



ВОЗДУШНО-КОСМИЧЕСКАЯ СФЕРА
AEROSPACE SPHERE JOURNAL (ASJ)
Научно-технический журнал | Scientific and technical journal
1(110) 2022

ISSN 2587-7992

**#ИСТОРИЯ
ТЕХНИКИ**

**#ТЕХНОЛОГИИ
ДОБЫЧИ ГЕЛИЯ-3
НА ЛУНЕ**

**#ВРАЧ-КОСМОНАВТ
ВАЛЕРИЙ ПОЛЯКОВ.
К 80-ЛЕТНЕМУ ЮБИЛЕЮ**

**#ПОЛЕТЫ К МАРСУ
И ОБРАТНО
БЕЗ ДОЗАПРАВКИ
МАРСИАНСКИМ
ТОПЛИВОМ**

**#ПОРА НАЛАДИТЬ ЖИЗНЬ
ЛЮДЕЙ ВНЕ ЗЕМЛИ**



2016



2017



2018



2019



2020



2021





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

«Полет на Марс состоится, как только человечество действительно туда захочет полететь», — высказал свое суждение один из авторов этого номера.

Этот полет, по его мнению, может стать миссией всего человечества, общеукрепляющей политической мировой миссией.

Полет человечества на Марс... Звучит в высшей степени заманчиво.

Мы в редакции позволили себе помечтать и увидели космический корабль, представляющий не какую-нибудь отдельную страну или национальность, а целый вид.

Новый ковчег, где деление на «мы» и «они» признано контрпродуктивным, где иное мнение только расширяет общий мыслительный горизонт.

Свободно высказываемые идеи, мнения, различные точки зрения только на первый взгляд могут звучать диссонансом. Если внимательно прислушаться, то это несозвучие и несоответствие складывается в суперпозицию, звучит высоким диссонансом музыки Иоганна Баха и Сергея Рахманинова.

Непросто, конечно. Но успех модернизации, как нам кажется, определяется культурой и психологией.

Еще Альберт Эйнштейн как-то сказал, что психология сложнее физики.

Человеческий ковчег застрянет на старте, если не произойдет гуманизация в мировом масштабе.

Ковчег отправится к звездам, когда вопросы свободы, справедливости, доверия, милосердия, чести и достоинства станут во главу угла.

Мы рискнули взять высокую ноту, чтобы воспарить мыслью над днем сегодняшним.

Насчет дня завтрашнего. Научно-технический журнал «Воздушно-космическая сфера» изменяет свою периодичность, теперь мы будем выходить раз в год.

Редко, конечно. Но, с другой стороны, время, как сказал вышеупомянутый мыслитель, — категория относительная.

Поэтому до встречи в следующем году!



Aerospace Sphere Journal (ASJ) is the printed edition of Nonprofit Non-Government Expert Society on Space Threat Defense (NGES STD)

In accordance with the order 1027 of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation adopted on 23 October 2017 articles presented in the journal cover the 05.07.10 scientific field called "Innovative technologies in aerospace activities".

According to the order of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation № 21-p dated 12.02.2019, the journal was put in the List of scientific publications reviewed by the State Commission for Academic Degrees and Titles of the Russian Federation, in which data of theses for a candidate's or a doctor's degree can be published.

The journal is published quarterly. In the period 2001-2015 it was entitled "Aerospace Defence".

The journal is registered by the Federal Service for Supervision of Communications, Information Technology, and Mass Media (Roskomnadzor).

Registration number is ПИ № ФС77-66504.

ASJ EDITORIAL BOARD

Project Manager – **Igor Kosyak**,
Cand. Sci. (Military), Executive Director, Nonprofit
Non-Government Expert Society on Space Threat
Defense (NGES STD)

Editor-in-Chief – **Kirill Pletner**

Editorial Director – **Lotta Gess**

Science Editor – **Sergey Dmitryuk**, Cand. Sci.
(Philology)

Translator – **Anna Klimenko**, Cand. Sci. (History)

Designer – **Elena Izaak**

Press-corrector – **Anastasia Dubovik**

Distribution Director – **Boris Cheltsov**



Collage by Elena Izaak

Articles published by ASJ are indexed by several systems: Russian Science Citation Index (RSCI),
Electronic Scientific Library (eLibrary.ru), Crossref, Cyberleninka.

ACADEMIC ADVISORY BOARD

Floris L. WUYTS,

PhD in Physics University of Antwerp, Belgium

Stanislav S. VENIAMINOV,

Dr. Sci. (Tech), Professor, Leading Researcher,
Moscow Research Centre of the Central
Scientific&Research Institute of Aerospace
Defence Forces, Ministry of Defence of the
Russian Federation

Yuri V. GULYAEV,

Full Member of the Russian Academy of
Sciences, Dr. Sci. (Physics and Mathematics),
Professor

Andrey V. DEMIDYUK,

Deputy General Director, Associate Professor,
Scientific Director of Rubezh Engineering LLC

Nikolay N. KLIMENKO,

Cand. Sci. (Tech), Lieutenant General retired,
Deputy General Director, Lavochkin
Association

Vsevolod V. KORYANOV,

Cand. Sci. (Tech), Bauman Moscow State
Technical University

Sergey M. KOSTROMITSKY,

Corresponding Member of the National Acad-
emy of Sciences of Belarus, Dr. Sci. (Tech),
Professor (Minsk, Republic of Belarus)

Igor V. KOSYAK,

Cand. Sci. (Military), Executive Director,
Nonprofit Non-Government Expert Society on
Space Threat Defense

Sergey V. KRICHEVSKY,

Dr. Sci. (Philosophy), Professor, Chief Re-
searcher, S.I. Vavilov Institute for the History
of Science and Technology of the Russian
Academy of Sciences

Nikolay V. MIKHAILOV,

Dr. Sci. (Economics), Grand PhD., Professor

Oleg I. ORLOV,

Academician of the Russian Academy of
Sciences, MD, PhD, Director of the IBMP RAS

Alexander A. POTAPOV,

Dr. Sci. (Physics and Mathematics), Professor,
Chief Researcher, Kotelnikov Institute of Radio
Engineering and Electronics of the Russian
Academy of Sciences

Sergey L. STARCHAK,

Dr. Sci. (Tech), Professor, Moscow Research
Centre of the Central Scientific&Research
Institute of Aerospace Defence Forces,
Ministry of Defence of the Russian Federation

Vyacheslav F. FATEYEV,

Dr. Sci. (Tech), Professor, chief research
scientist of "ISC "Vypel" public company,
Director of VNIIFTRI Scientific&Technical
Centre for Metrological Assurance of Gravi-
metric Measurements

Igor A. SHEREMET,

Corresponding Member of the Russian Acade-
my of Sciences, Dr. Sci. (Tech), Professor

Sergey V. YAGOLNIKOV,

Dr. Sci. (Tech), Professor, Major-General

Mikhail V. YAKOVLEV,

Dr. Sci. (Tech), Deputy Director, TsNIIImash
Systems Engineering Centre

Published by Nonprofit Non-Government Expert Society on Space Threat Defense (NGES STD)

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@oaokb1.ru; vko@vko.ru

www.vesvks.ru



Подписной индекс: Каталог «Урал-пресс» – 82530

Тираж 1000 экземпляров

Отпечатано в типографии ООО ИПО «Изумрудный город»

Печатный орган Вневедомственного экспертного совета по вопросам воздушно-космической сферы (ВЭС ВКС)

Статьи, представленные в журнале, соответствуют номенклатуре специальностей научных работников (Приказ Минобрнауки России от 23 октября 2017 г. № 1027 «Об утверждении номенклатуры научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени») по специальности 05.07.10 – Инновационные технологии в аэрокосмической деятельности (технические науки).

Распоряжением Минобрнауки России от 12 февраля 2019 г. № 21-р журнал включен в Перечень рецензируемых научных изданий Высшей аттестационной комиссии, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук.

Выходит 4 раза в год. С 2001 по 2015 год журнал назывался «Воздушно-космическая оборона».

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор).

Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-66504.

РЕДАКЦИЯ ЖУРНАЛА «ВКС»:

Руководитель проекта – **Игорь Косяк**,
кандидат военных наук, исполнительный директор ВЭС ВКС

Главный редактор – **Кирилл Плетнер**

Выпускающий редактор – **Лотта Гесс**

Научный редактор – **Сергей Дмитриук**, кандидат филологических наук

Переводчик – **Анна Клименко**, кандидат исторических наук

Дизайн и верстка – **Елена Изаак**

Корректор – **Анастасия Дубовик**

Директор по распространению – **Борис Чельцов**



Коллаж Елены Изаак

Опубликованные в журнале статьи индексируются в международных реферативных и полнотекстовых базах данных: Российский индекс научного цитирования (РИНЦ) на базе научной электронной библиотеки eLibrary.ru (НЭБ), Crossref, Cyberleninka

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ ЖУРНАЛА «ВОЗДУШНО-КОСМИЧЕСКАЯ СФЕРА»

БАУТС Флорис,

PhD по физике, Университет Антверпена

ВЕНИАМИНОВ Станислав Сергеевич,

доктор технических наук, профессор,
ведущий научный сотрудник НИИЦ
(г. Москва) ФГБУ «ЦНИИ ВКС»
Минобороны России

ГУЛЯЕВ Юрий Васильевич,

академик РАН, доктор физико-
математических наук, профессор

ДЕМИДЮК Андрей Викторович,

доктор военных наук, доцент, научный
руководитель ООО «Рубеж Инжиниринг»

КЛИМЕНКО Николай Николаевич,

кандидат технических наук, генерал-
лейтенант, заместитель генерального
директора АО «НПО Лавочкина»

КОРЯНОВ Всеволод Владимирович,

кандидат технических наук, МГТУ
им. Н. Э. Баумана

КОСТРОМИЦКИЙ Сергей Михайлович,

член-корреспондент Национальной
академии наук Беларуси, доктор технических
наук, профессор
(Минск, Республика Беларусь)

КОСЯК Игорь Владимирович,

кандидат военных наук, исполнительный
директор ВЭС ВКС

КРИЧЕВСКИЙ Сергей Владимирович,

доктор философских наук, профессор,
главный научный сотрудник ИИЕТ
им. С.И. Вавилова РАН, Москва, Россия

МИХАЙЛОВ Николай Васильевич,

доктор экономических наук, гранд-доктор
философии, профессор

ОРЛОВ Олег Игоревич,

академик РАН, доктор медицинских наук,
директор ГНЦ РФ – ИМБП РАН

ПОТАПОВ Александр Алексеевич,

доктор физико-математических наук,
профессор, главный научный сотрудник
ИРЭ РАН

СТАРЧАК Сергей Леонидович,

доктор технических наук, профессор,
НИИЦ (г. Москва) ФГБУ «ЦНИИ ВКС»
Минобороны России

ФАТЕЕВ Вячеслав Филиппович,

доктор технических наук, профессор,
главный научный сотрудник ПАО «МАК
"Вымпел"», начальник научно-технического
центра метрологического обеспечения
гравиметрии ФГУП «Всероссийский
научно-исследовательский институт
физико-технических и радиотехнических
измерений» (ВНИИФТРИ)

ШЕРЕМЕТ Игорь Анатольевич,

член-корреспондент РАН, доктор
технических наук, профессор

ЯГОЛЬНИКОВ Сергей Васильевич,

доктор технических наук, профессор,
генерал-майор

ЯКОВЛЕВ Михаил Викторович,

доктор технических наук, заместитель
начальника Центра системного
проектирования ЦНИИмаш

Издатель: Вневедомственный экспертный совет по вопросам воздушно-космической сферы (ВЭС ВКС)

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@oaokb1.ru; vko@vko.ru

www.vesvks.ru



Подписной индекс: Каталог «Урал-пресс» – 82530

Тираж 1000 экземпляров

Отпечатано в типографии ООО ИПО «Изумрудный город»

CONTENT



NEW SPACE AGE

<i>/Sergey V. Krichevsky/</i> It's Time to Improve the Lives of People Outside the Earth.....	6
<i>/Alexander O. Mayboroda/</i> Flights to Mars and Back Without Refueling with Martian Fuel.....	18
<i>/Vyacheslav A. Bobin, Anna V. Bobina/</i> Scientific Basis of Technologies for Production of Helium-3 on Moon.....	30
<i>/Sergey F. Sergeev, Yuri A. Bubeev, Vitaly M. Usov, Boris I. Kruchkov, Mikhail V. Mikhaylyuk, Alexander V. Khomyakov/</i> Implementation of the Virtual Environment Concept When Simulating in Isolation Experiments Human Activities During the Lunar Exploration.....	38
<i>/Kirill A. Zanin, Nikolay N. Klimenko, Ivan V. Moskatiniyev/</i> Capella 36 Space-Borne Sar Surveillance System. Part I.....	48
<i>/Alexander N. Agureev, Kirill A. Shef, Mark S. Belakovskiy, Elena A. Vasilyeva/</i> Guest Sets of National Products for Flights of International Crews on the Mir Space Station and the International Space Station.....	58
<i>/Natalya L. Burtseva/</i> What Private Space Companies are Expecting from Government Entities.....	66



ANALYTICS

<i>/Nikolay N. Klimenko, Valentin B. Katkalov, Maria Lv. Morozova/</i> The Perspectives of Reusable Space Transport Systems. Part II.....	72
<i>/Yuri V. Kuzmin/</i> The Crisis of the World Aircraft Industry of 1911-1914.....	84



HISTORY

<i>/Alexander B. Zheleznyakov/</i> Automates Study the Moon. From the History of the Soviet Lunar Program.....	94
---	----



ANNIVERSARY

<i>/Kirill V. Pletner, Konstantin N. Kolodiazhnyi/</i> Mark Belakovskiy: "I Often Tested Myself for Strength".....	104
<i>/Oleg I. Orlov, Anna R. Kussmaul, Mark S. Belakovskiy/</i> Physician-Cosmonaut Valery Polyakov. On the 80th Anniversary of his Birth.....	110

СОДЕРЖАНИЕ



НОВАЯ КОСМИЧЕСКАЯ ЭРА

/С.В. Кричевский/ Пора наладить жизнь людей вне Земли	6
/А.О. Майборода/ Полеты к Марсу и обратно без дозаправки марсианским топливом	18
/В.А. Бобин, А.В. Бобина/ Научные основы технологий добычи гелия-3 на Луне	30
/С.Ф. Сергеев, Ю.А. Бубеев, В.М. Усов, Б.И. Крючков, М.В. Михайлюк, А.В. Хомяков/ Реализация концепции виртуальной среды при моделировании в изоляционных экспериментах деятельности человека при освоении Луны	38
/К.А. Занин, Н.Н. Клименко, И.В. Москатиньев/ Космическая система радиолокационного наблюдения Capella 36. Часть I	48
/А.Н. Агуреев, К.А. Шеф, М.С. Белаковский, Е.А. Васильева/ Гостевые наборы национальных продуктов при полетах международных экипажей на орбитальной станции «Мир» и Международной космической станции	58
/Н.Л. Бурцева/ Что ждут частные космические компании от государственных структур	66



АНАЛИТИКА

/Н.Н. Клименко, В.Б. Катъкалов, М.Л. Морозова/ Перспективы многоразовых транспортных космических систем. Часть II	72
/Ю.В. Кузьмин/ Кризис мирового авиастроения 1911–1914 годов	84



ИСТОРИЯ

/А.Б. Железняков/ Автоматы изучают Луну. Из истории советской лунной программы	94
---	----



ЮБИЛЕЙ

/К.В. Плетнер, К.Н. Колодяжный/ Марк Белаковский: «Я часто проверял себя на прочность»	104
/О.И. Орлов, А.Р. Куссмауль, М.С. Белаковский/ Врач-космонавт Валерий Поляков. К 80-летию юбилею	110

IT'S TIME TO IMPROVE THE LIVES OF PEOPLE OUTSIDE THE EARTH

ПОРА НАЛАДИТЬ ЖИЗНЬ ЛЮДЕЙ ВНЕ ЗЕМЛИ

ABSTRACT | A general analysis of the process of human space exploration in the expansion paradigm is made. Two main strategies are identified: limited expansion and unlimited expansion. A brief analysis, description, periodization of the history of manned flights as a technology evolution, conditions, quality of life of people in space in the 20th – 21st centuries and prospects for expansion are presented. The concept of the quality of life of people outside the Earth is proposed for the first time, its foundations are presented.

Keywords: *history, quality of life of people outside the Earth, concept, human space exploration, perspective, manned space flight, strategy, technology, condition, expansion*

АННОТАЦИЯ | Сделан общий анализ процесса освоения космоса человеком в парадигме экспансии. Выделены две основные стратегии: ограниченная экспансия и безграничная экспансия. Представлены краткий анализ, описание, периодизация истории пилотируемых полетов как эволюции технологий, условий, качества жизни людей в космосе в XX – XXI веках и перспектив экспансии. Впервые предложена концепция качества жизни людей вне Земли, изложены ее основания.

Ключевые слова: *история, качество жизни людей вне Земли, концепция, освоение космоса человеком, перспектива, пилотируемый космический полет, стратегия, технология, условие, экспансия*



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), ex-test-cosmonaut, Moscow, Russia,
krichevsky@ihst.ru

Сергей Владимирович КРИЧЕВСКИЙ,
доктор философских наук, профессор, главный научный сотрудник,
Институт истории естествознания и техники имени С. И. Вавилова РАН,
экс-космонавт-испытатель, Москва, Россия,
krichevsky@ihst.ru



ВВЕДЕНИЕ

Продолжая обсуждать проблему освоения космоса человеком, рассмотрим историю и перспективы пилотируемых космических полетов в парадигме экспансии¹.

Проблема экспансии человека в космос, на новое постоянное место жительства (ПМЖ), поставлена более 100 лет назад К. Э. Циолковским, активно исследуется и обсуждается, идет поиск теоретических и практических решений [1–8].

В практике более 60 лет успешно решаются задачи полетов людей в космос на ограниченное время и возвращения их на Землю. Причем с созданием искусственных космических биосфер, экологических систем, систем жизнеобеспечения (СЖО), с обеспечением безопасности и жизнедеятельности людей в космических полетах в экстремальной среде обитания методами и технологиями адаптации к длительной невесомости (микрогравитации), сохранения здоровья и работоспособности в космосе. А также с применением методов и технологий реадaptации и восстановления после возвращения на Землю [2–12]. Но условия в полетах, в космосе опасны и вредны для здоровья и жизни людей, далеки от комфортной и полноценной жизни. Технологии пилотируемых космических полетов обновляются медленно, на современной технике достигнуты пределы безопасной постоянной жизни человека в космосе [8, 11, 13] (см. также разделы 1 и 2). Этому посвящен ряд важных исследований длительных полетов, например проект Twins НАСА, США, на Международной космической станции (МКС), 2015–2016 [14], публикаций о митохондриальном стрессе [15], анемии [16], воздействиях и последствиях радиации в космосе, радиационном барьере в межпланетных полетах [17] и др. Идет поиск путей и способов решения этих проблем, от чего зависит будущее человека в космосе.

С 10–20-х годов XXI века в мире поднимается новая волна освоения космоса, молодое поколение проявляет большой интерес к экспансии, растет количество желающих стать космонавтами. Экспансия в космос — это рискованно, сложно, дорого. Но именно экспансия создает новые возможности развития технологий, расширяет потенциал нашей цивилизации. Новые идеи, проекты, технологии экспансии в космос для выживания и развития человека и человечества в XXI веке предложены И. Ашурбейли, И. Маском, Дж. Безосом и др. [8, 18–22].

По мнению профессора В. М. Розина, «чтобы перевести проблему освоения космоса из затухающего процесса в активный и творческий... нужен социальный проект... необходимо будет развивать на разных уровнях и в разных сообществах дискуссию о судьбах нашей цивилизации и убедить

участников дискуссии... что без освоения космоса человечество обречено. Однако очевидно, что даже разработка такого проекта является сложной задачей, не говоря уже о его реализации» [23, р. 105] (Пер. с англ. — СК).

Все это необходимо, но недостаточно. Полеты людей в космос, особенно на МКС, используются для исследований, получения новых знаний и создания новых технологий улучшения качества жизни людей на Земле. Парадоксально, что при этом проблема повышения качества жизни людей вне Земли все еще не поставлена и не решается как актуальная и приоритетная (см. раздел 3). Для успешной экспансии предстоит перейти от условий экстремальной среды в космических полетах к созданию новых условий благоприятной среды и высокого качества жизни. Необходимо наладить жизнь людей вне Земли.

1. ПРОЦЕСС ОСВОЕНИЯ КОСМОСА ЧЕЛОВЕКОМ И ДВЕ СТРАТЕГИИ ЭКСПАНСИИ

Сделаем общий анализ процесса освоения космоса человеком в парадигме экспансии и представим его в виде трех периодов:

I. Земной. Теоретические и прикладные исследования, создание технологий, подготовка к началу экспансии в космос (до 1961 г.).

II. Переходный. Начало экспансии в околоземное космическое пространство на основе ресурсов Земли. Создание, развитие инфраструктуры и социума вне Земли с помощью земной цивилизации (с 1961 г.).

III. Космический. Автономное от Земли существование и развитие инфраструктуры и социума. Создание резервного человечества, дальнейшая экспансия в космос (~ 2150 г., прогноз) [20] и *рис. 1*.

Выделим и кратко рассмотрим две основные стратегии освоения космоса человеком в парадигме экспансии (пессимистическую и оптимистическую):

Стратегия 1. Ограниченная экспансия. Ограничение пространства экспансии, продолжительности жизни людей вне Земли.

Стратегия 2. Безграничная экспансия. Расширение пространства экспансии, увеличение продолжительности, полноценная жизнь вне Земли.

Для каждой стратегии возможны различные сценарии, варианты, конкретные цели, логистика, темп экспансии.

Краткое сравнение стратегий см. в *таблице 1*. Описание стратегий в контексте перспектив освоения космоса в XXI веке и далее см. также в разделе 2, *таблице 2* (этап 4) и *рис. 1* и 2.

¹ Публикуются материалы исследований автора в 2021–2022 годах по плану НИР ИИЕТ имени С. И. Вавилова РАН, посвященной истории техники.

Рис. 1. Процесс освоения космоса человеком в парадигме экспансии в XX-XXI вв. и перспективы (Кричевский С.В., 2022)

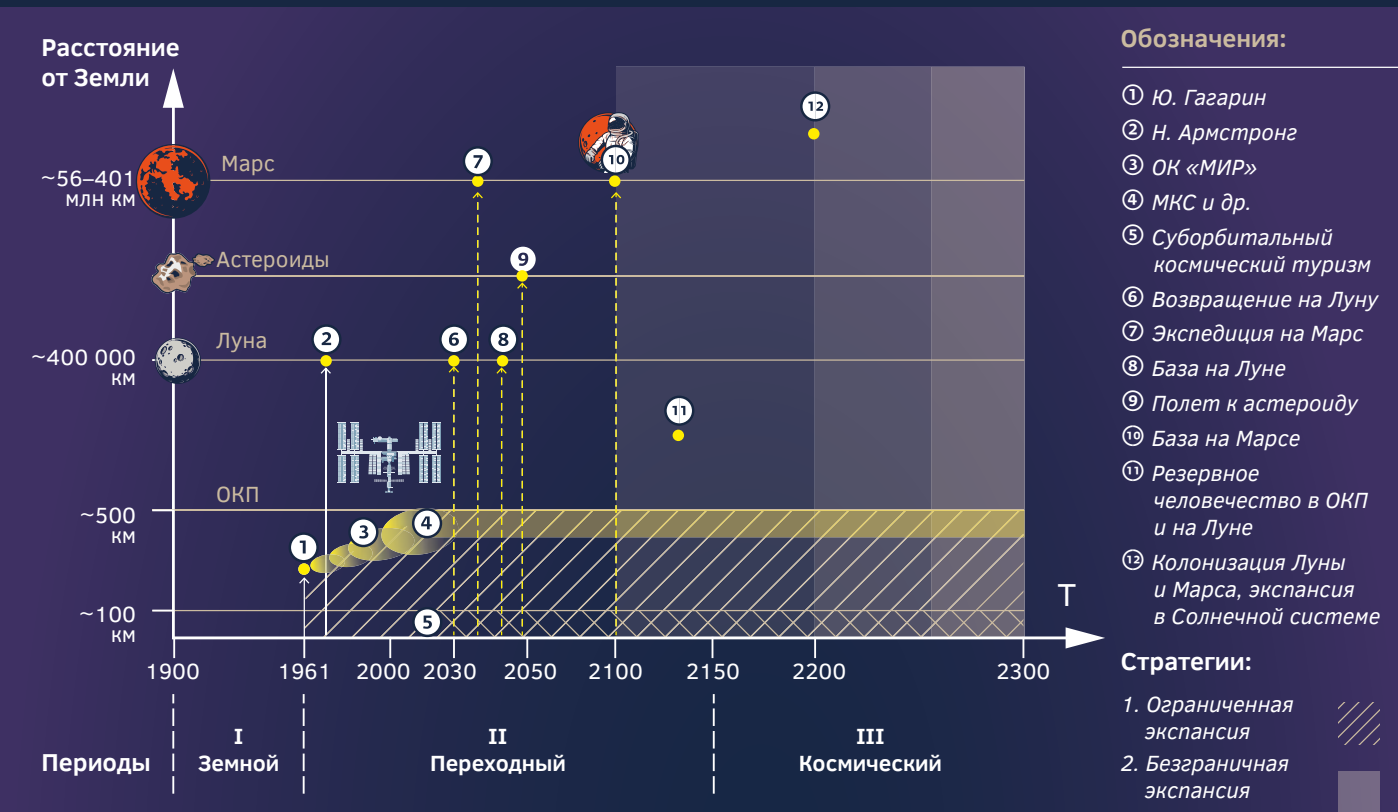


Таблица 1. Сравнение двух стратегий освоения космоса человеком в парадигме экспансии (Кричевский С.В., 2022)

СТРАТЕГИЯ	ДОСТОИНСТВА	НЕДОСТАТКИ
1 Ограниченная экспансия	1. Минимизация ресурсов, бюджетных затрат на пилотируемую космонавтику и жизнь людей вне Земли. 2. Минимизация рисков полетов и жизни людей в космосе. 3. Возможность развития массового космического туризма в околоземном космическом пространстве (ОКП) как нового основного направления пилотируемых полетов. 4. Возможность концентрации деятельности пилотируемой космонавтики на развитии технологий, работ, исследований, экспериментов, прикладных задач в интересах Земли. 5. Переключение ресурсов, затрат, сэкономленных на пилотируемой космонавтике, на развитие сегмента и технологий беспилотной космонавтики.	1. Потеря темпов освоения космоса человеком. 2. Утрата компетенций и опыта длительных полетов и жизни людей в космосе. 3. Стагнация, «усыхание», вырождение пилотируемой космонавтики, ограничение международного сотрудничества. 4. Снижение интереса общества к пилотируемым полетам и освоению космоса человеком, отказ от экспансии, утрата возможности стать космическим человечеством.
2 Безграничная экспансия	1. Быстрое развитие новых технологий пилотируемых полетов и жизни людей в космосе. 2. Развитие международного сотрудничества в пилотируемой космонавтике для решения общих проблем человечества и экспансии. 3. Быстрое приобретение новых знаний, опыта полетов и жизни людей вне Земли. 4. Возможность устойчивого освоения космоса человеком, длительной полноценной жизни сообществ людей вне Земли. 5. Возможность создания резервного человечества вне Земли, экспансии в дальний космос.	1. Высокие и растущие бюджетные и другие затраты на пилотируемую космонавтику, полеты в космос, жизнь людей вне Земли. 2. Негативная реакция общества из-за больших затрат на полеты людей и жизнь в космосе, отвлечение внимания и средств от решения проблем на Земле. 3. Высокий уровень рисков при длительных полетах и жизни людей вне Земли, экспансии в дальний космос. 4. Возможность конфликтов внутри сообщества людей, живущих вне Земли, и с земным человечеством.

2. ЭВОЛЮЦИЯ ПИЛОТИРУЕМЫХ КОСМИЧЕСКИХ ПОЛЕТОВ, ТЕХНОЛОГИЙ, УСЛОВИЙ, КАЧЕСТВА ЖИЗНИ ЛЮДЕЙ ВНЕ ЗЕМЛИ В XX–XXI ВЕКАХ: ИСТОРИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Представим краткий анализ, описание и периодизацию истории пилотируемых полетов, начиная со второго периода процесса освоения космоса человеком в XX–XXI веках, и перспектив в контексте эволюции технологий, условий и качества жизни людей вне Земли (табл. 2, рис. 1 и 2). Они сделаны с использованием материалов исследований автора и ряда источников [2–22].

Понятие «качество жизни» [24, 25], подход к его применению для освоения космоса человеком и концепцию качества жизни сообществ людей вне Земли см. в разделе 3.

Анализ показывает: существует хроническое отставание технологий, среды обитания людей в космосе от комфортных условий и высокого качества жизни, что является общей проблемой для всех стран и участников процесса. При этом на МКС в американском сегменте значительно лучшие условия, чем в российском (жилые объемы, защита от шумов, радиации и др.) [11; 17, с. 17].

Общую динамику, рекорды максимальной продолжительности пребывания людей в космиче-

ских полетах, жизни вне Земли в XX–XXI веках и перспективы экспансии см. на рис. 2.

В 1995 году достигнута максимальная продолжительность непрерывного пребывания человека вне Земли: ~ 438 суток (~ 1,2 года), В. В. Поляков (РФ), ОК «Мир», (с целью подготовки пилотируемой экспедиции на Марс) [3, 4, 8]. Для МКС: рекорд 340 суток, С. Келли (США) и М. Б. Корниенко (РФ) в 2016 году, а в 2022 году — 355 суток, П. В. Дубров (РФ) и М. Ванде Хай (США) [10].

Перспективы и результаты экспансии зависят от выбора и реализации стратегий, их сценариев, вариантов, применения новых технологий, см. рис. 1, табл. 1 и 2.

Есть и другие описания истории и перспектив [2–6, 12, 17–19, 22]. На общем собрании РАН на заседании в честь 60-летия полета в космос Ю. Гагарина в 2021 году летчик-космонавт член-корреспондент РАН О. Ю. Атьков представил «Столетнюю шкалу пилотируемой космонавтики» с 1961 года с тремя периодами: 1. Пилотируемые корабли. 2. Пилотируемые орбитальные станции. 3. Перспективы (лунная база; миссия на Марс; миссия к астероидам; искусственная гравитация). Причем внедрение искусственной гравитации (ИГ) предполагается только к 2050 году [26].

Анализ показывает хроническое отставание технологий, среды обитания людей в космосе от комфортных условий и высокого качества жизни, что является общей проблемой для всех стран и участников процесса.



Таблица 2. Краткая история пилотируемых космических полетов, технологий, условий и качества жизни людей вне Земли в XX–XXI веках и перспективы (Кричевский С.В., 2022)

ЭТАПЫ, РЕЗУЛЬТАТЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ		СРОКИ	ТЕХНОЛОГИИ, УСЛОВИЯ, КАЧЕСТВО ЖИЗНИ
1 ЭТАП	Первые полеты людей в космос в ОКП на пилотируемых космических кораблях. 1. Ю. А. Гагарин, 108 мин., 12.04.1961, СССР. 2. А. Шепард, 15 мин., 5.05.1961, США. 3. Г. С. Титов, 25 час., 6.08.1961, СССР.	1961 г.	Обеспечение безопасности и жизнедеятельности в орбитальных (~ 1 сут.) и суборбитальных (~ 0,25 час.) полетах в космических кораблях, при возвращении на Землю, при минимуме ресурсов и автономности, СЖО на запасах. Крайне высокий уровень риска, минимум условий комфорта и качества жизни.
2 ЭТАП	Регулярные полеты в ОКП, полеты на Луну на пилотируемых космических кораблях. Первый выход в открытый космос (А. А. Леонов, 18.03.1965, СССР). Первые полеты к Луне (~ 400 тыс. км от Земли, 1968 г., США). Первый человек на Луне (Н. Армстронг, 21.07.1969, США).	1962–1972 гг.	Обеспечение безопасности и жизнедеятельности в полетах в ОКП в космических кораблях (до 18 сут.), в скафандрах в открытом космосе (до 1 час.), в полетах в кораблях на Луну (12,5 сут.) и пребывание на Луне (75 час.) при ограниченных ресурсах и автономности, СЖО на запасах, получение энергии из космоса. Очень высокий уровень риска, очень ограниченные условия комфорта и качества жизни.
3 ЭТАП	Длительное пребывание в ОКП. Рекорды продолжительности: 1. Для человека: в одном полете ~ 438 сут. (В. В. Поляков, 1994–1995 гг., РФ); суммарно 878 сут. за 5 полетов (Г. И. Падалка, 1998–2015 гг., РФ); 2. Для техники: орбитальный комплекс (ОК) «Мир» (15 лет, 1986–2001 гг., СССР, РФ); МКС – с 1998 г., постоянное присутствие на ней людей более 21 года (с 2000 г.)	с 70-х гг. XX в.	Обеспечение безопасности и жизнедеятельности в условиях длительной невесомости (микрогравитации) в ОКП на космических кораблях (до 1 мес.) и станциях (до 1,5 года), в скафандрах в открытом космосе (до 9 час.). Наличие запасов и регулярное снабжение ресурсами с Земли (вода, кислород, пища и др.), частично замкнутые СЖО, регенерация воды, генерация кислорода из воды на станциях, получение энергии из космоса. Высокий уровень риска, ограниченные условия комфорта и качества жизни. Негативные воздействия и последствия факторов длительных полетов для людей.
4 ЭТАП	Начало массовых полетов в космос, ограниченная по продолжительности или длительная, затем постоянная жизнь в ОКП и дальнем космосе (прогноз): Стратегия 1. Ограниченная экспансия. Ограничение длительности пребывания в космосе. Короткие полеты космических туристов в ОКП. Полеты экипажей, экспедиций в ОКП и на Луну, жизнь на станциях, базах до полугода. Стратегия 2. Безграничная экспансия. Массовые полеты космических туристов в ОКП. Увеличение количества и длительности полетов в ОКП и дальнем космосе. Создание новых станций в ОКП, точках либрации, баз на Луне. Освоение внеземных ресурсов. Экспедиции к Марсу и астероидам. Создание резервного человечества вне Земли, многопланетной цивилизации, колонизация Луны, Марса и др.	с 20-х гг. XXI в.	Обеспечение безопасности и жизнедеятельности в суборбитальных и орбитальных полетах на многоразовых кораблях и станциях в ОКП, в полетах на Луну, Марс и др. Наличие запасов и снабжение необходимыми ресурсами с Земли. Применение новых технологий: ИГ, активной защиты от радиации и др. для повышения уровня безопасности, улучшения условий, комфорта, качества жизни людей вне Земли. Создание новых космических биосфер. Замкнутые СЖО. Автономное производство энергии, воды, кислорода, пищи и др. на космических станциях, базах с использованием внеземных ресурсов. Экологизация. Переработка и использование отходов. Повышение автономности от Земли. Создание условий безопасной, достойной, полноценной жизни вне Земли как ПМЖ, для репродукции людей, развития социума, экспансии в дальний космос. Человек как многопланетный вид, «космоформирование живого» и др.

На XIV Международной научно-практической конференции «Пилотируемые полеты в космос» 17 ноября 2021 года в ЦПК имени Ю. А. Гагарина на вопрос автора: «Не пора ли менять парадигму: отбирать и готовить космонавтов как исследователей для освоения космоса, экспансии, возможной постоянной жизни в космическом пространстве?» — директор ИКИ РАН член-корреспондент РАН А. А. Петрукович ответил, что это не жизнь, все это нецелесообразно. Его поддержал исполнительный директор по пилотируемым космическим программам Роскосмоса, летчик-космонавт С. К. Крикалев: в космосе нет условий для такой жизни, надо жить на Земле, летать на ограниченные сроки, в основном на низкую околоземную орбиту, которую мы освоили и где закрепились, а в перспективе — отдельные полеты в дальний космос, на астероиды и т. д. Фактически они отвергли даже возможность безграничной экспансии [21].

Заметим, что в России выросло новое поколение космонавтов, они слетали и летают в космос, но не хотят его осваивать и отправиться туда на ПМЖ. Да, опасные факторы полетов ограничивают время пребывания людей в космосе. Необходимо использовать новые технологии, в том числе искусственную гравитацию, защиту от радиации, шумов и др., например, для профилактики в условиях длительной невесомости — центрифугу короткого радиуса, которая давно разработана в СССР и РФ, но в космосе все еще не применяется [8, 21]. Исследования и испытания новых технологий жизни в космосе для экспансии должны быть приоритетом и постоянной работой для космонавтов.

В докладе О. Ю. Атькова [26], других докладах и решениях собрания РАН в 2021 году не было инициатив по инновациям, новым технологиям для улучшения условий, повышения качества жизни людей в космосе. На XLVI Академических чтениях по космонавтике 25 января 2022 года генеральный конструктор РКК «Энергия», член-корреспондент РАН летчик-космонавт В. А. Соловьев заявил: «Постоянное пребывание человека на орбите высокочрезвычайно, необходимо продумывать новую философию пилотируемых полетов... систему посещаемых станций» [27].

Итак, в России не спешат переходить к новым технологиям для улучшения условий жизни людей в космосе. Вместо этого идет переход к политике и стратегии ограниченной экспансии. Начинают доминировать «беспилотная» идеология и политика, пилотируемой космонавтике уготована вторичная роль: проведение и обслуживание в космосе исследований и экспериментов, не направленных на экспансию. Это коррелирует с тем, что в обществе и космической отрасли нарастают критика пилотируемой космонавтики,

ощущение стагнации, тупика, особенно на фоне земных проблем [8, 21].

