включение полезной нагрузки) — через 0...80 минут после получения заказа, обработка информации — 5...30 минут после приема с КА, анализ информации — 5...30 минут после обработки, доставка информации — через 2 часа. Модернизация сети по программе Минобороны Норвегии позволит сократить время доставки информации до 15 минут. Компания KSAT также модернизирует свою сеть под возрастающий рынок коммерческой космической информации, получаемой с МКА нового поколения. По программе KSATLite создается 20 новых наземных центров.

В перспективе ожидается обслуживание 3290 КА с использованием 768 приемных антенн.

Компания ICEYE планирует также использование связной сети, создаваемой компанией Audacy [21], состоящей из трех КА на орбите высотой 14 000 км и трех наземных центров в Сан-Франциско, Сингапуре и Европе. Это первая коммерческая сеть межспутниковой ретрансляции, обеспечивающая непрерывный радиодоступ пользователей к низкоорбитальным КА. Наземные центры представляют собой шлюзы, через которые пользователи сети Audacy, приобретя пользовательское оборудование, смогут подключаться к сети через Интернет. Такая сеть предназначена для закладки на борт заявок на добывание и последующее предоставление РЛИ и другой космической информации в зашифрованном виде в масштабе времени, близком к реальному, что особенно важно для разведсообщества. Предусмотрено три способа подключения к сети Audacy:

- интеграция клиентского терминала в состав бортовой аппаратуры;
- адаптация бортовой аппаратуры передачи КА под интерфейс сети;
- перепрограммирование бортовой цифровой аппаратуры под протокол сети Audacy путем за-

кладки на борт программной вставки при условии, что бортовая антенна обеспечивает обмен информацией в диапазонах частот от S до V.

Клиентский бортовой терминал весит 0,8 кг, потребляет до 25 Вт, обеспечивает скорость передачи до 5 Мбит/сек в диапазонах частот Ku и S.

Сеть межспутниковой ретрансляции Audacy обеспечивает функционирование свыше 1000 пользователей одновременно при скорости передачи информации от 35 кбит/сек до 22 Мбит/сек. Для приоритетных пользователей (больших КА) возможна работа до 12 пользователей одновременно со скоростью до 4 Гбит/сек. Такая информационная сеть, по существу, рассматривается как альтернатива ретрансляционной сети на базе КА TDRSS применительно к условиям новой космической революции. Сеть исключает существующие перерывы в доступе к низкоорбитальным КА и дополнит существующую сеть наземных центров под развертывание многочисленных ОГ МКА нового поколения, включая рассмотренные выше МКА для наблюдения за морской обстановкой. В настоящее время у компании Audacy появились конкуренты: компании Kepler Communications и Analytical Space, планирующие создание аналогичных систем межспутниковой ретрансляции информации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Масштабность средств наблюдения за морской обстановкой и высокие требования к ним привели к интенсификации разработок нового поколения КА с РСА и КА РЭН на коммерческой основе и к появлению на рынке космической информации новых стартапных компаний. Конструирование и производство КА на основе стартапов позволяет создавать международную кооперацию и использовать зарубежные научно-технические заделы как в части космических платформ, так и в части полезных нагрузок. Так, например, в рассматриваемых проектах используются наработки канадской компании SFL, датской компании GomSpace, наземная инфраструктура норвежской компании KSAT и др. В то же время разработка КА на основе стартапов, лицензированных государством, допускает использование рискованных инновационных технических решений и технологий, позволяющих при реализации получать ошеломляющие результаты. К числу таких результатов можно отнести антенные системы компаний Kleos, UnSeen Labs, Capella Space, двухчастотный радиолокатор компании UrtheCast, межспутниковую сеть ретрансляции компании Audacy и др.

Коммерческий характер рассмотренных проектов не препятствует их применению как в интересах коммерческих потребителей, так и в интересах государственных структур и разведсообщества. Ряд компаний — Hawk Eye 360, Kleos, XpressSAR, Capella Space, ICEYE, FFI — непосредственно взаимодействуют с соответствующими американскими и европейскими структурами. Заметным фактором повышения эффективности слежения за морской обстановкой в локальных зонах особого внимания становится применение ПКА, оснащенных РСА и аппаратурой РЭН.

Особо следует отметить использование наземной инфраструктуры норвежской компании KSAT, обеспечивающей даже без межспутниковой ретрансляции высокую оперативность доставки информации потребителям. Беспрецедентное наращивание этих возможностей ожидается за счет создания и применения, прежде всего в интересах разведсообщества, сети межспутниковой ретрансляции компании Audacy.

Статья имеет целью показать, что стартапы — своеобразная форма индивидуального производства в космической отрасли, лицензируемая государством, — получают все большее распространение не только в американской промышленности, но и в европейских странах, где до недавнего времени, как и у нас в стране, эта форма реализации космических проектов не находила понимания. Достигнутые результаты при реализации стартапов свидетельствуют о высокой результативности подобного подхода как для решения задач наблюдения за морской обстановкой, так и для решения других актуальных задач наблюдения с использованием космических средств.



Литература

1. **Клименко Н. Н.** Современные низкоорбитальные космические аппараты для геолокации и идентификации источников радиоизлучения // Воздушно-космическая сфера. 2018. №2. С. 48-57.
2. GomSpace secures new innovation project from Innovation Fund Denmark. Available at: <http://mb.cision.com/Main/14387/2348817/724892.pdf> (Дата обращения: 06.08.2019).
3. **В. Т. Narheim, Т. Eriksen, G. K. Høye, Т. Wahl.** SSC01-I-4. A novel concept for monitoring of maritime traffic by micro-satellites. Available at: <https://pdfs.semanticscholar.org/9ac0/d77873cb2789bce4de644857863a6d1785cc.pdf> (Дата обращения: 06.08.2019).
4. **G. K. Høye, Т. Eriksen, В. Т. Narheim, Т. Wahl.** Global Fisheries Monitoring from Small Satellites. Acta Astronautica. 2003. Vol. 52. No. 9. Pp. 825-828. Available at: <https://pdfslide.us/documents/global-fisheries-monitoring-from-small-satellites.html> (Дата обращения: 18.04.2019).
5. **Sagsvæn В. А.** Thermal and mechanical analyses for the NSAT-1 phase B study. Available at: <https://www.ffi.no/no/Rapporter/03-01407.pdf> (Дата обращения: 06.08.2019).
6. NORSAT-3 ship surveillance with a navigation radar detector. Available at: https://www.ffi.no/no/Publikasjoner/Documents/FFI-Facts_NorSat_Engelsk_web.pdf (Дата обращения: 06.08.2019).
7. **Mancini M. A.** Design and testing of the NORSAT-3 microsatellite mission communications subsystem. Available at: https://tspace.library.utoronto.ca/bitstream/1807/91502/1/Mancini_Massimo_201811_MAS_thesis.pdf (Дата обращения: 18.04.2019).
8. **Magner R.** Extending the Capabilities of Terrestrial Target Tracking Spacecraft. Available at: https://tspace.library.utoronto.ca/bitstream/1807/91365/1/Magner_Robert_201811_MAS_thesis.pdf (Дата обращения: 06.08.2019).
9. **Nilsson S.** Norwegian MoD Space Program. <https://soff.se/wp-content/uploads/2018/05/B.-Stig-Nilsson.pdf> (Дата обращения: 18.04.2019).
10. France-Norway space cooperation CNES and NSC sign new partnership agreement in the presence of the Queen of Norway. Available at: https://article.wn.com/view/2018/09/24/FranceNorway_space_cooperation_CNES_and_NSC_sign_new_partner/ (Дата обращения: 06.08.2019).
11. Radio sensor nanosatellites opening new opportunities. Space IT Bridge. Available at: <https://www.spaceitbridge.com/radio-sensor-nanosatellites-opening-new-opportunities.htm> (Дата обращения: 06.08.2019).
12. **C. P. Atwood.** Activity-Based Intelligence: Revolutionizing Military Intelligence Analysis. Available at: https://ndupress.ndu.edu/Portals/68/Documents/jfq/jfq-77/jfq-77_24-33_Atwood.pdf (Дата обращения: 08.08.2019).
13. Technology introduction. In Space Manufacturing. Available at: <https://inspacemanufacturing.com/portfolio/technology-concept> (Дата обращения: 06.08.2019).
14. Specification. In Space Manufacturing Available at: <https://inspacemanufacturing.com/portfolio/specification> (Дата обращения 18.04.2019).
15. KLEOS Space prepares to launch its nanosatellite mission on the ASX. Available at: <https://smallcaps.com.au/kleos-space-prepares-launch-nanosatellite-mission-asx/> (Дата обращения: 06.08.2019).
16. Unseenlabs – The bright sight. Available at: <https://unseenlabs.space/> (Дата обращения: 06.08.2019).
17. Nexeya conquering space with UnSeenLabs. Available at: <http://www.nexeya.com/nexeya-conquering-space-with-unseenlabs> (Дата обращения: 06.08.2019).
18. **Franke A., et al.** Emitter Location & Maritime Target Detection // HAPS4ESA2019 Workshop, Leiden, Netherlands, 12-14.02.2019, poster presentation.
19. ICEYE Announces Agreement with KSAT for Maritime and Ice Monitoring Data. Available at: <https://www.iceye.com/press/press-releases/iceye-announces-agreement-with-ksat-for-maritime-and-ice-monitoring-data> (Дата обращения: 06.08.2019).
20. HawkEye360 selects KSAT to provide Ground Station Services for Pathfinder mission. Available at: www.kongsberg.com/HawkEye360SelectsKSATtoProvideGroundStationServicesforPathfinderKSAT-KongsbergSatelliteServices (Дата обращения: 08.08.2019).
21. ICEYE signs inter-satellite comm deal with Audacy. Space IT Bridge. Available at: <https://www.spaceitbridge.com/iceye-signs-inter-satellite-comm-deal-with-audacy.htm> (Дата обращения: 06.08.2019).
10. France-Norway cooperation: CNES and NSC sign new partnership agreement in the presence of the Queen of Norway. Available at: <http://presse.cnes.fr>France-Norway-cooperation> (Retrieval date: 06.08.2019).
11. Radio sensor nanosatellites opening new opportunities – Space IT Bridge. Available at: <http://www.spaceitbridge.com> (Retrieval date: 06.08.2019).
12. ABI applications. Available at: <https://becos.space/global-abi/Abi-Applications/2019> (Retrieval date: 08.08.2019).
13. Technology introduction | In Space Manufacturing. Available at: <https://inspacemanufacturing.com/portfolio/technology-concept> (Retrieval date: 06.08.2019).
14. Specification | In Space Manufacturing. Available at: <https://inspacemanufacturing.com/portfolio/specification> (Retrieval date: 18.04.2019).
15. KLEOS Space prepares to launch its nanosatellite mission on the ASX. Available at: <http://www.smallcaps.com.au>KLEOS Space prepares to launch its nanosatellite mission on the ASX> (Retrieval date: 06.08.2019).
16. Unseenlab – The Bright Sight. Available at: <http://unseenlab.space> (Retrieval date: 06.08.2019).
17. Nexeya conquering space with Unseenlab. Available at: <http://www.nexeya.com>nexeya-conquerig-space-with-unseenlabs> (Retrieval date: 06.08.2019).
18. **Franke A., et al.** Emitter Location & Maritime Target Detection//HAPS4ESA2019 workshop, Leiden, Netherlands, 12-14.02.2019, poster presentation.
19. ICEYE announces agreement with KSAT for maritime and ice monitoring data. Available at: <https://Kongsberg.com>ICEYE announces Agreement with KSAT for Maritime and Ice Monitoring Data> (Retrieval date: 06.08.2019).
20. HawkEye 360 Selects KSAT to provide Ground Station Service for Pathfinder Mission. Available at: www.ksat.no>HawkEye 360 Selects KSAT to provide Ground Station Services for Pathfinder Mission (Retrieval date: 08.08.2019).
21. ICEYE signs intersatellite comm deal with AUDACY. Available at: www.spacebridge.com>ICEYE signs intersatellite comm deal with AUDACY (Retrieval date: 06.08.2019).