При этом в США активированы и реализуются идея устойчивого освоения космоса человеком и стратегия безграничной экспансии. В этом русле действуют ЕС, Япония и другие акторы [8, 18, 19, 21, 22].

В двух стратегиях экспансии в контексте перспектив в XXI веке есть общая необходимость и возможность перехода к новым технологиям для улучшения условий и качества жизни в космосе. Ключевую роль может сыграть начало массовых полетов людей в космос, развитие элитарного космического туризма — нового направления пилотируемых полетов, создание туристических отелей в ОКП [7, 8, 22]. Это приведет к росту спроса на безопасные и комфортные условия полетов, повышение качества жизни, затем повлияет на все стандарты, условия, качество жизни в космосе, будет способствовать ускорению экспансии.

3. КОНЦЕПЦИЯ КАЧЕСТВА ЖИЗНИ ЛЮДЕЙ В КОСМОСЕ

Методология «качества жизни» давно применяется в ООН, в мире, в том числе в РФ [24, 25].

Качество жизни — это «система единства духовных, интеллектуальных, материальных, социокультурных, экологических и демографических компонентов жизни... совокупность свойств жизни» [24, с. 21, 45], «многомерное понятие, охватывающее эмоциональное, физическое, материальное и социальное благополучие» (по: [25, с. 6]).

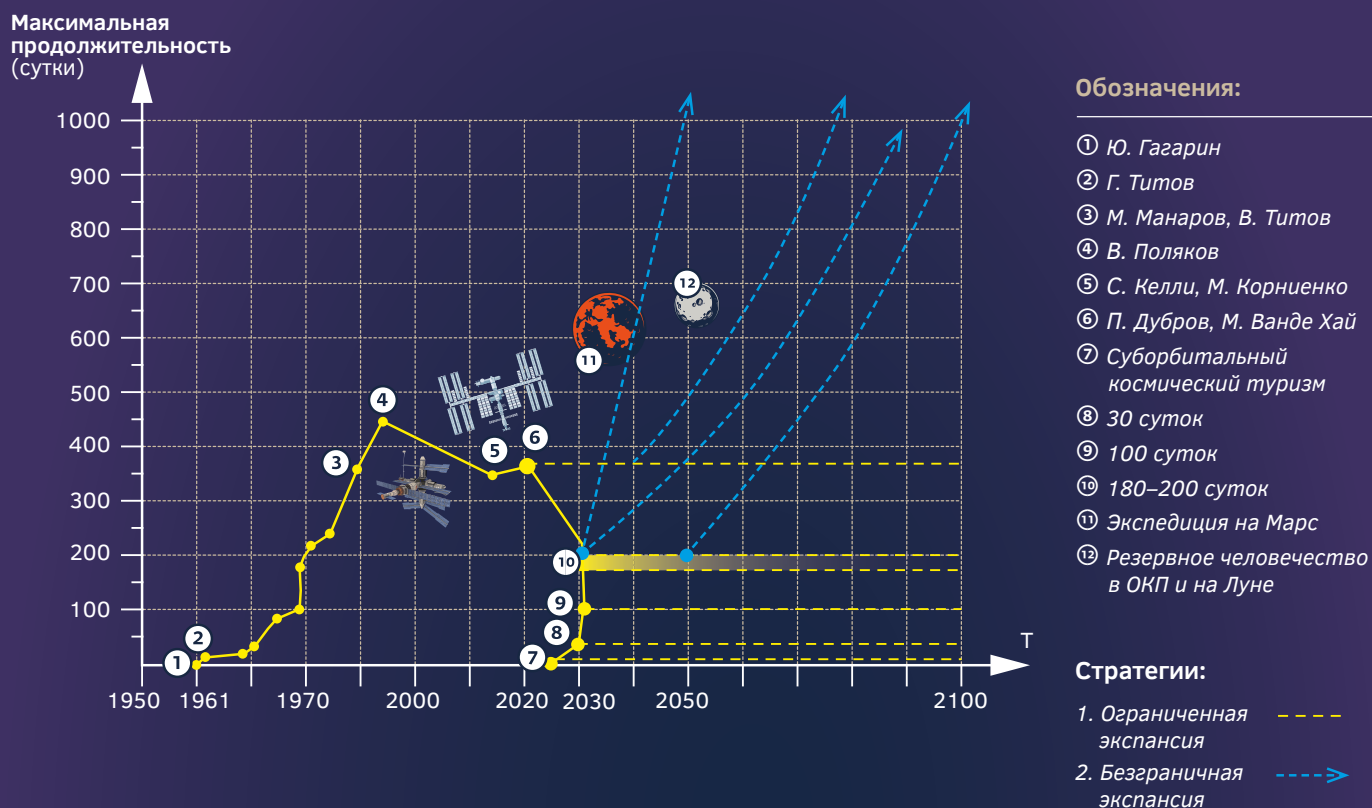
Мониторинг и оценка качества жизни применяются для стран, регионов, территорий, их населения, сообществ, групп людей. Существуют теории, методики, критерии, показатели (объективные и субъективные), опыт, статистика. Реализуется управление качеством жизни в целях минимизации рисков, удовлетворения потребностей, сохранения здоровья, перехода к устойчивому развитию и т. д.

Кратко изложим подход и нашу концепцию качества жизни в космосе, ее основания.

Качество жизни в космосе — система компонентов, совокупность свойств, аспектов (физических, социальных, социокультурных и др.) жизни сообществ людей вне Земли.

По аналогии с Землей целесообразно применять подход и концепцию качества жизни с учетом космических факторов. Для экспансии необходимо создать принципиально новые искусственные биосферы и реализовать в них сложный комплекс условий ПМЖ, с обеспечением высокого качества жизни для нового сообщества людей, социума. Структура, параметры качества жизни в космосе

Рис. 2. Максимальная продолжительность пребывания людей в космических полетах, жизни вне Земли в XX-XXI вв. и перспективы экспансии (Кричевский С.В., 2022)



В России не спешат переходить к новым технологиям для улучшения условий жизни людей в космосе. Вместо этого идет переход к политике и стратегии ограниченной экспансии. При этом в США активированы идея устойчивого освоения космоса человеком и стратегия безграничной экспансии.

будут отличаться от земных, отражать космическую специфику, ограничения. Речь идет о смене парадигмы экспансии в космос: человек должен жить в космосе не в минимально приемлемых, а в благоприятных и достойных условиях, по ряду аспектов аналогичных земным — «землеподобным», по некоторым — лучше земных.

Необходимы две стадии перехода к управлению качеством жизни в космосе:

1. Принять новые стандарты и внедрить новые технологии обеспечения безопасности, жизнедеятельности, «землеподобного» комфорта и качества жизни в полетах и жизни людей в ОКП.

2. Нормировать, обеспечивать и увеличивать продолжительность полетов в ОКП, целенаправленно и с опережением внедрять новые технологии, улучшая условия, повышая безопасность, комфорт, качество жизни при дальнейшей экспансии в космос.

Устойчивое освоение космоса человеком возможно при высоком и устойчивом качестве жизни вне Земли. Необходимо организовать исследования качества жизни людей в космосе с охватом сообщества космонавтов [7]. Большой интерес представляет сравнительный анализ качества жизни в космосе и на Земле. В перспективе предстоит создать, внедрить международные и национальные стандарты качества жизни в космосе.

Предлагается инициировать международный проект «Универсальный космический дом для полноценной жизни» под эгидой ООН в целях создания и испытания комплекса новых технологий в ОКП и на Луне. Россия может стать одним из акторов — лидеров проекта.

Проблему экспансии, создания новых условий, качества жизни в космосе можно решать и через «космоформирование живого», включая человека [22], киборгизацию и др. [6, 8], особенно для экспансии в дальний космос. Но все это связано с решением комплекса сложных правовых, биоэтических, медико-биологических, технических и других вопросов.

Речь идет о смене парадигмы экспансии в космос: человек должен жить в космосе не в минимально приемлемых, а в благоприятных и достойных условиях, по ряду аспектов аналогичных земным, по некоторым — лучше земных.

ВЫВОДЫ

1. Сделан общий анализ процесса освоения космоса человеком в парадигме экспансии. Выделены две основные стратегии, сделано их сравнение.
2. Представлены анализ, описание, периодизация истории пилотируемых полетов, эволюции технологий, условий, качества жизни людей в космосе в XX–XXI веках и перспектив.
3. Существует хроническое отставание технологий, среды обитания от комфортных условий и высокого качества жизни вне Земли. Это общая проблема для всех участников процесса освоения космоса человеком.
4. Для успешной и эффективной экспансии необходимы управление качеством жизни людей вне Земли, опережающее внедрение стандартов и технологий полноценной жизни в космосе. Впервые предложена концепция качества жизни людей вне Земли, изложены ее основания.
5. Целесообразно организовать исследования качества жизни людей в космосе.



Для успешной и эффективной экспансии необходимы управление качеством жизни людей вне Земли, опережающее внедрение стандартов и технологий полноценной жизни в космосе.

Литература

1. **Циолковский К.Э.** Вне Земли. Повесть. Калуга: Изд-во Калужского общества изучения природы и местного края, 1920. 118 с.
2. Космическая эра: прогнозы на 2001 год / Пер. с. англ. Под ред. В. С. Емельянова. М.: Мир, 1970. 420 с.
3. Мировая пилотируемая космонавтика (История. Техника. Люди) / Под ред. Ю. М. Батурина. М.: РТСофт, 2005. 752 с.
4. Космическая биология и медицина. В 5 тт. М.: Наука, 1994–2009.
5. Remembering the Space Age / Editor S. J. Dick. Washington, DC: NASA, 2008. 480 p.
6. Космонавтика XXI века: попытка прогноза развития до 2001 года / Под ред. академика РАН Б. Е. Чертока. М.: РТСофт, 2010. 864 с.
7. **Иванова Л. В., Кричевский С. В.** Сообщество космонавтов: история становления и развития. Проблемы. Перспективы / Предисловие В. П. Савиных. 2-е изд., испр. и доп. М.: ЛЕНАНД, 2021. 256 с.
8. **Кричевский С. В.** Перспективы освоения космоса человеком. Новые идеи, проекты, технологии. М.: ЛЕНАНД, 2021. 320 с.
9. **Шибанов Г. П.** Обитаемость космоса и безопасность пребывания в нем человека. М.: Машиностроение, 2007. 543 с.
10. International Space Station // NASA [Электронный ресурс]. URL: https://www.nasa.gov/mission_pages/station/main/index.html (Дата обращения: 05.04.2022).
11. Космонавт: Российский сегмент на МКС морально устарел [Электронный ресурс] // Взгляд. 2012. 20 сентября. URL: <https://vz.ru/news/2012/9/20/599034.html> (Дата обращения: 20.02.2022).
12. **Крючков Б. И., Усов В. М.** Освоение человеком экстремальной среды обитания // Воздушно-космическая сфера. 2019. № 1. С. 82–94. DOI: 10.30981/2587-7992-2019-98-1-82-94
13. **Krichevsky S., Levchenko V.** Human Life and Evolution in Biospheres on Earth and Outer Space: Problems and Prospects // Future Human Image. 2021. Vol. 15. Pp. 39–58. <https://doi.org/10.29202/fhi/15/4>
14. **Garrett-Bakelman F.E., Darshi M., Green S.J., Gur R.C. et al.** The NASA Twins Study: A multidimensional analysis of a year-long human spaceflight // American Association for the Advancement of Science. 2019. Vol. 364. Iss. 6436 [Электронный ресурс]. URL: <https://science.sciencemag.org/content/364/6436/eaau8650> (Дата обращения: 20.02.2022).
15. **da Silveira W.A., Fazelinia H., Rosenthal S.B., Laiakis E.C. et al.** Comprehensive Multi-omics Analysis Reveals Mitochondrial Stress as a Central Biological Hub for Spaceflight Impact // Cell. 2020. Vol. 183. Pp. 1185–1201. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2020.11.002>
16. **Trudel G., Shahin N., Ramsay T. et al.** Hemolysis contributes to anemia during long-duration space flight // Nature Medicine. 2022. Vol. 28(1). Pp. 59–62. <https://doi.org/10.1038/s41591-021-01637-7>
17. **Ушаков И. Б.** Космос. Радиация. Человек (Радиационный барьер в межпланетных полетах). М.: Научная книга, 2021. 352 с.
18. Сайт Asgardia – The Space Nation [Электронный ресурс]. URL: <https://asgardia.space/> (Дата обращения: 20.02.2022).
19. **Musk E.** Making Humans a Multi-Planetary Species // New Space. 2017. Vol. 5. № 2. <https://doi.org/10.1089/space.2017.29009.emu>
20. **Кричевский С. В.** Резервное человечество // Воздушно-космическая сфера. 2021. № 3. С. 22–31. DOI: 10.30981/2587-7992-2021-108-3-22-31
21. **Кричевский С. В.** Почему космонавты не хотят осваивать космос // Независимая газета. «НГ-Наука». 2021. 08 декабря.
22. **Веденеева Н.** Предложена неожиданная схема спасения человечества: отправить в космос все заводы // Московский комсомолец. 2021. 09 августа.
23. **Rozin V.** Particularities and Nature of Space Projects: Engineering or Social Architecture? // Philosophy and Cosmology. 2022. Vol. 28. Pp. 93–106. <https://doi.org/10.29202/phil-cosm/28/8>
24. **Субетто А. И.** Теория качества жизни / Под науч. ред. А. А. Горбунова. СПб.: Астерион; 2017. 280 с.
25. **Зубец А. Н.** Российские и международные подходы к измерению качества жизни. М.: Финансовый университет при Правительстве РФ, 2020. 112 с. [Электронный ресурс]. URL: http://www.fa.ru/science/index/SiteAssets/Pages/Zubets_Pubs/LQ_B_2020.pdf (Дата обращения: 20.02.2022).
26. **Атьков О. Ю.** Отечественные инновации в медицинском обеспечении космических полетов // Научная Россия. Общее собрание членов РАН. День 2 (4:17:49). 21.04.2021. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=7ToRfkVArG0> (Дата обращения: 23.02.2022).
27. В Роскосмосе представили новые эскизы Российской орбитальной станции // Телеканал «Наука». 2022. 25 января [Электронный ресурс]. URL: https://naukatv.ru/news/v_roskosmose_predstavili_novye_eskizy_rossijskoj_orbitalnoj_stantsii (Дата обращения: 20.02.2022).



References

1. **Tsiolkovskiy K.E.** Vne Zemli. Povest'. Kaluga, Izdatel'stvo Kaluzhskogo obshchestva izucheniya prirody i mestnogo kraya, 1920. 118 p.
2. Kosmicheskaya era: prognozy na 2001 god. Ed. V. S. Emel'yanov. Moscow, Mir, 1970. 420 p.
3. Mirovaya pilotiruemaya kosmonavtika (Istoriya. Tekhnika. Lyudi.). Ed. Yu. M. Baturin. Moscow, RTSOft, 2005. 752 p.
4. Kosmicheskaya biologiya i meditsina. Moscow, Nauka, 1994–2009.
5. Remembering the Space Age. Ed. S. J. Dick. Washington, DC: NASA, 2008. 480 p.
6. Kosmonavtika XXI veka: popytka prognoza razvitiya do 2001 goda. Ed. B. E. Chertok. Moscow, RTSOft, 2010. 864 p.
7. **Ivanova L.V., Krichevskiy S.V.** Soobshchestvo kosmonavtov: istoriya stanovleniya i razvitiya. Problemy. Perspektivy. 2nd ed. Moscow, LENAND, 2021. 256 p.
8. **Krichevskiy S.V.** Perspektivy osvoeniya kosmosa chelovekom. Novye idei, proekty, tekhnologii. Moscow, LENAND, 2021. 320 p.
9. **Shibanov G.P.** Obitaemost' kosmosa i bezopasnost' prebyvaniya v nem cheloveka. Moscow, Mashinostroenie, 2007. 543 p.
10. International Space Station. NASA. Available at: https://www.nasa.gov/mission_pages/station/main/index.html (Retrieval date: 05.04.2022).
11. Kosmonavt: Rossiyskiy segment na MKS moral'no ustarel. Vzgl'yad, 2012, September 20. Available at: <https://vz.ru/news/2012/9/20/599034.html> (Retrieval date: 20.02.2022).
12. **Kryuchkov B.I., Usov V.M.** Osvoenie chelovekom ekstremal'noy sredy obitaniya. Vozdushno-kosmicheskaya sfera, 2019, no. 1, pp. 82–94. DOI: 10.30981/2587-7992-2019-98-1-82-94
13. **Krichevsky S., Levchenko V.** Human Life and Evolution in Biospheres on Earth and Outer Space: Problems and Prospects. Future Human Image, 2021, vol. 15, pp. 39–58. <https://doi.org/10.29202/fhi/15/4>
14. **Garrett-Bakelman F.E., Darshi M., Green S.J., Gur R.C. et al.** The NASA Twins Study: A multidimensional analysis of a year-long human spaceflight. American Association for the Advancement of Science, 2019, vol. 364, iss. 6436. Available at: <https://science.sciencemag.org/content/364/6436/eaau8650> (Retrieval date: 20.02.2022).
15. **da Silveira W.A., Fazelinia H., Rosenthal S.B., Laiakis E.C. et al.** Comprehensive Multi-omics Analysis Reveals Mitochondrial Stress as a Central Biological Hub for Spaceflight Impact. Cell, 2020, vol. 183, pp. 1185–1201. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2020.11.002>
16. **Trudel G., Shahin N., Ramsay T. et al.** Hemolysis contributes to anemia during long-duration space flight. Nature Medicine, 2022, vol. 28(1), pp. 59–62. <https://doi.org/10.1038/s41591-021-01637-7>
17. **Ushakov I. B.** Kosmos. Radiatsiya. Chelovek (Radiatsionnyy bar'er v mezplanetnykh poletakh). Moscow, Nauchnaya kniga, 2021. 352 p.
18. Asgardia – The Space Nation. Available at: <https://asgardia.space/> (Retrieval date: 20.02.2022).
19. **Musk E.** Making Humans a Multi-Planetary Species. New Space, 2017, vol. 5, no. 2. <https://doi.org/10.1089/space.2017.29009.emu>
20. **Krichevskiy S.V.** Rezervnoe chelovechestvo. Vozdushno-kosmicheskaya sfera, 2021, no. 3, pp. 22–31. DOI: 10.30981/2587-7992-2021-108-3-22-31
21. **Krichevskiy S.V.** Pochemu kosmonavty ne khotyat osvivaat' kosmos. Nezavisimaya gazeta, "NG-nauka", 2021, December 08.
22. **Vedeneeva N.** Predlozheniya neozhidannaya skhema spaseniya chelovechestva: otpravit' v kosmos vse zavody. Moskovskiy komsomolets, 2021, August 09.
23. **Rozin V.** Particularities and Nature of Space Projects: Engineering or Social Architecture? Philosophy and Cosmology, 2022, vol. 28, pp. 93–106. <https://doi.org/10.29202/phil-cosm/28/8>
24. **Subetto A.I.** Teoriya kachestva zhizni. Ed. A. A. Gorbunov. Saint Petersburg, Asterion, 2017. 280 p.
25. **Zubets A.N.** Rossiyskie i mezhdunarodnye podkhody k izmereniyu kachestva zhizni. Moscow, Finansovyy universitet pri Pravitel'stve RF, 2020. 112 p. Available at: http://www.fa.ru/science/index/SiteAssets/Pages/Zubets_Pubs/LQ_B_2020.pdf (Retrieval date: 20.02.2022).
26. **At'kov O.Yu.** Otechestvennyye innovatsii v meditsinskom obespechenii kosmicheskikh poletov. Nauchnaya Rossiya. Obshchee sobranie chlenov RAN. Den' 2. (4:17:49). 2021. April 21. Available at: <https://www.youtube.com/watch?v=7ToRfKvArG0> (Retrieval date: 23.02.2022).
27. V Roskosmose predstavili novye eskizy Rossiyskoy orbital'noy stantsii. Telekanal "Nauka", 2022, January 25. Available at: https://naukatv.ru/news/v_roskosmose_prestavili_novye_eskizy_rossijskoj_orbitalnoj_stantsii (Retrieval date: 20.02.2022).

© Кричевский С.В., 2022

История статьи:

Поступила в редакцию: 31.01.2022

Принята к публикации: 07.03.2022

Модератор: Плетнер К.В.

Конфликт интересов: отсутствует

Для цитирования:

Кричевский С.В. Пора наладить жизнь людей вне Земли // Воздушно-космическая сфера. 2022. № 1. С. 6 – 17.

FLIGHTS TO MARS AND BACK WITHOUT REFUELING WITH MARTIAN FUEL

ПОЛЕТЫ К МАРСУ И ОБРАТНО БЕЗ ДОЗАПРАВКИ МАРСИАНСКИМ ТОПЛИВОМ

Автор рисунков — Александр Майборода
Графика — Дмитрий Анисимов

The author of the drawings — Alexander Mayboroda
Drawing graphics — Dmitry Anisimov

Alexander O. MAYBORODA,
member of SpaceNet NTI working group,
CEO, AVANTA-Consulting research company,
Rostov-on-Don, Russia,
mayboro@gmail.com



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

ABSTRACT | The Testudo project solves the problem of protecting the crew of interplanetary spacecraft from space radiation during slow, long and medium-speed flights. These flights are energetically more profitable than fast shuttle flights, which require organizing the production of fuel on the surface of Mars from local resources. New possibilities are being considered for increasing the carrying capacity of reusable interplanetary spacecraft, including the possibility of flying to Mars and back without refueling. Such shuttle flights are important at the first stage of the creation of a Martian colony, when the production of fuel from local resources hasn't been organized yet.

Keywords: *Mars colonization, Starship, shuttle flights, rocket fuel from Martian resources, space radiation protection, airbreathing, Testudo project, Goman trajectory*

АННОТАЦИЯ | Проект Testudo решает проблему защиты экипажа межпланетных кораблей от космической радиации при медленных, длительных и среднескоростных полетах. Данные полеты энергетически выгодней, чем схемы быстрых челночных перелетов, требующие организации производства топлива на поверхности Марса из местных ресурсов. Рассматриваются новые возможности увеличения грузоподъемности многоразовых межпланетных кораблей, в том числе возможность совершения полетов к Марсу и обратно без дозаправки топливом. Такие челночные перелеты важны на первом этапе создания марсианской колонии, когда еще не налажено производство топлива из местных ресурсов.

Ключевые слова: колонизация Марса, Starship, челночные полеты, ракетное топливо из марсианских ресурсов, защита от космической радиации, аэробрейкинг, проект Testudo, траектория Гомана

ВВЕДЕНИЕ

Текущие планы доставки колонистов на Марс декларируют быстрые перелеты по коротким траекториям — в течение трех-четырех месяцев. Основная причина выбора быстрых перелетов — космическое излучение, галактическое и солнечное, длительное воздействие которого смертельно. Это очень энергоемкие траектории, опасные на финишном участке — торможении в марсианской атмосфере. Для возвращения кораблей на Землю требуется дозаправка топливом, произведенным из марсианских ресурсов. На создание добывающей и производящей топливо инфраструктуры, а также посадочно-стартового комплекса потребуется время, а это вызовет проблемы на первом этапе доставки грузов и пассажиров на Марс.

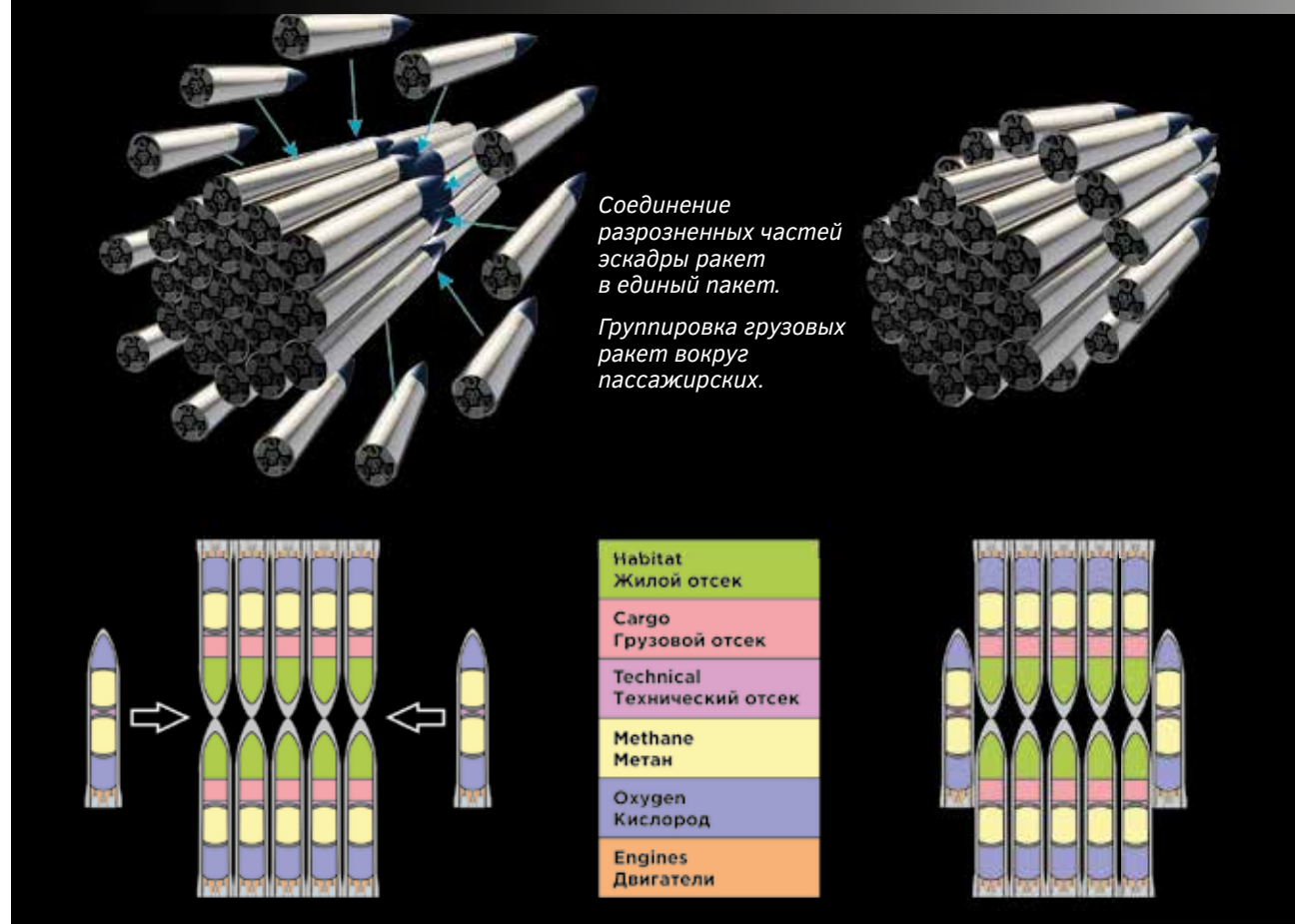
Без создания топливной инфраструктуры и космодрома корабли не могут возвращаться, то есть становятся по факту одноразовыми, что удорожает создание обеспечивающей инфраструктуры.

ПОЛЕТЫ К МАРСУ И ОБРАТНО БЕЗ ДОЗАПРАВКИ ТОПЛИВОМ НА ПОВЕРХНОСТИ МАРСА ВОЗМОЖНЫ.

Желательно на первом этапе колонизации Марса иметь возможность совершения челночных полетов без дозаправки топливом на Марсе. Такая возможность существует, и она рассматривается в настоящем исследовании.

Полеты к Марсу и обратно без дозаправки топливом на поверхности Марса, только на основе горючего, полученного из заправочных депо на орбите Земли, возможны в случае полетов по малозатратным медленным траекториям, близким по конфигурации к траектории Го-мана, длительностью от шести до девяти месяцев. Сейчас, при планировании экспедиций на Марс, такие траектории не рассматриваются из-за опасности длительного пребывания

Рис. 1. Принцип создания защиты от радиации из кораблей эскадры



вания в межпланетном пространстве, которое пронизывается потоками тяжелых частиц от галактических источников и солнечных протонов. Современные корабли не способны обеспечить полную защиту от космической радиации, и при длительном полете к Марсу члены экипажа получат заболевания, влекущие инвалидность и / или смерть. Поэтому в планах компании SpaceX, основного инициатора разработок марсианских проектов, рассматриваются только быстрые перелеты, порядка нескольких месяцев, несмотря на то, что энергетически они невыгодны и сопряжены с высоким риском в процессе торможения в атмосфере Марса.

Проблема защиты экипажа от космической радиации при длительных полетах решается в проекте Testudo. Принцип защиты, реализованный в проекте, изображен на *рис. 1*. Проект является рационализацией процесса отправки межпланетных кораблей во время пускового окна — вместо поочередной отправки кораблей, согласно планам SpaceX, предложена группировка эскадры в плотный рой, в сердцевине которого размещаются пассажирские, а по краям — грузовые корабли, что обеспечивает с избытком защиту от радиации многометровым слоем ракетного топлива [1, с. 36–37]. Проект Testudo создает новые возможности для сокращения затрат ракетного топлива, повышения грузоподъемности и пассажировместимости ракет и сокращения рисков при посадке на Марс. Новые возможности рассматриваются в настоящем исследовании.

НЕТ НЕОБХОДИМОСТИ В ПОСАДКЕ НА МАРС ВСЕЙ ЭСКАДРЫ – БОЛЬШАЯ ЧАСТЬ КОРАБЛЕЙ МОЖЕТ ОСТАВАТЬСЯ НА ОРБИТЕ, А ДЛЯ ДОСТАВКИ ПАССАЖИРОВ НА МАРС ЦЕЛЕСООБРАЗНО ИСПОЛЬЗОВАТЬ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ ПОСАДОЧНЫЕ КОРАБЛИ.

ТРИ СПОСОБА УВЕЛИЧЕНИЯ ПОЛЕЗНОЙ НАГРУЗКИ И ЗАПАСОВ ТОПЛИВА МЕЖПЛАНЕТНЫХ КОРАБЛЕЙ

Компания SpaceX — основной генератор проектов по организации недорогих регулярных полетов пассажирских кораблей между Землей и Марсом. Именно поэтому SpaceX является основным источником новейших сведений по теме межпланетных перелетов на основе многоразовых кораблей Starship.

Концепция SpaceX имеет следующий вид. Корабль стартует с околоземной орбиты с максимально возможной скоростью, чтобы до минимума сократить время перелета. «Из межпланетного пространства корабль входит в атмосферу, либо переходя затем на орбиту, либо переходя непосредственно к посадке. Аэродинамические силы обеспечивают большую часть замедления, затем три центральных двигателя Raptor выполняют финальную посадку. Используя свою аэродинамическую подъемную силу и передовые материалы теплозащитного экрана, корабль может снижать скорость при входе со скоростью, превышающей 8,5 км/с на Марсе и 12,5 км/с на Земле. Перегрузки (относительно Земли) во время входа составляют примерно 4–6 g на Марсе и 2–3 g на Земле. Нагрев находится в пределах возможностей материалов теплозащитного экрана семейства PICA, используемых на космическом корабле Dragon» [2, с. 38].

В другом документе говорится о меньшей скорости входа в атмосферу. «Starship войдет в атмосферу Марса со скоростью 7,5 км/с и замедлится аэродинамически. Теплозащитный экран транспортного средства спроектирован таким образом, чтобы выдерживать многократные проникновения, но, учитывая, что транспортное средство входит в марсианскую атмосферу очень горячим, мы все же ожидаем увидеть некоторое разрушение теплового экрана (аналогично износу тормозной колодки)» [3].

Таблица 1. Время полета на Марс при скоростном перелете

Год	Время в пути (сут.)	Год	Время в пути (сут.)
2020	90	2031	110
2022	120	2033	90
2024	140	2035	80
2027	150	2037	100
2029	140	В среднем	113

В любом случае перелеты пассажирских кораблей характеризуются высокой скоростью входа в атмосферу Марса — значительно превышающей 7,5–8,5 км/с. Это обусловлено выбором быстрых траекторий перелета, чтобы сократить до минимума радиационную нагрузку на пассажиров, поскольку SpaceX не видит возможностей для создания кораблей с эффективной защитой от радиации.

В табл. 1 приведены расчетные сроки достижения Марса, основанные на возможностях корабля Starship при старте с опорной околоземной орбиты при полностью заправленных топливных баках. Среднее время в пути — 113 суток.

Скорость отлета больше 12,5 км/с. Соответственно, весь запас топлива без остатка расходуется на высокоскоростной перелет с посадкой. Для возвращения корабля на Землю требуется дозаправка корабля на Марсе. «Для полета на Марс и последующего возвращения на Землю система потребует организации производства топлива на поверхности Марса из местных ресурсов» [4]. Таким образом, сокращение до минимума времени перелета — это не самоцель, а способ сокращения получаемой дозы об-

лучения. Энергетические издержки этого способа велики — сокращение грузоподъемности и соответственно увлечение удельных издержек на перелет, увеличение риска катастрофы при торможении в атмосфере Марса.

Проект Testudo позволяет осуществлять полеты к Марсу с меньшими скоростями по энергетически выгодным траекториям и, соответственно, с большим количеством грузов и меньшим риском при посадке из-за меньшей скорости посадки и / или выхода на околомарсианскую орбиту.

В табл. 2 и 3 приведены значения скоростей входа в атмосферу Марса или выхода на низкую круговую орбиту и отлета с опорной околоземной орбиты в зависимости от выбранной длительности перелета в сутках. Согласно условиям, принятым для расчетов, при перелете продолжительностью 113–116 суток максимальная скорость сближения корабля с Марсом составляет 9–11,5 км/с. При полете продолжительностью 232–245 суток скорость подлета составляет 5,7–5,8 км/с. Это значит, что термическая и силовая нагрузка на аэродинамический экран при торможении для медленного перелета в 2,5–4 раза меньше быстрого, что создает во столько же раз

Таблица 2. Продолжительность перелета в модели с усредненными параметрами орбит Земли и Марса

Время перелета, дни	Скорость на высоте 200 км околоземной орбиты, км/с	Скорость входа на высоте 80 (500) км от поверхности Марса, км/с	Время перелета, дни	Скорость на высоте 200 км околоземной орбиты, км/с	Скорость входа в атмосферу Марса на высоте 80 км, км/с
258	11,3979	5,63 (5,39)	92	13,6	15,1
245	11,4	5,65 (5,41)	89	13,8	15,5
179	11,538	7,0 (6,8)	87	14	16
168	11,6	7,5	85	14,2	16,5
150	11,75	8,5	83	14,4	16,9
146	11,8	8,8	81	14,6	17,3
138	11,9	9,3	80	14,8	17,7
132	12	9,8	78	15	18,1
123	12,2	10,7	77	15,2	18,5
119	12,3	11,1	76	15,4	18,9
116	12,4	11,5	74	15,6	19,3
110	12,6	12,2	73	15,8	19,6
105	12,8	12,9	72	16	20
101	13	13,5	71	16,2	20,3
98	13,2	14	70	16,4	20,7
95	13,4	14,6	69	16,5	20,8

Таблица 3. Продолжительность перелета в модели периода великого противостояния Земли и Марса

Время перелета, дни	Скорость на высоте 200 км околоземной орбиты, км/с	Скорость входа на высоте 500 км от поверхности Марса, км/с	Время перелета, дни	Скорость на высоте 200 км околоземной орбиты, км/с	Скорость входа на высоте 500 км от поверхности Марса, км/с
231,5	11,252	5,779	92,8	12,4	11,494
152,8	11,4	7,088	90,6	12,5	11,795
137,5	11,5	7,763	88,6	12,6	12,084
127,3	11,6	8,341	86,7	12,7	12,363
119,7	11,7	8,853	85,0	12,8	12,632
116,5	11,75	9,090	83,5	12,9	12,893
113,7	11,8	9,316	82,0	13	13,146
108,8	11,9	9,740	80,6	13,1	13,393
104,7	12	10,134	79,3	13,2	13,633
100,5	12,12	10,573	78,1	13,3	13,867
98,0	12,2	10,850	76,9	13,4	14,096
95,3	12,3	11,179	75,9	13,5	14,319

лучшие условия для торможения корабля и безопасной доставки пассажиров.

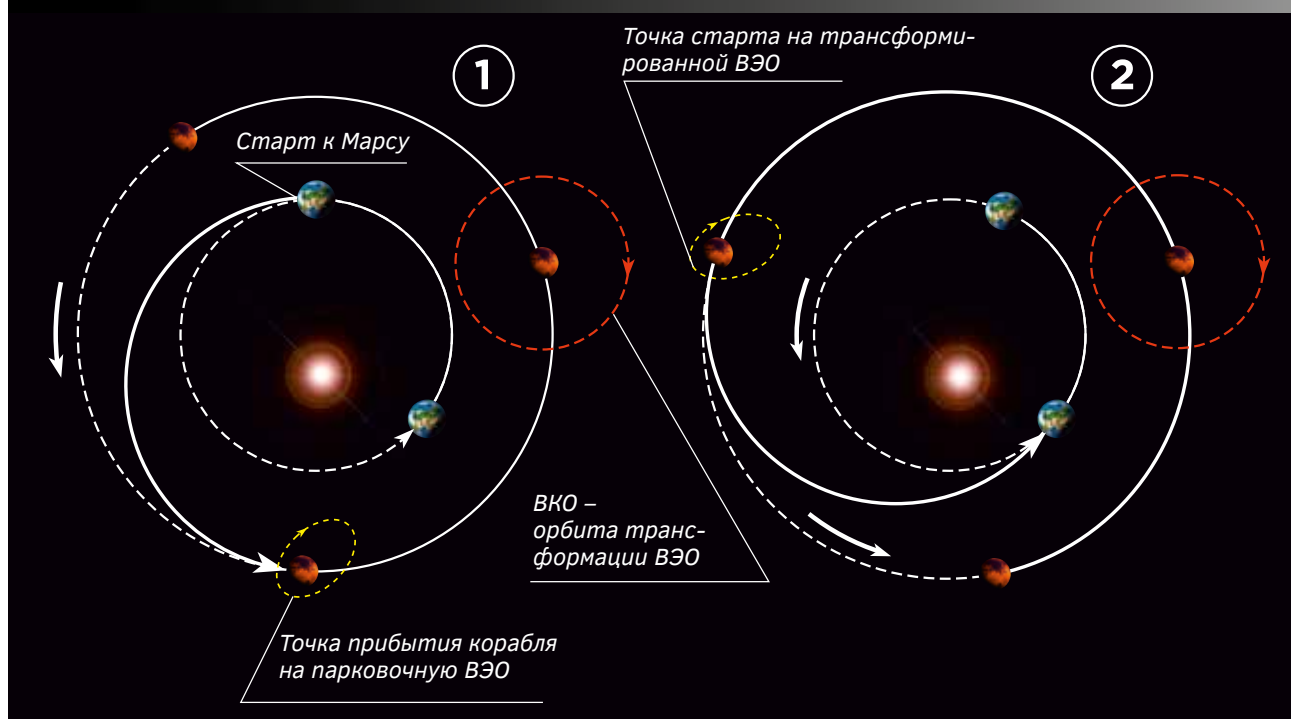
Условие, при котором эскадра Starship сохраняет запас топлива, достаточный для возвращения на околоземную орбиту, предполагает исключение посадки большей части кораблей эскадры на Марс, а также отсутствие грузов и пассажиров на борту возвращаемых к Земле кораблей. Это условие выполняется, так как на первом этапе колонизации пассажиры и грузы будут перемещаться только в одном направлении — от Земли на Марс.

Нет также необходимости в посадке на Марс всей эскадры — большая часть кораблей может оставаться на орбите, а для доставки пассажиров на Марс целесообразно использовать специализированные посадочные корабли. Для этих целей подходит вариант Starship, который разработан для суборбитальных межконтинентальных полетов на Земле, и / или вариант для челночных полетов на Луну с околоземной орбиты — Starship Lunar lander. Межконтинентальный вариант Starship имеет около 850 посадочных мест, тогда как корабли межпланетной эскадры имеют пассажировместимость около 100 человек на корабль. Таким образом, на каждые восемь межпланетных кораблей в составе эскадры приходится один взлетно-посадочный корабль. Посадку и возвращение на орбиту челнок способен совершать с запасом топлива, полученным на околоземной орбите. Взлетно-посадочные

челноки не обязательно возвращать на околоземную орбиту для обслуживания. Достаточно, чтобы последующие экспедиции доставляли запасы топлива для челноков, припаркованных на околомарсианской орбите. Предполагается, что жилые модули доставляются на Марс отдельно в одноразовых капсулах, использующих аэродинамическое торможение.

Дополнительными, но не обязательными условиями являются следующие. Разгон кораблей при выводе на межпланетную траекторию от Земли к Марсу должен осуществляться межорбитальным бустером. После осуществления разгона бустер тормозится ЖРД и возвращается на околоземную орбиту, и полет к Марсу совершает полностью заправленный топливом Starship. Возвращение Starship от Марса к Земле должно производиться на высокую эллиптическую орбиту (ВЭО), к примеру, с апогеем на высоте около границы сферы действия Земли.

ПРИРОСТ МАССЫ ПОЛЕЗНОГО ГРУЗА ПОКРЫВАЕТ ПОТРЕБНОСТИ В ТОПЛИВЕ ДЛЯ ПОСАДОЧНЫХ КОРАБЛЕЙ, ВЫСАЖИВАЮЩИХ ПАССАЖИРОВ НА МАРС С ПОСЛЕДУЮЩИМ ВОЗВРАЩЕНИЕМ НА ОРБИТУ.

Рис. 2. Схема выхода корабля на ВЭО и ее трансформации для старта к Земле


Соблюдение указанных условий обеспечивает запас топлива, достаточный не только для возвращения, но и для получения тормозного импульса при переходе с межпланетной траектории на околопланетные орбиты (Марса и Земли) за счет ЖРД, а не за счет теплозащитного аэродинамического щита. Торможение двигателями имеет более высокую степень надежности по сравнению с аэродинамическим торможением, так как незначительные дефекты теплозащитного покрытия, полученные от космического мусора на околоземной орбите, способны привести к катастрофе, тогда как большое количество ЖРД при отказе некоторого их числа обеспечивает высоконадежное резервирование.

Переход на круговую орбиту, высотой 500 км от марсианской поверхности, согласно табл. 2 и 3, при продолжительности перелета в 245 суток дает скорость входа, равную 5,41 км/с, а в течение 232 суток — 5,78 км/с. На этой круговой орбите скорость равна 3,32 км/с, что требует выдачи двигателями тормозного импульса величиной 2,09–2,46 км/с, что заведомо ниже характеристической скорости Starship с полностью заправленными баками и полезной нагрузкой в 100 т.

Возвращение корабля к Земле требует незначительного запаса топлива из-за отсутствия по-

лезной нагрузки. На околоземную ВЭО необходимо вернуть 120 т сухой массы корабля. Запас топлива для возвращения — 161–190 т, согласно уравнению К. Э. Циолковского. Данный запас топлива обеспечивает сход с околомарсианской круговой орбиты на траекторию возвращения, получение импульса коррекции в 0,554 км/с (в среднем) для перехода на линии узлов из плоскости орбиты Марса в плоскость орбиты Земли, и импульса в 0,482 км/с для перехода с межпланетной траектории на ВЭО Земли.

В результате сокращения затрат скорости корабля масса груза, доставляемого на Марс, увеличивается со 100 до 506–572 т. С учетом запаса топлива на возвращение корабля, 161–190 т, масса груза, доставляемого на Марс, увеличивается в три — четыре раза — до 316–411 т. Расчет верен при следующих параметрах корабля: удельный импульс ЖРД — 3,679 км/с; сухая масса корабля — 120 т; характеристическая скорость (Земля — Марс) — 2,644–3,014 км/с; характеристическая скорость (Марс — Земля) — 3,126–3,496 км/с.

Прирост массы полезного груза покрывает потребности в топливе для посадочных кораблей, высаживающих пассажиров на Марс с последующим возвращением на орбиту. На один челнок требуется минимум 1200 т топлива. Это обеспе-

чивается запасами от восьми кораблей по 150 т на каждом. Поскольку прирост массы грузов равен 316–411 т, то создается резерв для второй заправки в 166–261 т. Таким образом, прирост массы полезного груза на Starship позволяет увеличить массу топлива для двукратной заправки челноков и осуществления двойных рейсов.

Имеются другие возможности дополнительного увеличения массы полезной нагрузки Starship. Выгодно выводить корабль не на низкую круговую орбиту за счет торможения тягой ЖРД, а на ВЭО с последующим поэтапным преобразованием в круговую орбиту за счет аэробрейкинга. Осуществление аэробрейкинга не требует использования на корабле специального теплозащитного покрытия, поскольку реализуется при слабых термодинамических нагрузках на корпус корабля. Выигрыш состоит в том, что сокращается расход топлива на маневр перехода от межпланетной траектории к околопланетной орбите.

При выходе корабля с межпланетной траектории на ВЭО с апоцентром на расстоянии 578 тыс. км и перигентром на расстоянии

3889,5 км (высота от поверхности — 200 км) его скорость в перигентре ВЭО равна 4,87 км/с при скорости входа 5,58–5,94 км/с. Тормозной импульс в рассматриваемых двух случаях получает следующие значения:

$$5,58 - 4,87 = 0,71 \text{ (км/с);}$$

$$5,94 - 4,87 = 1,07 \text{ (км/с).}$$

В результате характеристическая скорость полета к Марсу уменьшается с 2,644–3,014 км/с до 1,264–1,624 км/с. Однако 0,096 км/с добавляется в связи с импульсом перехода на низкую круговую орбиту после аэробрейкинга. Соответственно, сокращается расход топлива, и масса полезной нагрузки увеличивается до 793–887 т. За вычетом 168–199 т, запаса топлива для обратного полета, масса полезной нагрузки, доставленной на Марс, составит 595–719 т вместо 100 т при полетах по быстрой траектории.

Сброс пассажирских челноков и грузовых капсул должен производиться в момент перехода корабля с межпланетной траектории на ВЭО. Иначе пассажирам придется ждать посадки 55 суток — времени полного оборота корабля по такой орбите.

Рис. 3. Схема перехода с ВЭО прибытия на ВКО и перелета на ВЭО отбытия

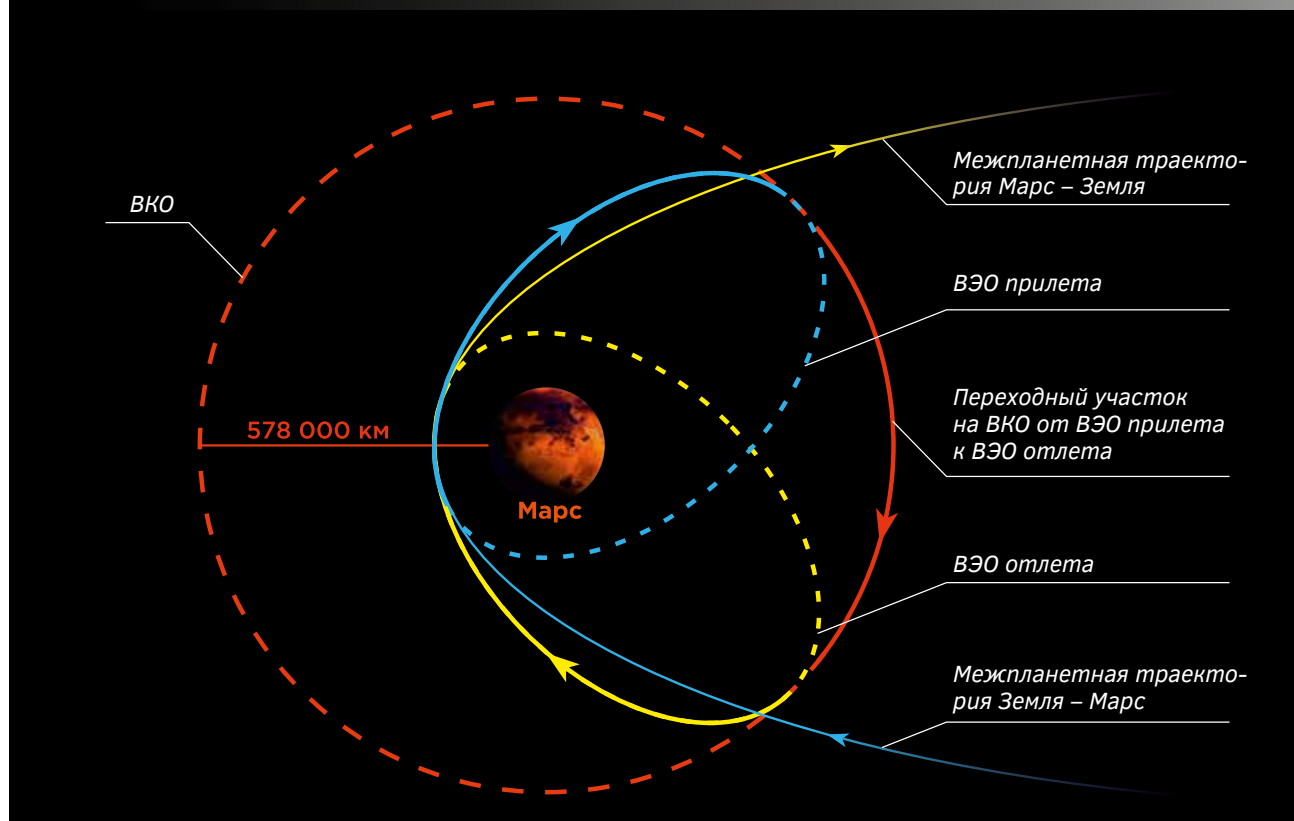


Рис. 4. Конструкция газосборного устройства для аэробрейкинга с накоплением CO_2

Корабль с газосборным устройством в кормовой части на основе модифицированных сопел ЖРД

Ракета на основном участке полета до установки газосборного устройства →

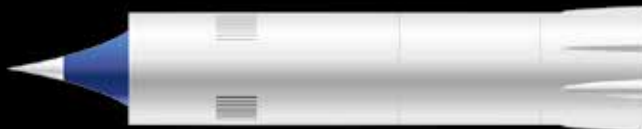
Единый ЖРД с установленным в сопло газосборным устройством →

Газосборное устройство в собранном виде, перед установкой на корму при подлете к перигею ВЭО →

Ракета с газосборными вкладышами-насадками на блоке ЖРД в рабочем положении полета кормой вперед →

Основное применение – утилизация кинетической энергии грузов корабля в процессе аэробрейкинга при доставке грузов на низкую орбиту

Корабль с газосборным устройством в головной части



Может применяться также для систематической утилизации кинетической энергии балласта из реголита Фобоса и Деймоса

В перспективе способ с аэробрейкингом может быть дополнен технологией использования кинетической энергии кораблей для захвата и накопления CO_2 из атмосферы Марса. Захват атмосферных газов может производиться головным гиперзвуковым диффузором или модифицированными соплами неработающих ЖРД при полете кораблей кормой вперед. Газ сжимается, поступает в баки, свободные от топлива, остывает и сжимается системой охлаждения. Затем CO_2 за счет процесса Сабатье и электролиза (300 кВт) преобразуется бортовой установкой в метан и кислород. В случае использования грузовых кораблей до разгрузки их начальная масса на ВЭО равна 913–1007 т, а после аэробрейкинга с накоплением масса вырастет до 1286–1419 т, согласно расчетам на основе уравнений неупругого столкновения. Прирост массы составит 373–412 т, и 95% прироста преобразуется в 136–150 т CH_4 и 271–300 т O_2 при наличии на борту запаса 34–37,5 т водорода. Времени для преобразования достаточно — до 454 дней ожидания обратного отлета.

В пятипроцентном остатке содержится 2,7% азота. На его основе может быть получено перспективное горючее — дициан (C_2N_2), которое с учетом окислителя дает ракетное топливо в количестве 41,7–46,1 т. Его производство не связано с безвоз-

вратным потреблением водорода, поэтому его производство перспективно не только и не только на орбите Марса, но прежде всего на его поверхности.

Рассмотренным примером с аэробрейкингом не ограничиваются варианты повышения эффективности перелета. Выгоден вариант парковки кораблей не на НКО, а на ВЭО. Без специальных маневров старт с ВЭО для возвращения на Землю невозможен — большая ось эллипса не будет иметь нужного положения. Однако существует возможность перехода корабля на новую ВЭО с необходимым положением при малых энергетических затратах. На рис. 2 показана принципиальная схема выхода корабля на ВЭО Марса и старта с нее к Земле.

Исходные данные для расчета межорбитального маневрирования:

- Апоцентр марсианской ВЭО — 578 тыс. км.
- Перигей орбиты марсианской ВЭО — 3889,5 км.
- Скорость корабля в апоцентре орбиты — 0,0315 км/с.
- Скорость корабля в перигее орбиты — 4,677 км/с.

- Период обращения корабля по ВЭО — 55 сут.
- Большая полуось ВКО — 578 тыс. км.
- Скорость корабля на ВКО — 0,272 км/с.
- Период обращения корабля по ВКО — 154 сут.

Требуемая коррекция возможна в апоцентре ВЭО. На расстоянии 578 тыс. км скорость корабля равна 0,031 м/с. Скорость корабля на высокой круговой орбите (ВКО) на таком же расстоянии — 0,272 км/с. Переход с ВЭО на ВКО возможен при импульсе ЖРД в 0,241 км/с. Перемещение корабля по ВКО обеспечивает занятие нужной позиции для перехода на новую ВЭО с требуемыми параметрами. Соответственно, для ухода с ВКО на новую ВЭО требуется тормозной импульс ЖРД тоже в 0,241 км/с. В сумме затраты скорости составляют 0,482 км/с. Однако теперь для старта к Земле из перицентра ВЭО требуется скорость 2,251–2,621 км/с вместо 3,222–3,592 км/с. Это приводит к сокращению запаса топлива на возвращение до 101–125 т. В результате масса полезного груза увеличивается до 660–780 т.

При возвращении челноков имеющийся запас топлива обеспечивает выход только на низкую круговую орбиту (НКО). Поэтому для их возвращения в состав эскадры необходимо вывести на НКО Марса корабли-заправщики.

Принципиальная схема маневрирования между ВЭО и ВКО показана на рис. 3.

Возвращение эскадры кораблей в околоземное пространство выгодно производить на ВЭО, так как это требует незначительного тормозного импульса ЖРД — 0,482 км/с при возвращении по траектории Гомана.

Исходные данные для расчета возвращения на околоземную ВЭО:

- Апогей околоземной ВЭО — 929 тыс. км.
- Перигей околоземной ВЭО — 6571 км.
- Скорость корабля в апогее — 0,0776 км/с.
- Скорость корабля в перигее — 10,976 км/с.
- Период обращения корабля по ВЭО — 36,85 сут.

УБЕЖДЕНИЕ СКЕПТИКОВ В ВЕЧНОЙ ПРИКОВАННОСТИ ЦИВИЛИЗАЦИИ К ЗЕМЛЕ ЗАСТАВЛЯЕТ ИХ ВЫБИРАТЬ ЭКСПАНСИЮ В ТЕСНЫХ РАМКАХ ПЛАНЕТЫ И ПРЕДПОЧИТАТЬ БОРЬБУ ЗА ИСТОЩАЮЩИЕСЯ РЕСУРСЫ НА ЗЕМЛЕ ВМЕСТО МИРНОГО ОСВОЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКИ НЕОГРАНИЧЕННЫХ РЕСУРСОВ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ. ОПЫТ ПРАКТИЧЕСКОЙ КОЛОНИЗАЦИИ МАРСА НЕИЗБЕЖНО ТРАНСФОРМИРУЕТ ТАКОЕ АРХАИЧНОЕ МЫШЛЕНИЕ.

- Большая полуось ВКО — 929 тыс. км.
- Скорость корабля на ВКО — 0,655 км/с.
- Период обращения корабля по ВКО — 103,14 сут.

ВЫВОДЫ

Решение проблемы создания защиты от космической радиации позволяет сократить скорости перелета к Марсу и повысить грузоподъемность ракеты. Выигрыш настолько велик, что позволяет увеличить запас топлива до величины, достаточной для возвращения кораблей к Земле без дозаправки топливом, произведенным из марсианских ресурсов. В типовой схеме для полета на Марс и последующего возвращения на Землю транспортная система требует организации производства топлива на поверхности Марса из местных ресурсов. В новой схеме для полета на Марс и возвращения на Землю дозаправки на поверхности Марса не потребуется, достаточно будет лишь топлива из заправочных депо на орбите Земли перед полетом на Марс.

Определяются три основных способа сокращения расходов топлива на полет к Марсу и создания запасов для обратного полета к Земле.

Общий для всех способов принцип — исключается посадка на Марс всех кораблей эскадры. Для основной массы кораблей с пассажировместимостью до 100 человек прибытие завершается выходом на орбиту вокруг Марса. Посадку на Марс производят специализированные челноки с пассажировместимостью до 850 человек. Разделение корабля на орбитальную часть и посадочный модуль — предложение пионера космонавтики Александра Игнатьевича Шаргея (псевдоним Ю. В. Кондратюк) [5, 6]. Предложение по использованию отдельного посадочного модуля было реализовано в проекте «Аполлон», вопреки первоначальному сопротивлению Вернера фон Брауна и его команды.

Другие ключевые моменты. Старт к Марсу осуществляется при помощи многоразового межорбитального бустера, сообщаящего кораблю всю необходимую скорость. Возвращение корабля осуществляется на околоземную ВЭО, что выгоднее возвращения на круговую орбиту. При этом, возможно, в целях повышения безопасности перигей ВЭО следует поднять с 200 км до 3000 км — за пределы зоны концентрации космического мусора.

Первый способ: корабли выводятся на низкую околomarсианскую орбиту высотой около 500 км. Посадочные челноки совершают доставку пассажиров на Марс. Грузы доставляются в од-

норазовых капсулах. Посадочные ЖРД капсул демонтируются и возвращаются на орбитальные корабли взлетно-посадочными челноками. Способ увеличивает массу грузов в три-четыре раза: от проектных 100 т до 316–411 т.

Второй способ: корабли выводятся на сильно вытянутую эллиптическую орбиту, к примеру, с параметрами $3889,5 \times 578\,000$ км. В момент перехода десантируются грузы и пассажиры. Посредством аэробрейкинга ВЭО преобразуется в низкую круговую. После забора челноков осуществляется возвращение на околоземную орбиту. Способ увеличивает массу грузов почти в шесть-семь раз — до 595–719 т. В перспективе реализация аэробрейкинга с накоплением CO_2 из атмосферы обеспечит производство топлива на орбите до 374–412 т на каждый грузовой Starship. Возможная конструкция газосборного устройства показана на *рис. 4*. Высокую эффективность (при условии неракетного старта с Деймоса) должен иметь накопительный аэробрейкинг межорбитальных буксиров, на которых в качестве балласта используют реголит Деймоса. В конце операции реголит сбрасывается и падает на Марс (или утилизируется на орбите), газ перекачивается в топливный танкер, буксир поднимается за новой порцией реголита.

Третий способ: корабли с межпланетной траектории переводятся на ВЭО и с этой же орбиты, после ее коррекции, стартуют к Земле. Способ увеличивает массу грузов в семь-восемь раз — до 660–780 т.

Необходимо отметить, что продолжительность перелета по рассмотренным схемам не ограничивается 232–245 днями — за счет сокращения массы груза до проектной величины в 100 т время перелета может быть сокращено до 150–180 суток.

Применение предложенного способа особенно актуально на первом этапе колонизации Марса, когда полеты на эту планету будут происходить при отсутствии промышленности по производству ракетного топлива из марсианских ресурсов, и /или недостаточного производства топлива. При налаженном производстве топлива настоящий способ обеспечивает резервирование.

Исключение торможения в атмосферах Марса и Земли или ограничение его аэробрейкингом устраняет проблему надежности теплозащиты и ее регулярного восстановления. Аэробрейкинг не требует специальной и уязвимой тепловой защиты.

Накопительный аэробрейкинг с балластом из реголита способен стать отдельным, самостоятельным четвертым способом исключе-

ния заправки топливом на Марсе. Расчеты показывают, что заправка на поверхности Марса может быть полностью заменена заправкой на орбите топливом, произведенным из марсианского «воздуха» за счет механической энергии реголита Деймоса. Челноки, доставляющие грузы и пассажиров на Марс могут получать необходимый запас топлива на орбите. Это возможность открывается в случае использования реголита в качестве рабочего тела механических реактивных двигателей, на финальной стадии аэробрейкинга — при движении корабля-накопителя «воздуха» по низкой круговой орбите. Тяга от выброса реголита нужна для компенсации силы торможения при заборе атмосферных газов. Современные центробежные метатели способны выбрасывать тела со скоростями 1800–2200 м/с. Согласно закону сохранения импульса в этом случае на каждые 100 т реголита будет аккумулироваться от 52 т до 64 т CO_2 . С учетом ранее накопленной массы CO_2 , в процессе перехода с ВЭО на НКО, итоговая масса составит 84–96 т на каждые 100 т реголита Деймоса. Запасы реголита практически не ограничены, поэтому производство ракетного топлива в космосе способно полностью заменить его производство на поверхности.

Пакет кораблей может выполнять роль межпланетной пересадочной станции-лайнера, курсирующей между Землей и Марсом. Полет станции не пассивный, как в известных проектах, — она осуществляет маневрирование за счет ЖРД, благодаря малым энергозатратам перехода на ВЭО. Производятся остановки возле планет на эллиптических орбитах, для приема — высадки пассажиров и заправки топливом.

Решение проблемы обеспечения кораблей топливом для обратного полета способствует ускорению колонизации Марса.

Успешная колонизация Марса окажет позитивное влияние на формирование общекосмического типа мышления, особенно важного для политиков. Современное политическое мышление — это мышление скептиков, сомневающих в перспективах космической экспансии. Убеждение скептиков в вечной прикованности цивилизации к Земле заставляет их выбирать экспансию в тесных рамках планеты и предпочитать борьбу за истощающиеся ресурсы на Земле вместо мирного освоения практически неограниченных ресурсов Солнечной системы. Опыт практической колонизации Марса неизбежно трансформирует такое архаичное мышление.



Литература

1. **Майборода А.О.** Эффективные способы защиты от космических факторов в межпланетном полете и внеземной колонии // Воздушно-космическая сфера. 2021. № 3. С. 32–41.
2. **E. Musk.** Making Life Multiplanetary (67th International Astronautical Congress, Guadalajara, Mexico, 27 September 2016) [Электронный ресурс] // SpaceX.com. URL: https://www.spacex.com/media/making_life_multiplanetary_2016.pdf (Дата обращения: 14.03.2022).
3. Landing on Mars [Электронный ресурс] // SpaceX.com. URL: <https://www.spacex.com/vehicles/starship/> (Дата обращения: 14.03.2022).
4. Making Life Multiplanetary (The 68th International Astronautical Congress (IAC) in Adelaide, Australia, 25–29 September 2017) [Электронный ресурс] // YouTube. 2017. 29 September. URL: <https://youtu.be/tdUX3ypDVwI> (Дата обращения: 14.03.2022).
5. **Кондратюк Ю.В.** Тем, кто будет читать, чтобы строить // Пионеры ракетной техники: соч. 1918–1919; публ. 1938 / Под ред. Т. М. Мелькумова. М.: Наука, 1964. 670 с.
6. Pionery raketnoy tekhniki / Editor-in-chief: Mel'kumov T.M. Washington, D.C., USA: National Aeronautics and Space Administration, 1965 (NASA technical translation; vol. F-9285). 162 p.

References

1. **Mayboroda A.O.** Effektivnye sposoby zashchity ot kosmicheskikh faktorov v mezhplanetnom polete i vnezemnoy kolonii. *Vozdushno-kosmicheskaya sfera*, 2021, no. 3, pp. 32–41.
2. **E. Musk.** Making Life Multiplanetary (67th International Astronautical Congress, Guadalajara, Mexico, 27 September 2016). SpaceX.com. Available at: https://www.spacex.com/media/making_life_multiplanetary_2016.pdf (Retrieval date: 14.03.2022).
3. Landing on Mars. SpaceX.com. Available at: <https://www.spacex.com/vehicles/starship/> (Retrieval date: 14.03.2022).
4. Making Life Multiplanetary (The 68th International Astronautical Congress (IAC) in Adelaide, Australia, 25–29 September 2017). Available at: YouTube. 2017. 29 September. URL: <https://youtu.be/tdUX3ypDVwI> (Retrieval date: 14.03.2022).
5. **Kondratyuk Yu.V.** Tem, kto budet chitat', chtoby stroit'. *Pionery raketnoy tekhniki: soch. 1918–1919; publ. 1938*. Ed. T.M. Mel'kumov. Moscow, Nauka, 1964. 670 p.
6. Pionery raketnoy tekhniki. Editor in chief Mel'kumov T.M. Washington, D.C., USA: National Aeronautics and Space Administration, 1965 (NASA technical translation; vol. F-9285). 162 p.

© Майборода А.О., 2021

История статьи:

Поступила в редакцию: 21.02.2022

Принята к публикации: 15.03.2022

Модератор: Плетнер К.В.

Конфликт интересов: отсутствует

Для цитирования:

Майборода А.О. Полеты к Марсу и обратно без дозаправки марсианским топливом // Воздушно-космическая сфера. 2022. № 1. С. 18 – 29.



SCIENTIFIC BASIS OF TECHNOLOGIES FOR **PRODUCTION** **OF HELIUM-3 ON MOON**

НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ **ДОБЫЧИ** **ГЕЛИЯ-3 НА ЛУНЕ**



Vyacheslav A. BOBIN,

*Doctor of Technical Sciences, Head of the Department of the Institute for the Problems of Complex Development of Mineral Resources of the Russian Academy of Sciences named after Academician N.V. Melnikov, Moscow,
bobin_va@mail.ru*

Вячеслав Александрович БОБИН,

*доктор технических наук, заведующий отделом Института проблем комплексного освоения недр РАН имени академика Н.В. Мельникова, Москва, Россия,
bobin_va@mail.ru*



Anna V. BOBINA,

*Candidate of Technical Sciences, Head of the Department for Scientific Conferences and All-Russian Projects of the Free Economic Society of Russia, Moscow,
annabobini@mail.ru*

Анна Вячеславовна БОБИНА,

*кандидат технических наук, руководитель департамента по научным конференциям и всероссийским проектам Вольного экономического общества России, Москва,
annabobini@mail.ru*

ABSTRACT | The paper presents the scientific foundations of the processes of extraction of helium-3 (helion) from lunar regolith due to its thermodynamic heating, exposure to resonant electromagnetic radiation, as well as active oxidation by microorganisms capable of changing the structure of regolith in conditions of ultra-low temperatures and harsh ultraviolet radiation on the surface of the Moon. Based on a comparative assessment of the characteristics of the lunar regolith and volcanic ash, the suggestion of their probable identity was made. The adsorption capacity of regolith with respect to helium-3 is estimated and the value of Henry's adsorption constant is determined, knowledge of which allows us to more accurately estimate its total amount on the Moon, as well as design capacities for its processing, extraction and delivery to Earth, where it will become the basis of carbon-free thermonuclear energy of the future.

Keywords: *regolith, solar wind, helion (helium-3), Henry's constant, thermodynamic heating, resonant electromagnetic radiation, oxidation by microorganisms, graphene sieves, trap*

АННОТАЦИЯ | В работе представлены научные основы процессов извлечения гелия-3 (гелиона) из лунного реголита за счет его термодинамического нагрева, воздействия резонансного электромагнитного излучения, а также активного окисления микроорганизмами, способными изменять структуру реголита в условиях сверхнизких температур и жесткого ультрафиолетового излучения на поверхности Луны. На основе сравнительной оценки характеристик лунного реголита и вулканического пепла высказано предположение об их вероятной идентичности. Оценена адсорбционная способность реголита по отношению к гелию-3 и определено значение адсорбционной постоянной Генри, знание которой позволяет более точно оценить общее его количество на Луне, а также проектировать мощности по его переработке, извлечению и доставке на Землю, где он станет основой безуглеродной термоядерной энергетики будущего.

Ключевые слова: *реголит, солнечный ветер, гелион (гелий-3), константа Генри, термодинамический нагрев, резонансное электромагнитное излучение, окисление микроорганизмами, графеновые сита, ловушка*

Методы добычи и обогащения полезных ископаемых на Земле широко известны и описаны в многочисленных научных публикациях [1–3]. Применимость их для лунных условий, и в особенности для извлечения гелия-3 (гелиона) из реголита, требует дальнейших научных исследований. Интерес к этим исследованиям связан с тем, что гелий-3, которого на Луне во много раз больше, чем на Земле, считается наиболее перспективным компонентом термоядерных реакторов будущего – основы безуглеродной энергетики.

Исследования по определению его содержания в образцах, доставленных советскими автоматическими станциями «Луна-16, -20 и -24», а также американскими астронавтами, показали, что оно составляет примерно $7,43 \times 10^{-5}$ м³/т [5–6], что в терминах физической химии называется сорбционной емкостью реголита по отношению к гелиону.

Благодаря солнечному ветру гелион не только адсорбируется на поверхности реголита, но и проникает за счет диффузии в его кристаллическую решетку. При этом такие процессы происходят на всем протяжении существования Луны. Оценка давления гелиона на поверхность Луны осуществляется по формуле, которая имеет вид:

$$P = 1,6726 \cdot 10^{-6} \cdot n \cdot V^2, \quad (1)$$

где P – давление [нПа], n – плотность частиц [см⁻³], V – скорость частиц [км/с].

Учитывая, что $n = 15 \cdot 10^{-5}$ см⁻³, $V = 1000$ км/с, получим $P = 0,025$ нПа = $2,5 \cdot 10^{-11}$ Па. При столь низких давлениях, не превышающих 0,1 МПа, процесс адсорбции газов хорошо описывается изотермой Генри, которая имеет вид

$$a = k \cdot P, \quad (2)$$

где k – константа Генри, которая для данного конкретного процесса адсорбции гелиона на лунном реголите составляет величину, равную $3 \cdot 10^6$ м³/т/Па. Для практических целей будущего освоения полезных ископаемых на Луне в условиях дефицита энергетических мощностей знание ее величины позволяет не только более точно оценить общее количество гелиона на Луне, но и целенаправленно определять потребности в машинах и механизмах по переработке реголита, извлечению гелия-3 и доставке его на Землю

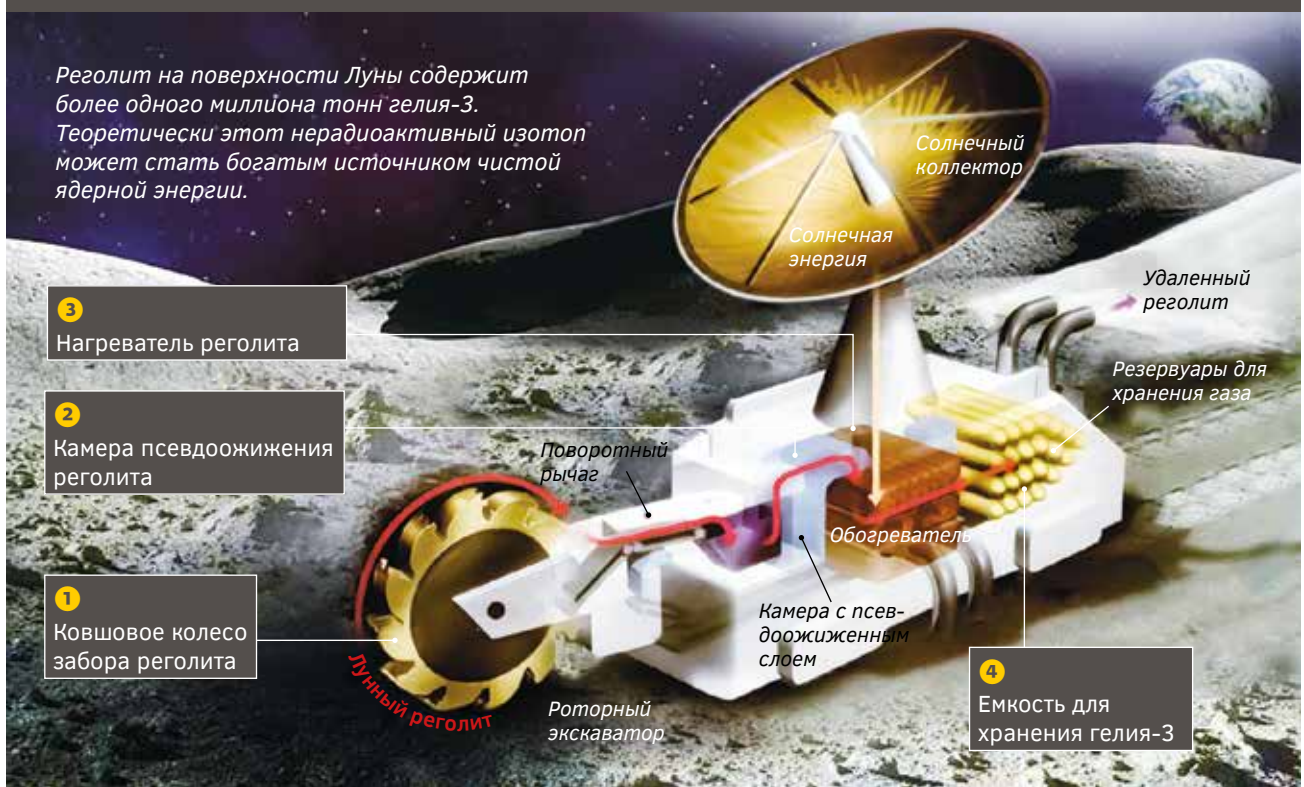
Что касается вопроса образования реголита, то с нашей точки зрения более продуктивной является вулканическая гипотеза. Наше представление базируется на простом предположении, что лунный реголит и вулканический пепел – это, вероятно, тождественные понятия. По данным научных работ [4–6] была составлена таблица 1.