References

1. **N. N. Klimenko.** Sovremenniye nizkoorbitalniye kosmicheskiye apparaty dlya geolokatsii i identifikatsii istochnikov radioizlucheniya // Jurnal "Vozdushno-kosmicheskaya sfera", №2(95), 2018, pp. 48-57.
2. GOMSPACE secures new innovation project from Innovation Fund Denmark. Available at: <http://www.mb.cision.com/main/14387/2201412/636040.pdf> (Retrieval date: 06.08.2019).
3. **Narheim B. T.** A novel concept for monitoring of maritime traffic by micro-satellites. SSC 01 – I -4. Available at: <https://pdfs.semanticscholar.org/9ac0/d77873cb2789bce4de644857863a6d1785cc.pdf> (Retrieval date: 06.08.2019)
4. **Høye G. K.** Global fisheries monitoring from small satellites // Acta Astronautica, № 52, 2003, p.p. 825-828. Available at: <https://docslide.us/global-fishings-monitoring-from-small-satellites.htr> (Retrieval date: 18.04.2019).
5. **Sagsvæn В. А.** Thermal and mechanical analysis for NSAT-1 Phase-B study. Available at: <https://www.ffi.no/no/Rapporter/03-01407/pdf> (Retrieval date: 06.08.2019).
6. NORSAT-3 ship surveillance with navigation radar detector. Available at: https://www.ffi.no/no/Publikasjoner/Documents/FFI-Facts_NorSat_Engelsk_web/pdf (Retrieval date: 06.08.2019).
7. **Manchini M. A.** Design and testing of the NORSAT-3 microsatellite mission communications subsystem. Available at: https://tspace.library.utoronto.ca/bitstream/1807/91502/1/Mancini_Massimo_201811_MAS_Thesis.pdf (Retrieval date: 18.04.2019).
8. **Magner R. A.** Extending the capabilities of terrestrial target tracking spacecraft. Available at: <https://www.google.ru/url?sa=t&rct=j&q=&esr=s&source=web&CD=1&ved=2ahUKewiY1pfr05LhAhXFfYskHQ9N> (Retrieval date: 06.08.2019).
9. Colonel Stig Nilsson. Norwegian MoD Space program. Available at: <https://soff.se/wp-content/uploads/2018/05/B.-Stig-Nilsson.pdf> (Retrieval date: 18.04.2019).

© Клименко Н.Н., Занин К.А., 2019

История статьи:
Поступила в редакцию: 12.06.2019
Принята к публикации: 07.07.2019

Модератор: Плетнер К. В.
Конфликт интересов: отсутствует

Для цитирования:
Клименко Н. Н., Занин К. А. Новое поколение космических аппаратов для наблюдения за морской обстановкой // Воздушно-космическая сфера. 2019. №3. С. 82-93.



**NEW STRUCTURES OF AIR&MISSILE
DEFENCE CONSTELLATIONS IN
THEATRES OF OPERATIONS IS THE
IMPERATIVE OF OUR TIME**

**НОВЫЕ СТРУКТУРЫ
ГРУППИРОВОК ПРО-ПВО НА
ТЕАТРАХ ВОЕННЫХ ДЕЙСТВИЙ —
ТРЕБОВАНИЕ ВРЕМЕНИ**

Alexander G. LUZAN,
*Dr. Sci. (Tech.), laureate of the RF State Prize,
Lieutenant General, retired, Moscow, Russia,
lag2.37@mail.ru*



Александр Григорьевич ЛУЗАН,
*доктор технических наук, лауреат Государственной
премии, генерал-лейтенант в отставке, Москва, Россия,
lag2.37@mail.ru*

ABSTRACT | In the article the problem of creating Supreme Command Reserve air&missile defence is considered. The means of its timely and efficient redislocation to the area of destination are offered. Methods of railway communications defence are also discussed, as far as they continue to be primary means for delivering all types of loads to war zones (theatres of operations, military districts). The author suggests incorporating special trains with modern air-combat capabilities on their platforms into Supreme Command Reserve's air defence. Such trains would be similar to air defence trains which were used in the Great Patriotic War and made a certain contribution to the USSR's victory.

Keywords: *aerospace assault weapons, air defence missile systems, Supreme Command Reserve air&missile defence capabilities, special air&missile defence trains*

АННОТАЦИЯ | В статье рассматриваются и обосновываются вопросы создания сил и средств ПРО-ПВО резерва Верховного главнокомандования, предлагаются способы его оперативного и экономически целесообразного перебазирования в районы назначения. Обсуждаются также способы защиты железнодорожных коммуникаций, остающихся основным средством доставки всех видов грузов в районы боевых действий (театры военных действий, военные округа). Выдвигается идея введения в состав войск ПВО РВГК специализированных поездов ПРО-ПВО с размещенными на их платформах современными средствами поражения, подобных зенитным поездам ПВО, которые применялись в годы Великой Отечественной войны и внесли известный вклад в достижение победы.

Ключевые слова: *средства воздушно-космического нападения, зенитные ракетные системы и комплексы, силы и средства ПРО-ПВО резерва Верховного главнокомандования (РВГК), специализированные поезда ПРО-ПВО*

ВВЕДЕНИЕ

Последние годы с точки зрения международных отношений России с США и западным миром оказались не самыми благоприятными.

Неоднократные предложения России по переходу к многополярному мироустройству тому, основы которого были положены лидерами СССР, США и Великобритании еще на Тегеранской конференции в 1943 году, так и не услышаны. Вероятно, на улучшение взаимоотношений России и США вряд ли повлияет и встреча президентов, прошедшая на саммите G20 в Японии, хотя ее можно считать некоторым положительным сдвигом.

Но главное в сложившейся политической ситуации то, что США в одностороннем порядке фактически перечеркнули многие ключевые договоры и договоренности, достигнутые во времена холодной войны и многие годы служившие определенным гарантом стабильности во всем мире. Это и односторонний выход США из договора по противоракетной обороне (ПРО), и односторонний выход из договора по ликвидации ракет средней и меньшей дальности (ДРСМД) и запрещению их использования, и начавшиеся со стороны США разговоры о возможной ликвидации соглашения по ограничению наступательных вооружений СНВ-3, срок действия которого истекает в 2021 году.

В этой связи представляется, что настало время еще раз провести научно-экономический и военно-технический анализ событий, происходящих в нашей стране и в мире, чтобы уточнить необходимый для нас вектор развития в плоскости обороны и безопасности.

В первую очередь хотелось бы отметить, что последние годы охарактеризовались значительными положительными изменениями в отношении России к своим Вооруженным силам (ВС). Прекратилось безудержное и непродуманное реформирование армии, во главе Воору-

Современные условия требуют минимаксного подхода к строительству Вооруженных сил, оснащению их вооружением и военной техникой новейшей разработки, выработке и реализации нетрадиционных форм самой структуры войск и способов их боевого применения – они должны быть ориентированы не на количественное, а на качественное превосходство над вероятным противником.

женных сил Российской Федерации появилось компетентное руководство. Существенно улучшилось денежное содержание военнослужащих и военных пенсионеров, практически устранена долговременная проблема обеспечения жильем офицерского состава.

Безусловно, это повысило престиж наших Вооруженных сил и службу в армии как внутри страны, так и на международной арене. Но никак не менее важно то, что после длительного перерыва встала на повестку дня и начала решаться и другая принципиальная задача — перевооружение наших Вооруженных сил на новейшие образцы вооружения и военной техники. Был принят и, по сути, впервые стал неукоснительно исполняться государственный оборонный заказ — ГОЗ-2020. По расчетам, реализация этой программы позволит обновить вооружение и военную технику нашей армии и флота на 70–80%.

Даже самым совершенным для своего времени, но разработанным в прошлом оружием обеспечить безопасность страны ни сейчас, ни тем более в ближайшей перспективе невозможно. Сегодня все решает вооружение и военная техника новейшей разработки, боевое применение которых обеспечивают технически грамотные и преданные интересам Родины воины-специалисты, которыми богата наша страна.

Но, как показывает анализ, вооружение и военная техника новейшей разработки оказываются крайне дорогостоящими. В связи с этим процесс оснащения войск вооружением и военной техникой новейшей разработки также приобрел специфический характер.

НОВАЯ СТРАНА — НОВЫЕ ТРЕБОВАНИЯ И ВОЗМОЖНОСТИ

Российская Федерация, как известно, стала правопреемницей Советского Союза, возложив на себя и его достижения, и просчеты.

Однако в сравнении с Советским Союзом экономические возможности современной России существенно ограничились. В этой связи, да и в рамках международных договоренностей, Российская Федерация не может содержать Вооруженные силы подобной численности.

Если в советские времена в Вооруженных силах насчитывалось 20 военных округов и групп войск, то сейчас их количество свелось до четырех, то есть уменьшилось в пять раз (рис. 1).

Военный бюджет также существенно сократился и уступает американскому почти в 10 раз. По-видимому, это оптимально с точки зрения

Рис. 1. Военные округа (группы войск, военные командования) Советской армии и Вооруженных сил Российской Федерации



возможностей современной экономики, но такие обстоятельства требуют изыскания, разработки и реализации новых подходов к целому ряду вопросов, связанных с обеспечением обороноспособности и безопасности страны.

В первую очередь, это минимаксный подход к строительству Вооруженных сил, оснащению их вооружением и военной техникой новейшей разработки, выработке и реализации нетрадиционных форм самой структуры войск и способов их боевого применения, ориентированный не на количественное, а на качественное превосходство над вероятным противником. Другими словами, необходимо придерживаться критерия «минимальные затраты — максимальная эффективность» или, как говорил великий полководец А. В. Суворов: «Не числом, а умением».

Мы не должны скатиться к простой гонке вооружений нам ее не выиграть, да и нет оснований в ней участвовать. Но мы обязаны не только сохранить боевой потенциал Вооруженных сил, но и преумножить его за счет разумного и оптимального решения насущных и вновь

возникающих задач на современном уровне и при соответствующем укладе.

Следует напомнить также, что в целом структура Вооруженных сил Российской Федерации унаследована от Вооруженных сил Советского Союза. Но такая структура, истоки которой были созданы и апробированы в ходе Великой Отечественной войны и совершенствовались в послевоенные годы, рассчитывалась под классические формы ведения боевых действий, когда есть передний край (фронт), осуществляется классическое развертывание и эшелонированное построение войск (полк, дивизия, армия, фронт).

Сегодня таких войн или военных конфликтов практически нет. По мнению президента Академии военных наук генерала армии М. А. Гареева, новые названия, которые дают войнам будущего (трехмерная, сетевая, асимметричная, бесконтактная, информационная и т. д.), отражают лишь одну какую-то характерную черту конкретного военного конфликта (противоборства), но не облик войны в целом.

Именно генерал армии М. А. Гареев, в 1970-е годы заместитель начальника Генерального штаба ВС СССР, предвидя изменение характера и способов ведения будущих войн и военных конфликтов, еще в то время предложил и обосновал новые формы и способы ведения боевых действий, в том числе с использованием динамично создаваемых адаптивных оперативно-маневренных групп (ОМГ). Не сразу и не все его предложения были осмыслены и оценены как должно, но сегодня их важность и актуальность очевидна.

Также очевидно, что требуемые новые подходы к технологиям ведения войн влекут за собой необходимость пересмотра и уточнения структуры и облика Вооруженных сил будущего. Понятно, что в основу структурных преобразований ВС должны быть положены принципы гибкости, мобильности, универсальности, адаптивности к решаемым задачам.

Но анализ также показывает, что какой бы ни была и какими особенностями ни отличалась бы современная война, в ней в первую очередь продолжают превалировать средства воздушно-космического нападения (СВКН) как один из решающих факторов достижения целей войны или военного конфликта, а воздушно-космическая сфера становится одним из главных театров военных действий.

Генерал армии М. А. Гареев в одном из докладов Академии военных наук аргументированно отметил, что «при современном характере вооруженной борьбы центр ее тяжести и основные усилия переносятся в воздушно-космическое пространство. Ведущие государства мира главную ставку делают на завоевание господства в воздухе и космосе путем проведения в самом начале войны массированных воздушно-косми-

ческих операций с нанесением ударов по стратегическим и жизненно важным объектам по всей глубине страны. Это требует решения задач воздушно-космической обороны объединенными усилиями всех видов Вооруженных сил и централизации управления в масштабе Вооруженных сил» [1].

Это далеко не простая задача, при ее решении необходимо учитывать ряд факторов. Если количество военных округов (групп войск) в ВС РФ в сравнении с Советским Союзом сократилось в пять раз, то объем воздушно-космического пространства Российской Федерации сократился незначительно, всего лишь в 1,3 раза. Это обстоятельство, безусловно, требует переосмысления построения и стратегии применения системы воздушно-космической обороны и страны, и ее Вооруженных сил, и наиболее значимых (стратегически важных) объектов.

Войска ПВО как вид Вооруженных сил в ходе реструктуризации армии были ликвидированы, а их соединения и части переданы в состав ВВС. Судя по всему, это было не вполне верное решение, что особенно ощущается сегодня.

Это подтверждают высказывания по данному поводу и бывшего главкома ВВС генерала армии П. С. Дейнекина, и бывшего главкома ВВС генерал-полковника А. П. Зелина, которые, кроме того, считали необходимым воссоздание единой системы управления противовоздушной обороной на всей территории России.

Современные Воздушно-космические силы (ВКС) пока еще находятся в стадии становления и развития. Несомненные военные достижения в Сирии — это скорее вклад ВВС, а не ВКС в целом.

Вследствие этого на поле боя, во фронте и на театре военных действий одно из главных значений приобретают (а быть может — сохраняют) группировки ПВО Сухопутных войск как основная сила противодействия СВКН всех видов. Указанные группировки ПВО СВ, безусловно, должны действовать в едином информационно-управляющем пространстве с силами и средствами ВКС, развернутыми или развертываемыми в соответствующих районах, и представлять собой единую систему ПРО-ПВО.

Это обстоятельство требует нетрадиционных подходов к решению вопросов создания группировок и систем ПРО-ПВО во фронте и на ТВД. Теперь в связи с новыми видами и формами ведения боевых действий и развертывания соединений и частей Сухопутных войск (зачастую — сводных) формировать группировки ПВО автоматически, как это было при «классическом» способе, вряд ли возможно.