Представленные в таблице 1 сравнительные данные позволяют, не отрицая других гипотез, высказать предположение, что основным источником реголита являлись вулканические процессы, которые, как считают, завершились 3–3,5 млрд

Таблица 1. Сравнение лунного реголита и вулканического пепла

СВОЙСТВА	ЛУННЫЙ РЕГОЛИТ	ВУЛКАНИЧЕСКИЙ ПЕПЕЛ
Общепринятое определение	Пылепесчаный порошок серого (к), темно-коричневого и черного (м) цвета, имеющий запах гари, формируется в отдельные рыхлые комки.	Пылевидная порода, выброшенная из вулкана, цвет разнообразный (черный, серый, желтый, красный и т. д.), имеет дымный или едкий запах
Дальность распространения, км	Вся поверхность Луны	До 100 км и более от вулкана на Земле
Химический состав	Кислород (40–45%), кремний, алюминий, кальций, железо, магний и титан, а также марганец, калий, натрий, фосфор, титанистый железняк	SiO ₂ ; Al ₂ O ₃ ; TiO ₂ ; Fe ₂ O ₃ ; CaO; MgO; MnO; K ₂ O; Na ₂ O и др.
Гранулометрический состав	Частицы изверженных горных пород, минералов, стекол размером от 1 до 0,5 мм и меньше	Обломки горных пород, минералы и вулканическое стекло размером от 0,1 до 10 мм, чаще до 2 мм
Минеральный состав	Анортит, авгит, ильменит, плагиоклаз, пироксен, оливин, шпинель	Плагиоклаз, пироксен, магнетит, галит, опал, гипс
Мощность, м	5–15	8 (Помпеи)

Рис. 1. Проект устройства для добычи гелия-3 на Луне



Источник: University of Wisconsin Madison Fusion Technology Institute Graphic by Stanford Kay – NEWSWEEK

лет назад. За эти временные промежутки атомы гелиона в составе солнечного ветра успели адсорбироваться на выпавшем реголите.

Для того чтобы извлечь адсорбированный в реголите гелион, необходимо сначала изолировать реголит от потока солнечного ветра, поместив его в специальную герметизированную вакуумированную емкость, а затем воздействовать на него одним из известных в практике обогащения воздействий.

Предлагается использовать для лунных условий три вида воздействий, а именно: 1) термодинамический нагрев, 2) электромагнитное поле резонансной частоты, 3) микробиологическую трансформацию макроструктуры реголита.

Научную основу термодинамического нагрева составляет теория адсорбции. Представленная ниже формула (3) является основным уравнением ТОЗМ [7] (теории объемного заполнения микропор), которое имеет вид:

$$a = a_0 \exp[-(A/E)^n], \quad (3)$$

где a – величина сорбции, соответствующая определенному давлению насыщения; a_0 – предельная величина сорбции; A – дифференциальная мольная работа; E – характеристическая

энергия, равная дифференциальной мольной работе сорбции в характеристической точке изотермы, где $a = 0,368a_0$; n – структурный параметр сорбента.

Уравнение (3) показывает, что характеристическая энергия предопределяет и значение адсорбированного газа. В работе [8] показано, что эта величина определяет и состояние сорбата (гелиона) в поглощенном в сорбенте (реголите), а ее выражение имеет вид

$$E = nRT / \beta, \quad (4)$$

где β – энергетический параметр, значение которого обратно пропорционально температуре. Эксперименты показали, что характеристическая энергия пропорциональна квадрату температуры, при которой осуществляется прямой и обратный адсорбционный процесс. Это очень сильная зависимость и, например, для десорбции метана из природного угля при увеличении температуры на 70 °C приводит к уменьшению сорбционной емкости углей на 10–15%, или, иными словами, к увеличению степени извлечения метана из угольного вещества. Физическая причина этого процесса заключается в том, что тепловая энергия, поглощаемая адсорбированными молекулами, активизирует сначала

их колебательные, а затем и поступательные степени свободы, что делает их подвижными и способными оторваться от поверхности сорбента [8]. Аппаратурно процесс извлечения гелиона из реголита выполняется устройством, возможный внешний вид которого представлен на *рис. 1*.

Научную основу метода электромагнитного воздействия резонансной частоты на частицы реголита с целью извлечения из него гелиона составляет разработанная в ИПКОН РАН теория структурной трансформации газонасыщенного угольного вещества при различного вида внешних воздействиях [9]. На ее основе был разработан метод деструкции газонасыщенных горных пород внешним электромагнитным воздействием, имеющим диапазон амплитудно-частотных параметров, совпадающий с собственными (резонансными) характеристиками структурных элементов этих пород [17]. Метод позволяет сформировать в горной породе транспортные каналы, по которым около 80% газа, заключенного в состоянии твердого газоугольного раствора (в абсорбированном состоянии), переводится в свободное состояние.

Применение такого рода воздействия на реголит целесообразно в условиях дефицита энер-

гии, что делает его эффективным и перспективным. Эффект электромагнитного воздействия резонансной частоты был подтвержден экспериментально на комплексе, схема которого представлена на *рис. 2*.

В состав комплекса входят широкополосные генераторы электромагнитного излучения (ЭМИ), обеспечивающие получение синусоидального излучения в диапазоне частот от 20 Гц до 50 МГц с амплитудой от 1,0 до 5,0 В и потребляющие при этом не более 0,5 кВт при выходной мощности на излучателе не менее 0,1 кВт и коэффициенте полезного действия 85%; дистанционный индикатор поляризации вещества типа ЭДИП-2, работающий на принципе регистрации индуцированного сигнала электрополяризации атомно-молекулярной структуры сорбента; регистратор эффектов газовыделения при электромагнитном воздействии на образец сорбента (угля в конкретном эксперименте); вакуумный декриптограф ВД-6 с хроматографической приставкой ЛХМ-80.

Результаты по облучению 200 г предварительно дегазированного и вакуумированного угля представлены на *рис. 3*.

Рис. 2. Блок-схема электромагнитного испытательного комплекса ЭВД-ЭДИП

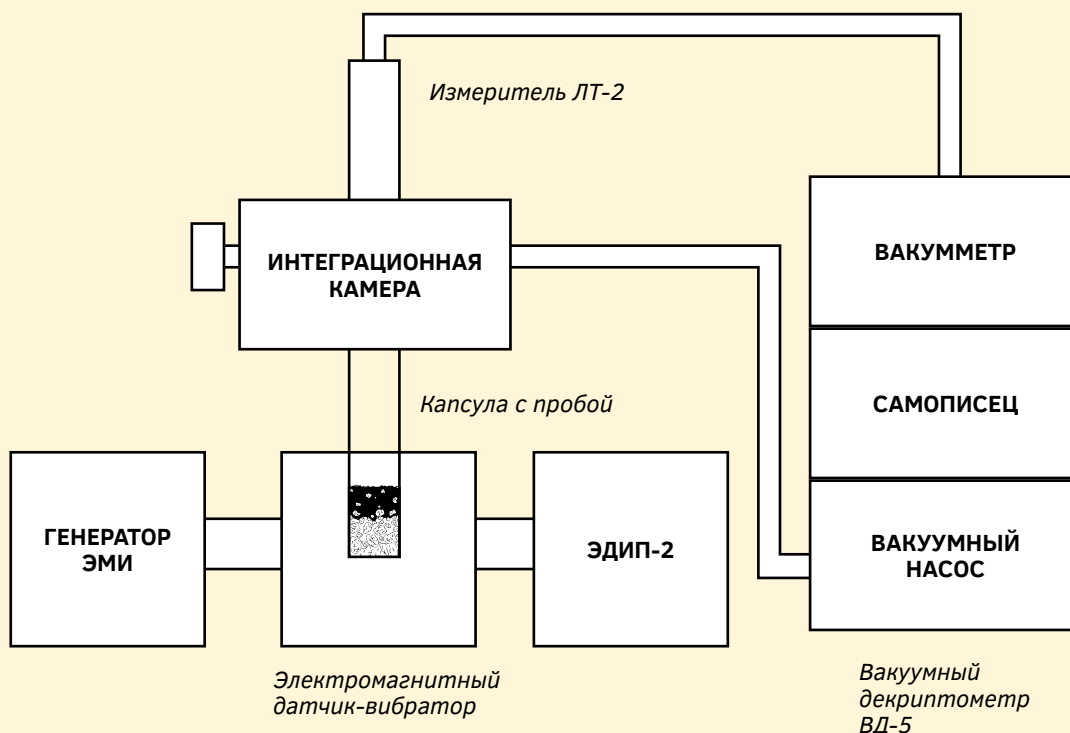
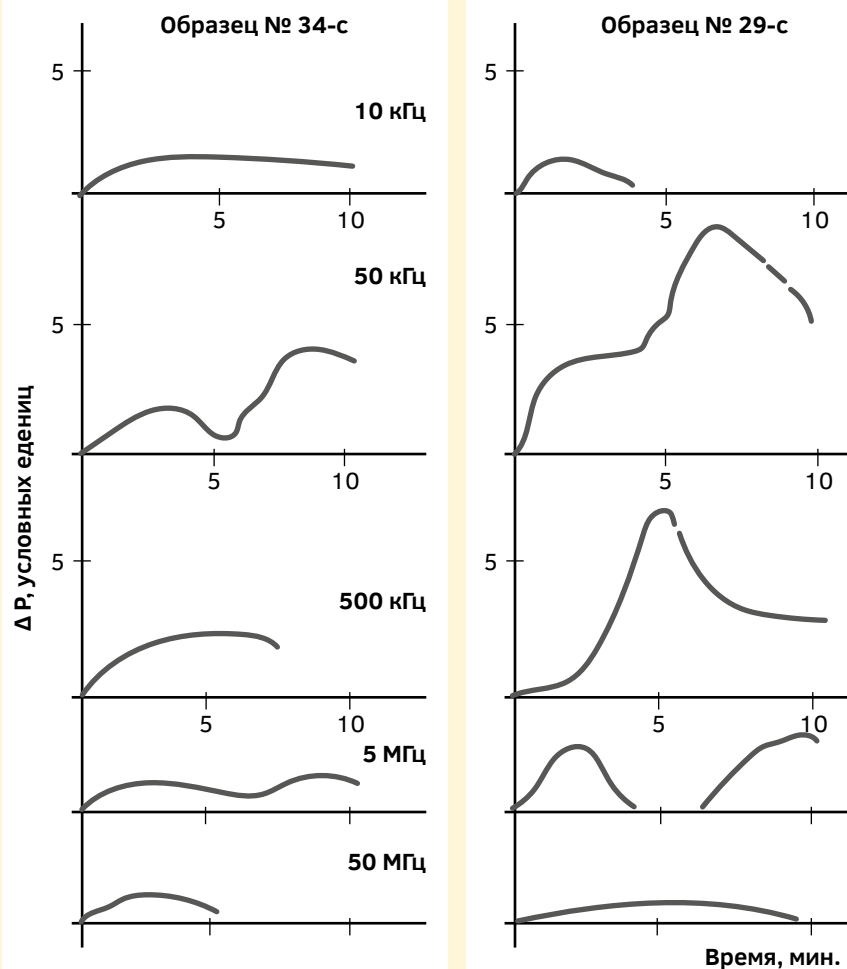


Рис. 3. Графики зависимости интенсивности газовыделения в вакууме из образцов углей Краснодонского месторождения Восточного Донбасса от частоты внешнего электромагнитного воздействия



Анализ представленных результатов показывает, что в первом образце зафиксированы только два максимума газовыделения при частотах соответственно 50 и 500 кГц, а во втором образце зафиксированы два максимума газовыделения при тех же частотах 50 и 500 кГц и два максимума при частотах 5 и 50 МГц [10].

Таким образом, экспериментально подтвержден эффект электромагнитного воздействия для обоих образцов природного сорбента, газ в которых находился в адсорбированном состоянии, то есть подтвержден эффект трансформации микро- и макроструктуры сорбента, позволивший находящемуся в нем газу перейти из адсорбированного состояния в свободное. Практическая ценность возможности резонансного воздействия для интенсификации извлечения гелиона в том, что оно позволит в несколько раз уменьшить энергетические затраты на реализацию процесса по сравнению с тепловым нагреванием.

Одним из перспективных методов извлечения гелиона может стать его добыча из реголита с помощью микроорганизмов. Опыты, проведенные в этом направлении, показывают, что микроорганизмы могут не только существовать в условиях пониженной силы тяжести, глубокого вакуума и жесткого ультрафиолетового излучения, характерного, например, для Луны, но и производить полезную работу.

Данное свойство микроорганизмов было не единожды доказано в ходе проведения экспериментов на Международной космической станции (МКС) [11]. Этот факт подтверждают и результаты экспериментов с микроорганизмами в рамках программы BIOMEX (имитация условий марсианского или лунного грунта) в период с октября 2014 года по июнь 2016 года на наружной стороне российского модуля «Заря», где был установлен контейнер с капсулами, в которых содержались микробы и водоросли, отобранные в безжизненных местах Земли [12].



Еще раз было убедительно подтверждено, что земные микроорганизмы не только выжили в космическом пространстве, но и сохранили высокую биологическую активность, причем под воздействием солнечной радиации агрессивные свойства микроорганизмов усиливаются.

Дальнейшие работы в этом направлении, которое можно назвать «Микробиологическое обогащение грунтов и горных пород безводных планет с пониженной силой тяжести», должны учитывать, во-первых, что микроорганизмам и только им свойственна необыкновенная многочисленность, разнообразие форм существования, распространенность в любых физических условиях, многообразие видов взаимодействия со средой обитания и влияния на нее.

Во-вторых, иметь в виду, что микроорганизмы ведут себя так, как будто у них есть определенная цель, направленная на выполнение предначертанного плана, который заключается в том, чтобы использовать доступную для клетки среду обитания для своего деления с образованием двух клеток из одной с максимальной возможной скоростью.

В-третьих, учитывать, что микроорганизмы способны расщеплять самые разнообразные химические соединения в соответствии с принципом «микробной всеядности», сформулированным английским ученым Эрнестом Гейлом, который утверждает, что микроорганизмы способны при подходящих условиях окислить любое вещество, теоретически способное к окислению [13].

Именно эти свойства микроорганизмов служат фундаментальной основой для создания методов микробиологического обогащения полезных ископаемых, приводящих к повреждению насыпных грунтов и горных пород с освобождением полезного компонента, в том числе и гелиона.

Выводы

1. Дана количественная оценка постоянной Генри для изотермы адсорбции гелиона на лунном реголите, которая равна $k = 3 \cdot 10^6 \text{ м}^3/\text{т}/\text{Па}$. Знание ее величины имеет практическое значение, так как позволяет более точно оценить общее количество гелиона на Луне, а также проектировать мощности по переработке реголита для его извлечения [14].

2. Представлено научное обоснование технологий извлечения гелиона из лунного реголита с помощью термодинамического нагрева, резонансного электромагнитного излучения и активного окисления микроорганизмами как перспективных и эффективных приемов, имеющих в будущем практическое использование.

3. Показано, что исследования в области микробиологической трансформации реголита имеют огромное практическое значение, поскольку позволяют прогнозировать поведение микроорганизмов при создании систем жизнеобеспечения космических полетов, постоянных поселений [15] на планетах и методов добычи полезных ископаемых на них.



Литература

1. **Мельников Н.В.** Горные инженеры. М.: Наука, 1981. 346 с.
2. **Бронников Д.М., Замесов Н.Ф., Богданов Г.И.** Разработка руд на больших глубинах. М.: Недра, 1982. 403 с.
3. **Курбатова О.А., Харин А.З.** История развития горной механики: Учеб. пособие. Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2004. 137 с.
4. **Черкасова Л.И.** Исследования грунтов Луны. История и перспективы. Вестник МГСУ. 2011. № 5. С. 303.
5. **Черкасов И.И., Шварев В.В.** Грунт Луны. М.: Наука, 1975. 321 с.
6. **Моисеенко К.Б., Малик Н.А.** Оценка суммарной массы выбросов вулканического пепла с использованием моделей атмосферного переноса // Вулканология и сейсмология. 2015. № 1. С. 35–55.
7. **Дубинин М.М.** Материалы к биографиям ученых СССР. Вып. 69 (Серия химических наук). М.: Наука, 1981. 102 с.
8. **Бобин В.А.** Сорбционные процессы в природном угле и его структура. М.: Изд-во ИПКОН АН СССР, 1987. 135 с.
9. **Бобин В.А.** Структурная трансформация газонасыщенного угольного вещества. Дальнейшее развитие физической химии газонасыщенного угольного пласта. LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014. 108 с.
10. **Бобин В.А.** Оценка влияния волнового воздействия на степень дегазации газонасыщенного угля // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2004. № 8. С. 177–179.
11. **Jonathan Amos.** Beer microbes live 553 days outside ISS // BBC News. 2010. August 23. URL: <https://www.bbc.com/news/science-environment-11039206> (Дата обращения: 20.02.2022).
12. **Наталья Беспалова.** Эксперимент Биомех на Международной космической станции дал удивительные результаты [Электронный ресурс] // Наука и техника. 2019. 01 апреля. URL: <https://naukatehnika.com/eksperiment-biomex.html> (Дата обращения: 20.02.2022).
13. **Эрнест Гейл** [Электронный ресурс] // Redday, 2022. URL: https://redday.ru/people/Gejl_Ernest_Frederik (Дата обращения: 20.02.2022).
14. **Бобин В.А., Бобина А.В.** Гироскопические горные машины для освоения полезных ископаемых Луны и строительства на ней постоянных поселений // Воздушно-космическая сфера. 2019. № 2. С. 26–31.
15. **Бобин В.А., Бобина А.В.** Проект создания простейших поселений на этапе разведки недр Луны // Воздушно-космическая сфера. 2020. № 2. С. 54–61.
7. **Dubin M.M.** Materialy k biografiyam uchennykh SSSR. Vol. 69 (Seriya khimicheskikh nauk). Moscow, Nauka, 1981. 102 p.
8. **Bobin V.A.** Sorbtionnye protsessy v prirodnom ugle i ego struktura. Moscow, IPKON AN USSR, 1987. 135 p.
9. **Bobin V.A.** Strukturnaya transformatsiya gazonasyschennogo ugol'nogo veshchestva. Dal'neyshee razvitiye fizicheskoy khimii gazonosnogo ugol'nogo plasta. LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014. 108 p.
10. **Bobin V.A.** Otsenka vliyaniya volnovogo vozdeystviya na stepen' degazatsii gazonasyschennogo uglya. Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten', 2004, no. 8, pp. 177–179.
11. **Jonathan Amos.** Beer microbes live 553 days outside ISS. BBC News, 2010, August 23. Available at: <https://www.bbc.com/news/science-environment-11039206> (Retrieval date: 20.02.2022).
12. **Natal'ya Besspalova.** Eksperiment Biomex na Mezhdunarodnoy kosmicheskoy stantsii dal udivitel'nye rezul'taty. Nauka i tekhnika, 2019, April 01. Available at: <https://naukatehnika.com/eksperiment-biomex.html> (Retrieval date: 20.02.2022).
13. **Ernest Geyl.** Redday. Available at: https://redday.ru/people/Gejl_Ernest_Frederik (Retrieval date: 20.02.2022).
14. **Bobin V.A., Bobina A.V.** Girokopieskie gornye mashiny dlya osvoeniya poleznykh iskopaemykh Luny i stroitel'stva na ney postoyannykh poseleniy. Vozdushno-kosmicheskaya sfera, 2019, no. 2, pp. 26–31.
15. **Bobin V.A., Bobina A.V.** Proekt sozdaniya prosteyskh poseleniy na etape razvedki neдр Luny. Vozdushno-kosmicheskaya sfera, 2020, no. 2, pp. 54–61.

References

1. **Mel'nikov N.V.** Gornye inzhenery. Moscow, Nauka, 1981. 346 p.
2. **Bronnikov D.M., Zamesov N.F., Bogdanov G.I.** Razrabotka rud na bol'shikh glubinakh. Moscow, Nedra, 1982. 403 p.
3. **Kurbatova O.A., Kharin A.Z.** Istoriya razvitiya gornoy mekhaniki. Vladivostok, DVG TU Publ., 2004. 137 p.
4. **Cherkasova L.I.** Issledovaniya gruntov Luny. Istoriya i perspektivy. Vestnik MGSU, 2011, no. 5, p. 303.
5. **Cherkasov I.I., Shvarev V.V.** Grunt Luny. Moscow, Nauka, 1975. 321 p.
6. **Moiseenko K.B., Malik N.A.** Otsenka summarnoy massy vybrosov vulkanicheskogo pepala s ispol'zovaniem modeley atmosfernogo perenosa. Vulkanologiya i seysmologiya, 2015, no. 1, pp. 35–55.

© Бобин В.А., Бобина А.В., 2022

История статьи:

Поступила в редакцию: 11.01.2022

Принята к публикации: 28.01.2022

Модератор: Плетнер К.В.

Конфликт интересов: отсутствует

Для цитирования:

Бобин В.А., Бобина А.В. Научные основы технологии добычи гелия-3 на Луне // Воздушно-космическая сфера. 2022. № 1. С. 30 – 37.

IMPLEMENTATION OF THE VIRTUAL ENVIRONMENT CONCEPT WHEN SIMULATING IN ISOLATION EXPERIMENTS HUMAN ACTIVITIES DURING THE LUNAR EXPLORATION



РЕАЛИЗАЦИЯ КОНЦЕПЦИИ ВИРТУАЛЬНОЙ СРЕДЫ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ В ИЗОЛЯЦИОННЫХ ЭКСПЕРИМЕНТАХ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА ПРИ ОСВОЕНИИ ЛУНЫ

Sergey F. SERGEEV,
 Doctor of Psychological Sciences, Professor,
 St. Petersburg State University;
 Head of Laboratory, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,
 St. Petersburg, Russia,
s.f.sergeev@spbu.ru;
sergeev_sf@spbstu.ru



Сергей Федорович СЕРГЕЕВ,
 доктор психологических наук, профессор ФГБОУ
 ВО «Санкт-Петербургский государственный
 университет», заведующий лабораторией
 ФГАОУ «Санкт-Петербургский политехнический
 университет Петра Великого»,
 Санкт-Петербург, Россия,
s.f.sergeev@spbu.ru; sergeev_sf@spbstu.ru

Yuri A. BUBEEV,
 Doctor of Medical Sciences, Professor,
 Deputy Director of SSC RF – IBMP RAS,
 Moscow, Russia,
bubeev@imbp.ru



Юрий Аркадьевич БУБЕЕВ,
 доктор медицинских наук, профессор,
 заместитель директора ГНЦ РФ – ИМБП РАН,
 Москва, Россия,
bubeev@imbp.ru

Vitaly M. USOV,
 Doctor of Medical Sciences, Professor, Leading
 Researcher of SSC RF – IBMP RAS,
 Moscow, Russia,
khoper.1946@gmail.com



Виталий Михайлович УСОВ,
 доктор медицинских наук, профессор, главный
 научный сотрудник ФГБУ НИИ ЦПК имени
 Ю. А. Гагарина, ведущий научный сотрудник ГНЦ
 РФ – ИМБП РАН, Москва, Россия,
khoper.1946@gmail.com

Boris I. KRUCHKOV,
 Doctor of Technical Sciences, Head of Laboratory – Chief Researcher of State Organization
 "Gagarin Research & Test Cosmonaut Training
 Center", Star City, Russia,
B.Kryuchkov@gctc.ru



Борис Иванович КРЮЧКОВ,
 доктор технических наук, начальник лаборатории –
 главный научный сотрудник ФГБУ НИИ ЦПК имени
 Ю. А. Гагарина, Звездный городок, Россия,
B.Kryuchkov@gctc.ru

Mikhail V. MIKHAYLYUK,
 Doctor of Physics and Mathematics, Professor,
 Head of Department Federal Research Center
 "Scientific Research Institute for System
 Analysis of the Russian Academy of Sciences",
 Moscow, Russia,
mix@niisi.ras.ru



Михаил Васильевич МИХАЙЛЮК,
 доктор физико-математических наук, профессор,
 начальник отдела Центра визуализации и
 спутниковых информационных технологий
 ФГУ «Федеральный научный центр Научно-
 исследовательский институт системных
 исследований РАН», Москва, Россия,
mix@niisi.ras.ru

Alexander V. KHOMYAKOV,
 Candidate of Technical Sciences, General
 Director, Central Design Bureau of Apparatus
 Engineering, Tula, Russia,
cdbae@cdbae.ru



Александр Викторович ХОМЯКОВ,
 кандидат технических наук, генеральный
 директор, АО «Центральное конструкторское бюро
 аппаратостроения», Тула, Россия,
cdbae@cdbae.ru

ABSTRACT | When designing advanced manned missions, a significant role is given to the results obtained during isolation experiments in closed models of space stations. With the help of modern software tools, it is possible to ensure the practical implementation of the concept of building a virtual environment in scenarios aimed at simulating the stages of a lunar mission. The materials of the study reflect modern achievements in the field of methods for constructing a virtual environment in the design of new types of activities for cosmonauts. The wide possibilities of using the methodology of constructing a "virtual environment" for modeling the activities of cosmonauts in isolation experiments during the exploration of the Moon, including for studying the interaction of cosmonauts with robots, are shown. These models meet the requirements of the SIRIUS international project.

Keywords: *cosmonaut, robotic lunar exploration, isolation experiments, flight operations simulation, activity models, virtual environment*

АННОТАЦИЯ | При проектировании перспективных пилотируемых миссий значимая роль отводится результатам, полученным при проведении изоляционных экспериментов в замкнутых макетах космических станций. С помощью современного программного инструментария удастся обеспечить практическое воплощение концепции построения виртуальной среды в сценариях, направленных на имитацию этапов лунной миссии. Материалы проведенного исследования отражают современные достижения в области методов построения виртуального окружения при проектировании новых видов деятельности космонавтов. Показаны широкие возможности использования методологии построения «виртуального окружения» для моделирования деятельности космонавтов в изоляционных экспериментах при освоении Луны, в том числе для изучения взаимодействия космонавтов с роботами. Эти модели отвечают запросам международного проекта SIRIUS.

Ключевые слова: *космонавт, роботизированное освоение Луны, изоляционные эксперименты, моделирование полетных операций, модели деятельности, виртуальная среда*

Вопросам методологии прогнозирования успешности выполнения человеком задач в перспективных пилотируемых проектах с помощью длительных изоляционных экспериментов придается большое значение, а соответствующее научно-прикладное направление по-прежнему остается в числе актуальных [1–2]. Отечественная наука накопила уникальный опыт постановки таких экспериментов на уровне международных проектов, и при этом арсенал методик исследования состояния человека и результативности деятельности постоянно расширяется для новых перспективных проектов, включая роботизированное освоение Луны.

Новый виток планируемых исследований в изоляционных экспериментах непосредственно связан с проблемами освоения человеком Луны.

В последние годы страны — участники программы МКС наращивают усилия по построению наземных аналогов миссий освоения Луны и дальнего космоса, в том числе с использованием развитых комплексов — натуральных и полунатурных полигонов, как, например, «Аналоги для подготовки роботизированных и человеческих исследований на Луне» (программа Analogues for preparing robotic and human exploration on the Moon ESA / DLR), в составе которых предусмотрены средства имитационного моделирования деятельности космонавтов, включая применение виртуальных сред [3–5].

В цитируемых работах показано, что для поддержки будущих исследований, выполняемых человеком с помощью роботов на Луне, важно использование различных искусственных сред моделирования, в том числе в процессе проектирования лунной базы. Ранее нашли практическое воплощение разработки виртуальных сред деятельности применительно к полетам орбитальных станций, и эти разработки займут видное место в предстоящих исследованиях [6–8].

Новый виток планируемых исследований в изоляционных экспериментах непосред-



Рис. 1. Действующий макет космической транспортной мобильной системы КТМС, управляемой в среде индуцированной виртуальной реальности (разработка ЦНИИ РТК, Санкт-Петербург). Слева направо: А.В. Сергеев, вед. инженер-разработчик ЦНИИ РТК; В.М. Усов, д. мед. н., профессор ИМБП; С.Ф. Сергеев, д. псих. н., профессор СПбПУ

ственно связан с проблемами освоения человеком Луны (III этап проекта SIRIUS в 240-суточном изоляционном эксперименте).

Целью настоящего исследования является практическое воплощение концепции построения виртуальной среды деятельности в виде адаптированных для применения в изоляционных экспериментах имитационных моделей, направленных на изучение взаимодействия человека и роботов в лунной миссии.

Эта цель достигается решением следующих задач:

- 1) построением искусственных сред деятельности для проведения изоляционных экспериментов, которые способствуют снижению рисков негативного влияния человеческого фактора за счет развития качеств оперативного мышления и формирования профессионального опыта испытателей при взаимодействии с техникой в профессиональной среде деятельности, включая применение новых видов роботизированного инструментария в лунных миссиях;

- 2) разработкой методов рационального построения человеко-машинных интерфейсов при проектировании деятельности космонав-

тов в лунных миссиях и построении взаимодействия «человек — роботы»;

- 3) формированием облика цифровой среды моделирования и визуализации для виртуального прототипирования инновационных решений при освоении Луны, в том числе с использованием робототехнических систем.

При таком способе моделирования необходимо использование психологически мотивированных сценариев при конструировании проблемных ситуаций в искусственном мире и обеспечение в реальном масштабе времени высокого качества динамической визуальной картины при отображении внешней среды и ее реагирования без задержки на управляющие действия оператора.

На новом этапе развития пилотируемой космонавтики, связанном с предстоящим освоением Луны, новизна и неопределенность многих ключевых операций полетной деятельности в предстоящих лунных миссиях выводят на первый план необходимость создания виртуальных моделей деятельности космонавтов, с помощью которых в наземных условиях можно найти рациональные способы поведения и деятельности в условиях лунной миссии. При выбранном



Рис. 2. Оператор в виртуальной индуцированной среде, управляющий космической транспортной мобильной системой

методическом подходе сценарий реализации виртуальной модели деятельности космонавта предполагает наличие и использование иммерсивной среды [9], обеспечивающей создание в процессе наземных изоляционных экспериментов психологически мотивированных проблемных ситуаций, актуализирующих механизмы мыслительной деятельности и когнитивной активности космонавта с последующим интерактивным принятием им рациональных решений

На новом этапе развития пилотируемой космонавтики, связанном с освоением Луны, новизна и неопределенность многих ключевых операций полетной деятельности в предстоящих лунных миссиях выводят на первый план необходимость создания виртуальных моделей деятельности космонавтов.

о способе их обнаружения и устранения. Именно такой подход рассматривается в качестве приоритетного при моделировании деятельности человека средствами систем виртуального окружения. В ходе проведения цифрового моделирования в изоляционных экспериментах каждый предложенный сценарий проходит проверку не только в плане расширения представлений участников о предстоящей деятельности, ее вариативности в контексте меняющихся условий, но и как основа для разработки нормативных предписаний по составу деятельности и ее профессиональной программе для вариантов, требующих специальных мер информационной и психологической поддержки.

Создание комплекса имитационных средств для проведения длительных изоляционных экспериментов особенно актуально на современном этапе перехода к новым проектам пилотируемых полетов. Как важная часть комплекса экспериментального оборудования (в широком понимании — наземного аналога лунных миссий) для психофизиологических и эргономических исследований перспективных средств роботизированного освоения Луны в настоящей работе рассматриваются средства построения виртуального окружения деятельности оператора

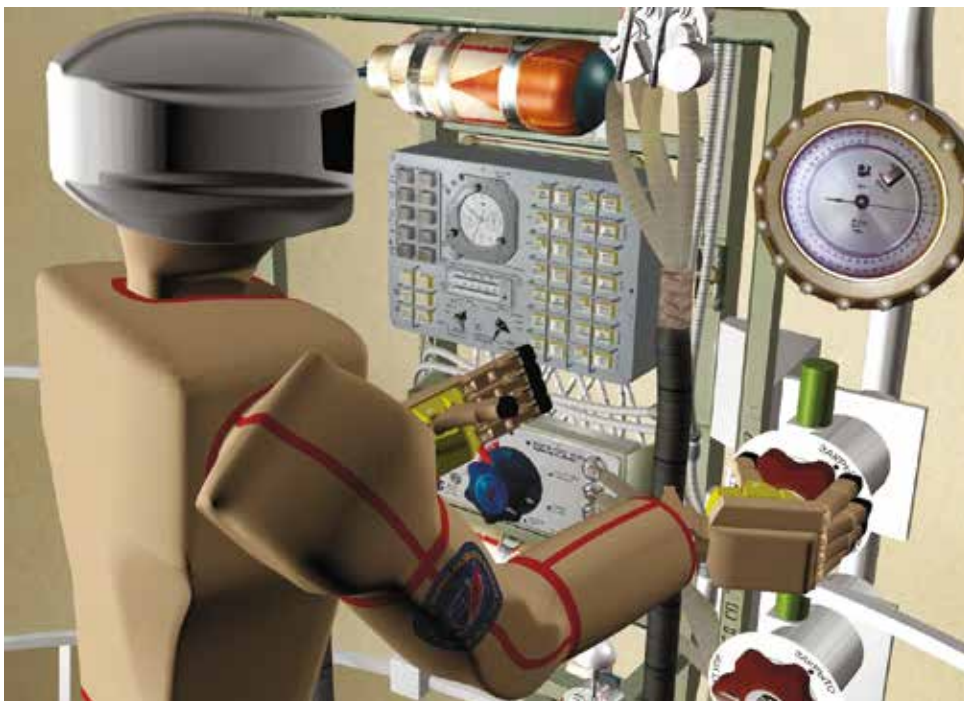


Рис. 3. Виртуальный антропоморфный манипулятор в виде робота за пультом управления в системе виртуального окружения VirSim (НИИСИ РАН)

ра. Ранее в длительных изоляционных экспериментах методология виртуального погружения нашла успешную реализацию при изучении психофизиологических возможностей космонавтов на базе стенда-тренажера «Пилот-Т» при выполнении операций причаливания и стыковки космических аппаратов [7].

В дальнейшем исторически сложилась ситуация, когда первоочередное внимание к средствам экстремальной робототехники уделялось при имитации элементов внекорабельной деятельности экипажа. Так, на экспериментальной базе ИМБП РАН неоднократно применялись модели для имитации управления мобильным лунным ровером в пилотируемом режиме на лунной поверхности (на базе моделей, разработанных в МГУ им. М. В. Ломоносова) [6]. Необходимо отметить успехи в создании виртуальных иммерсивных управляющих сред мобильными роботами достигнутые в ЦНИИ РТК (Санкт-Петербург) (рис. 1–2). В плане моделирования свободно летающих аппаратов при выполнении внекорабельной деятельности экипажа нашли отражение вопросы применения в эксперименте виртуальных моделей летающих реактивных устройств для выхода в открытый космос без страховочного фала (на базе

В ходе проведения цифрового моделирования в изоляционных экспериментах каждый предложенный сценарий проходит проверку не только в плане расширения представлений участников о предстоящей деятельности, но и как основа для разработки нормативных предписаний.

моделей, разработанных в ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН). Из литературы известны примеры полунатурного исполнения антропоморфных манипуляторов, управляемых в копирующем режиме с применением устройств захвата движения. Заслуживают упоминания образцы андроидов FEDOR (НПО «Андроидная техника», Магнитогорск) и «Телероид» в проекте «Контур-3» (ЦНИИ РТК, Санкт-Петербург).



Рис. 4. Синтезированная поверхность Луны в системе виртуального окружения VirSim

Некоторые из апробированных в лабораторных экспериментах виртуальных моделей представлены на рис. 3–7.

По результатам разработки инструментария виртуального прототипирования были предложены практические решения с использованием оригинальной системы виртуального окружения, позволяющей осуществлять имитационное моделирование с применением развитых средств 3D-визуализации [10]. Главный итог этого исследования — возможность реалистичного виртуального 3D-представления рабочей и окружающей внешней среды при выполне-

Главный итог этого исследования – возможность реалистичного виртуального 3D-представления рабочей и окружающей внешней среды при выполнении лунной миссии.

Именно быстрое реагирование на происходящее и возможность интерактивного влияния на активность роботов дает ощутимый выигрыш в предотвращении нестандартно развивающейся ситуации.

нии лунной миссии, что существенным образом улучшает ситуационно-пространственную осведомленность оператора, необходимую для быстрой ориентировки в происходящих событиях и полного осознания угроз и рисков непредвиденного развития событий. Именно быстрое реагирование на происходящее и возможность интерактивного влияния на активность роботов дает ощутимый выигрыш в предотвращении нестандартно развивающейся ситуации.