Воздушно-космические силы РФ находятся в стадии становления и развития. По этой причине на поле боя, во фронте и на театре военных действий ведущее значение приобретают группировки ПВО Сухопутных войск как основная сила противодействия средствам воздушно-космического нападения всех видов.

Рис. 2. Необходимость использования железных дорог РФ для быстрой переброски войск, и их основные возможности



НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ ГРУППИРОВОК ПРО-ПВО НА ТВД

В складывающейся обстановке определяющее значение имеет, по моему мнению, пересмотр «классики». В этих условиях должны создаваться не типовые, а специализированные группировки войск ПВО СВ, адаптированные под театр ведения боевых действий, под прикрываемые группировки войск и особо важных объектов, и самое главное — под состав и возможности (боевой потенциал) противостоящих СВКН вероятного противника. Мне представляется правильным назвать такие группировки войск ПВО Сухопутных войск мобильными автоматизированными разведывательно-огневыми группировками ПВО (МАРОГ ПВО).

Именно такое построение системы ПВО СВ, а точнее группировок ее средств нужного набора, позволит наиболее эффективно и с наименьшими затратами решать боевые задачи в конкретной обстановке.

Создание в составе соответствующих командований МАРОГ ПВО не требует каких-либо значительных дополнительных трат, нужен только здравый смысл, воля и решение заниматься инновациями не на словах, а на деле.

Отмечу, что об этом проекте в свое время было доложено начальнику Генерального штаба, и он был им одобрен. К сожалению, в последующем опыт создания мобильных разведывательно-огневых группировок ПВО, по своему составу соответствующих складывающейся наземной обстановке и масштабу угроз применения СВКН, был забыт, в том числе и в Сирии. А ведь МАРОГ ПВО как раз и соответствуют формам и способам ведения боевых действий, осуществляемым в Сирии.

СОЗДАНИЕ РВГК — ТРЕБОВАНИЕ ВРЕМЕНИ

Как было отмечено выше, в Советской армии насчитывалось 20 военных округов и групп войск, имеющих в своем составе по три-пять

общевоисковых или танковых армий. Это обуславливало количественную самодостаточность соединений и частей войск ПВО Сухопутных войск для решения стоящих перед ними задач на любом из театров военных действий.

Резерв Верховного главнокомандования (РВГК) из соединений и частей войск ПВО Сухопутных войск не предусматривался. Зенитные артиллерийские дивизии, номинально считавшиеся таким резервом, не были способны выполнять эту задачу и числились как РВГК лишь номинально. Устаревшая техника этих дивизий фактически находилась на длительном хранении.

Сейчас обстоятельства кардинально изменились. Четырью фронтами комплектами (ведь именно столько военных округов стало в ВС РФ) развернуть необходимые по количественному составу, структуре и возможностям группировки ПРО-ПВО на потенциально опасных ТВД невозможно. Более того — для этого нет сил и стратегических резервов (запасов), расформированы даже вышеупомянутые дивизии-хранилища.

Совершенно очевидно, что отсутствие временного стратегического резерва маневренных сил и средств войск ПВО СВ ограничивает возможности Верховного главнокомандования адекватно реагировать на реально возникающие угрозы в том или ином регионе. При этом штатных средств ПВО военных округов нового количественного состава недостаточно для эффективной борьбы с современными средствами СВКН на ТВД и обеспечения необходимого маневра силами и средствами ПРО-ПВО в целях наращивания боевого потенциала в необходимых районах (регионах).

Международный опыт показывает, что для решения этих задач в ряде стран созданы и используются так называемые силы быстрого реагирования разного состава и структуры.

Представляется, что назрела необходимость создания штатного резерва Верховного главного командования в российских ВС и концепту-

альной реализации на практике принципа обязательного усиления передовых группировок ПВО тактического и оперативно-тактического звена силами и средствами ПВО вышестоящих звеньев (эшелонов) до достижения требуемого уровня эффективности обороны.

Предварительные расчеты показывают, что в состав РВГК должны входить:

- зенитные ракетные бригады дальнего действия (лучше всего — смешанного состава С-300 В4 С-400) — до шести-восьми зенитных ракетных бригад (зрбр), а в последующем и зрбр средней дальности типа «Бук-М2», «Бук-М3» примерно такого же количества;

- средства разведки СВКН;

- системы и средства автоматизированного боевого управления;

- средства радиоэлектронной борьбы с бортовым радиоэлектронным оборудованием (БРЭО) СВКН;

- средства постановки помех системам GPS.

Эти средства РВГК, по сути, и должны представлять собой силы быстрого реагирования, способные в кратчайшие сроки создать костяк высокоэффективной ПРО-ПВО на необходимых театрах военных действий, существенно усилить ее эффективность на нужных в данный момент операционных направлениях и обеспечить завоевание превосходства в воздушно-космической сфере.

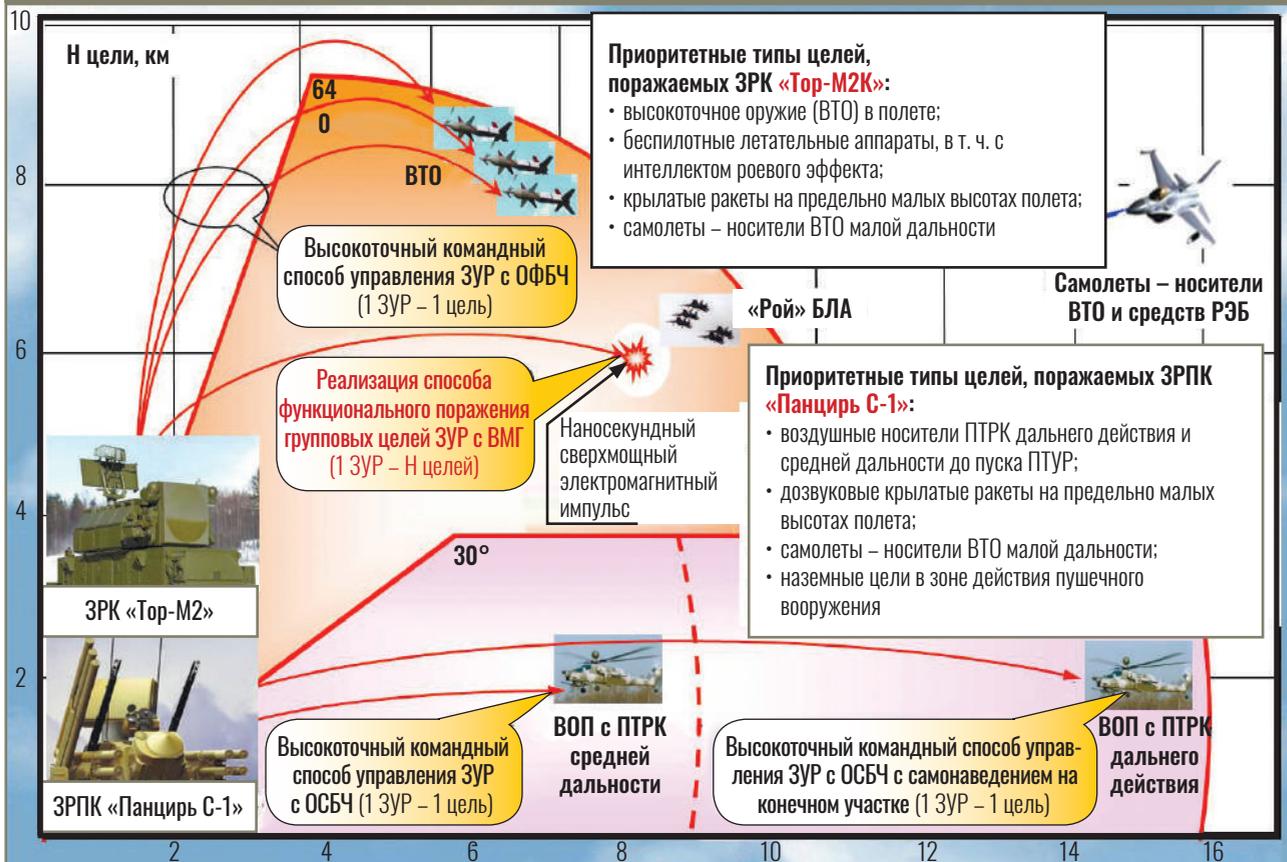
Но в настоящее время приобрела актуальность и еще одна очень важная задача необходимо решить не только проблему создания сил и средств ПВО РВГК, но и изыскать и определить способы их быстрого и малозатратного перебазирования в необходимые районы.

Каждая из ведущих стран мира решает эту задачу по-своему, в зависимости от военной необходимости, экономических возможностей, физико-географических условий. Так, США, будучи морской державой и имея самый мощный на сегодня военно-морской флот, задачу маневра силами и средствами тактической ПРО и ПВО решили путем размещения зенитных ракетных систем (ЗРС) типа «Иджис» на морских носителях — эскадренных миноносцах и ракетных крейсерах (всего более 40 кораблей с системами «Иджис»).

Отметим, что ЗРС «Иджис» оснащены универсальными многоцелевыми пусковыми установками, способными применять как антиракеты типа «Стандарт-3», так и крылатые ракеты морского базирования (КРВБ). Это позволяет решать не только задачи ПРО-ПВО на ТВД, но и наращивать потенциал ударных ракетных группировок. Данные плавсредства могут быть пе-

Основным средством доставки всех видов грузов в России, имеющей огромные сухопутные территории, и в мирное и в военное время остаются железнодорожные коммуникации. Передислокацию соединений и частей ПВО резерва Верховного главнокомандования в требуемые районы также целесообразно осуществлять железнодорожным транспортом.

Рис. 3. Средства ПВО, размещаемые на боевых платформах «легких» поездов ПВО, и приоритетные типы поражаемых ими целей



реброшены практически в любой требуемый район в короткие сроки, как это сейчас происходит в зоне Персидского залива для военного давления на Иран.

Россия, имея огромные сухопутные территории, очевидно, должна в первую очередь ориентироваться на использование железнодорожных средств. Проведенный анализ показывает, что в нашей стране в современных условиях и в обозримой перспективе основным способом доставки всех видов грузов в необходимые районы и в мирное, и в военное время остаются именно железнодорожные коммуникации. Протяженность железных дорог составляет свыше 85 тысяч километров, и по ним перевозится более 45% грузов, хотя альтернативных транспортников еще три (рис. 2).

Передислокация (транспортирование) соединений и частей ПВО РВГК в требуемые районы (на необходимые ТВД) авиасредствами может, на мой взгляд, рассматриваться только как превентивная экстренная малоразмерная опера-

ция. Основная передислокация сил и средств РВГК все же должна осуществляться железнодорожным транспортом.

Но акцент на железнодорожные перевозки активизирует еще одну задачу: изыскание современных способов защиты железнодорожных эшелонов (составов) и железнодорожных коммуникаций от ударов тех же СВКН. К сожалению, об уязвимости железных дорог (особенно выполняющих стратегически важные задачи) и их инфраструктуры знаем не только мы, но и вероятный противник. Решить эту задачу сложнее, чем прикрыть военно-морскую эскадру от ударов СВКН.

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ ПЕЗДА ПРО-ПВО

В связи с этим возникла идея создать и ввести в состав Войск ПВО Сухопутных войск, во всяком случае — в состав РВГК, специализированные поезда ПРО-ПВО с размещенными на их плат-

формах современными средствами поражения. Подобные зенитные, как они тогда назывались, поезда ПВО в годы Великой Отечественной войны внесли определенный вклад в достижение победы, но в силу своей маломощности в 60-е годы прошлого столетия были ликвидированы [2].

Сегодня возникла необходимость изучения и переосмысления этого вопроса. Ведь мы уже имели положительный опыт боевого применения зенитных поездов ПВО в годы Великой Отечественной войны, а также эксплуатации единственного в мире боевого железнодорожного ракетного комплекса (БЖРК), преждевременно, на мой взгляд, ликвидированного без альтернативной замены.

Изучение и анализ имеющихся материалов показывают, что специализированные поезда ПРО-ПВО должны выполнять как минимум две задачи. Первая это прикрытие военных эшелонов во время их движения и стационарных железнодорожных коммуникаций, куда прибывают и где останавливаются эти эшелоны.

Вторая задача — это эффективное прикрытие особо важных объектов и районов на территории ТВД, имеющих подъездные железнодорожные пути и железнодорожную сеть (а практически все особо важные объекты и районы, как правило, имеют такие коммуникации).

Для решения указанных задач современные специализированные поезда ПРО-ПВО соответственно должны быть как минимум двух типов:

1. «Легкие» специализированные поезда ПВО, оснащаемые средствами ПВО малой дальности и ближнего действия (МД и БД), модернизированными под решение возникших специфических задач. Эти поезда должны обеспечивать прикрытие воинских эшелонов и железнодорожных коммуникаций (путей сообщения), в том числе непосредственно в движении.

Средства ПВО МД и БД поездов этого типа должны обеспечивать эффективную борьбу с высокоточным оружием (ВТО) класса «воздух – земля» в полете, а также с носителями противотанковых ракет (ПТР) большой дальности до пуска ими ПТР. Указанные задачи должны решаться как при движении самих поездов, так и на стоянке.

2. «Тяжелые» специализированные поезда ПРО-ПВО, оснащаемые средствами ПРО-ПВО средней дальности и дальнего действия (СД и ДД), обеспечивающие прикрытие крупных железнодорожных узлов, перевалочных пунктов, железнодорожных сетей на территории морских портов, самих морских портов и других важнейших объектов инфраструктуры (атомных электростанций, предприятий химической промышленности, гидроэлектростанций и гид-

роузлов и др.), имеющих подъездные железнодорожные пути. Средства ПВО СД и ДД поездов этого типа должны обеспечивать эффективную борьбу со всеми типами СВКН по прибытии поездов в конечный пункт или на маршруте движения в ходе короткой (3-5 мин.) остановки.

Дальнейшие проработки по рассматриваемым вопросам, в первую очередь, были акцентированы на формирование облика «легких» специализированных поездов ПВО. При выработке военно-технических предложений, разработке структурных схем, уточнении состава и возможных характеристик указанных поездов возник ряд проблемных вопросов, требующих дополнительного рассмотрения и поиска приемлемых решений.

Стало очевидно, что для обеспечения эффективной борьбы с ВТО класса «воздух – земля» малой и средней дальности в полете (не просто в полете ВТО, но и при движении самих поездов ПВО) в состав средств ПВО «легких» специализированных поездов ПВО, безусловно, должны входить зенитно-ракетный комплекс (ЗРК) типа «Тор», ЗРК типа «Лучник» и зенитный ракетно-пушечный комплекс (ЗРПК) типа «Панцирь-С1». Однако проведенный анализ показал, что серийные средства этих типов ЗРК (ЗРПК) не могут в полной мере решить новые возлагаемые на них задачи, требуется выработка предложений по их доработке и адаптации под новые задачи.

Так, ЗРК семейства «Тор» оснащен зенитными управляемыми ракетами (ЗУР), реализующими вертикальный старт, применение которых практически невозможно на электрифицированных участках железных дорог (их протяженность в России к настоящему времени составляет 43,7 тыс. км и возрастает с каждым годом). Отметим, что в боевом железнодорожном ракетном комплексе (БЖРК) типа «Баргузин» предусматривалось использование средств разведения контактной сети, но эффективность такого решения не исследована. И второе: БЖРК стрелял с короткой остановки, а нам нужно реализовать стрельбу во время движения поезда.

В связи с этим в настоящее время изучаются (в том числе и мною) и рассматриваются другие варианты старта ЗУР в ЗРК типа «Тор», предназначенных для размещения в «легких» специализированных поездах ПВО. В первую очередь рассматривается вариант с фиксированным углом старта ЗУР в угломестной плоскости, аналогичный использовавшемуся в ЗРК типа «Оса» (предшественнице ЗРК типа «Тор»).

Требуется модернизация и определенных доработок и ЗРПК «Панцирь-С1», который в составе «легкого» специализированного поезда ПВО

должен, в первую очередь, решать задачи борьбы с носителями дальнобойных ПТР на значительных дальностях (более 20 – 25 км).

Это представляется возможным реализовать за счет внедрения в состав ЗУР ЗРПК «Панцирь-С1» ИК-головки самонаведения и реализации комбинированного способа наведения ракеты: командного на начальном и среднем участках траектории и самонаведения на конечном участке (рис. 3).

На платформах «легких» специализированных поездов ПВО, кроме того, должны быть размещены средства и создана система разведки СВКН ожидаемых типов, система автоматизированного управления, цифровой связи и система жизнеобеспечения личного состава самого высокого класса. Решаемые задачи того стоят.

«Тяжелые» специализированные поезда ПРО-ПВО, оснащаемые средствами ПРО-ПВО средней дальности и дальнего действия и обеспечивающие прикрытие крупных железнодорожных узлов и важнейших объектов инфраструктуры, которые имеют подъездные железнодорожные пути, — специализированный проект, подлежащий дальнейшей проработке.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Безусловно, озвученные вопросы и проблемы весьма значимы для нашей страны и требуют своего решения. Представляется, что в первую очередь необходимо признать намеченные векторы развития вышеназванных взаимосвязанных вопросов актуальными и правомерными и действовать в интересах их решения последовательно.