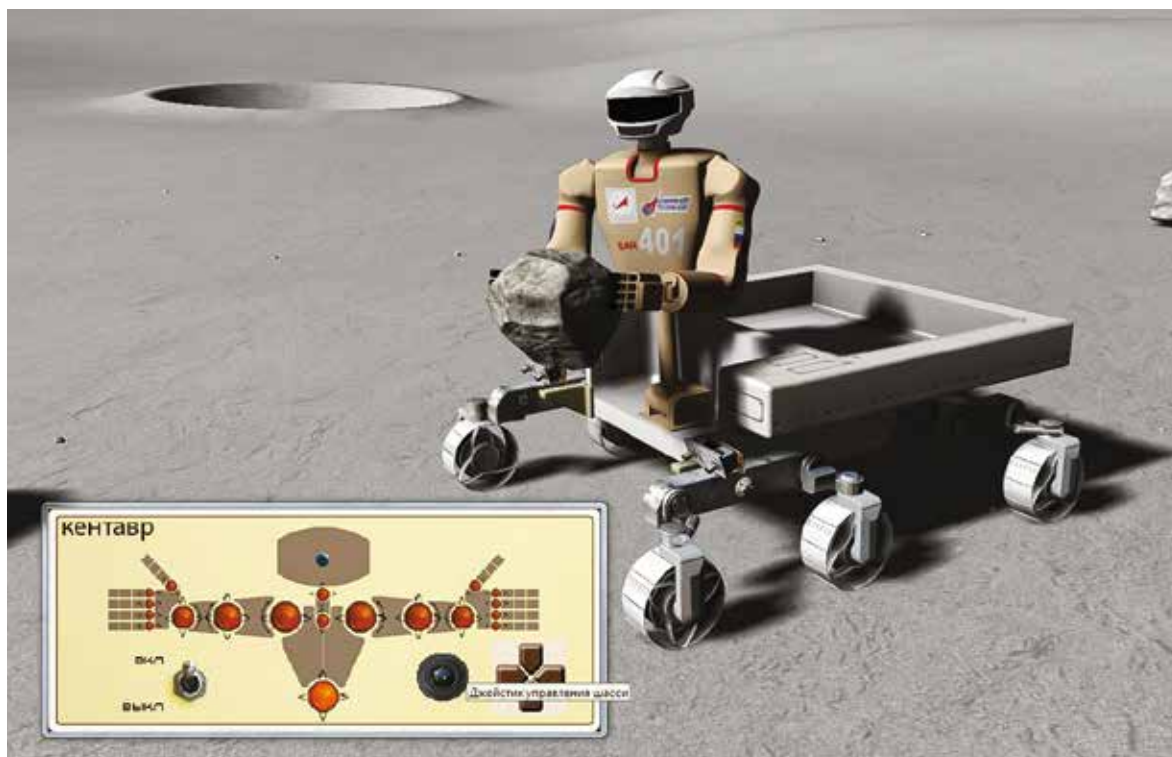


Рис. 5. *Захват камня мобильным антропоморфным манипулятором в системе виртуального окружения VirSim*

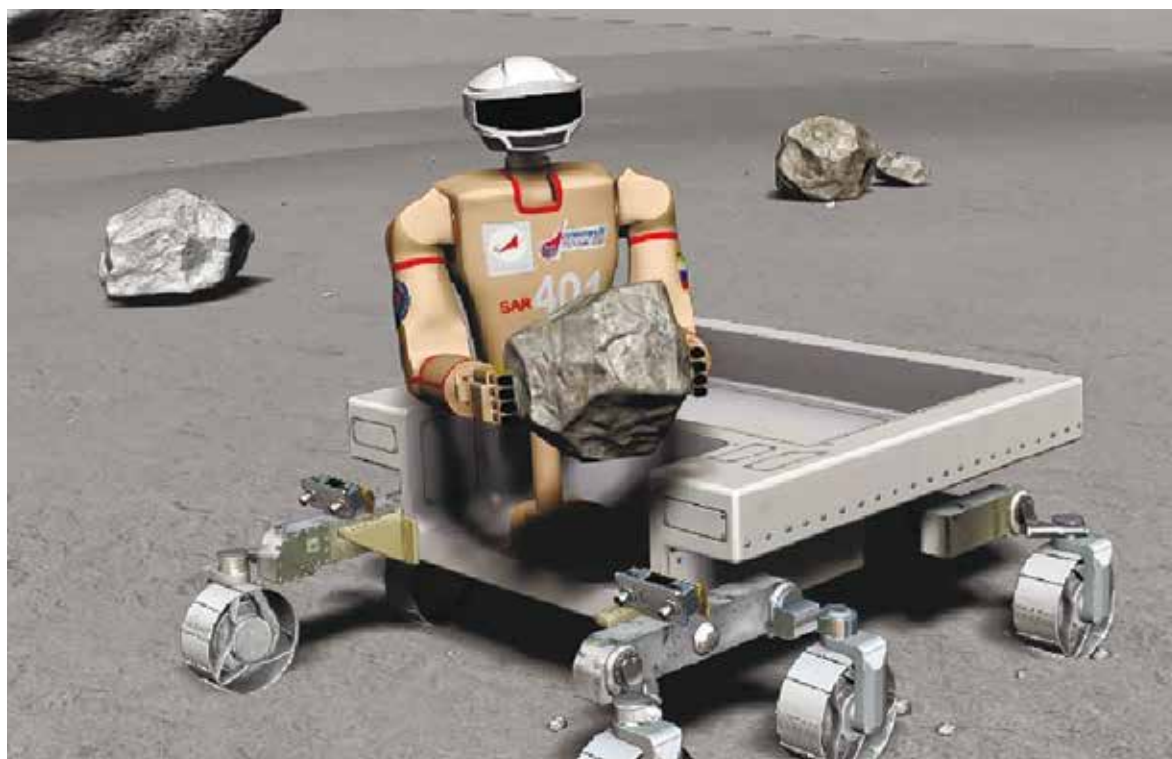


Рис. 6. *Транспортировка груза мобильным антропоморфным роботом-манипулятором в системе виртуального окружения VirSim*

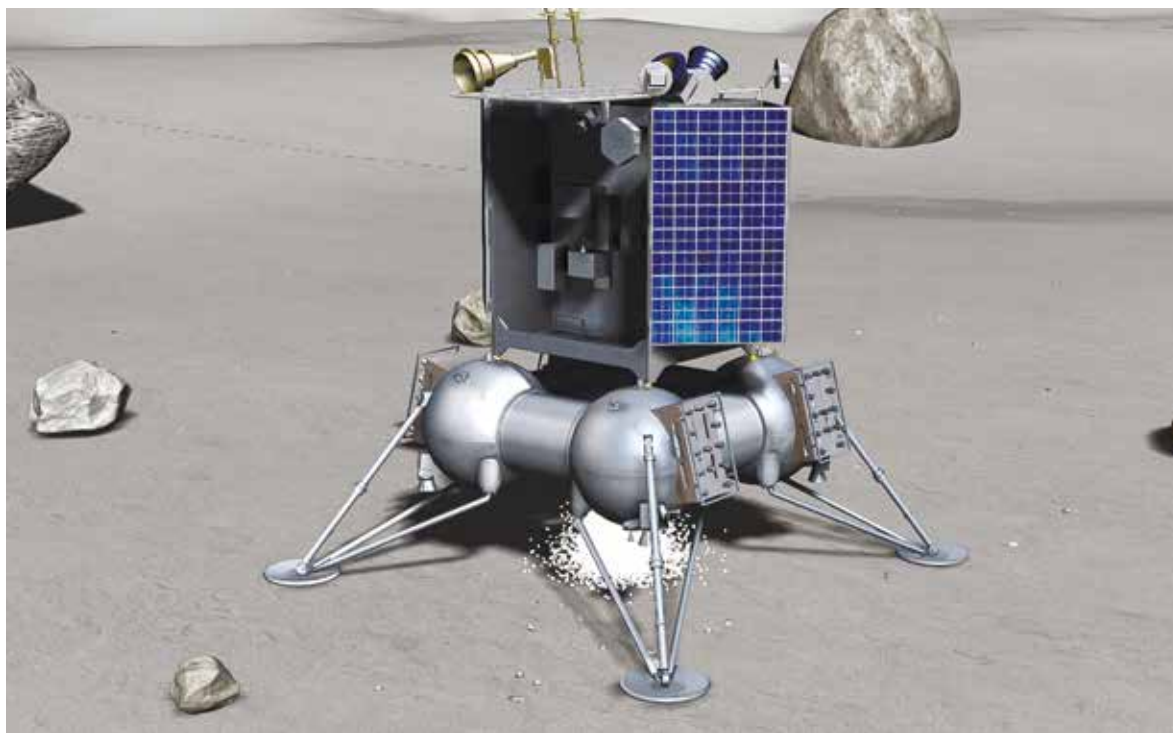


Рис. 7. Посадочный модуль на поверхности Луны в системе VirSim

Выводы

1. Для исследования сложной междисциплинарной проблемы учета человеческого фактора при проектировании лунных миссий выбор способа имитационного моделирования в условиях изоляционных экспериментов является одним из лучших вариантов, поскольку способ высокореалистичного воспроизведения визуальной обстановки позволяет изучать сценарии выполнения сложных видов деятельности космонавтов.

2. Использование технологий имитационного моделирования, основанных на использовании цифровых технологий и мультимедийных устройств, позволяет реализовать такую модель виртуального окружения, в которой посредством виртуального представления воспроизводятся физические процессы и условия деятельности, аналогичные реальным, а оператору предоставляется возможность интерактивного

взаимодействия и иммерсивного погружения в виртуальную среду, в которой воспроизводятся эти реальные процессы.

3. Построение виртуальных моделей при наземном моделировании лунных миссий рассматривается сегодня как один из критически важных способов формирования улучшенного восприятия текущей обстановки при принятии решений космонавтами в ходе выполнения лунных миссий.

Существующие наработки теоретического и методического характера в области систем виртуального окружения для моделирования деятельности космонавта в искусственной среде иммерсивного погружения отвечают задачам учета человеческого фактора при отработке новых видов деятельности космонавтов в лунных миссиях в условиях изоляционных экспериментов.



Литература

1. Григорьев А.И., Ушаков И.Б., Морук Б.В., Бубеев Ю.А. и др. Основные операционные подходы к наземному моделированию пилотируемого полета на Марс // Биотехносфера. 2013. № 4. С. 11–17.
2. Гущин В.И., Виноходова А.Г., Комиссарова Д.В., Белаковский М.С., Орлов О.И. Эксперименты с изоляцией: прошлое, настоящее, будущее // Авиакосмическая и экологическая медицина. 2018. Т. 52. № 4. С. 5–16. DOI: 10.21687/0233-528X-2018-52-4-5-16
3. Hoppenbrouwers T. (2016). Analogues for Preparing Robotic and Human Exploration on the Moon // 14th International Conference on Space Operations. May 2016. DOI: 10.2514/6.2016-2353
4. Casini A., Mittler P., Cowley A., Schlüter L., Faber M., Fischer B. et al. Lunar analogue facilities development at EAC: the LUNA project // Journal of Space Safety Engineering. 2020. № 7 (4). Pp. 510–518. DOI: 10.1016/j.jsse.2020.05.002
5. Costantini M., Schlutz J., Casini A., Mittler P. et al. (2021). Testing rovers for human and robotic lunar exploration in the ESA / DLR LUNA analogue facility // Proceedings of the International Astronautical Congress, IAC. 72nd International Astronautical Congress (IAC 2021), 25–29 Oct. 2021, Dubai, United Arab Emirates.
6. Ушаков И.Б., Бубеев Ю.А., Гущин В.И., Боритко Я.С. К проекту освоения Луны: некоторые инженерно-психологические и медицинские проблемы // Космическая техника и технологии. 2015. № 3. С. 68–80.
7. Бубеев Ю.А., Усов В.М., Сергеев С.Ф., Крючков Б.И., Михайлюк М.В., Йоханнес Б. Итоги космического эксперимента «Пилот-Т» для моделирования взаимодействия в системе «человек – робот» на лунной поверхности // Авиакосмическая и экологическая медицина. 2019. Т. 53. № 7. С. 65–75. DOI: 10.21687/0233-528X-2019-53-7-65-75
8. Бубеев Ю.А., Усов В.М., Крючков Б.И., Алтунин А.А., Долгов П.П., Михайлюк М.В. Использование в изоляционных экспериментах технологий виртуальной и дополненной реальности для моделирования выходов в открытый космос без страховочного фала // Авиакосмическая и экологическая медицина. 2021. Т. 55. № 2. С. 15–28. DOI: 10.21687/0233-528X-2020-55-2-15-28
9. Сергеев С.Ф. Обучающие и профессиональные иммерсивные среды. М.: Народное образование, 2009. 432 с.

10. Михайлюк М.В. и др. Система виртуального окружения VirSim для имитационно-тренажерных комплексов подготовки космонавтов // Пилотируемые полеты в космос. 2020. № 4. С. 72–95. DOI: 10.34131/MSF.20.4.72–95

References

1. Grigor'ev A.I., Ushakov I.B., Morukov B.V., Bubeev Ju.A. et al. Osnovnye operacionnye podhody k nazemnomu modelirovaniju pilotiruемого полета на Mars. Biotechnosfera, 2013, no. 4. pp. 11–17.
2. Gushhin V.I., Vinohodova A.G., Komissarova D.V., Belakovskij M.S., Orlov O.I. Jeksperimenty s izolaciej: proshloe, nastojashhee, budushhee. Aviakosmicheskaja i jekologicheskaja medicina, 2018, vol. 52, no. 4, pp. 5–16. DOI: 10.21687/0233-528X-2018-52-4-5-16
3. Hoppenbrouwers T. (2016). Analogues for Preparing Robotic and Human Exploration on the Moon. 14th International Conference on Space Operations, May 2016. DOI: 10.2514/6.2016-2353
4. Casini A., Mittler P., Cowley A., Schlüter L., Faber M., Fischer B. et al. Lunar analogue facilities development at EAC: the LUNA project. Journal of Space Safety Engineering, 2020, no. 7, pp. 510–518. DOI: 10.1016/j.jsse.2020.05.002
5. Costantini M., Schlutz J., Casini A., Mittler P. et al. (2021). Testing rovers for human and robotic lunar exploration in the ESA / DLR LUNA analogue facility. Proceedings of the International Astronautical Congress, IAC. 72nd International Astronautical Congress (IAC 2021), 25–29 Oct. 2021, Dubai, United Arab Emirates.
6. Ushakov I.B., Bubeev Ju.A., Gushhin V.I., Boritko Ja.S. K projektu osvoenija Luny: nekotorye inzhenerno-psihologicheskie i medicinskie problem. Kosmicheskaja tehnika i tehnologii, 2015, no. 3, pp. 68–80.
7. Bubeev Ju.A., Usov V.M., Sergeev S.F., Krjuchkov B.I., Mihajljuk M.V., Johannes B. Itogi kosmicheskogo jeksperimenta "Pilot-T" dlja modelirovanija vzaimodejstvija v sisteme "chelovek – robot" na lunnoj poverhnosti. Aviakosmicheskaja i jekologicheskaja medicina, 2019, vol. 53, no. 7, pp. 65–75. DOI: 10.21687/0233-528X-2019-53-7-65-75
8. Bubeev Ju.A., Usov V.M., Krjuchkov B.I., Altunin A.A., Dolgov P.P., Mihajljuk M.V. Ispol'zovanie v izoljacionnyh jeksperimentah tehnologij virtual'noj i dopolnennoj real'nostej dlja modelirovanija vyhodov v otkrytyj kosmos bez strahovochnogo fala. Aviakosmicheskaja i jekologicheskaja medicina, 2021, vol. 55, no. 2,

pp. 15–28. DOI: 10.21687/0233-528X-2020-55-2-15-28

9. Sergeev S.F. Obuchajushhie i professional'nye immersivnye sredy. Moscow, Narodnoe obrazovanie, 2009. 432 p.

10. Mihajljuk M.V. et al. Sistema virtual'nogo okruzenija VirSim dlja imitacionno-trenazhernyh kompleksov podgotovki kosmonavtov. Pilotiruemye polety v kosmos, 2020, no. 4, pp. 72–95. DOI: 10.34131/MSF.20.4.72–95

© Сергеев С.Ф., Бубеев Ю.А., Усов В.М., Крючков Б.И., Михайлюк М.В., Хомяков А.В., 2022

История статьи:

Поступила в редакцию: 28.02.2022
Принята к публикации: 14.03.2022

Модератор: Плетнер К.В.

Конфликт интересов: отсутствует

Для цитирования:

Сергеев С.Ф., Бубеев Ю.А., Усов В.М., Крючков Б.И., Михайлюк М.В., Хомяков А.В. Реализация концепции виртуальной среды при моделировании в изоляционных экспериментах деятельности человека при освоении Луны // Воздушно-космическая сфера. 2022. № 1. С. 38 – 47.

CAPELLA 36 SPACE-BORNE SAR SURVEILLANCE SYSTEM. PART I

КОСМИЧЕСКАЯ СИСТЕМА РАДИОЛОКАЦИОННОГО НАБЛЮДЕНИЯ CAPELLA 36. ЧАСТЬ I



Kirill A. ZANIN,
Doctor of Technical Sciences, Leading Researcher,
Lavochkin Association, Moscow, Russia,
rc4a@laspace.ru

Кирилл Анатольевич ЗАНИН,
доктор технических наук, ведущий научный сотрудник
АО «НПО Лавочкина», Москва, Россия,
rc4a@laspace.ru



Nikolay N. KLIMENKO,
Candidate of Technical Sciences, Deputy General Director,
Lavochkin Association, Moscow, Russia,
Klimenko@laspace.ru

Николай Николаевич КЛИМЕНКО,
кандидат технических наук, заместитель генерального директора
АО «НПО Лавочкина», Москва, Россия,
klimenko@laspace.ru



Ivan V. MOSKATINIEV,
General Designer Deputy for General Design,
Lavochkin Association, Moscow, Russia,
miv@laspace.ru

Иван Владимирович МОСКАТИНЬЕВ,
заместитель генерального конструктора
по общему проектированию АО «НПО Лавочкина», Москва, Россия,
miv@laspace.ru



ABSTRACT | Analysis of main tactical and technical characteristics of Capella 36 space-borne SAR surveillance system is presented. Mathematical modeling of main quality indications is carried out.

Keywords: *synthetic aperture radar, revisit time, survey performance, satellite constellation*

АННОТАЦИЯ | Представлен анализ основных тактико-технических характеристик зарубежной космической системы радиолокационного наблюдения Capella 36. Проведено математическое моделирование основных показателей качества космической системы.

Ключевые слова: *радиолокатор с синтезированной апертурой, периодичность наблюдения, производительность, орбитальная группировка*

Космическая система радиолокационного наблюдения (КС РЛН) американской компании Capella Space создается для решения задач обеспечения высокой периодичности наблюдения и оперативной доставки результатов радиолокационной съемки потребителям, прежде всего в интересах обороны и безопасности. При этом ставилась цель заменить традиционные тяжелые и дорогостоящие космические аппараты (КА) с радиолокаторами с синтезированной апертурой (РСА) на маломассогабаритные КА с относительно невысокой стоимостью.

Высокая периодичность достигается за счет поэтапного развертывания орбитальной группировки (ОГ) в составе 36 КА РСА, получившей название Capella 36, а также за счет возможности перенацеливания КА РСА с объекта на объект съемки с высокой скоростью. ОГ полного состава планируется развернуть на орбитах высотой 550–600 км в 12 плоскостях, по три КА в каждой плоскости. Начало оперативного использования КС РЛН положено запуском в августе 2020 года КА РСА Capella 2, или Sequoia (рис. 1), на орбиту с наклоном 45 градусов, что обес-

Рис. 1. КА РСА Capella 2 (Sequoia)

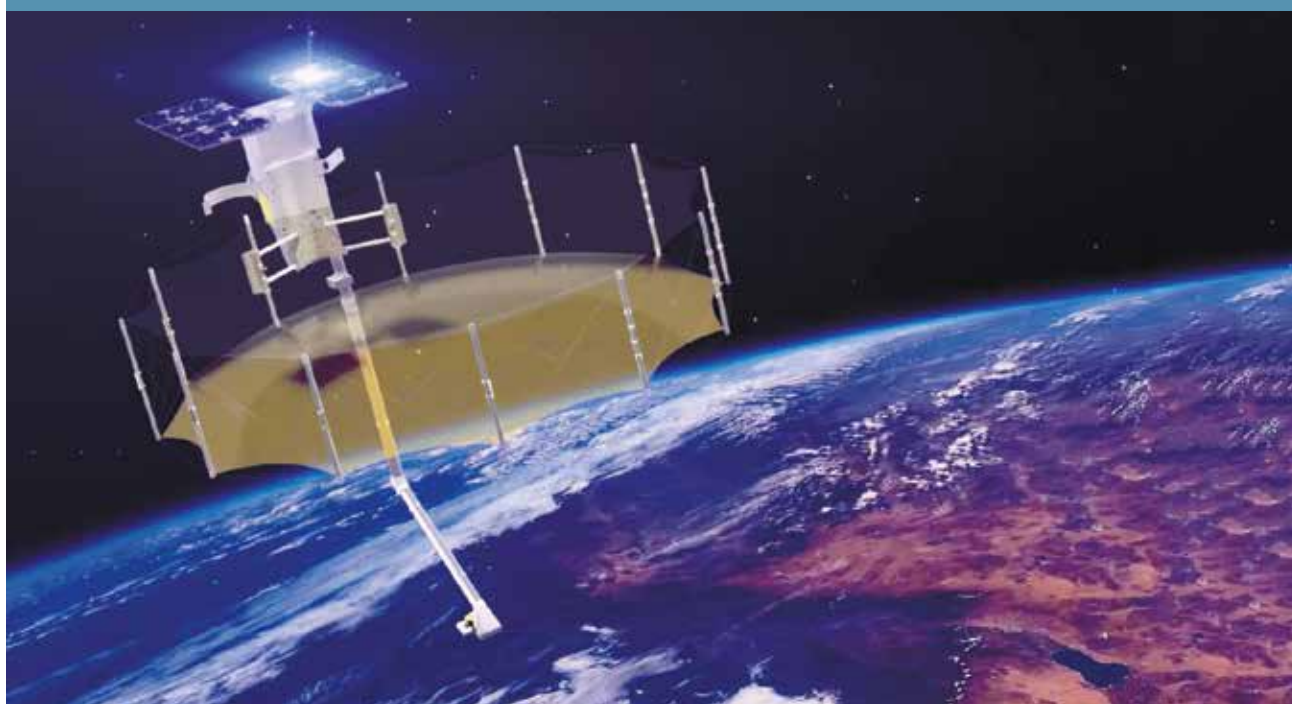


Таблица 1. Общие сведения о КА РСА Capella (Whitney)

Название КА	Дата запуска	Высота орбиты, км	Наклонение орбиты, градусы
Capella 1 (Denali)	декабрь 2018	573–591	97,77
Capella 2 (Sequoia)	август 2020	522–536	45,1
Capella 3 (Whitney)	январь 2021	517–529	97,5
Capella 4 (Whitney)	январь 2021	516–529	97,5
Capella 5 (Whitney)	апрель 2021	516–530	97,5
Capella 6 (Whitney)	апрель 2021	568–587	53
Capella 7 (Whitney)	январь 2022	573	97,5
Capella 8 (Whitney)	январь 2022	573	97,5

Рис. 2. Потенциальная периодичность наблюдения ОГ Capella 36

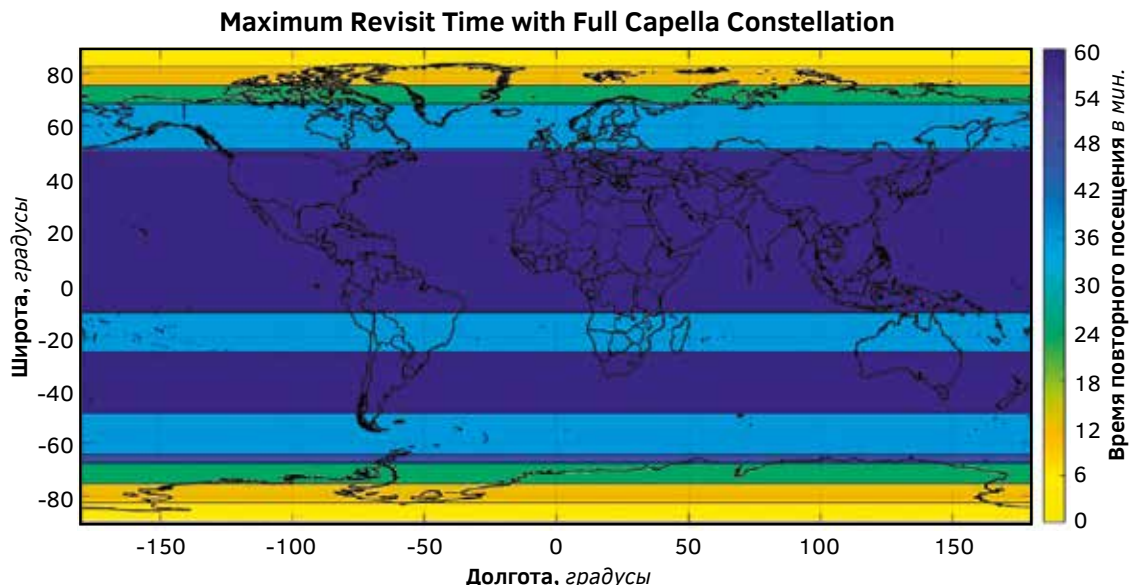


Таблица 2. Периодичность наблюдения по этапам развертывания ОГ

Количество КА в ОГ	6	12	24	36
Наилучшая периодичность, час.	<4	<2	1	<1
Наихудшая периодичность, час.	12	6	4	<2
Периодичность в интерферометрическом режиме	24	12	6	4

печивало высокую периодичность наблюдения районов Ближнего Востока, КНДР, КНР, Японии и США. Ранее состоявшийся запуск КА РСА Capella 1, или Denali, имел целью проведение отработки технологических и калибровочных настроек на орбите.

Последующие запуски КА РСА Capella состоялись в 2021–2022 годах. Общие сведения о КА РСА Capella, находящихся в оперативном использовании, приведены в таблице 1. Субгруппировка в составе первых шести оперативно используемых КА РСА получила название Whitney.

Потенциальные возможности ОГ полного состава по периодичности наблюдения, определяемые ее баллистическим построением, приведены на рис. 2: съемка любого района земной поверхности может быть выполнена в течение часа [1]. Возможности ОГ по периодичности наблюдения с учетом этапности ее развертывания приведены в таблице 2. На рис. 3 приведены результаты независимого моделирования

функционирования ОГ в составе 36 КА РСА, подтверждающие потенциальные возможности КС РЛН Capella 36 по периодичности.

Частная орбитальная группировка из шести КА в двух орбитальных плоскостях, получившая название Whitney, обеспечивает проведение интерферометрических измерений с формированием временной базы в режиме repeat-pass (repeat-track). При этом баллистическое построение КА в орбитальной группировке полного состава обеспечивает возможность точного прогнозирования временных интервалов между последовательными состояниями орбитальной субгруппировки типа Whitney, при которых выполняются необходимые условия для проведения интерферометрических измерений. Если принять за точку отсчета первый случай выполнения этих условий, то последующие возможности для осуществления интерферометрических измерений наступают через прогнозируемые интервалы времени, которые

Рис. 3. Результаты независимого моделирования для оценки периодичности наблюдения ОГ в составе 36 КА PCA Capella

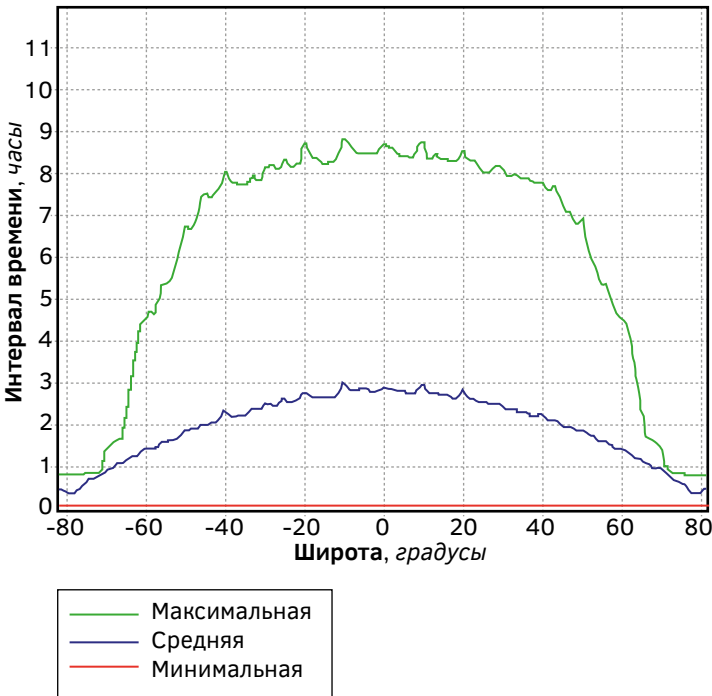


Таблица 3. Возможности орбитальных субгруппировок типа Whitney по периодичности наблюдения

№ серии	Временные интервалы по отношению к первичному событию, часы			
0	0	54	120	174
1	12	66	132	186
2	24	78	144	198
...	...	...	...	...
9	108	162	228	282
10	120	174	240	294

можно представить в виде формализованного временного ряда: 0 (первая реализация), 54 час., 120 час., 174 час. Существуют и другие возможные временные ряды интервалов, отстоящих от начальной условной точки отсчета, через которые реализуются условия для интерферометрической съемки одного и того же района, но под различными углами съемки. Каждый новый ряд этих интервалов формируется путем увеличения значений интервалов в «нулевой» исходной серии на 12 часов. Указанные серии (ряды) временных интервалов, определяемых по отношению к условной точке отсчета, приведены в таблице 3 [2].

Заметим, что эти серии временных интервалов повторяются через 120 часов, или пять суток, то есть после 10-й серии имеет место циклическое повторение значений, приведенных в таблице 3. При этом каждая серия временных интервалов из таблицы 3 пригодна для наблюдения процессов на земной поверхности, изменяющихся в течение пяти и более суток.

Высокие показатели по оперативности добытия и предоставления РЛИ пользователям достигаются как за счет высокой периодичности съемки, так и за счет возможности оперативной закладки планов съемки в форме команд-

но-программной информации (КПИ) на борт КА с использованием каналов передачи данных через КА-ретрансляторы Inmarsat [2, 3].

Другим фактором, определяющим высокую оперативность предоставления РЛИ пользователям, является использование территориально-распределенного наземного комплекса на базе наземных станций в составе систем AWS и KSAT (Норвегия). Особо следует отметить наличие наземных станций в арктической зоне, через зону видимости которых проходят 11–12 суточных витков.

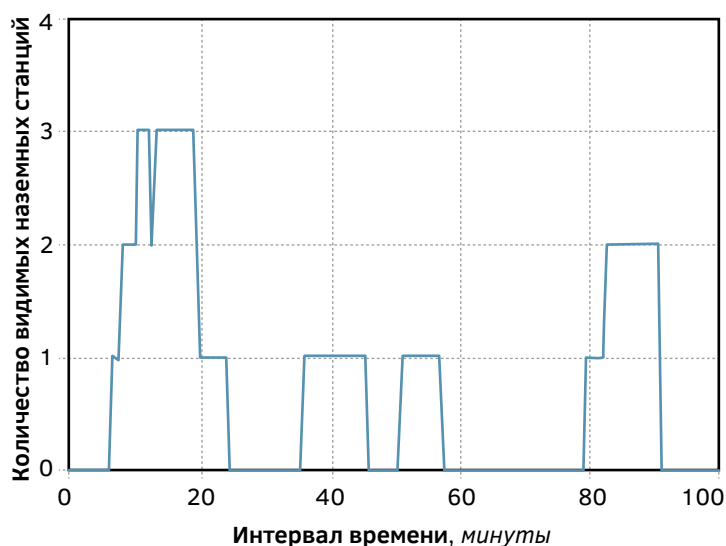
На рис. 4 приведены зоны видимости наземных станций, привлекаемых для сброса РЛИ с КА PCA Capella [4], расположенных в следующих населенных пунктах: Svalbard (Норвегия), Trol (Норвегия), Punta Arenas (Чили), Boardman (США), Kileville (США), Hartebushrock (ЮАР), Awarua (Новая Зеландия), Tripoli (Греция), Dublin (Ирландия), Vasterus (Швеция), Cape Town (ЮАР), Manama (Бахрейн), Sydney (Австралия), Honolulu (США), Mumbai (Индия), Seoul (Корея), Токио (Япония) [5].

Результаты математического моделирования зон видимости приведены на рис. 4, 5. Они показали, что суммарный интервал времени приема информации составляет до 18 часов в сутки

Рис. 4. Моделирование основных зон видимости наземных станций КС РЛН Capella 36



Рис. 5. Оценка количества наземных станций, видимых с одного КА на витке



при высоте орбиты 530 км. С учетом перекрытия зон видимости наземных станций для одного КА обеспечивается максимальная продолжительность видимости до девяти часов в сутки. Такое расположение наземных станций обеспечивает доступ для приема РЛИ с интервалом не более 20 минут (рис. 5).

Сброс РЛИ на наземные станции осуществляется в диапазоне X (8025–8400 МГц) на средней частоте 8212,5 МГц в полосе 250 МГц [5]. Управление КА PCA Capella осуществляется из центра управления полетами (ЦУП) в Paolo Alto, где размещается штаб-квартира компании Capella Space.

Командно-измерительные станции наземного комплекса управления (НКУ) размещаются на объекте компании в Денвере. Обмен командно-программной и телеметрической информацией осуществляется на линии «вверх» (НКУ — КА) в диапазоне

2035,3–2036,7 МГц на средней частоте 2036 МГц в полосе 1,4 МГц, на линии «вниз» (КА — НКУ) в диапазоне 8025–8029 МГц на средней частоте 8027 МГц в полосе 1,4 МГц [5].

Оперативная командная радиолиния через КА-ретранслятор Inmarsat реализована на следующих частотах [5]:

- прием информации на КА РСА с КА-ретранслятора в диапазоне 1518–1559 МГц; конкретная частота закрепляется оператором системы Inmarsat на период соединения с КА РСА;
- передача информации с КА РСА на КА-ретранслятор в диапазонах 1626,5–1660,5 МГц, 1668–1675 МГц в полосе 25–200 кГц.

Следует отметить, что компания Capella Space, изначально ориентируясь на решение задач в интересах обороны и безопасности, обеспечила гарантированное закрытие информации, циркулирующей во всех космических радиолиниях, а также в наземных средствах приема, обработки и доведения ее до потребителей.

На рис. 6 схематично представлен регламент радиолокационной съемки КС Capella 36: среднее время от подачи заявки на съемку до выдачи РЛИ потребителю составляет 90 мин. [4].

Рассмотренные выше возможности по исполнению заявок на съемку и по доставке РЛИ потребителям носят потенциальный характер. При интенсивном поступлении заявок ограниченный ресурс КА РСА и КА-ретранслятора, а также пропускная способность наземного комплекса, используемого и другими КС ДЗЗ, не обеспечивают потенциальные возможности по их испол-

нению. В связи с этим в КС Capella 36 установлен регламент обслуживания заявок как на этапе формирования и закладки на борт КПИ, определяющей план съемок, так и на этапе доставки результатов их исполнения потребителям. Соответствующие уровни обслуживания потребителей приведены в таблицах 4, 5 [4].

Линию передачи данных через КА-ретрансляторы Inmarsat планируется задействовать и для оперативного сброса на НС в масштабе времени, близком к реальному, сжатых радиолокационных снимков низкого разрешения, получивших название quick look («быстрый просмотр») [3]. Радиолокационные снимки в режиме quick look используются для экспресс-анализа в контуре оперативного слежения за обстановкой. По оценке, это позволит довести время ожидания результатов радиолокационной съемки для оперативного анализа потребителями до 20 минут после закладки КПИ на борт КА РСА. Для детального анализа изображения в полном разрешении сбрасываются на наземные станции AWS и KSAT каждые 20 минут.

Следует отметить, что до настоящего момента время доставки РЛИ в существующих КС РЛН не менее 10–15 часов, что не удовлетворяет военных потребителей при решении задач оперативного выявления изменений. Время старения информации при радиолокационной съемке районов развертывания группировок войск в целях выявления изменений в их составе и дислокации является критически важным показателем. Вот почему именно высокая оперативность доведения информации пользовате-

Таблица 4. Уровни обслуживания заявок на съемку

Уровни реализации (обслуживания) заявок на съемку	Предоставляемые окна для съемки
Стандартный	Окно для съемки предоставляется в течение недели после получения заявки
Платиновый	Окно предоставляется в течение суток после получения заявки
Алмазный	Для съемки выделяется первое возможное окно
Реальное время	Съемка в течение 30 минут после получения заявки

Таблица 5. Уровни доставки снимков потребителям

Уровни доставки снимков	Время доставки снимков
Стандартный	В пределах 6 часов после съемки
Ускоренный	В пределах 1 часа после съемки

Рис. 6. Регламент съемки КС РЛН Capella 36 PCA Capella



лям и периодичность наблюдения районов особого внимания привлекают внимание военных и государственных организаций к применению для решения подобных «быстрых» задач создаваемой на коммерческой основе КС РЛН Capella 36.

Так, Национальное управление воздушно-космической разведки США (НУВКР; National Reconnaissance Office — NRO) еще в 2019 году заключило контракт с компанией Capella Space, в оперативном использовании которой уже семь КА PCA (см. таблицу 1), для проработки интеграции КС РЛН в национальную наземную архитектуру, создаваемую этим управлением [6]. Наряду с использованием КА PCA Capella в этих целях планируется привлечение КА PCA из состава ОГ компании ICEYE, в оперативном использовании которой 16 КА PCA, а также два КА PCA компании Umbra. Заключен также аналогичный контракт с недавно образовавшейся компанией PredoSAR, анонсировавшей создание ОГ в составе 48 КА PCA, обеспечивающей периодичность наблюдения в несколько минут.

Компания Capella Space установила также взаимодействие с Национальным агентством геопространственной разведки (National Geospatial Intelligence Agency — NGA), космическими силами, центром ПРО и ПКО Сухопутных войск, ВВС и ВМС [7]. Следует отметить, что для обес-

печения оперативного слежения за морской обстановкой на КА Capella предусмотрен прием сигналов системы AIS на частотах 161,9625 МГц, 161,025 МГц, 156,775 МГц, 156,825 МГц. Совместное применение PCA и аппаратуры системы AIS повышает достоверность данных о морской обстановке за счет выявления кораблей, не взаимодействующих с системой AIS, а также кораблей, данные о которых, содержащиеся в сигналах системы AIS, не соответствуют реальной морской обстановке, устанавливаемой по РЛИ. При этом, учитывая высокие показатели по оперативности предоставления РЛИ, КС Capella 36 может применяться не только для слежения за морской обстановкой, но и для решения задачи выдачи данных для целеуказания противокорабельным ракетам.

Рассмотренные выше тактико-технические характеристики космической системы положены в основу концепции ее интеграции в создаваемую американским Агентством космического развития (Space Development Agency — SDA) Национальной космической архитектуры МО (National Defence Space Architecture — NDSA), представляющую собой масштабную ОГ, состоящую из нескольких сотен КА с различными полезными нагрузками, объединенных в систему межспутниковыми лазерными радиоперелиниями [8].