Убежден также, что для качественного решения этих вопросов должна быть привлечена военная наука. Широкое привлечение военной науки (как НИИ, так и академической) позволило бы принципиально по-новому рассмотреть проблемы организации и усиления системы нестратегической ПРО на ТВД в современных условиях (в том числе с помощью поездов ПРО-ПВО), проблемы борьбы с воздушно-космическими средствами и другие жизненно важные вопросы, связанные с безопасностью нашей Родины.



Литература

1. **Гареев М.** Закон сдерживания. Силовые структуры должны действовать по общему стратегическому плану при ведущей роли Генштаба // Военно-промышленный курьер. 2018. №14(727). С. 5.
2. **Демидюк Е.В.** Зенитные бронепоезда ПВО // Военно-исторический журнал. 2012. №10. С. 21-24.

References

1. **Gareev M.** Zakon sderzhivaniya. Silovye struktury dolzhny deystvovat' po obshchemu strategicheskomu planu pri vedushchey roli Genshtaba. Voennno-promyshlennyi kur'er, 2018, no. 14(727), p. 5.
2. **Demidyuk E.V.** Zenitnye bronepoezda PVO. Voennno-istoricheskiy zhurnal, 2012, no. 10, pp. 21-24.

© Лузан А. Г., 2019

История статьи:

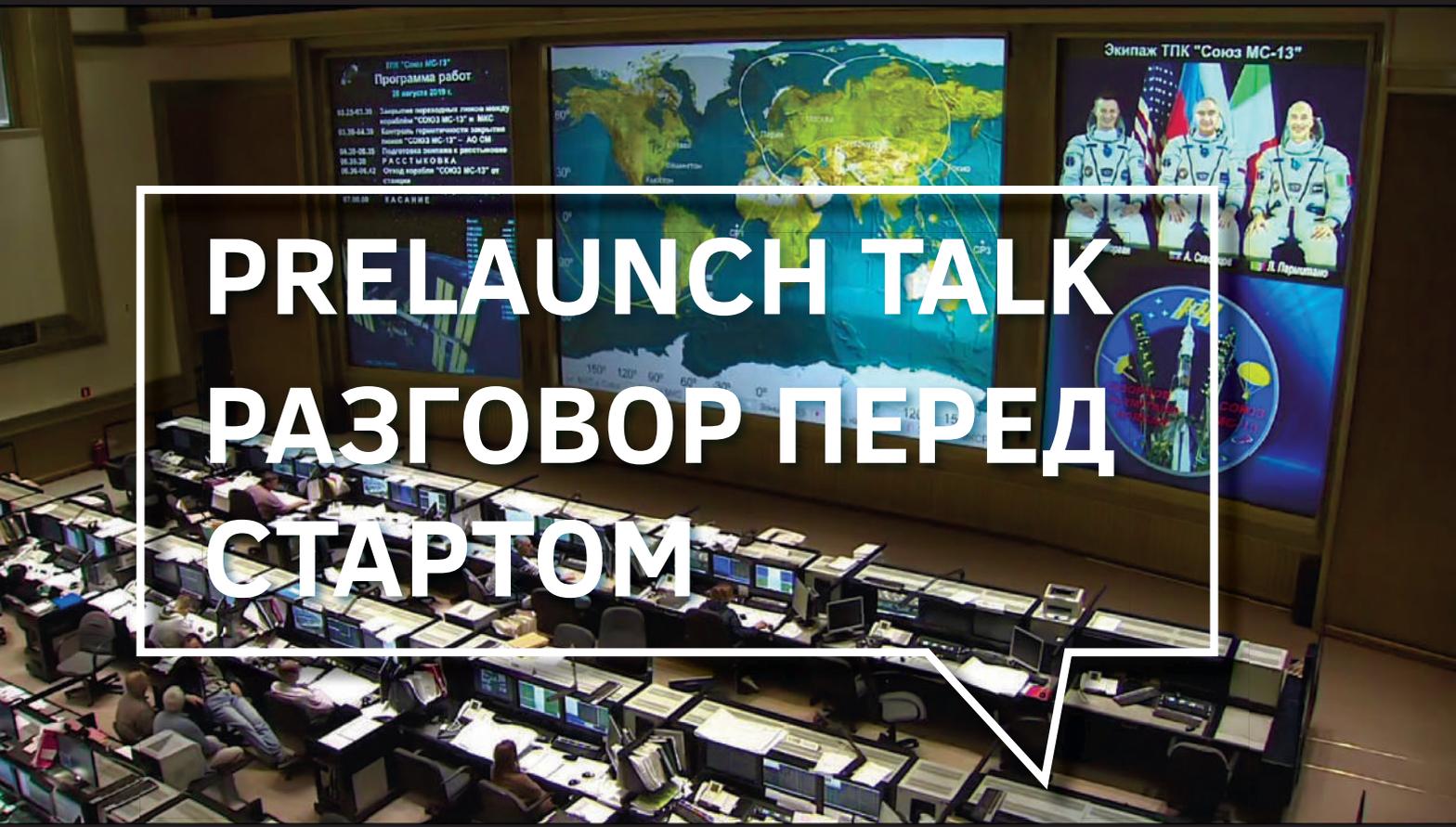
Поступила в редакцию: 04.08.2019
Принята к публикации: 17.08.2019

Модератор: Плетнер К. В.

Конфликт интересов: отсутствует

Для цитирования:

Лузан А. Г. Новые структуры группировок ПРО-ПВО на театрах военных действий – требование времени // Воздушно-космическая сфера. 2019. №3. С. 94-103.



PRELAUNCH TALK РАЗГОВОР ПЕРЕД СТАРТОМ

Natalia L. BURTSEVA,
Professor of RSUH Mass-Media Institute
(Division for Journalism), Ph.D. student,
Korolev, Russia,
natalya.burtseva@rsce.ru



Наталья Леонидовна БУРЦЕВА,
преподаватель факультета журналистики
Института массмедиа РГГУ, аспирант,
Королёв, Россия,
natalya.burtseva@rsce.ru

ABSTRACT | 20th July 2019 at four twenty six p.m. the Soyuz-FG launch vehicle with the Soyuz MS-13 manned spacecraft launched from the Baikonur cosmodrome to the International Space Station. The return of cosmonauts to the Earth is planned on the 6th of February 2020. Our correspondent had a prelaunch talk with the crew.

АННОТАЦИЯ | 20 июля 2019 года в 16:26 ракета-носитель «Союз-ФГ» с пилотируемым кораблем «Союз MS-13» стартовала с космодрома Байконур к Международной космической станции. Возвращение космонавтов на Землю планируется 6 февраля 2020 года. Наш корреспондент побеседовал с экипажем перед стартом.

Keywords: *the International Space Station, the Soyuz-FG launch vehicle, the Soyuz MS-13 spacecraft, the Baikonur cosmodrome, extravehicular activity*

Ключевые слова: *Международная космическая станция, ракета-носитель «Союз-ФГ», космический корабль «Союз MS-13», космодром Байконур, внекорабельная деятельность*

Для капитана корабля, бортинженера МКС-60/61 Александра Скворцова это третий космический полет. Итальянский астронавт Лука Пармитано отправляется в космос во второй раз. Астронавт НАСА Эндрю Морган — в первый. О самоощущении перед стартом и ожиданиях от полета рассказывает **Александр Скворцов**.

ВОЗВРАЩЕНИЕ В КОСМИЧЕСКИЙ ДОМ

— Очень хочется вернуться на станцию — в наш космический дом. Это вторая попытка, потому что к своему третьему полету я уже готовился. Но получил травму во время спортивных занятий, и по медицинским показаниям ушел из экипажа.

Третий полет будет достаточно длительным, дольше, чем первые два. Пройдена серьезная подготовка. Мне очень нравится экипаж, с которым сейчас отправляемся: профессиональные астронавты. Два дублирования, которые мы провели, показали, что мы сработались в этом смысле я спокоен. А дальше посмотрим, как будет складываться полет. Достаточно много вводных данных, приходится работать в режиме реального времени по мере поступления задач. Но пока все

штатно, все хорошо, и я надеюсь, так и будет в продолжение всего полета. И посадка будет удачной.

ЭМБЛЕМА ЭКИПАЖА

Эмблема экипажа — своего рода визитная карточка. Капитан корабля рассказал об идее, которая заложена в его шевроне.

— Каждый космонавт желает сделать шеврон значимым. Мне хотелось с помощью нашей эмблемы поблагодарить всех, кто участвует в запуске. Здесь отражен стартовый стол — это «гагаринская» площадка номер 1. В скором времени начнется реконструкция старта, и полеты на время прекратятся.



АЛЕКСАНДР СКВОРЦОВ

Герой Российской Федерации, летчик-космонавт Российской Федерации

Порядковый номер: 105-й космонавт РФ/510-й космонавт мира

Количество полетов: 2

Налет: 345 суток 6 часов 23 минуты

Выходы в открытый космос: 2

Суммарная продолжительность нахождения в открытом космосе: 12 часов 34 минуты



Лука ПАРМИТАНО

Итальянский астронавт Европейского космического агентства, летчик-испытатель, полковник ВВС Италии, командир МКС-61

Порядковый номер: 6-й астронавт Италии/532-й космонавт мира



ЭНДРЮ МОРГАН

Астронавт НАСА, военный врач, полковник сухопутных войск США.

Порядковый номер: 347-й астронавт НАСА/563-й космонавт мира

«Плазменный кристалл» – эксперимент, в ходе которого на борту орбитального комплекса «Мир» исследовался процесс кристаллизации пылевой плазмы в условиях микрогравитации. Опыты продолжаются на Международной космической станции в сотрудничестве с немецкими учеными.



Astrobee – свободно летающая система роботов, именно поэтому ее так назвали. Внешне система совсем не похожа на медоносное насекомое, но по функционалу и философии работы точь-в-точь. Пока на МКС отправили всего двух роботов серии Astrobee, но в скором времени ожидается прибытие еще одной «робопчелы» – Queep.



БОРТОВЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ

Предполагается, что космонавты проведут около 50 экспериментов в интересах российской космической программы. Александр Скворцов вспоминает прошлые и предполагает, какими будут предстоящие научные исследования.

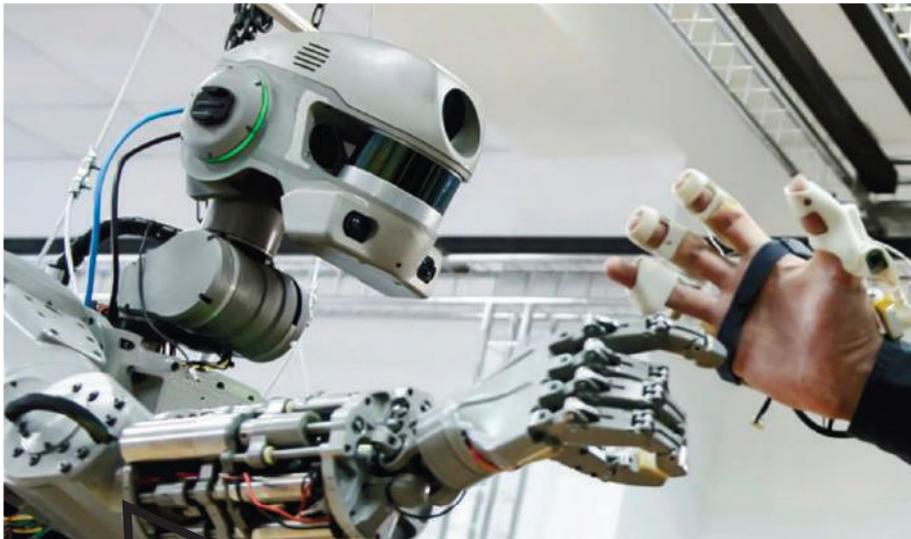
— К эксперименту **«Биопринтер»** (Bioprinter) мы готовились еще дублерами, вместе с Олегом Кононенко. Судя по всему, перед нами снова будет стоять эта задача. Сделаем все, что требуется! Это интереснейший эксперимент, и радостно, когда полученные результаты удовлетворяют разработчиков.

Эксперимент «Плазменный кристалл» (Plasma crystal) продолжается. Я участвовал в «Плазменном кристалле – 3». Сейчас появляются новые задачи, есть исследования и на более новой научной платформе.

«Роботы-пчелы» (Robotic bees) — совместный с НАСА уникальный проект. На данный момент наша задача — подготовить все оборудование, настроить его и запустить. В ближайшем будущем таким роботам предстоит самостоятельно обслуживать МКС и собирать данные для усовершенствования устройств. Они будут играть важнейшую роль в проекте по возвращению человека на Луну, а также для исследования дальнего космоса. На роботов-пчел можно будет переложить самую сложную, опасную работу. Они помогут сделать более продуктивными исследования человека.

Исследование болевой чувствительности (Algometriya) — сравнительно простое. Есть аппаратура, которая позволяет, не причиняя травм, оценивать порог болевой чувствительности. Как только я испытываю неприятные ощущения, я прекращаю воздействие.





Человекоподобный робот Skybot F-850 (прежнее название – «Федор») создан компанией «Анероидная техника» и Фондом перспективных исследований по техническому заданию МЧС. Для выполнения задач на МКС он был доработан. Согласно плану, робот пробудет на орбите почти две недели, а затем вернется на Землю. В будущем Skybot F-850 отправится на Луну.

РАБОТА С «ФЕДОРОМ»

22 августа антропоморфный робот Skybot F-850 присоединился к российскому экипажу. Старт — на ТПК «Союз МС-14».

На борту станции Александр Скворцов будет проводить эксперименты по работе с «Федором»: для космонавта разработали специальный экзоскелет, который позволит передавать все движения человека роботу.

— Это очень интересная и невероятно важная работа. Многого я сейчас и сам не знаю, будут приходиться радиogramмы, и мы будем вместе выполнять задания.

Исследовательская работа предстоит всей команде. Лука Пармитано и Эндрю Морган также вкратце рассказали о своем участии в планируемых научных опытах.

Лука Пармитано

Я видел нашу программу, и согласно ей мы проведем 250 на-

учных экспериментов: 50 ЕКА, шесть экспериментов от Италии, а также исследования для университетов и научных сообществ.

Я бы не хотел выделять отдельный эксперимент, каждый из них важен и уникален по-своему. Что отличает научную программу от моих предыдущих исследований — в этот раз я буду уделять внимание физиологии человека, тому, как наше тело и мозг ведут себя в невесомости. Я буду подопытным, в качестве субъекта экспериментов, и с нетерпением жду этого.

Эндрю Морган

Я врач, и для меня изучение человека в космосе особенно интересно. Я приму участие в эксперименте под названием «Флуд шифтс» (Fluid shifts) — он направлен на изучение движения жидкости в человеческом организме. Этот эксперимент, помимо прочего, включает ультразвуковое исследование. И что интересно: будет задействовано оборудование, которое находится и на американском сегменте, и на российском.



Сергей РЫЖИКОВ

Подготовка всегда насыщена новой информацией, сама возможность принимать участие в ней — большая честь и возможность повысить свой уровень. Особенно в преддверии такого грандиозного юбилея.



Томас МАШБЕРН

Для меня возвращение к тренировкам много значит, это как возвращение домой: я вижу знакомые лица.



Соичи НОГУЧИ

У меня долгие отношения с ЦПК, я был здесь и в 1998 году, и при подготовке к полету на шаттле в 2005 году. В 2009 году готовился к полету. Пока не известен точно корабль, на котором я полечу в следующий раз, но мои правила остаются неизменными: не спешить, доверять, но проверять. При этом я абсолютно уверен во всех членах основного и дублирующего экипажей.

ВЫХОД В ОТКРЫТЫЙ КОСМОС

Выход в открытый космос — это всегда шаг в неизвестность. Поэтому к внекорабельной деятельности космонавты тщательно готовятся на Земле. В ЦПК имени Ю. А. Гагарина они приобретают необходимые навыки на специализированном тренажере «Выход-2».

Экипаж рассказывает о работе на станции и за ее пределами.

Александр Скворцов

В 2014 году у меня был второй полет. Тогда многие отмечали, что станция стареет, и она действительно старела. Но мы как раз проводили мероприятия по изменению интерьера, делали косметический ремонт. А аппаратура, на самом деле, очень хорошая, она полностью исправна и сейчас. Мой опыт и опыт других космонавтов помогает поддерживать станцию в рабочем состоянии. Можно и нужно продлевать ее ресурс, работать и работать.

На 20 ноября у нас запланирован выход в открытый космос — с Олегом Скрипочкой. Как и перед многими операциями, мы провели тренировки на Земле — «пеший по-летному», как говорят в авиации.

Эндрю Морган

Наш старт запланирован на очень важную дату — годовщину высадки «Аполлона-11» на Луну. Мне и Кристине Кук придется находиться на станции длительное время. Мы проведем несколько выходов в открытый космос и будем принимать корабли посещения.

Лука Пармитано

Стартовать в 50-летнюю годовщину полета «Аполлона-1» невероятная возможность и волнительное событие. Я бы сказал всем астронавтам и экипажам: это ваша собственная миссия «Аполлон-11». Если представить события 50-летней давности, я не могу с уверенностью сказать, был бы я участником той лунной миссии.

Каждая ВКД по-своему сложна, и каждая миссия, начиная с уборки на станции, важна. При-



Девиз экипажа: «Мы все выполняем с искорками в глазах!»