Создание NDSA имеет целью эффективное решение задач информационного обеспечения группировок войск и оружия в возможных вооруженных конфликтах будущего, включая обнаружение пусков и сопровождение в полете ракет, в том числе гиперзвуковых. Технически такая интеграция реализуется путем применения в составе КА РСА аппаратуры лазерной связи, совместимой с транспортной подсистемой КА-ретрансляторов на низких орбитах, входящей в NDSA. Это обеспечивает обмен данными по межспутниковым лазерным радиолиниям с другими КА военного назначения, а также с группировками войск и оружия до тактического звена включительно.

В свою очередь, NDSA рассматривается в качестве ядра АСУ нового поколения JADC2 — Joint All Domain Command and Control, предназначенной для «замыкания» всех военных средств добытия информации на командные пункты и пункты управления войсками и оружием всех видов базирования в масштабе времени, близком к реальному.

Интеграция КС Capella 36 в состав АСУ JADC2 рассматривается как критический для создаваемой на коммерческой основе системы шаг в направлении непосредственного взаимодействия с американским разведывательным и оборонным сообществом. Агентство SDA заключило контракт с компанией Capella Space на эксперименты по отработке технологии межспутниковой лазерной связи между КА РСА и ОГ под названием TIDES — Tranche 1 Demonstration and experimentation System, состоящей из 18 КА с экспериментальной полезной нагрузкой. К концу 2024 года планируется довести ОГ Tranche 1 до 150 КА.

По существу, формируется уникальная космическая система военного назначения для постоянного непрерывного наблюдения районов особого внимания, прежде всего районов дислокации и применения ракетного вооружения большой дальности, с предоставлением результатов наблюдения потребителям вплоть до тактического звена практически в реальном масштабе времени.

Следует обратить внимание на темпы запусков КА Capella. Такие темпы диктуются конъюнктурой рынка: периодичность наблюдения и оперативность получения РЛИ — «приоритетный товар» для потребителей коммерческой РЛИ. Ключевые игроки на рынке коммерческой РЛИ — агентства NRO, NGA, SDA — заказывают и покупают не ОГ КА, а непосредственно информационную услугу, качество и цена которой определяются качеством РЛИ и оперативностью ее получения. Они не выступают заказчиками КА и не контролируют их изготовление. Поэтому конкурирующие между собой стартапы стремятся к созданию крупных ОГ из недорогих МКА РСА путем их комплектации готовыми покупными модулями бортовой аппаратуры, имеющими летную квалификацию, из имеющегося на рынке универсального набора и последующей ускоренной сборки и испытания. Компания Capella Space преуспела в реализации такого подхода и создала уникальную КС РЛН двойного назначения.

Способность быстрого наращивания ОГ позволяет оператору КС РЛН Capella 36 адаптировать ее возможности по периодичности наблюдения, а следовательно, и оптимизировать свои затраты в зависимости от складывающейся обстановки. При повседневной обстановке, когда спрос на оперативную РЛИ умеренный, оператор КС РЛН может ограничиться применением одной-двух субгруппировок типа Whitney в составе шести КА РСА. В особые периоды обстановки, когда возрастают потребность в высокочастотном наблюдении и спрос на оперативную РЛИ, ОГ КА РСА Capella 36 может быть ускоренно доведена до полного состава.

Изложенные выше факты приводят к выводу, что рожденные «новой космической революцией» стартапы, к числу которых относится и компания Capella Space, ускоренно создают мощные космические системы, развертывание которых обеспечивает беспрецедентное информационное доминирование США, порождающее однополярный информационный мир.

ПРИНЯТЫЕ СОКРАЩЕНИЯ

КС РЛН – космическая система радиолокационного наблюдения

КА РСА – космический аппарат с радиолокатором с синтезированной апертурой

ОГ – орбитальная группировка

КПИ – командно-программная информация

РЛИ – радиолокационная информация

НКУ – наземный комплекс управления



Литература

1. Capella X-SAR (Synthetic Aperture Radar) Constellation [Электронный ресурс]. URL: <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/content/-/article/capella-x-sar> (Дата обращения: 31.03.2022).
2. **Клименко Н.Н., Занин К.А.** Новое поколение космических аппаратов для наблюдения за морской обстановкой // Воздушно-космическая сфера. 2019. № 2. С. 73–82.
3. **Theresa Hitchens.** Capella First For 'Holy Grail' of Real-Time SAR-Sat Images [Электронный ресурс] // Moralepatcharmorg.com. 2019. August 06. URL: <https://www.moralepatcharmory.com/blogs/breaking-defense/capella-first-for-holy-grail-of-real-time-sar-sat-images> (Дата обращения: 31.03.2022).
4. **Rao S. Ramayanam.** Capella Space's X-Band Synthetic Aperture Radar Satellite Constellation with Hourly Monitoring Capability for National Security [Электронный ресурс]. URL: https://geosmartindia.net/speaker/presentations2019/Capella-Space-X-Band-Synthetic-Aperture-Radar-Satellite-Monitoring-Capability-for-National-Security-Rao_S_Ramayanam.pdf (Дата обращения: 31.03.2022).
5. Response to question 7 of FCC form 442 (Purpose of experiment). Appendix A. [Электронный ресурс]. URL: <https://fcc.report/ELS/Capella-Space-Corporation/0029-EX-CM-2020/246358> (Дата обращения: 31.03.2022).
6. **Sandra Erwin.** National Reconnaissance Office signs agreements with five commercial radar satellite operators // Spacenews.com. 2022. January 20. URL: <https://spacenews.com/national-reconnaissance-office-signs-agreements-with-five-commercial-radar-satellite-operators/> (Дата обращения: 31.03.2022).
7. Application of Capella Space Corp. for Authority to Launch and Operate a Non-Geostationary Orbit Satellite System in the Earth Exploration Satellite Service [Электронный ресурс]. URL: <https://fcc.report/IBFS/SAT-LOA-20200914-00108/2710023.pdf> (Дата обращения: 31.03.2022).
8. **Theresa Hitchens.** Capella to demonstrate first SARsat-based laser communications for SDA // Breakingdefense.com. 2021. November 09. URL: <https://breakingdefense.com/2021/11/capella-to-demonstrate-first-sarsat-based-laser-communications-for-sda/> (Дата обращения: 31.03.2022).

References

1. Capella X-SAR (Synthetic Aperture Radar) Constellation. Available at: <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/content/-/article/capella-x-sar> (Retrieval date: 31.03.2022).
2. **Klimenko N.N., Zanin K.A.** Novoe pokolenie kosmicheskikh apparatov dlya nablyudeniya za morskoy obstanovkoy. *Vozdushno-kosmicheskaya sfera*, 2019, no. 2, pp. 73–82.
3. **Theresa Hitchens.** Capella First For 'Holy Grail' of Real-Time SAR-Sat Images. *Moralepatcharmorg.com*. 2019. August 06. Available at: <https://www.moralepatcharmory.com/blogs/breaking-defense/capella-first-for-holy-grail-of-real-time-sar-sat-images> (Retrieval date: 31.03.2022).
4. **Rao S. Ramayanam.** Capella Space's X-Band Synthetic Aperture Radar Satellite Constellation with Hourly Monitoring Capability for National Security. Available at: https://geosmartindia.net/speaker/presentations2019/Capella-Space-X-Band-Synthetic-Aperture-Radar-Satellite-Monitoring-Capability-for-National-Security-Rao_S_Ramayanam.pdf (Retrieval date: 31.03.2022).
5. Response to question 7 of FCC form 442 (Purpose of experiment). Appendix A. Available at: <https://fcc.report/ELS/Capella-Space-Corporation/0029-EX-CM-2020/246358> (Retrieval date: 31.03.2022).
6. **Sandra Erwin.** National Reconnaissance Office signs agreements with five commercial radar satellite operators. *Spacenews.com*. 2022. January 20. Available at: <https://spacenews.com/national-reconnaissance-office-signs-agreements-with-five-commercial-radar-satellite-operators/> (Retrieval date: 31.03.2022).
7. Application of Capella Space Corp. for Authority to Launch and Operate a Non-Geostationary Orbit Satellite System in the Earth Exploration Satellite Service. Available at: <https://fcc.report/IBFS/SAT-LOA-20200914-00108/2710023.pdf> (Retrieval date: 31.03.2022).
8. **Theresa Hitchens.** Capella to demonstrate first SARsat-based laser communications for SDA. *Breakingdefense.com*. 2021. November 09. Available at: <https://breakingdefense.com/2021/11/capella-to-demonstrate-first-sarsat-based-laser-communications-for-sda/> (Retrieval date: 31.03.2022).

© Занин К.А., Клименко Н.Н., Москатынцев И.В., 2022

История статьи:

Поступила в редакцию: 01.03.2022

Принята к публикации: 31.03.2022

Модератор: Гесс Л.А.

Конфликт интересов: отсутствует

Для цитирования:

Занин К.А., Клименко Н.Н., Москатынцев И.В. Космическая система радиолокационного наблюдения Capella 36. Часть 1 // Воздушно-космическая сфера. 2022. № 1. С. 48 – 57.

GUEST SETS OF NATIONAL PRODUCTS FOR FLIGHTS OF INTERNATIONAL CREWS ON THE MIR SPACE STATION AND THE INTERNATIONAL SPACE STATION



ГОСТЕВЫЕ НАБОРЫ НАЦИОНАЛЬНЫХ ПРОДУКТОВ ПРИ ПОЛЕТАХ МЕЖДУНАРОДНЫХ ЭКИПАЖЕЙ НА ОРБИТАЛЬНОЙ СТАНЦИИ «МИР» И МЕЖДУНАРОДНОЙ КОСМИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ

Alexander N. AGUREEV,
Candidate of Medical Sciences,
Academician of the Russian Academy of Cosmonautics named after K. E. Tsiolkovsky,
full member of the International Academy of Astronautics, Head of the Laboratory
of the SSC RF – IBMP RAS, Moscow, Russia,
aagureev@imbp.ru



Александр Никитович АГУРЕЕВ,
кандидат медицинских наук, академик Российской академии космонавтики имени К. Э. Циолковского,
действительный член Международной академии астронавтики, заведующий лабораторией питания,
гастроэнтерологии и гигиенического контроля
физических факторов среды обитания, ГНЦ РФ –
ИМБП РАН, Москва, Россия,
aagureev@imbp.ru

Kirill A. SHEF,
Junior Researcher of the
SSC RF – IBMP RAS, Moscow, Russia,
shef.kirill@yandex.ru



Кирилл Александрович ШЕФ,
младший научный сотрудник,
ГНЦ РФ – ИМБП РАН, Москва, Россия,
shef.kirill@yandex.ru

Mark S. BELAKOVSKIY,
Candidate of Medical Sciences,
Academician of the Russian Academy of Cosmonautics named after K. E. Tsiolkovsky,
full member of the International Academy of Astronautics, Head of the Department of the
SSC RF – IBMP RAS, Moscow, Russia,
info@imbp.ru



Марк Самуилович БЕЛАКОВСКИЙ,
кандидат медицинских наук, академик Российской академии космонавтики имени К. Э. Циолковского,
действительный член Международной академии астронавтики, заведующий отделом
ГНЦ РФ – ИМБП РАН, Москва, Россия,
info@imbp.ru

Elena A. VASILYEVA,
Junior Researcher of the
SSC RF – IBMP RAS, Moscow, Russia,
lenavasya@inbox.ru



Елена Александровна ВАСИЛЬЕВА,
младший научный сотрудник,
ГНЦ РФ – ИМБП РАН, Москва, Россия,
lenavasya@inbox.ru

ABSTRACT | The article presents the requirements for products suitable for use in space flight. The experience of certification of food products manufactured according to national food technologies and proposed for the formation of "guest" sets from them, which, with positive certification results, were delivered and used for food at the Mir orbital station and the International Space Station when representatives of other countries were included in the Russian crews, is analyzed. The main purpose of using "guest" sets of national products is indicated.

Keywords: *national products, guest kits, certification, Mir orbital Station, International Space Station*

АННОТАЦИЯ | В статье представлены требования к продуктам, пригодным для использования в условиях космического полета. Проанализирован опыт сертификации продуктов питания, изготовленных по национальным пищевым технологиям и предлагаемых для формирования «гостевых» наборов, которые при положительных результатах сертификации доставлялись и использовались для питания на орбитальной станции «Мир» и Международной космической станции при включении в состав российских экипажей представителей других стран. Указано основное назначение использования «гостевых» наборов национальных продуктов.

Ключевые слова: *национальные продукты, гостевые наборы, сертификация, орбитальная станция «Мир», Международная космическая станция*

ВВЕДЕНИЕ

Многолетний опыт осуществления космических полетов с участием интернациональных экипажей показал целесообразность использования «гостевых» наборов национальных продуктов питания.

Основное назначение этих наборов продуктов состоит в создании у членов экипажей положительного эмоционального настроения.

Большой объем экспериментальных данных, накопленных за длительный период работ по обеспечению питанием экипажей космических кораблей и орбитальных станций, позволил нам сформулировать ряд требований, которые необходимо выполнять при формировании «гостевых» наборов национальных продуктов:

- продукты, предлагаемые для включения в состав «гостевого» набора, должны изготавливаться из экологически чистого, натурального пищевого сырья высшей категории качества, иметь высокие вкусовые достоинства и быть пригодными для употребления непосредственно из упаковки как в холодном, так и подогретом виде;
- в «гостевой» набор могут быть включены продукты и блюда с ярко выраженным вкусом, изготовленные по традиционным национальным технологиям;
- консистенция продуктов «гостевого» набора должна исключать возможность попадания в атмосферу станции крошек или жидкой фазы;
- соусы и приправы (консервированные или лиофилизированные) должны иметь пикантный вкус и достаточно вязкую консистенцию;
- десерты (кондитерские, фруктовые и прочие) могут быть изготовлены в виде концентратов, мелкими брикетами на один укус;
- применяемые при изготовлении продуктов загустители, ароматизаторы, стабилизаторы, красители и другие пищевые добавки должны иметь разрешение органов здравоохранения на использование в питании;
- упаковка продуктов должна быть герметичной, производиться под вакуумом, порционно из расчета на один прием пищи для одного человека;
- упаковка продуктов должна также выполнять функцию посуды для приготовления и приема пищи;
- материалы упаковки должны иметь разрешение органов здравоохранения на контакт с пищевыми продуктами;
- продукты «гостевого» набора должны сохранять исходные пищевые качества и безопас-

ность их употребления при хранении в условиях нерегулируемой температуры и влажности в течение всего срока их предполагаемого нахождения на борту станции.

Обязательным условием при формировании «гостевых» наборов национальных продуктов является их соответствие по показателям микробиологической и токсикологической безопасности требованиям, предъявляемым в России к продуктам питания космонавтов.

Изготовленные по национальным технологиям продукты подвергали в заранее согласованном объеме физико-химическим и микробиологическим исследованиям в стране-изготовителе и в России. По результатам исследований определялся окончательный состав «гостевого» набора национальных продуктов, который затем и доставлялся с экспедицией посещения, в состав которой входил представитель иностранного государства, на борт орбитальных станций.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГОСТЕВЫХ НАБОРОВ НА ОРБИТАЛЬНЫХ СТАНЦИЯХ

Планомерное использование «гостевых» наборов национальных продуктов начало осуществляться при эксплуатации орбитальной станции «Мир».

Иностранцами партнерами при участии российских специалистов отрабатывались технологии изготовления продуктов по рецептам национальной кухни, отвечающие требованиям, предъявляемым к продуктам питания космонавтов.

Работы по сертификации продуктов «гостевого» набора на соответствие существующим требованиям и законодательным актам РФ проводятся специалистами ГНЦ РФ — ИМБП РАН.

Продукты, предлагаемые к включению в состав гостевого набора, должны предоставляться со следующей сопроводительной документацией:

- сведения о фирме-изготовителе (название, копия лицензии или разрешения на изготовление данного вида продукции);
- перечень основных компонентов, входящих в состав продукта;
- способ стабилизации (термический, обезвоживание, ионизирующее облучение и т. д.);
- pH, пищевой состав, калорийность продукта;
- сертификат качества продукта;
- сертификат на используемые упаковочные



В состав гостевого набора, планируемого к доставке на Международную космическую станцию участником космического полета – гражданином ОАЭ, для первоначальной органолептической оценки были представлены пять национальных продуктов ОАЭ. На основании результатов сертификации, в состав «гостевого» набора было рекомендовано включить три продукта (Hummus, Saloona, Balaleet).



Фото предоставлено MBRSC

материалы с результатами исследований по газовой выделению. При отсутствии результатов исследований по газовой выделению испытания используемых упаковочных материалов проводят российские специалисты.

На упаковке продукта должна содержаться информация о названии фирмы-изготовителя, дате изготовления (месяц, год) с указанием срока годности и условий хранения.

Сертификация национальных продуктов, предлагаемых для включения в состав «гостевого» набора, начинается с анализа и оценки представленной документации для определения их соответствия требованиям, предъявляемым к продуктам для питания в условиях космического полета. Проводится также и первоначальная органолептическая оценка предлагаемых продуктов.

По результатам выполненных исследований принимается решение о проведении последующих этапов сертификации продуктов:

- проведение ресурсных испытаний продуктов в климатической камере ГНЦ РФ — ИМБП РАН при температурно-влажностных режимах на орбитальной станции для установления гарантийных сроков хранения в условиях космического полета;

- исследования качества и микробиологической безопасности продуктов перед закладкой в климатическую камеру, после 21 дня хранения при температуре $+20 \pm 2$ °C, после 36 суток хранения и по завершении испытаний (на 51-е сутки хранения). С 22-х по 51-е сутки испытаний продукты хранятся при температуре $+25 \pm 2$ °C, включая кратковременные повышения температуры до 30 °C (28-е сутки) и до 35 °C (43–44 сутки).

Микробиологические исследования безопасности продуктов выполняются специалистами аккредитованного испытательного лабораторного центра Федерального медико-биологического агентства.

По результатам ресурсных испытаний оформляется заключение о возможности использования продуктов для питания в полете на орбитальной станции.

За время эксплуатации орбитальной станции «Мир» были сертифицированы и доставлены на станцию наборы национальных продуктов Болгарии (1), Франции (5), Австрии (1), Германии (1), Казахстана (2).

Работы по созданию и использованию «гостевых» наборов национальных продуктов были с успехом продолжены при эксплуатации Международной космической станции.

В 2001 году проводилась сертификация и наземная подготовка порошкообразного напитка Rosari Sweat, изготовленного японской компанией Otsuka Chemical Co, Ltd.

В 2003–2004 годах была проведена сертификация и наземная подготовка пяти итальянских национальных продуктов (Piadina bread, Pecorino cheese, Apricot jam, Cherry tomatoe, Chocolate candy) для проведения на Международной космической станции эксперимента Mediet по оценке показателей качества продуктов (цвета, внешнего вида, запаха, вкуса, консистенции) в условиях реального космического полета.

Вкусовые качества продуктов были высоко оценены выполнявшим эксперимент космонавтом.

В 2005 году итальянской компанией Arseal были представлены 14 наименований продуктов для проведения на Международной космической станции итальянским астронавтом эксперимента «Лацио».

На основании экспертной оценки документации и результатов, выполненных специалистами ГНЦ РФ — ИМБП РАН исследований, для летного эксперимента были рекомендованы шесть национальных итальянских продуктов (Pecorino, Biscotto, Tortoncino, Nocciol, Tozzett, Miele).

Задачи эксперимента были успешно выполнены итальянским космонавтом при полете на Международной космической станции.

Для включения в состав рационов питания членов экипажей на Международной космической станции представителями ряда французских фирм и компаний для сертификации и наземной подготовки в ГНЦ РФ — ИМБП РАН были переданы в 2005 году 13 наименований, а в 2007 году 16 наименований французских национальных продуктов.

Стабилизированные методом тепловой стерилизации (консервированные) продукты изготавливались по рецептам французской национальной кухни, по ранее отработанным при участии российских специалистов технологиям, успешно применявшимся при изготовлении и поставках на орбитальную станцию «Мир» «гостевых» наборов французских национальных продуктов в рамках проектов «Кассиопея», «Пегас», «Персей».

Французские национальные продукты были высоко оценены членами экипажей Международной космической станции.

В 2007 году для выполнения эксперимента «Малайзийская пища в космосе» (MFIS) на борту российского сегмента Международной космической станции во время полета малайзийского астронавта для сертификации и наземной подготовки



В состав «гостевого» набора было рекомендовано 16 наименований японских национальных продуктов, которые затем успешно прошли сертификационные исследования: тушеная курица с соусом; тушеный цыпленок с юзу и перцем; говядина, тушенная в соевом соусе, имбире и сахаре; конина, тушенная в соевом соусе, имбире и сахаре; приправленные кальмары; куриная кожа на гриле в соусе мисо; толстые ломтики бекона; копченое брюшко лосося; скумбрия, тушенная в соусе мисо; вареная говядина с рисом; цыпленок с побегами бамбука; карри с иберийской свиной и грибами; карри из говядины; говяжья котлета с мини-помидорами; мясо красного снежного краба; свинина тушеная.



Фото из архива ИМБП

в ГНЦ РФ — ИМБП РАН были представлены 11 наименований национальных продуктов: пять видов вторых блюд в стерилизуемых пакетах из металлизированной пленки, шесть наименований кондитерских и фруктовых изделий в пакетах из прозрачной полимерной пленки.

После проведения предварительных микробиологических и органолептических исследований для летного набора были рекомендованы девять наименований малайзийских национальных продуктов: три вторых блюда (прессованный цыпленок с рисом бриани, пряная говядина ренданг ток, соте из цыпленка), шесть кондитерских и фруктовых изделий (обезвоженные ломтики манго, банановые роллы, жареный темпех, малайзийское печенье, гранулированные палочки розелла, кондитерское имбирное желе).

Эксперимент MFIS был успешно выполнен при полете малайзийского астронавта на Международной космической станции.

В 2007–2008 годах для проведения на Международной космической станции космонавтом Республики Корея эксперимента KAP-06 (исследование влияния условий космического полета на сенсорную оценку продуктов) для сертификации и наземной подготовки в ГНЦ РФ — ИМБП РАН были представлены 10 наименований корейских национальных продуктов питания.

Шесть наименований разработаны Корейским институтом исследования пищевых продуктов (KFRI): кимчи — сублимированная, паста из жгучего перца, приготовленный рис, суп из соевой пасты, чай из красного женьшеня, зеленый чай.

Четыре наименования разработаны отделом прикладных радиационных технологий Корейского института атомной энергии (KAERI): кимчи в консервной банке, лапша рамен, батончик санг-сик, сухой напиток суджонггва.

По результатам выполненной сертификации все корейские национальные продукты были рекомендованы для использования при проведении эксперимента KAP-06.

В 2018 году специалистами ГНЦ РФ — ИМБП РАН были выполнены работы по сертификации национальных продуктов ОАЭ, предлагаемых для включения в состав гостевого набора, планируемого к доставке на Международную космическую станцию участником космического полета — гражданином ОАЭ.

Для первоначальной органолептической оценки были представлены пять национальных продуктов ОАЭ.

На основании результатов сертификации, в состав «гостевого» набора было рекомендовано включить три продукта (Hummus, Saloona, Balaleet).

В 2021 году специалистами ГНЦ РФ — ИМБП РАН выполнены работы по сертификации японских национальных продуктов, предложенных коммерческими производителями для включения в состав «гостевого» набора при полете на Международной космической станции двух участников — представителей Японии, который состоялся в декабре 2021 года.

Первоначально для включения в состав набора было представлено 22 наименования национальных продуктов. После проведения предварительных исследований для включения в состав «гостевого» набора было рекомендовано 16 наименований японских национальных продуктов, которые затем успешно прошли сертификационные исследования: тушеная курица с соусом; тушеный цыпленок с юзу и перцем; говядина, тушенная в соевом соусе, имбире и сахаре; конина, тушенная в соевом соусе, имбире и сахаре; приправленные кальмары; куриная кожа на гриле в соусе мисо; толстые ломтики бекона; копченое брюшко лосося; скумбрия, тушенная в соусе мисо; вареная говядина с рисом; цыпленок с побегами бамбука; карри с иберийской свининой и грибами; карри из говядины; говяжья котлета с мини-помидорами; мясо красного снежного краба; свинина тушеная.

Японские национальные продукты были положительно оценены членами экипажа 66-й экспедиции на Международной космической станции.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сформированные с учетом вышеуказанных требований «гостевые» наборы национальных продуктов вносили определенное разнообразие в питание, способствовали созданию положительного эмоционального настроения членов экипажей длительных экспедиций, выполняли роль психологической поддержки и, как правило, высоко оценивались космонавтами и астронавтами.

Необходимо также отметить, что наши иностранные партнеры, выполнявшие работы по освоению технологий изготовления и осуществлению поставок «гостевых» наборов национальных продуктов, приобрели неоценимый опыт создания продуктов для питания в условиях длительных космических полетов. Эти знания будут способствовать успешной реализации межпланетных экспедиций, экипажи которых, несомненно, будут интернациональными.



Литература

1. Агуреев А.Н., Каландаров С. Обеспечение питания экипажей на ОС «Мир» // Орбитальная станция «Мир». Космическая биология и медицина. М., 2001. Т. 1. С. 455–481.
2. Агуреев А.Н., Каландаров С., Васильева В.Ф. и др. Питание экипажей длительных экспедиций на Международной космической станции // Авиакосмическая и экологическая медицина. 2004. № 5. С. 19–23.
3. Агуреев А.Н., Клоэрис В., Зварт С., Смит С. Система питания // Космическая биология и медицина. М.: Наука, 2009. Т. 5: Российско-американское сотрудничество в области космической биологии и медицины. С. 477–499.
4. A. N. Agureev, V. Kloeris, Sara Zwart, and S.M. Smith. Nutrition for international Space Station // Space biology and medicine. Vol. V. US and Russian Cooperation in Space Biology and Medicine. AIAA, Reston, Virginia, 2009. Pp. 313–324.
5. Агуреев А.Н. Основные итоги эксплуатации системы обеспечения питанием (СОП) экипажей МКС // Международная космическая станция. Российский сегмент. М.: Научная книга, 2011. Т. 1. С. 342–356.
6. Агуреев А.Н. Питание космонавтов от Ю. А. Гагарина до настоящих дней // Гагаринский сборник: материалы XXXVIII общественно-научных чтений, посвященных памяти Ю. А. Гагарина. Воронеж: Научная книга, 2010. С. 100–113.
7. Agureev A.N., Belakovsky M.S., Agaptseva T.N. Certification of “Guest” set of national products // Идеи К. Э. Циолковского: прошлое, настоящее, будущее. Материалы XLVII Научных чтений памяти К.Э. Циолковского. Калуга: Эйдос, 2012. С. 29–31.
8. Крючков Б.И., Усов В.М., Попова Е.В. Биотехнические системы жизнеобеспечения для экипажей пилотируемых космических комплексов // Воздушно-космическая сфера. 2020. № 3. С. 82–89.
9. Агуреев А.Н., Белаковский М.С. Вопросы питания в межпланетных космических полетах // Воздушно-космическая сфера. 2021. № 1. С. 44–57.

References

1. Agureev A.N., Kalandarov S. Obespechenie pitaniya ekipazhey na OS "Mir". Orbital'naya stantsiya "Mir". Kosmicheskaya biologiya i meditsina. Moscow, 2001, vol. 1, pp. 455–481.
2. Agureev A.N., Kalandarov S., Vasil'eva V.F. et al. Pitaniye ekipazhey dlitel'nykh ekspeditsiy na Mezhdunarodnoy kosmicheskoy stantsii. Aviakosmicheskaya i ekologicheskaya meditsina, 2004, no. 5, pp. 19–23.
3. Agureev A.N., Kloeris V., Zvart S., Smit S. Sistema pitaniya. Kosmicheskaya biologiya i meditsina. Moscow, Nauka, 2009, vol. 5, pp. 477–499.
4. A. N. Agureev, V. Kloeris, Sara Zwart, and S. M. Smith. Nutrition for international Space Station. Space biology and medicine, vol. 5, AIAA, Reston, Virginia, 2009, pp. 313–324.
5. Agureev A.N. Osnovnye itogi ekspluatatsii sistemy obespecheniya pitaniem (SOP) ekipazhey MKS. Mezhdunarodnaya kosmicheskaya stantsiya. Rossiyskiy segment. Moscow, Nauchnaya kniga, 2011, vol. 1, pp. 342–356.
6. Agureev A.N. Pitaniye kosmonavtov ot Yu. A. Gagarina do nastoyashchikh dney. Gagarinskiy sbornik: materialy XXXVIII obshchestvenno-nauchnykh chteniy, posvyashchennykh pamyati Yu. A. Gagarina. Voronezh, Nauchnaya kniga, 2010, pp. 100–113.
7. Agureev A.N., Belakovsky M.S., Agaptseva T.N. Certification of “Guest” set of national products. Idei K. E. Tsiolkovskogo: proshloe, nastoyashchee, budushchee. Materialy XLVII Nauchnykh chteniy pamyati K. E. Tsiolkovskogo. Kaluga, Eydos, 2012, pp. 29–31.
8. Kryuchkov B.I., Usov V.M., Popova E.V. Biotekhnicheskie sistemy zhizneobespecheniya dlya ekipazhey pilotiruemykh kosmicheskikh kompleksov. Vozdushno-kosmicheskaya sfera, 2020, no. 3, pp. 82–89.
9. Agureev A.N., Belakovsky M.S. Voprosy pitaniya v mezhplanetnykh kosmicheskikh poletakh. Vozdushno-kosmicheskaya sfera, 2021, no. 1, pp. 44–57.

© Агуреев А.Н., Шеф К.А., Белаковский М.С.,
Васильева Е.А., 2022

История статьи:

Поступила в редакцию: 12.02.2022

Принята к публикации: 17.02.2022

Модератор: Плетнер К.В.

Конфликт интересов: отсутствует

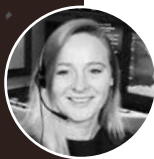
Для цитирования:

Агуреев А.Н., Шеф К.А., Белаковский М.С., Васильева Е.А. Гостевые наборы национальных продуктов при полетах международных экипажей на орбитальной станции «Мир» и Международной космической станции // Воздушно-космическая сфера. 2022. № 1. С. 58 – 65.

WHAT PRIVATE SPACE COMPANIES
ARE EXPECTING FROM
GOVERNMENT ENTITIES

ЧТО ЖДУТ ЧАСТНЫЕ
КОСМИЧЕСКИЕ КОМПАНИИ
ОТ ГОСУДАРСТВЕННЫХ
СТРУКТУР





Natalia L. BURTSEVA,
Lecturer, Faculty of Journalism, Institute of Mass Media, Russian State University for the Humanities, postgraduate student, Korolev, Russia,
natalya.burtseva@rsce.ru

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

All previous years, private space companies built interaction with Roscosmos and other industry departments alone. This did not bring the expected result. Oleg Mansurov, founder and CEO of Success Rockets, took the initiative to create the Association of Private Space Companies. The ASJ talked with representatives of the companies that are members of the Association and found out in what direction they will go, what they expect from interaction with government entities and what are their plans for the near future.

Все предыдущие годы частные космические компании выстраивали взаимодействие с Роскосмосом и другими отраслевыми ведомствами в одиночку. Это не приносило ожидаемого результата. Олег Мансуров, основатель и генеральный директор Success Rockets, выступил с инициативой создания Ассоциации частных космических компаний. Журнал «ВКС» пообщался с представителями компаний, вошедших в Ассоциацию, и узнал, в каком направлении пойдут частники, чего они ожидают от взаимодействия с государственными структурами и каковы их планы на ближайшее будущее.

В Ассоциацию вошли восемь космических компаний:

ООО «ЛОРЕТТ», «СР Климатическая мониторинговая система», ООО «СР РОКЕТС», ООО «КосмоЛаб», «ФИЗМЕХЛАБ», ООО «ЗД Исследования и разработки», АО «Центр технологической компетенции аддитивных технологий».

По мнению участников, Ассоциация позволит частному бизнесу скоординировать, упростить и ускорить работу по взаимодействию с органами власти, формированию прозрачных правил и стандартов ведения бизнеса в космической сфере. Был принят устав Ассоциации. Для обсуждения важных вопросов была создана площадка, которые участники назвали «Учредительное собрание».



Олег МАНСУРОВ,
Success Rockets

Success Rockets является вертикально-интегрированной компанией и включает в себя компетенции, необходимые для генерации, передачи и анализа больших данных, получаемых с помощью космической инфраструктуры.

” Взаимодействие с корпорацией мы видим по разным направлениям. Первое — это использование инфраструктуры для пусков изделий SR Rockets, в частности территории космодрома Восточный. ”

В данный момент ведутся работы над собственными ракетоносителями сверхлегкого класса, спутниковыми платформами малых космических аппаратов трех модификаций, межпланетных миссий, группировками спутников для передачи данных и над искусственным интеллектом для обработки космических данных разных типов.

— Встреча с представителями Роскосмоса была полезной. Во-первых, удалось донести свои запросы до руководства корпорации, запустить рабочий процесс согласования сотрудничества. Во-вторых, было интересно послушать представителей других компаний, информацию об их реализуемых проектах. Уже после встречи мы нашли общие темы для сотрудничества с еще одной компанией и пригласили ее в Ассоциацию.

Взаимодействие с корпорацией мы видим по разным направлениям. Первое — это использование инфраструктуры для пусков изделий SR Rockets, в частности территории космодрома Восточный. Второе — это кооперация с SR Satellites по испытаниям и производству малых космических аппаратов. Третье — это получение архивных и текущих снимков ДЗЗ (дистанционного зондирования Земли) от Роскосмоса, и в частности от АО «ТерраТех» — коммерческого оператора услуг ДЗЗ и геоинформационных сервисов на их основе.



Максим ЧЕРЕМИСИН,
член правления Ассоциации
ООО «КосмоЛаб», CEO

ООО «КосмоЛаб» — компания, которая ведет разработку систем отделения космических аппаратов (КА) с использованием максимально отечественной элементной базы и в соответствии с действующей нормативно-технической документацией (НТД) ракетно-космической отрасли РФ.

— Ассоциация частных космических компаний — это группа велосипедистов на авто-

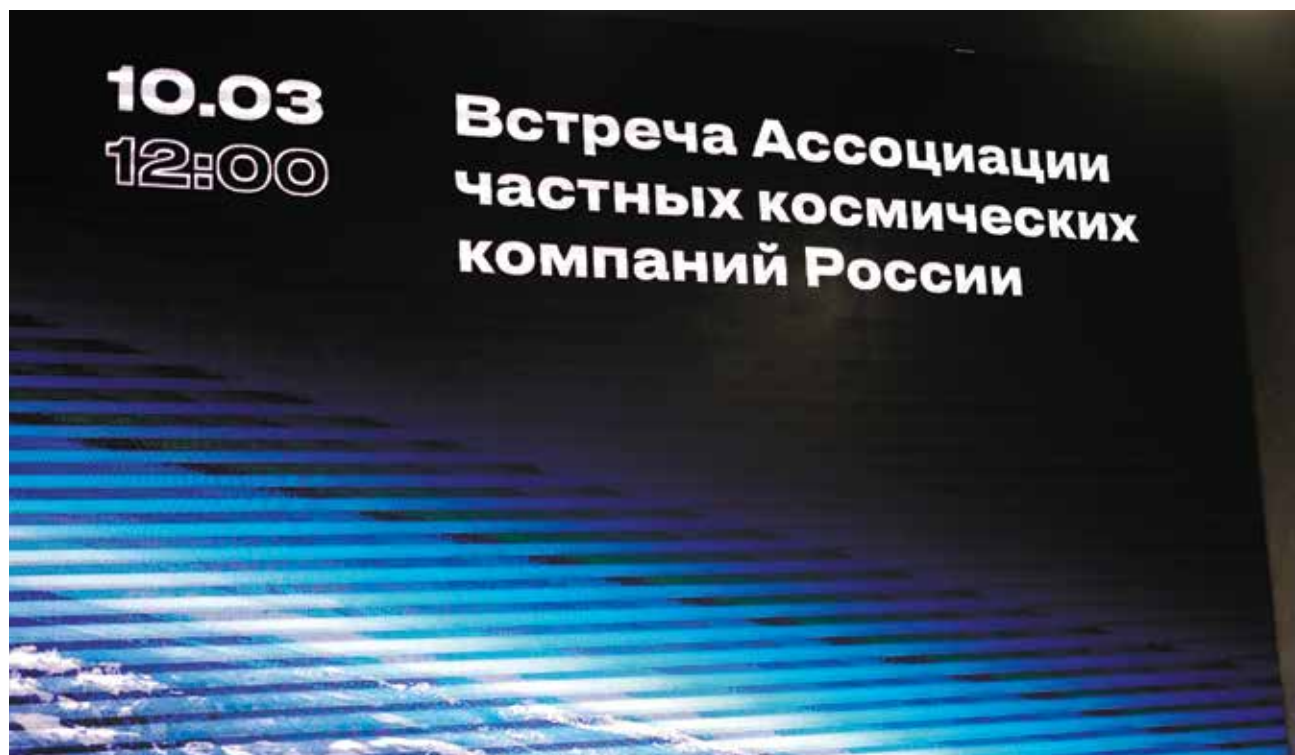
страде, которые смогут вносить в правила дорожного движения необходимые изменения, способные проложить новые маршруты.

Сейчас наша компания на стадии регистрации и вовлечения новых участников. Мы все вовлечены в планирование: много новых вызовов, коллективная реакция поможет лучше разобраться в процессах. И корпорация готова помогать частным инициативам, несмотря на то, что некоторые вопросы этой поддержки требуют правовых изменений. Нужно последовательно выстраивать диалог.

Мы планируем сотрудничество в НИР (научно-исследовательских работах) по перспективным тематикам, а также не оставим без внимания образовательные проекты.

Ассоциация будет расти и развиваться. На данный момент ряд компаний уже озвучили свой интерес на вступление в Ассоциацию.

” Ассоциация будет расти и развиваться. На данный момент ряд компаний уже озвучили свой интерес к вступлению в Ассоциацию. ”





Валентин УВАРОВ,
председатель правления Ассоциации
«СР Климатическая мониторинговая система»

Создание систем для мониторинга основных климатически-активных веществ (SR CMS), состоящих из спутникового сегмента, наземной инфраструктуры, программно-аппаратного комплекса с использованием отечественных эколого-математических моделей, и сопряженной с наземными средствами инструментального контроля.

— Ассоциация должна стать отраслевой организацией для частных компаний, которые уже занимаются или только начали заниматься бизнесом, связанным с созданием продукции и сервисов с космической составляющей.

Буквально недавно отмечалось 30-летие создания Российского космического агентства, и все эти годы, когда говорится «космическая отрасль», подразумеваются предприятия, входящие в систему корпорации. В современных условиях мы уже не можем говорить в терминах «отрасли», так как живем в эпоху космической экономики. Все, что делается с точки зрения развития средств доставки и самой космической инфраструктуры, глубоко интегрировано в земную экономику, так как мы далеко

ушли от первоначального использования космического пространства прежде всего в интересах обороны. Использование в гражданских целях выросло несоизмеримо. Изменился как количественный, так и качественный состав участников космической деятельности. Изменения произошли не только за счет большего числа стран, имеющих космические агентства, а прежде всего за счет частных космических компаний, для которых космос — это бизнес. Оговорюсь: в любой стране частный космос — это дело государственное. Однако в силу самой природы бизнеса и государственных организаций, которые заняты в космической деятельности, существуют большие различия. При этом в отношениях с государственными структурами, работающими в космической сфере, частный бизнес должен находиться в состоянии синергии (снижая их риски при реализации конкретных специфических бизнес-задач), предоставляя расширяющийся спектр продукции (услуг), а не в состоянии конкуренции. Тем самым частный бизнес может работать и в космической сфере на повышение конкурентоспособности экономики нашей страны в целом, и повышая ее экспортный потенциал.

У бизнеса свои правила. Прежде всего, его отличает способность оперативно реагировать в рыночных условиях. И это особенно актуально в сегодняшней ситуации. Важно в кратчайшие сроки доводить до государственных органов и законодательной власти те вопросы и проблемы, которые мешают гибкому реагированию на современные вызовы. Однако даже при весьма положительном отношении к бизнесу в той или иной сфере экономики чиновник не может понять сущность проблем предпринимателя, тем более в столь сложной сфере, как космос. Есть объединения в самых различных отраслях, и это только способствует быстрейшему развитию предпринимательства и подъему экономики. Объединения космических предпринимателей существуют и в других странах, и порой именно с позиции частного бизнеса бывает проще решать задачи по развитию сотрудничества с зарубежными странами.

”

Чиновник не может понять сущность проблем предпринимателя, а тем более в столь сложной сфере, как космос.

”



Василий САЗОНОВ,

декан факультета космических исследований МГУ

Ассоциация — это объединение профессиональных участников космического рынка, которое может формировать требования к необходимым кадрам. ФКИ МГУ готовит специалистов по фундаментальным и прикладным космическим исследованиям и использованию результатов космической деятельности. Нам важно понимать, какие специалисты востребованы сейчас, какие будут нужны через год, три, пять.

Второй важный аспект — наладить сотрудничество Ассоциации с вузами, научно-исследовательскими институтами для создания научно-производственных коопераций. Мы можем предложить не только подготовку кадров, но и проведение научных исследований и реализацию научно-технических проектов.

Создание ассоциации должно привести к возникновению устойчивых цепочек кооперации. В условиях беспрецедентного санкционного давления необходимо производить много различных компонентов, которые ранее были доступны только за рубежом. При должной организации Ассоциация может создать площадку по обмену технологиями, поиску новых коопе-

рационных связей, поиска исполнителей для работ. Этими воротами могут пользоваться все заинтересованные компании, в том числе и государственные.

— Мы работаем с предприятиями-участниками, с самой Ассоциацией пока плотно не сотрудничаем. Считаю, что необходимо наладить контакты, нам есть какие вопросы задать и что предложить.

Например, в Московском университете строится Инновационный научно-технологический центр «Воробьевы горы». Есть закон о технологических центрах, он уравнивает в правах с точки зрения льгот и преференций ИНТЦ ВГ и «Сколково», размещенные там компании будут иметь большие преимущества по налогам и таможенным тарифам. 15 марта были торжественно вручены первые свидетельства о резидентстве. Его получила компания «Спутникс» — участник проекта. Надеюсь, сотрудничество с ИНТЦ выберут многие компании, для которых близость Московского университета и возможность использовать его научный и кадровый потенциал будут большим преимуществом. Мы открыты для сотрудничества, приходите к нам.

В корпорации надеются на продуктивное сотрудничество с частными космическими компаниями и пообещали беспрецедентную поддержку. Мое мнение: необходимо использовать преимущества небольших частных компаний в реализации высокорисковых инновационных проектов. Молодежные стартапы способны взорвать рынок, дать новые, нестандартные технологические решения, которые будут только обогащать отечественную космонавтику.

Включение частных компаний в кооперационные цепочки для поставки комплектующих, инновационных продуктов, помощь с доступом к технологиям, к испытательным базам, пусковые услуги. Использование частных компаний способно существенно снизить стоимость разработки новых продуктов. Конечно, необходимо обеспечить и качество продукции, но все это достижимо.

© Бурцева Н.Л., 2022

История статьи:

Поступила в редакцию: 21.02.2022

Принята к публикации: 19.03.2022

Модератор: Гесс Л.А.

Конфликт интересов: отсутствует

Для цитирования:

Бурцева Н.Л. Что ждут частные космические компании от государственных структур // Воздушно-космическая сфера. 2022. № 1. С. 66 – 71.

” Молодежные стартапы способны взорвать рынок, дать новые, нестандартные технологические решения. ”

THE PERSPECTIVES OF REUSABLE SPACE TRANSPORT SYSTEMS. PART II

ПЕРСПЕКТИВЫ МНОГОРАЗОВЫХ ТРАНСПОРТНЫХ КОСМИЧЕСКИХ СИСТЕМ. ЧАСТЬ II



Nikolay N. KLIMENKO,
Candidate of Technical Sciences, Deputy General Director, Lavochkin Association, Moscow, Russia,
Klimenko@laspace.ru

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



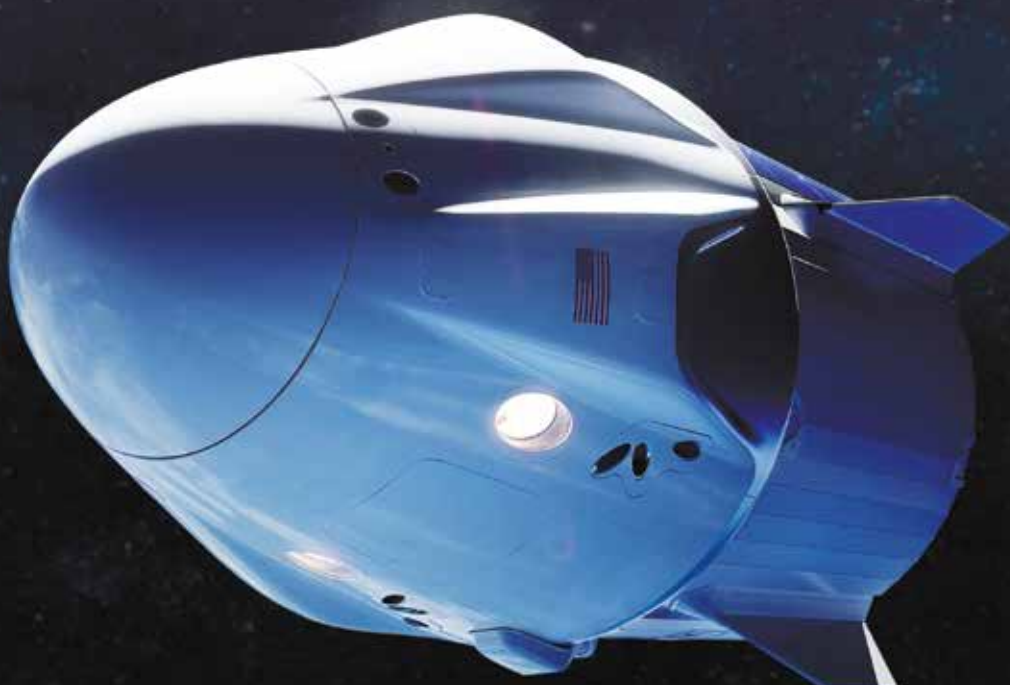
Valentin B. KATKALOV,
Senior Researcher at the laboratory of the Military Institute (Research)
Mozhaisky Military Space Academy, St. Petersburg, Russia,
vka@mil.ru

Валентин Борисович КАТЬКАЛОВ,
старший научный сотрудник лаборатории Военного института (научно-исследовательского)
Военно-космической академии имени А. Ф. Можайского, Санкт-Петербург, Россия,
vka@mil.ru



Maria Lv. MOROZOVA,
Researcher at the laboratory of the Military Institute (Research)
Mozhaisky Military Space Academy, St. Petersburg, Russia,
vka@mil.ru

Мария Львовна МОРОЗОВА,
научный сотрудник лаборатории Военного института (научно-исследовательского)
Военно-космической академии имени А. Ф. Можайского, Санкт-Петербург, Россия,
vka@mil.ru



ABSTRACT | The article presents an overview of the reusable transport space systems of foreign countries, their main design features, problems of creation and areas of use.

The main purpose of the article is to identify the main directions of using MTCS, determining the design characteristics and problems of their creation.

Keywords: *Spacecraft (SC), space system (SS), reusable transport space systems (RTSS), transport spacecraft*

АННОТАЦИЯ | В статье представлен обзор многоразовых транспортных космических систем зарубежных стран, их характеристик, конструкций, отличительных особенностей.

Основная цель статьи заключается в выявлении главных направлений использования МТКС, определяющих конструктивных характеристик и проблем их создания.

Ключевые слова: *космический аппарат (КА), космический корабль (КК), космическая система (КС), многоразовые транспортные космические системы (МТКС), транспортный космический корабль*

Read the first part of the article in the № 4 (2020)

Первую часть статьи читайте в № 4 (2020)

НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И КОСМИЧЕСКИЙ ТУРИЗМ

В настоящее время среди проектов МТКС реализуются несколько программ по созданию и применению суборбитальных транспортных систем (СТС). Такую технику предполагается использовать в ходе развития космического туризма или для проведения некоторых исследований (в том числе в военной сфере). В числе подобных проектов можно назвать SpaceShipOne и SpaceShipTwo от компаний Scale Composites и Virgin Galactic, SpaceShipThree от компании Virgin Galactic, а также систему New Shepard от компании Blue Origin.

Проекты SpaceShipOne и SpaceShipTwo (рис. 7) предлагают строительство комплекса в составе самолета-носителя и орбитального самолета [9]. С 2003 года техника двух типов выполнила испытательные полеты, в ходе которых отработывались различные особенности конструкции и методики работы. Всего аппаратом SpaceShipOne было выполнено 17 полетов. В ходе второго зачетного полета в 2004 году самолет поднялся на высоту более 112 км и затем благополучно опустился на Землю. Полет прошел без каких-либо сбоев, был побит рекорд высоты для пилотируемых самолетов. Успешное испытание SpaceShipOne, по мнению специалистов, открыло космос для частных полетов.

В полете принял участие председатель правления компании Virgin Group Ричард Брэнсон. В ходе полета аппарат Unity-22 поднялся на высоту 86 км, где экипаж корабля из шести человек несколько минут пребывал в невесомости.

КК типа SpaceShipTwo может подняться на высоту до 320 км. Для удобства пассажиров в КК имеются окна диаметром 0,43 и 0,33 м, все сиденья откидываются назад во время посадки для уменьшения дискомфорта от перегрузок. Несмотря на то, что проект нацелен на космический туризм и имеет частных заказчиков, он также получает содействие NASA. С 2010 года SpaceShipTwo выполнил девять испытательных полетов, однако после аварии во время очередного испытательного полета в 2014 году (сам аппарат был разрушен, один пилот погиб, второй получил серьезные травмы) проект испытывает трудности. Тем не менее продолжены испытательные полеты другого аппарата из семейства SpaceShipTwo — VSS Unity.

На данный момент произведено четыре суборбитальных испытания. Первый удачный полет КК с февраля 2019 года состоялся 22 мая 2021 года. Самолет-носитель VMS Eve поднял VSS Unity на вы-

Рис. 7. Внешний вид КК SpaceShipOne (слева) и SpaceShipTwo (справа)



соту свыше 13,7 км, после чего корабль полетел самостоятельно. Он достиг точки лунной орбиты, наиболее удаленной от Земли, и вернулся обратно. SpaceShipTwo успешно приземлился на территории космопорта «Америка» в штате Нью-Мексико. Последний на данный момент суборбитальный полет с экипажем состоялся 11 июля 2021 года. В полете принял участие председатель правления компании Virgin Group Ричард Брэнсон. В ходе полета аппарат Unity-22 поднялся на высоту 86 км, где экипаж корабля из шести человек несколько минут пребывал в невесомости. После этого аппарат вновь вошел в плотные слои атмосферы и совершил посадку в космопорте «Америка». Общая продолжительность полета составила около часа, в ходе которого аппарат достиг скорости порядка трех Махов. Испытания планируется продолжить, и в случае их успеха программа SpaceShipTwo завершится, а компания приступит к проведению туристических полетов.

Также компанией Virgin Galactic разработан туристический КК третьего поколения из семейства SpaceShipThree (рис. 8). Он получил название VSS Imagine и так же, как и VSS Unity, рассчитан на перевозку восьми человек: двух пилотов и шестерых пассажиров [10]. За исключением зеркальной поверхности, внешний вид VSS Imagine почти не отличается от КК второго поколения. Основные изменения внесены

в конструкцию нового аппарата — они позволили снизить вес и увеличить грузоподъемность, а также улучшить показатели в вопросах технического обслуживания и скорости полета. При конструировании VSS Imagine активно применялся модульный подход, что облегчило процесс производства новых КК.

Компания Blue Origin с середины прошлого десятилетия разрабатывает КК New Shepard, выводимый на орбиту с помощью одноступенчатой многоразовой РН Blue Shepard (рис. 9). КК New Shepard полностью управляется бортовыми компьютерами, без наземного управления или участия пилота [11]. В настоящее время компания провела ряд успешных испытаний по запуску и посадке как РН, так и капсулы (14 для системы New Shepard, 7 — для РН); на борту капсулы были проведены научные эксперименты и исследования по влиянию микрогравитации. Первый туристический суборбитальный полет New Shepard с экипажем из четырех человек состоялся 20 июля 2021 года. В составе экипажа находился глава компании Blue Origin Джефф Безос. Весь полет

Руководство иностранных государств продолжает уделять значительное внимание обеспечению национальной безопасности в околоземном пространстве.

Рис. 8. Внешний вид КК SpaceShipThree



Рис. 9. Внешний вид КК New Shepard и РН Blue Shepard



продолжался 10 минут 28 секунд, примерно в течение трех минут экипаж ощущал невесомость. Капсула поднялась на высоту 107 километров, при этом во время разгона РН развила максимальную скорость в 3595 км/ч. Управление КК проходило в автоматическом режиме. Полет успешно завершился после того, как отделившаяся от РН капсула спустилась на землю на парашютах в пустыне Западного Техаса. Дата следующего полета New Shepard не была объявлена, но известно, что Blue Origin намерена провести еще два туристических полета в текущем году.

Основные характеристики КК, используемых в целях космического туризма и проведения научных исследований, представлены в таблице 3.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАЦИОНАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В ОКОЛОЗЕМНОМ ПРОСТРАНСТВЕ

Руководство иностранных государств продолжает уделять значительное внимание обеспече-

нию национальной безопасности в околоземном пространстве. В данной области необходимо выделить многоразовый КА (МКА) X-37В, X-37С (компания Boeing), гиперзвуковой КА многоразового использования XS-1 (компания Boeing), многоразовую беспилотную капсулу Space Rider (компания Thales Alenia и Space Avio), экспериментальный суборбитальный беспилотный гиперзвуковой ракетоплан SHEFEX (компания DLR), а также китайский проект многоразового беспилотного КА Shenlong.

Космический аппарат X-37В предназначен для отработки технологий применения многоразовых КА, проведения экспериментов в околоземном космическом пространстве с возможностью последующей доставки их результатов на Землю (рис. 10) [12]. Аппарат построен с использованием легких композитных структур, которые предпочтительнее, чем традиционный алюминий. Все авиакосмическое электронное оборудование на X-37В разработано для полной автоматизации функций ухода с орбиты и посадочных функций. Кроме того, на борту X-37В нет гидравлики, для управления полетом и торможением используется электромеханический привод.

МКА Х-37В создавался для операций на околоземной орбите от 177,1 до 805 км над землей на номинальной скорости около 28 175 км/ч. Продолжительность нахождения на орбите Х-37В может меняться в соответствии с требованиями миссии.

МКА Х-37В способен решать широкий спектр задач: — скрытный вывод специализированных КА, в том числе спутников, в рамках программы создания космических систем быстрого развертывания на базе малых ИСЗ ORS (Operationally Response Space);

— использование дорогостоящей аппаратуры, возвращаемой на Землю для многократного последующего применения;

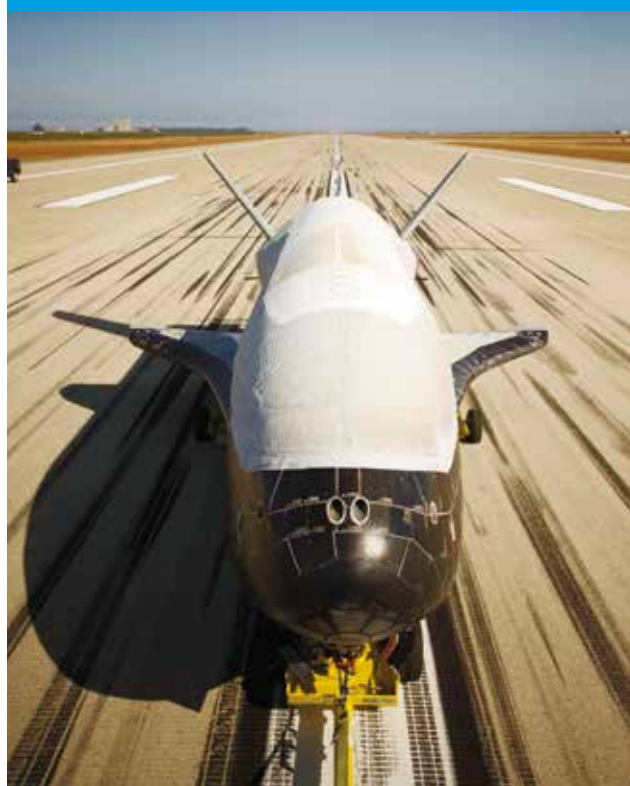
— сбор и доставка на Землю данных ДЗЗ на физических носителях в объемах, заведомо превышающих возможности радиоканала;

— инспекция, дозаправка и техническое обслуживание долговременных орбитальных платформ, в том числе в интересах оценки работоспособности спутников, перекачки топлива и иных жидкостей, замены компонентов бортового оборудования и проведения других операций с целью продления сроков эксплуатации и повышения оперативных (в частности маневренных) возможностей аппаратов различного назначения;

— отработка перспективных космических технологий и решение других специализированных задач.

Также в 2011 году компания Boeing объявила о планах создания увеличенного варианта Х-37В [13]. Предполагается, что новый МКА Х-37С будет иметь размер от 165% до 180% от размера Х-37В, что позволит ему обеспечивать доставку объемных грузов и / или людей в отдельной герметичной капсуле, расположенной в грузовом отсеке. При

Рис. 10. Внешний вид МКА Х-37В



этом подобная нагрузка не должна помешать аппарату совершать совместные с другими КА или космическими объектами полеты, стыковку, сход с орбиты, вход в плотные слои атмосферы и приземление.

Компания Boeing по заказу Министерства обороны (МО) США и Управления перспективных исследований МО США (DARPA) реализует

Таблица 3. Основные характеристики и внешний вид СТС

№ п/п	Характеристика	SpaceShipOne	SpaceShipTwo	SpaceShipThree	New Shepard
1	Длина, м	5	18,3	–	18
2	Диаметр, м (Размах крыльев)	5	8,3	–	–
3	Стартовая масса, т	3,6	9,74	–	–
4	Средство выведения	самолет-носитель White Knight	самолет-носитель White Knight Two, VMS Eve	самолет-носитель	PH Blue Shepard
5	Вместимость	до 3 человек	8 человек (6 пассажиров, 2 пилота)	8 человек (6 пассажиров, 2 пилота)	до 7 человек
6	Двигатель	гибридный РД SpaceDev	РД второго поколения RocketMotorTwo	–	РД BE-3

Рис. 11. Внешний вид МКА XS-1



проект экспериментального гиперзвукового воздушно-космического самолета XS-1 (Experimental Spacplane One) (рис. 11). Беспилотные летательные аппараты (БЛА) XS-1 могут выступать как средства для быстрой замены спутников. Также программа XS-1 позволит США провести эксперименты с гиперзвуковыми аппаратами [14].

Согласно предварительным требованиям, перспективный аппарат должен выдерживать серию из одного запуска на орбиту в сутки на протяжении не менее чем 10 суток подряд. При этом в ходе серии запусков XS-1 не должен нуждаться в техническом обслуживании и ремонте. Подготовка к каждому последующему взлету должна ограничиваться общей проверкой бортовых систем и дозаправкой. В реальности же планируется запускать XS-1 гораздо реже — не более 10 раз.

В МО США планируют создать для ВВС США гиперзвуковые БЛА, обладающие функциями оперативного контроля и наблюдения к 2030 году, а ударные — к 2040 году. Предполагается, что именно к этому времени возникнут необходимые возможности для создания адекватной теплозащиты, двигательной установки и системы управления. По мере освоения технологии и серийного производства БЛА стоимость вывода на орбиту КА снизится, что, по расчетам военных специалистов, сделает эту услугу более востребованной.

Среди европейских разработок в этой области необходимо выделить проект Space Rider, фи-

нансируемый Европейским космическим агентством (ЕКА) (рис. 12). Это преобразованный КА IXV (Intermediate eXperimental Vehicle — промежуточный экспериментальный аппарат), создаваемый в рамках части программы EKA Future Launchers Preparatory Programme (FLPP), а также являющийся продолжением программ Pre-X космического агентства Франции (CNES) и программы EKA Atmospheric Reentry Experimental Vehicle (AREV). КА IXV разрабатывался с целью тестирования широкого спектра технологий, запланированных к использованию в будущих аппаратах многократного использования, способных многократно взлетать в космос и садиться на космодром. В 2015 году аппарат успешно выполнил полет и возвращение. В 2017 году ЕКА поручило разработку нового аппарата компаниям Thales Alenia Space и Avio. Первая построит сам орбитальный самолет, вторая — его служебный модуль.

Предполагается, что основными целями создания Space Rider, наследника программы «IXV», являются:

- обслуживание МКС и нового поколения спутников;

- научные исследования, в том числе исследование высоких слоев атмосферы и обследование Земли, например с целью мониторинга катастроф;

- проведение различных экспериментов, в том числе в условиях микрогравитации;

— демонстрация и испытания на орбите технологий ДЗЗ.

КА Space Rider представляет собой многоразовую капсулу, которая сочетает в себе достоинства IXV с многоцелевым КА, с открывающимся в космос грузовым трюмом, посадочным оборудованием и обновленной конструкцией, усовершенствованной для обеспечения многоразовости использования (до пяти раз) [15]. КА Space Rider планируется запустить в 2023 году с использованием РН Vega-C с верхней ступенью AVUM+.

Еще один европейский проект SHEFEX (Sharp Edge Flight Experiment) — экспериментальный суборбитальный беспилотный КК, разрабатываемый компанией DLR [16]. Это единственный проект КК, который полностью финансируется и разрабатывается Германией. После успешных гиперзвуковых летных экспериментов SHEFEX I (2002 год) и II (2012 год) DLR в настоящее время изучает реализацию летного эксперимента по повторному использованию ReFEx (Reusability Flight Experiment). Основная цель — демонстрация

управляемого автономного полета с гиперзвуковой скоростью до дозвукового диапазона (более 5 М) и отработка ключевых технологий, необходимых для будущих многоразовых ускорительных систем. Планируется, что КК будет запущен с помощью РН VSB-30 не ранее конца 2021 года.

Принципиальное отличие КК проекта SHEFEX состоит в том, что он имеет совершенно новую, «граненую» форму, а именно с острыми углами и краями вместо округлых форм, повсеместно используемых сегодня на орбитальных челноках и спускаемых аппаратах [17]. Разработчики исходят из того, что плоские формы плитки могут быть изготовлены с меньшими затратами, чем очень индивидуальные округлые формы. Таким образом, простая форма плиток SHEFEX должна снизить затраты на обслуживание системы тепловой защиты, также предполагается простая замена плиток в космическом пространстве.

Руководство КНР продолжает реализацию космических программ с целью обеспечения технологического и военного превосходства нации в вопросах создания новых образцов вооружения и военной техники [18]. Одной из таких программ является программа разработки многоразовых КК, в рамках которой с 2005 года реализуется проект по созданию автоматического многоразового КК Shenlong (Shén lóng kōng tiān fēi jī, переводится как «Космический самолет "Дракон"»), разрабатываемый в рамках проекта «921-3» (рис. 13). Проектирование, строительство

Руководство КНР продолжает реализацию космических программ с целью обеспечения технологического и военного превосходства нации в вопросах создания новых образцов вооружения и военной техники.

Рис. 12. Внешний вид КА Space Rider

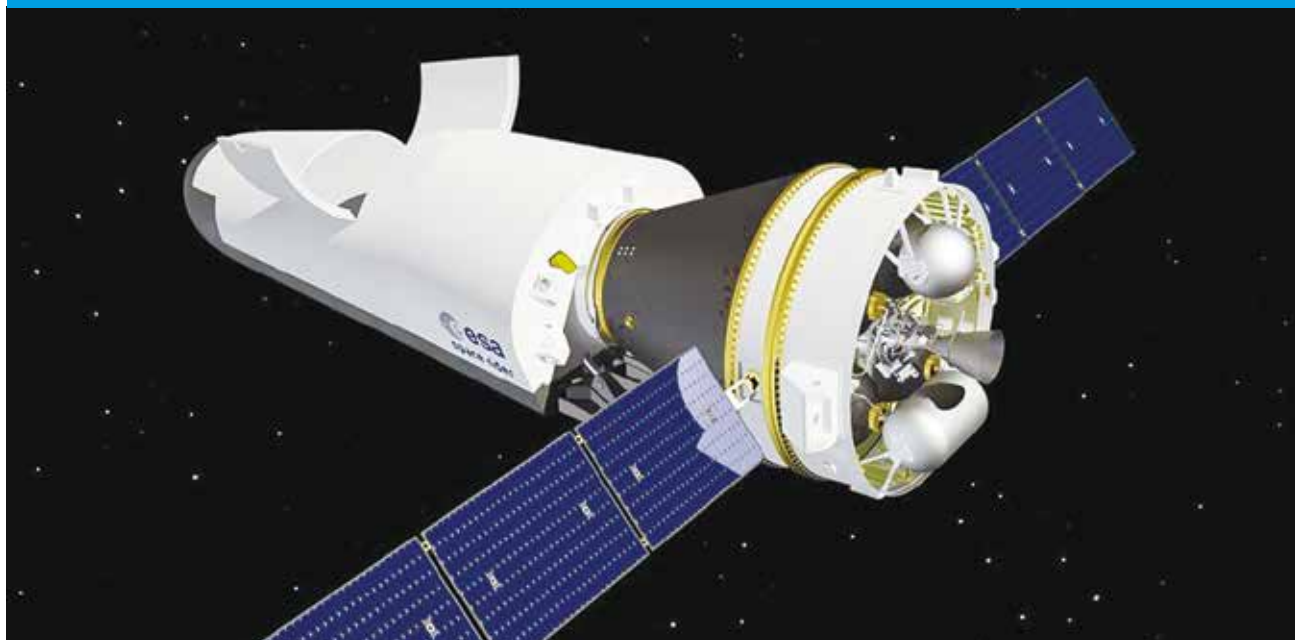


Рис. 13. Внешний вид КК Shenlong



Стоит также упомянуть, что 16 июля 2021 года в Китае были проведены успешные испытания многоразового суборбитального корабля. Название корабля, продолжительность полета и другие подробности не известны.

и испытания КА проводятся Китайской авиационной промышленной корпорацией (AVIC) [19].

Проект предполагает создание экспериментального летательного аппарата, приспособленного для выполнения гражданских и военных задач при его нахождении в ближнем космосе [20]. КК может выводить на орбиту различные грузы, проводить научные эксперименты. Первое летное испытание такого прототипа с отделением от самолета-носителя (бомбардировщик Xian H-6 — аналог российского Ту-16) было осуществлено в декабре 2005 года. В ходе испытаний КК, оснащенный РД, в автономном полете поднялся на высоту 32 км, достиг скорости 3,2 М и совершил успешную посадку. В настоящее время работы по данному проекту находятся на этапе летных испытаний. Так, в сентябре 2020 года с РП «Цзюцюань» был проведен запуск РН «Чанчжэн-2F» с КК Chongfu Shiyong Shiyang Hangtian Qi (версия Shenlong). После двухдневного полета КК успешно приземлился на заданной площадке.

Стоит также упомянуть, что 16 июля 2021 года в Китае были проведены успешные испытания многоразового суборбитального корабля. Запуск корабля состоялся с космодрома «Цзюцюань» в провинции Ганьсу на северо-западе Китая, после чего он совершил успешную горизонтальную посадку на аэродроме «Алашань-Юци» в автономном районе Внутренняя Монголия на севере страны. Название корабля, продолжительность полета и другие подробности не известны. Таким образом, можно сказать, что в Китае очевиден интерес к космическим самолетам.

Основные характеристики вышеперечисленных многоразовых КК, обеспечивающих национальную безопасность и обороноспособность в околоземном пространстве, представлены в *таблице 4*.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проектируемые современные МТКС в зарубежных странах создаются как многоцелевые платформы, обеспечивающие их использование для перевозки как грузов, так и людей в космос [21, 22]. На текущий момент наиболее реалистичными вариантами орбитальных МТКС являются системы в «традиционном» облике в виде капсулы, с коническим спускаемым аппаратом и цилиндрическим агрегатным отсеком, выводимым на орбиту при помощи РН и возвращающимся на Землю без использования крыльев.

В то же время возрастает тренд на конструкции орбитальных самолетов, удовлетворяющих требованиям многоразового космического полета и горизонтальной самолетной посадки. Для полетов в дальний космос предпринимаются попытки создания комбинированной системы, состоящей из РН и КК, объединяющего в себе функции второй ступени и многоразового КА. Для обеспечения безопасности, а также для проведения научных исследований в космосе используются или планируется использовать беспилотные КА, так как отсутствие экипажа значительно упрощает конструкцию и обеспечивает аппарату длительное время нахождения в космическом пространстве.

Среди зарубежных стран наибольших успехов по МТКС добились США. Однако в Китае ведутся активные исследования по отработке пилотируемых миссий в дальний космос. Возможно, что созданный китайскими разработчиками пилотируемый вариант нового корабля будет запущен к Луне раньше США.

Кроме того, в зарубежных странах интенсивно развивается частный космос. Многие из рассмотренных в статье МТКС представлены частными компаниями, включая такие крупные компании, как SpaceX и Blue Origin. Но важно учесть, что разработки частных компаний ведутся при активной организационной, финансовой и технической поддержке NASA, зависящей от решений конгресса США, либо под эгидой ЕКА.

Проведенное исследование показало, что основными недостатками МТКС по сравнению с одноразовыми РН являются:

- большие сроки и затраты на создание, испытания и ввод в эксплуатацию многоразового аппарата;

- значительные экономические и технические риски при реализации запусков МТКС.

Таким образом, очевидно, успешное и своевременное создание МТКС зависит от двух главных факторов: рационального внедрения различных инноваций в технологический процесс и грамотного распределения финансовых средств на разработку и производство.

Таблица 4. Основные характеристики КК, обеспечивающих национальную безопасность в околоземном пространстве

№ п/п	Характеристика	X-37B	X-37C	XS-1	Space Rider	SHEFEX	Shenglong
1	Длина, м	8,8	≈ 14,08–15,85	19,43	4,5	2,7	7,5
2	Размах крыльев, м	4,5	—	13,05	2,22	1,1	1,5 (3,8)
3	Высота, м	2,9	—	5,63	—	—	—
4	Стартовая масса, т	5,4	—	—	3	—	4,1
5	Средство выведения	РН Atlas V, Falcon 9	РН Atlas V	предполагается самостоятельный старт	РН Vega-C	РН VSB-30	самолет-носитель Xian H-6 (испытательный полет), РН «Чан-чжэн-2F» (тестирование технологий)
6	Масса полезного груза, кг	900	предполагается доставка объемных грузов и экипажа	1360 – 2270	800	450	1000
7	Двигатель	РД Rocketdyne AR-2/3	—	2 РД SpaceX Merlin 1D (при корректировке размеров возможна установка РД Aerojet Aj 26)	—	—	российский турбодвигатель Д-30К (испытательная модель)

Литература

1. Хлопков Ю. И., Зяя Мью Мьинт, Хлопков А. Ю., Чжо Зин, Поляков М. С. Анализ развития многоразовых воздушно-космических систем // Естественные и математические науки: вопросы и тенденции развития. Материалы международной заочной научно-практической конференции (01 апреля 2013 г.). Новосибирск: СибАК, 2013. С. 80 – 85.
2. Архипова Т.В. Мировые тренды в космической сфере и перспективы устойчивого развития космической отрасли России // Вестник Алтайской академии экономики и права. 2020. № 10. Ч. 3. С. 263 – 268.
3. Грузовые / пилотируемые корабли. Изделия серии Crew Dragon [Электронный ресурс] // Ecorospace.ME. URL: <https://ecorospace.me/Изделия+сери-и+Dragon+V2.html> (Дата обращения: 11.11.2021).
4. Березин А. Starship, наконец, научился садиться без взрыва: что это значит и что будет дальше? [Электронный ресурс] // Naked Science. 2021. 06 мая. URL: <https://naked-science.ru/magazine> (Дата обращения: 11.11.2021).
5. Сайт NASA Office of Inspector General. NASA's management of the Orion multi-purpose crew vehicle program [Электронный ресурс]. URL: <https://oig.nasa.gov/docs/IG-20-018.pdf> (Дата обращения: 11.11.2021).
6. Грузовые / пилотируемые корабли. Изделия серии CST [Электронный ресурс] // Ecorospace.ME. URL: <https://ecorospace.me/Изделия+сери+и+CST.html> (Дата обращения: 11.11.2021).
7. Chris Bergin. Cargo Dream Chaser solidifies ULA deal by securing six Vulcan Centaur flights [Электронный ресурс] // NASASpaceflight.com. 2019. August 14. URL: <https://www.nasaspaceflight.com/2019/08/cargo-dream-chaser-solidifies-ula-deal-vulcan/> (Дата обращения: 11.11.2021).
8. Испытательный полет китайского пилотируемого корабля [Электронный ресурс] // Наука и техника. 2020. 21 мая. URL: <https://naukatehnika.com/ispitatelnyj-polet-kitajskogo-pilotiruемого-korablya.html> (Дата обращения: 11.11.2021).
9. Хрисанфова А. Virgin Galactic запустила корабль в космос. Последуют ли туда же ее акции [Электронный ресурс] // РБК. 2021. 24 мая. URL: <https://quote.rbc.ru/news/article/60abce769a7947185b76770f> (Дата обращения: 11.11.2021).
10. Гаврикова В. Virgin Galactic представила новый космолан VSS Imagine [Электронный ресурс] // РБК. 2021. 30 марта. URL: <https://quote.rbc.ru/news/article/6063192b9a7947949739d5ac> (Дата обращения: 11.11.2021).
11. Орбитальный корабль. New Shepard [Электронный ресурс] // Ecorospace.ME. URL: <https://www.ecorospace.me/New+Shepard.html> (Дата обращения: 11.11.2021).
12. Сайт National Aeronautics and Space Administration Wiki/Fandom. Boeing X-37 [Электронный ресурс] // NASA. fandom.com. URL: https://nasa.fandom.com/wiki/Boeing_X-37 (Дата обращения: 11.11.2021).
13. Павлушенко М.В., Волохов В.И., Шепилова Г.А. Выявление боевых возможностей беспилотного орбитального самолета X-37B, разрабатываемого ВВС США в рамках концепции «глобальный удар» // Вестник Академии военных наук. 2019. № 1. С. 155 – 162.
14. Мадрасов А. XS-1: «Быстрый глобальный удар» по российскому космосу [Электронный ресурс] // Советская пресса. 2016. 04 июня. URL: <https://svpressa.ru/war21/article/150008/> (Дата обращения: 11.11.2021).
15. Голованов Г. ESA представило многоразовую космическую капсулу Space Rider [Электронный ресурс] // Hightech. plus. 2019. 07 июня. URL: <https://hightech.plus/2019/06/07/esa-predstavilo-mnogorazovuyu-kosmicheskuyu-kapsulu-space-rider> (Дата обращения: 28.04.2021).
16. Waldemar Bauer, Peter Rickmers, Alexander Kallenbach, Sven Stappert, René Schwarz, Marco Sagliano, Janis S. Häseker, Andreas Flock, Thomas Thiele, Andreas Bierig, Jens Windelberg, Eugen Ksenik. Upcoming DLR Reusability Flight Experiment [Электронный ресурс] // 68th International Astronautical Congress (IAC), Adelaide, Australia, 25-29 September 2017. URL: <https://elib.dlr.de/116879/1/IAC-17-D2.6.1.pdf> (Дата обращения: 11.11.2021).
17. Кюппер В. Космический корабль с острыми углами и краями [Электронный ресурс] // Наука и техника. 2019. 22 октября. URL: <https://naukatehnika.com/kosmicheskij-korabl-s-ostryimi-uglami-i-krayami.html> (Дата обращения: 11.11.2021).
18. Каменнов П.Б. Космическая программа Китая // Проблемы Дальнего Востока. Научный и общественно-политический журнал Института Дальнего Востока Российской академии наук. 2001. № 6. С. 71 – 77.
19. Richard Fisher, Jr. Shenlong. Space Plane Advances China's Military Space Potential. [Электронный ресурс] // Strategycenter. 2007. December 17. URL: http://www.strategycenter.net/research/pubID.174/pub_detail.asp. (Дата обращения: 11.11.2021).
20. Сулейменов Е.З., Кульевская Ю.Г., Улезько Г.Г., Галанц Э.А. Состояние исследований в Казахстане по приоритетам научно-технологического развития. Космические исследования: аналитический обзор. Алматы, 2008.
21. Ключников В.Ю., Кузнецов И.И., Осадченко А.С. Методические аспекты разработки стратегии развития системы средств выведения космических аппаратов на орбиту // Вестник ФГУП НПО им. Лавочкина. 2013. № 4. С. 47 – 53.
22. Иванов М.Л., Макаров М.И., Голованёв И.Н. Основные тенденции военно-космической деятельности на современном этапе // Воздушно-космическая сфера. 2020. № 3. С. 72 – 81.