нимать корабли посещения не менее ответственно, чем выходить в открытый космос. Однажды Пегги Уитсон¹ сказала мне: «Что самое важное в космическом полете? То, что там постоянно все меняется». И я с таким же энтузиазмом и с улыбкой на лице иду ремонтировать туалет, как и выполнять ВКД.

Александр Скворцов

Осталось постучать по дереву, чтобы работа была плановой и как можно реже возникали нештатные ситуации. Для меня 4-витковая схема сближения будет в новинку: во втором полете мы шли на короткую схему, но ушли на 2-суточную. Пока мое мнение таково, что 2-суточная схема для экипажа лучше. Есть возможность отдохнуть, восстановиться, привыкнуть к невесомости, использовать преимущество специальной закрутки в корабле, которая позволяет за счет центробежной силы уменьшить влияние невесомости на организм. Но дальше будет видно, посмотрим.

Планируется работа над проектами по социальным сетям, многие задачи ставятся в процессе полета. Они бывают утомительными, веселыми — разными. Собираемся не терять связь с Землей и популяризировать космонавтику своим примером. Мы каждый раз подчеркиваем, что представители разных стран могут работать вместе, единой командой. Я также хочу выразить благодарность правительству Италии: в день нашего отлета на Байконур стало известно, что военная субординация в космосе не нарушится, и Лука Пармитано, который сейчас в форме подполковника, 4 июля станет полковником.

Лука Пармитано

Мы хотим рассказать о нашей работе и показать, что люди, которые являются представителями разных стран и носят разные формы, могут работать на общую мечту: проводить исследования, апробировать новые технологии. В наше время это особенно важно.

Эндрю Морган

Для меня имеет большое значение возможность поделиться с людьми на Земле опытом, который я собираюсь приобрести. Поскольку я лечу в космос в первый раз и увижу все своими глазами, мне интересно говорить о своих впечатлениях с семьей, друзьями, учителями и со всем миром. Я единственный из экипажа, кто увидит космос впервые. Возможно, они забыли какво это. Я буду рассказывать с помощью видео и фото о нашей повседневной работе — такой у меня план.

¹ Пегги Эннетт Уитсон (англ. Peggy Annette Whitson, р. 9 февраля 1960 года, Маунт-Эир, Айова, США) — американский биохимик, астронавт НАСА, первая женщина — командир Международной космической станции.

Александр Скворцов в третий раз отправляется на МКС с тем же индикатором невесомости.

— Я не меняю его с первого полета. Утенок по имени Квак летал со мной на орбиту, только каждый раз он получает новую эмблему, как и мы.

В качестве индикатора невесомости Эндрю Морган собирается взять игрушечного героя одного из мультфильмов «Пиксар» — Уолли. Лука Пармитано считает, что индикаторов коллег будет достаточно.



© Бурцева Н. Л., 2019

История статьи:

Поступила в редакцию: 29.07.2019

Принята к публикации: 19.08.2019

Модератор: Дмитриук С. В.

Конфликт интересов: отсутствует

Для цитирования:

Бурцева Н.Л. Разговор перед стартом // Воздушно-космическая сфера. 2019. №3. С. 104-109.



ОТ КОСМОДРОМА ДО ЧЕРНОГО МОРЯ

ПРИВЕТСТВИЕ С КОСМОДРОМА БАЙКОНУР, УЧАСТИЕ В ПАРАДЕ В ДЕНЬ ВОЕННО-МОРСКОГО ФЛОТА В СЕВАСТОПОЛЕ НА ФЛАГМАНСКОМ КРЕЙСЕРЕ «МОСКВА». АКТИВНЫЕ СВЯЗИ С ОБЩЕСТВЕННОСТЬЮ — ДАВНЯЯ И ВАЖНЕЙШАЯ ТРАДИЦИЯ АРЗАМАСКОГО ПРИБОРОСТРОИТЕЛЬНОГО ЗАВОДА.

ПОДРОБНО О ЗНАКОВЫХ ВСТРЕЧАХ ВТОРОЙ ПОЛОВИНЫ ЛЕТА РАССКАЗЫВАЕТ ПРЕСС-СЛУЖБА ЗАВОДА.

Текст: Людмила Фокеева, Наталья Глазунова

Фото Александра Барыкина

БАЙКОНУР, ГАГАРИН, АПЗ

Музей истории Арзамасского приборостроительного завода посетил лауреат Государственной премии, кандидат технических наук, инженер-испытатель, руководитель космодрома Байконур (с 1983 по 1984 год) генерал-майор Владимир Булукув. Владимир Алексеевич мечтал стать летчиком-испытателем с юных лет. И его мечта сбылась. Служба в Вооруженных силах страны, затем учеба в Армавирском военном авиационном училище. Окончив высшую офицерскую авиационно-инструкторскую школу ВВС в Грозном, он продолжил службу летчиком-инструктором в Чернигове. По окончании Ленинградской военно-воздушной инженерной академии имени А.Ф. Можайского в 1960 году был направлен на особый объект — космодром Байконур.

— Как раз тогда готовился старт Юрия Гагарина, — вспоминает Владимир Булукув. — Я сразу влился в работу. Так на Байконуре и прослужил четверть века. Начинать со старшего



В музее истории АПЗ В. Булукув оставил запись в книге почетных гостей, поблагодарив приборостроителей за их труд:

«В своей жизни я имел непосредственную связь со сложнейшей техникой, которая выпускается на вашем предприятии. При ее эксплуатации мне, как инженеру-испытателю космодрома Байконур, становилось ясно, какой замечательный коллектив вкладывает свои прекрасные души в производство этих изделий. Я смело беру право от всего личного состава космодрома совершить низжайший поклон вам и объявить сердечную благодарность с пожеланиями доброго здоровья.»

Лауреат Государственной премии, к. т. н., инженер-испытатель генерал-майор Владимир Булукув».



инженера-испытателя. Кроме этого, занимался и боевыми ракетными комплексами. Конечно, было трудно, но интересно. После Байконура я продолжил службу в должности заместителя начальника Военно-космической академии А.Ф. Можайского. С самого начала трудового пути вся моя жизнь была связана с техникой, космосом, полетами и испытаниями. Рад, что у меня так сложилась судьба, ведь я не изменил своей мечте.

С Гагариным Владимир Алексеевич был знаком лично. Знал и многих других известных космонавтов того времени.

— С нашим первым космонавтом я был хорошо знаком, — рассказывает Владимир Алексеевич. — Он был абсолютно открытым человеком. Звездная болезнь — это совсем не про него. Впоследствии он тоже хотел работать с космосом.

Владимир Булукулов в настоящее время живет в Северной столице — Санкт-Петербурге. Приезжает в Арзамас для встречи с родственниками жены (она родом из этих мест). Недавно в руки генерал-майора попала наша газета с публикацией о последней разработке приборостроителей — беспилотном летательном аппарате «Грач». Будучи человеком военным, связанным с воздушно-космической сферой, он решил непременно посетить музей АПЗ.

Для гостя была проведена обширная экскурсия. Он с большим интересом осмотрел экспозицию,

рассказывающую о жизни первого генерального директора Арзамасского приборостроительного завода Павла Ивановича Пландина. Особенно заинтересовал Владимира Алексеевича зал с продукцией, связанной с военно-промышленным комплексом. Кстати, здесь он увидел несколько хорошо знакомых ему приборов.

— Я и ранее знал, что на АПЗ выпускают продукцию спецназначения, поэтому побывать здесь мне очень интересно, — делится Владимир Булукулов.

От имени руководства предприятия гостя приветствовал заместитель главного конструктора по специальной продукции — главный конструктор производства № 1 Виктор Рогинский, который рассказал Владимиру Алексеевичу о специфике продукции и производственных мощностях.

Генерал-майор — деятельный человек. Еще три года назад он преподавал на военной кафедре Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского в Санкт-Петербурге. Не так давно закончил работу над созданием роторно-поршневого двигателя, запатентовал изобретение, сейчас ищет возможность создать образец своей разработки. Владимир Алексеевич является председателем Совета ветеранов Северо-Западного региона страны, он частый гость во многих образовательных учреждениях Петербурга.

ШЕФСКАЯ ТРАДИЦИЯ

Делегация АО «Арзамасский приборостроительный завод имени П.И. Пландина» во главе с генеральным директором Олегом Лавричевым приняла участие в праздновании Дня Военно-Морского Флота в Севастополе, который в этом году отмечался в юбилейный, 80-й раз.



Парад кораблей, пуск ракет, военно-спортивное шоу, театрализованное представление, тематические экскурсии в музей, выставка вооружения и техники — День ВМФ в Севастополе стал одним из значимых событий лета. В показательных выступлениях было задействовано 30 боевых кораблей, подводок и катеров, 11 вспомогательных судов, 40 самолетов и вертолетов и 35 единиц техники армейского корпуса Черноморского флота (ЧФ).