References

1. **Khlopkov Yu. I., Zeya M'o M'int, Khlopkov A. Yu., Chzho Zin, Polyakov M.S.** Analiz razvitiya mnogorazovykh vozdušno-kosmicheskikh sistem. Estestvennye i matematicheskie nauki: voprosy i tendentsii razvitiya. Materialy mezhdunarodnoy zaочноy nauchno-prakticheskoy konferentsii (01.04.2013). Novosibirsk, SibAK, 2013, pp. 80 – 85.
2. **Arkhipova T.V.** Mirovye trendy v kosmicheskoy sfere i perspektivy ustoychivogo razvitiya kosmicheskoy otrasli Rossii. Vestnik Altayskoy akademii ekonomiki i prava, 2020, no. 10, pt. 3, pp. 263 – 268.
3. **Gruzovye / pilotiruemye korabli.** Izdelya serii Crew Dragon. Ecorospace. ME. Available at: <https://ecorospace.me/Izdeliya+serii+Dragon+V2.html> (Retrieval date: 11.11.2021).
4. **Berezin A.** Starship, nakonets, nauchilsya sadit'sya bez vzryva: chto eto znachit i chto budet dal'she? Naked Science, 2021, May 06. Available at: <https://naked-science.ru/magazine> (Retrieval date: 11.11.2021).
5. **NASA's management of the Orion multi-purpose crew vehicle program.** NASA Office of Inspector General. Available at: <https://oig.nasa.gov/docs/IG-20-018.pdf> (Retrieval date: 11.11.2021).
6. **Gruzovye / pilotiruemye korabli.** Izdelya serii CST. Ecorospace. ME. Available at: <https://ecorospace.me/Izdeliya+serii+CST.html> (Retrieval date: 11.11.2021).
7. **Chris Bergin.** Cargo Dream Chaser solidifies ULA deal by securing six Vulcan Centaur flights. NASASpaceflight.com, 2019, August 14. Available at: <https://www.nasaspaceflight.com/2019/08/cargo-dream-chaser-solidifies-ula-deal-vulcan/> (Retrieval date: 11.11.2021).
8. **Ispytatel'nyy polet kitayskogo pilotiruемого корабля.** Nauka i tekhnika, 2020, May 21. Available at: <https://naukatehnika.com/ispysatelnyj-polet-kitajskogo-pilotiruемого-korablya.html> (Retrieval date: 11.11.2021).
9. **Khrisanfova A.** Virgin Galactic zapustila korabl' v kosmos. Posleduyut li tuda zhe ee aktsii. RBK, 2021, May 24. Available at: <https://quote.rbc.ru/news/article/60abc e769a7947185b76770f> (Retrieval date: 11.11.2021).
10. **Gavrikova V.** Virgin Galactic predstavila novyy kosmoplan VSS Imagine. RBK, 2021, March 30. Available at: <https://quote.rbc.ru/news/article/6063192b9a7947949739d5ac> (Retrieval date: 11.11.2021).
11. **Orbital'nyy korabl'.** New Shepard. Ecorospace. ME. Available at: <https://www.ecorospace.me/New+Shepard.html> (Retrieval date: 11.11.2021).
12. **National Aeronautics and Space Administration Wiki/Fandom.** Boeing X-37. NASA.fandom.com. Available at: https://nasa.fandom.com/wiki/Boeing_X-37 (Retrieval date: 11.11.2021).
13. **Pavlushenko M.V., Volokhov V.I., Shepilova G.A.** Vyyavlenie boevykh vozmozhnostey bespilotnogo orbital'nogo samoleta X-37B, razrabatyvaemogo VVS SShA v ramkakh kontseptsii "global'nyy udar". Vestnik Akademii voennykh nauk, 2019, no. 1, pp. 155 – 162.
14. **Madrasov A.** XS-1: "Bystryy global'nyy udar" po rossiyskomu kosmosu. Sovetskaya pressa, 2016, June 04. Available at: <https://svpressa.ru/war21/article/150008/> (Retrieval date: 11.11.2021).
15. **Golovanov G.** ESA predstavilo mnogorazovuyu kosmicheskuyu kapsulu Space Rider. Hightech.plus, 2019, June 07. Available at: <https://hightech.plus/2019/06/07/esa-predstavilo-mnogorazovuyu-kosmicheskuyu-kapsulu-space-rider> (Retrieval date: 28.04.2021).
16. **Waldemar Bauer, Peter Rickmers, Alexander Kallenbach, Sven Stappert, René Schwarz, Marco Sagliano, Janis S. Häseker, Andreas Flock, Thomas Thiele, Andreas Bierig, Jens Windelberg, Eugen Ksenik.** Upcoming DLR Reusability Flight Experiment. 68th International Astronautical Congress (IAC), Adelaide, Australia, 25-29 September 2017. Available at: <https://elib.dlr.de/116879/1/IAC-17-D2.6.1.pdf> (Retrieval date: 11.11.2021).
17. **Kyupper V.** Kosmicheskij korabl' s ostrymi uglami i krayami. Nauka i tekhnika. 2019. October 22. Available at: <https://naukatehnika.com/kosmicheskij-korabl-s-ostrymi-uglami-i-krayami.html> (Retrieval date: 11.11.2021).
18. **Kamennov P.B.** Kosmicheskaya programma Kitaya. Problemy Dal'nego Vostoka, 2001, no. 6, pp. 71 – 77.
19. **Richard Fisher, Jr. Shenlong.** Space Plane Advances China's Military Space Potential. Strategycenter, 2007, December 17. Available at: http://www.strategycenter.net/research/pubID.174/pub_detail.asp. (Retrieval date: 11.11.2021).
20. **Suleymenov E.Z., Kul'evskaya Yu.G., Ulez'ko G.G., Galants E.A.** Sostoyanie issledovaniy v Kazakhstane po prioritetam nauchno-tekhnologicheskogo razvitiya. Kosmicheskie issledovaniya: analiticheskij obzor. Almaty, 2008.
21. **Klyushnikov V.Yu., Kuznetsov I.I., Osadchenko A.S.** Metodicheskie aspekty razrabotki strategii razvitiya sistemy sredstv vyvedeniya kosmicheskikh apparatov na orbitu. Vestnik FGUP NPO im. Lavochkina, 2013, no. 4, pp. 47 – 53.
22. **Ivanov M.L., Makarov M.I., Golovanov I.N.** Osnovnye tendentsii voenno-kosmicheskoy deyatel'nosti na sovremennom etape. Vozdušno-kosmicheskaya sfera, 2020, no. 3, pp. 72 – 81.

© Клименко Н.Н., Катыкалов В.Б., Морозова М.Л., 2022

История статьи:

Поступила в редакцию: 19.09.2021

Принята к публикации: 22.01.2022

Модератор: Гесс Л.А.

Конфликт интересов: отсутствует

Для цитирования:

Клименко Н.Н., Катыкалов В.Б., Морозова М.Л. Перспективы многоразовых транспортных космических систем. Часть II // Воздушно-космическая сфера. 2022. № 1. С. 72 – 83.

THE CRISIS OF THE WORLD AIRCRAFT INDUSTRY OF 1911-1914

КРИЗИС МИРОВОГО АВИАСТРОЕНИЯ 1911–1914 ГОДОВ

ABSTRACT | The crisis of the world aircraft industry in 1911–1914 was first identified and described. The production of aircraft in the most developed countries during this period was reducing, the rate of creation of new models was slowing down. The crisis, masked by the growth of the total world production of aircraft and the improvement of their performance, was identified by analyzing the data on the development and production of aircraft around the world in 1901–1918.

The author offers explanations of the causes of this crisis, and reveals the impact of state support on mitigating its manifestations.

Keywords: *History of aviation, aircraft industry, crisis, statistical analysis, government support, history of technology*

АННОТАЦИЯ | Впервые выявлен и описан кризис мирового авиастроения в 1911–1914 годах. Выпуск самолетов в наиболее развитых странах в этот период снижается, темп создания новых моделей замедляется. Кризис, замаскированный ростом общего мирового производства самолетов и повышением их характеристик, удалось выявить с помощью анализа сведений о разработке и производстве самолетов во всем мире с 1901 по 1918 год.

Автором предложены объяснения причин данного кризиса и выявлено влияние государственной поддержки на смягчение его проявлений.

Ключевые слова: *история авиации, авиастроение, кризис, статистический анализ, государственная поддержка, история техники*



Yuri V. KUZMIN,

*Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Senior Researcher, Institute for the History of Science and Technology named after S. I. Vavilov RAS, Moscow, Russia,
ykuzmin@rambler.ru*

Юрий Викторович КУЗЬМИН,

*кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник
отдела истории техники Института истории естествознания и техники
имени С. И. Вавилова РАН, Москва, Россия,
ykuzmin@rambler.ru*



ВВЕДЕНИЕ

Историки авиации обычно характеризуют 1903–1913 годы как эпоху постоянного прогресса в авиастроении, время крупных достижений, когда качество и количество выпускаемых самолетов непрерывно росли [1]. Подобный подход, описывающий развитие отрасли как постоянный прогресс и последовательную схему поколений, часто используется как методологическая основа работ по истории авиации и смежных областей техники [2]. И действительно, за эти 10 лет самолеты превратились из экспериментальных устройств, способных разве что на полет по прямой в хорошую погоду, в летающие в полном смысле этого слова машины.

Аэропланы поднялись на высоту свыше 6 км (6160 м, летчик Georges Legagneux на моноплане Nieuport XI 27 декабря 1913 года [3, р. 9]), преодолели скоростной рубеж в 200 км/ч (203,85 км/ч, Maurice Prevost на моноплане Deperdussin Moposoque 29 сентября 1913 года [4, р. 1104]). Уже в 1910 году дальность беспосадочного полета превысила 500 км (585 км, Maurice Tabuteau на биплане MF.2 30 декабря 1910 года [5]), а в 1913 году — 1000 км (A. Seguin на биплане HF.20, 1021 км, 13 октября 1913 года [6, р. 1134]) (рис. 1–4).

Первая мировая война многократно ускорила создание авиапредприятий, производство самолетов выросло на порядок, но база для этого была подготовлена в предыдущее десятилетие.

В рассматриваемый период был построен и первый многомоторный самолет. 25 декабря 1913 года четырехмоторный биплан «Илья Муромец» установил мировой рекорд подъема грузов на высоту — 1100 кг (предыдущий рекорд составлял 653 кг), за штурвалом находился сам конструктор, Игорь Иванович Сикорский. Забегая за границу периода, отметим, что 25 февраля 1914 года И. И. Сикорский на том же самолете улучшил свой рекорд, подняв 1200 кг груза — 16 пассажиров [7, р. 252].

Развитие авиастроения в 1903–1913 годах по-прежнему имело ярко выраженный центр: мы видим, что из пяти упомянутых рекордов

четыре установлены французскими летчиками на французских самолетах. Но уже в 1910 году самолеты серийно строились индустриальными методами не только во Франции, но и в Австро-Венгрии, Великобритании, Германии, России, США и Швейцарии; в 1912 году к клубу авиапроизводителей присоединились Италия и Япония (мы говорим именно о серийном производстве, а не о единичных любительских конструкциях).

Однако при углубленном рассмотрении выясняется, что развитие было не равномерным, и это хорошо видно при статистическом анализе выпуска и разработки самолетов. Все графики и численные данные ниже подготовлены автором и публикуются впервые.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Основа любого статистического исследования — достаточно полные данные. Но первые годы развития авиации документированы плохо, и данные собрать нелегко.

Отрасль в основном развивалась благодаря частной инициативе, государственные заказы были незначительны по сравнению с общим объемом деятельности. Не было обязательной сертификации и регистрации летательных аппаратов и, соответственно, появившихся позднее государственных реестров. Наблюдался полный разрыв в наименованиях: самолет в прессе и документах могли называть по имени конструктора, владельца, пилота, мецената, места постройки или просто как «еще один биплан».

Поэтому сбор сведений занял много времени и потребовал привлечения тысяч источников, прежде всего прессы начала XX века. Эти источники, сгруппированные по типам самолетов, приведены в книге [8]. Собранная информация упорядочивалась в разработанной автором реляционной базе данных на основе СУБД Microsoft Access.

Проверка полноты данных проводилась двумя способами:

- 1) сравнением со списками моделей, составленными другими исследователями;
- 2) методом Монте-Карло, то есть сравнением с независимыми выборками.

В первом методе использовались списки летательных аппаратов, составляемые Национальным музеем авиации и космонавтики в Вашингтоне [9], списки исследовательской группы «Аэрофлайт» [10], данные Д. А. Соболева [11], список исследователя начального пе-

ПЕРВАЯ МИРОВАЯ ВОЙНА МНОГОКРАТНО УСКОРИЛА
СОЗДАНИЕ АВИАПРЕДПРИЯТИЙ, ПРОИЗВОДСТВО
САМОЛЕТОВ ВЫРОСЛО НА ПОРЯДОК, НО БАЗА ДЛЯ
ЭТОГО БЫЛА ПОДГОТОВЛЕНА В ПРЕДЫДУЩЕЕ
ДЕСЯТИЛЕТИЕ.



1



2



3

НАБЛЮДАЛСЯ ПОЛНЫЙ РАЗНОБОЙ
В НАИМЕНОВАНИЯХ: САМОЛЕТ В ПРЕССЕ
И ДОКУМЕНТАХ МОГЛИ НАЗЫВАТЬ ПО ИМЕНИ
КОНСТРУКТОРА, ВЛАДЕЛЬЦА, ПИЛОТА,
МЕЦЕНАТА, МЕСТА ПОСТРОЙКИ ИЛИ ПРОСТО
КАК «ЕЩЕ ОДИН БИПЛАН».

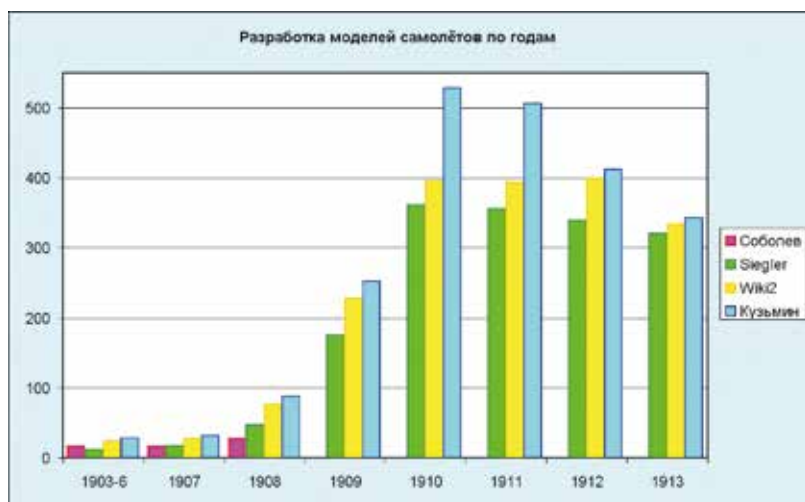
Рис. 1–4. Самолеты-рекордсмены:

1. Ni.XI;
2. Monosogie;
3. MF.2;
4. «Илья Муромец» № 107



4

Рис. 5. Количество новых моделей самолетов в мире по годам по разным данным

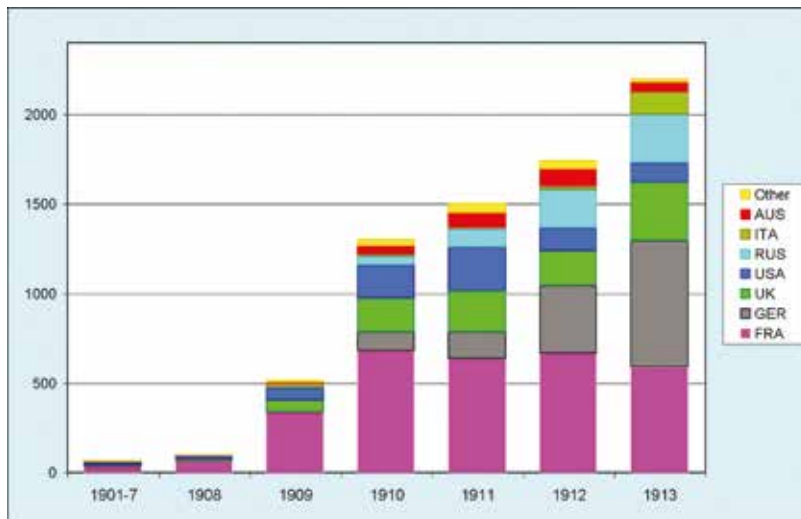


приода авиации Зиглера [12], списки пополняемой онлайн-энциклопедии «Википедия» [13], список портала «Уголок неба» [14], списки по отдельным странам [15, 16] и другие.

На рис. 5 (составлен автором) приведено сравнение объема данных в трех из указанных списков с данными автора, использованными в статье (столбцы «Кузьмин»). Качественно все ряды ведут себя одинаково, но данные, приведенные в статье, полнее.

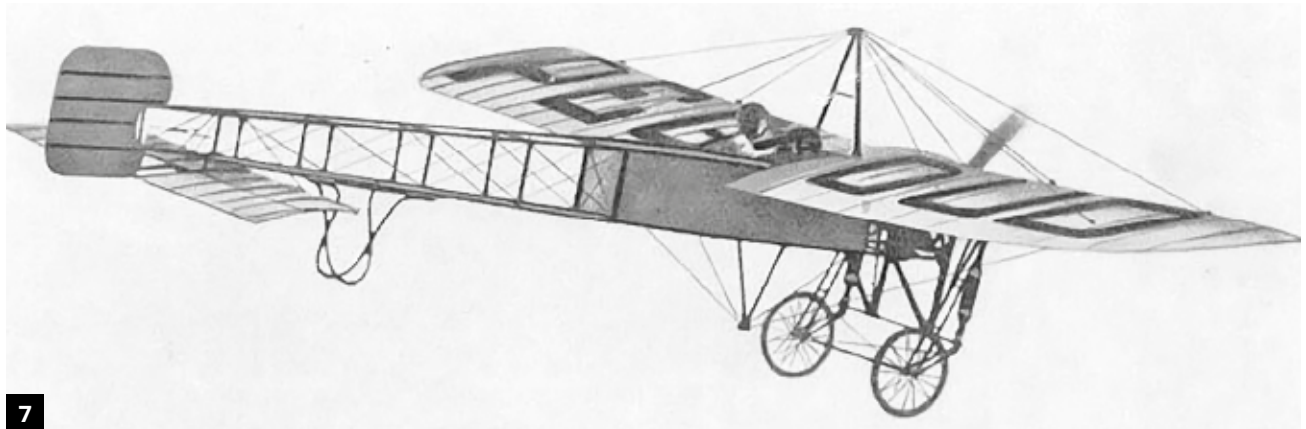
Для проверки методом Монте-Карло прочитывались с первой до последней страницы как авиационные журналы исторической направленности (Le Fana d'Aviation, Aviation Historian, L'Ala, Flugzeug, «Авиация и космонавтика» и другие), так и новостные

Рис. 6. Выпуск самолетов по годам и странам. Страны упорядочены по убыванию полного выпуска



В 1911–1914 ГОДАХ
В АВИАСТРОЕНИИ ПРОИЗОШЕЛ
КРИЗИС, НЕ ЗАМЕЧЕННЫЙ
ПРЕДЫДУЩИМИ
ИССЛЕДОВАТЕЛЯМИ.

Рис. 7. Самый массовый самолет в период с 1901 по 1913 год в мире: Bleriot XI с мотором Gnôme Omega, 50 л. с.; построено не менее 520 экземпляров. Выпуск всех вариантов Bleriot XI превысил 1000 экземпляров. На фото: Bleriot XI летчика-спортсмена Пегу (Adolphe Celestin Pegoud)



7

авиационные журналы 1903–1913 годов (Flight, Aircraft, L'Aéronautique, «Вестник воздухоплавания» и другие).

При чтении отмечались все наименования моделей самолетов и проверялось, имеется ли данная модель в базе данных. Это не означает, что на веру принималось все, написанное в журналах. Но если встречалась неизвестная конструкция, то автор находил о ней сведения в заслуживающих доверия источниках либо искал аргументы в пользу того, что сведения, изложенные в журнале, не соответствуют действительности.

В результате можно уверенно утверждать, что собраны данные по 90% моделей самолетов 1903–1918 годов и 95% выпуска самолетов (сведения об опытных, особенно неудачных, моделях, построенных в одном экземпляре, собирать сложнее, чем об известных, крупносерийных аэропланах).

КРИЗИС 1911–1914 ГОДОВ

По данным автора, до конца 1913 года в мире было создано почти 2200 различных моделей самолетов, построено более 7400 экземпляров. В приведенные числа включены и самолеты, которые так и не смогли оторваться от земли: это почти 300 моделей, практически все они были созданы только в одном экземпляре.

Ниже приведена диаграмма производства самолетов в мире (рис. 6). Она начинается с 1901 года, так как учтены построенные в 1901–1902 годах, но не взлетевшие венгерский самолет Flugrad Nemethy и американские Whitehead 21 и Ezekiel Airship. Последний, несмотря на название, не дирижабль, а именно самолет; терминология в те времена еще не полностью установилась.

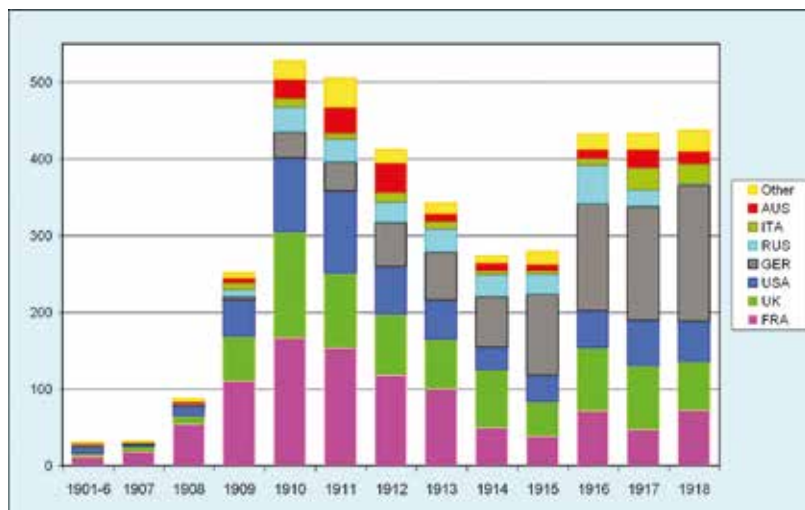
Из диаграммы видно, что общемировой выпуск, действительно, монотонно рос; ряд моделей самолетов (рис. 7) уже начиная с 1909 года



Рис. 8. Самый массовый самолет в период с 1901 по 1918 год в мире: SPAD XIII, построено 8502 экземпляра

НОВЫЙ РЫВОК ВОЗМОЖЕН
ЗА СЧЕТ ПРИВЛЕЧЕНИЯ
СИЛ ИЗ ДРУГИХ ОБЛАСТЕЙ
ТЕХНИКИ, НО ЭТО ТРЕБУЕТ
БОЛЬШИХ УСИЛИЙ. ИМЕННО
ТАКИМ СПОСОБОМ БЫЛ
ДОСТИГНУТ НОВЫЙ РОСТ
РАЗРАБОТОК В ГОДЫ ВЕЛИКОЙ
ВОЙНЫ.

Рис. 9. Количество новых моделей самолетов по годам и странам, 1901–1918 годы



выпускался крупными сериями. Именно основанные в этот период предприятия в годы Первой мировой войны обеспечили выпуск почти 200 000 самолетов (рис. 8).

Но начиная с 1911 года производство самолетов во Франции, США и Великобритании (за исключением 1913 года) снижалось! Общий рост обеспечивался ускоренным развитием авиационной промышленности в России, Италии и, прежде всего, в Германии.

Итак, в нескольких странах, в том числе стране, где построен первый устойчиво летающий самолет, — США и стране-законодательнице авиационных мод — Франции, в 1911 году в производстве наступил явный кризис, рост сменился стагнацией, а в США — быстрым спадом.

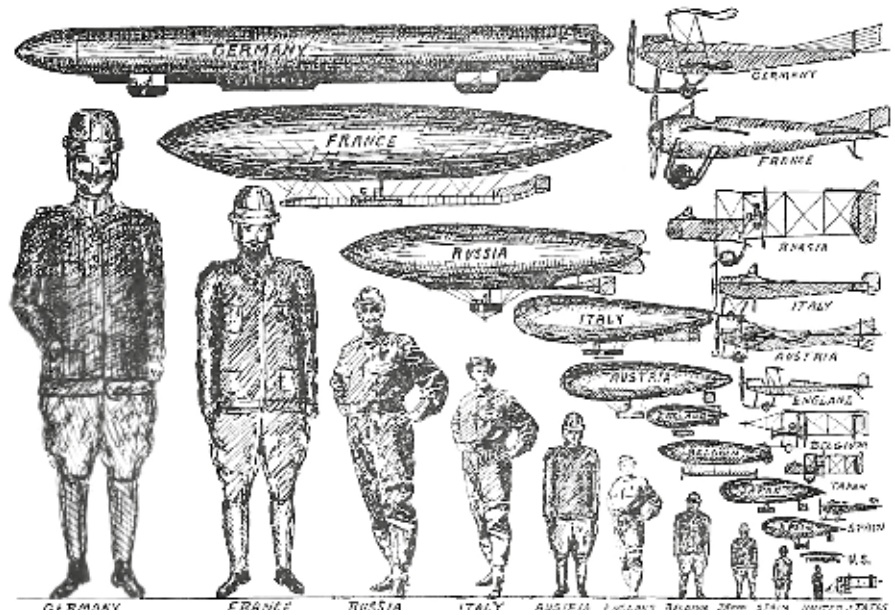
Рассмотрим еще одну интересную диаграмму (рис. 9), количество новых моделей, создаваемых в разных странах из года в год. Диаграмму

производства аэропланов мы завершили 1913 годом, так как в 1914 году, из-за начала Первой мировой войны, выпуск вырос сразу в несколько раз. Но вот скачка в количестве новых моделей не было, поэтому продлим новую диаграмму до 1918 года — года окончания Великой войны — включительно.

Мы ограничили рассмотрение 1918 годом, так как в 1919 году интенсивность создания новых моделей упала почти вдвое. Причины этого: снижение финансирования вооруженных сил в странах-победительницах и практически полное прекращение конструкторских работ в проигравших Австро-Венгрии, Германии и России.

На рис. 9 кризис 1911–1914 годов виден особенно ярко. Темп разработки новых моделей в мире снизился за четыре года почти вдвое. Особенно пострадало авиационное конструирование в тех же странах, где сокращалось производство:

Рис. 10. Суммарные правительственные затраты на авиацию и воздухоплавание в разных странах за пять лет, 1908–1912 годы



США, Франции, Италии. Темпы конструирования в Британии и России оставались примерно постоянными, а вот в Германии быстро росли.

В 1916 году, в связи с потребностями вооруженных сил, произошел скачок в интенсивности разработки новых моделей. Их количество стабилизировалось на более высоком уровне. Тем не менее он на 20% уступал результату 1910 года, когда на испытания были выведены 530 новых моделей самолетов.

И снова в наилучшем положении оказывается Германия: именно она, и в меньшей степени Великобритания, ответственные за рост числа разрабатываемых моделей, а вот интенсивность конструкторских работ во Франции и США осталась на низком уровне.

Итак, в 1911–1914 годах в авиастроении произошел кризис, не замеченный предыдущими исследователями. Он проявился и в снижении темпов выпуска в нескольких наиболее развитых странах, и, особенно сильно, в снижении темпов разработки новых моделей.

Выпуск самолетов сильнее всего снизился в США, разработка — в США, Франции и Италии. Не проявился кризис только в Германии: там и производство стабильно росло, и темп появления новых моделей постоянно увеличивался с 60 в 1910 году до 193 в 1918 году, составив за этот год почти 45% мировых разработок.

Во Франции же с 1910 по 1915 год число новых моделей ежегодно снижалось — в четыре с лишним раза, со 166 до 38. В результате к концу 1918 года Германия догнала Францию — и все остальные державы — по числу созданных мо-

делей самолетов за весь период. Обе страны с 1903 по 1918 год разработали по четверти от общего количества моделей, но Германия — чуть больше: 1024 против 1008 во Франции (с учетом сказанного в разделе «Методика исследования» разница в 1,5% слишком мала, чтобы принимать ее в расчет).

Обратим внимание на уровень, на котором стабилизировалась конструкторская активность во второй половине Великой войны: чуть выше 430 моделей в год. Это заметно ниже интенсивности разработок в пиковых 1910–1911 годах: 528 и 506 моделей соответственно. Даже исключительно сильный внешний вызов, Мировая война, не помог странам, за исключением Германии и Италии, превзойти это значение. Несмотря на полное напряжение сил, уровень разработок уперся в невидимый потолок.

ВОЗМОЖНЫЕ ПРИЧИНЫ КРИЗИСА

В чем же может быть причина возникновения кризиса разработок и — в меньшей степени — производства? Почему он проявился с разной интенсивностью в разных странах? Привлечение каких ресурсов вызвало повторный рост разработок в 1916 году, который, однако, так и не достиг уровня предыдущего пика, несмотря на то, что выпуск самолетов в эти годы увеличился в десятки раз?

До сих пор мы рассматривали только факты, сейчас же уходим в область предположений. По мнению автора, всемирный спад разработок, а в условиях преобладания опытных конструкций и спад производства закономерны

и свойственны окончанию первой фазы развития любой технологии, привлекая значительное общественное внимание.

Через несколько лет после возникновения нового направления техники исчерпывается пул энтузиастов: все, кто заинтересовался авиацией, уже успели попробовать свои силы, а новая смена за эти годы еще не подросла.

Часть энтузиастов исчерпала свои финансы и свою энергию или разочаровалась от неудач, все это привело к снижению численности инициативной группы и, как следствие, спаду общей активности.

Кроме того, в это время выделяются наиболее эффективные и пользующиеся спросом конструкции. Появляется возможность реализовать свое стремление к полету, не изобретая новый аэроплан, а используя чужой удачный опыт. Начало серийного выпуска, с одной стороны, приводит к тому, что многие не строят свои самолеты, а покупают готовые. С другой стороны, серийный выпуск удешевляет изделия и тем самым увеличивает барьер для входа в отрасль новых игроков. В результате число новых моделей снижается, а в странах с не очень развитым серийным производством в результате снижается и общий выпуск.

Новый рывок возможен за счет привлечения сил из других областей техники, но это требует больших усилий. Именно таким способом был достигнут новый рост разработок в годы Великой войны. К выпуску самолетов во всех воюющих странах привлекались (как добровольно — выгодными заказами, так и принудительно,

на основании мобилизационных планов) компании и их конструкторские отделы из других отраслей промышленности: судостроения, железнодорожного транспорта, деревообработки и т. д. Но даже в условиях максимальной мобилизации возможности этого метода ограничены и не компенсируют произошедший ранее отток энтузиастов.

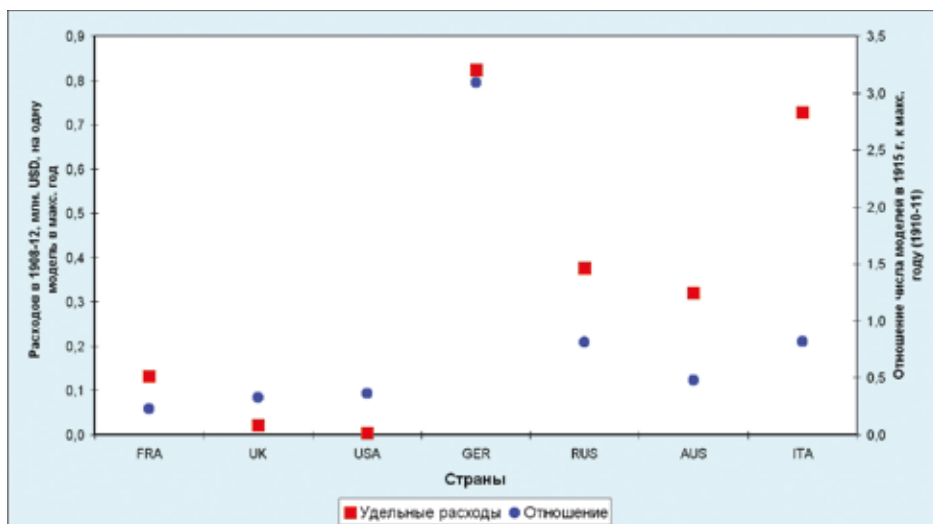
Но почему интенсивность кризиса отличалась в разных странах? Почему он сильно ударил по США и Франции, заметно — по Великобритании и Италии, но почти совершенно не сказался на России и Германии? На мой взгляд, ответ дает рисунок из журнала Aircraft [17] (рис. 10), показывающий правительственные затраты на авиацию и воздухоплавание в разных странах в 1908–1912 годах.

Страны с наивысшими правительственными затратами на авиацию и воздухоплавание (Германия, Россия) пострадали в наименьшей степени. Формально же большие расходы Франции не слишком велики по сравнению с размахом авиационной активности в этой стране.

Мы считаем, что поддержка государства на этапе становления серийного производства не только способствует организации серийного выпуска и выполнению госзаказа, но и удерживает энтузиастов в отрасли, что способствует сохранению на высоком уровне интенсивности конструкторских работ.

Докажем это численно. В таблице 1 в столбце «Расходы» приведены правительственные (без учета частных) расходы на авиацию и воздухоплавание в миллионах долларов США

Рис. 11. Корреляция правительственных расходов на авиацию и интенсивности спада разработок новых самолетов



ТВОРЦЫ ТЕХНИКИ —
ЭТО КОНЕЧНЫЙ,
ЛЕГКО ИСЧЕРПАЕМЫЙ
И ОЧЕНЬ ТРУДНО
ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЙ
РЕСУРС, КОТОРЫЙ
ЦЕЛЕСООБРАЗНО
ПОДДЕРЖИВАТЬ
СО СТОРОНЫ
ГОСУДАРСТВА.

Таблица 1. Корреляция правительственных расходов на авиацию и интенсивности спада разработок новых самолетов

	Расходы	1910	1915	Отношение	Уд. расх
FRA	22	166	38	0,23	0,13
UK	3	138	45	0,33	0,02
USA	0,44	97	35	0,36	0,004
GER	28	34	105	3,09	0,82
RUS	12	32	26	0,81	0,38
AUS	8	25	12	0,48	0,32
ITA	8	11	9	0,82	0,73

Корреляция	r = 0,78
	t = 4,14

в 1908–1912 годах суммарно по данным журнала Aircraft.

В столбцах «1910» и «1915» — количество новых моделей самолетов, созданных в указанных странах в 1910 и 1915 годах соответственно.

В столбце «Отношение» дано отношение числа новых моделей в 1915 году к числу новых моделей, созданных в 1910 году. В столбце «Удельные расходы» показаны правительственные расходы за 1908–1912 годы в миллионах долларов США в расчете на одну новую модель, построенную в пиковом 1910 году, — это позволяет сравнивать размеры финансирования с учетом размаха деятельности в каждой стране.

Значения двух последних столбцов таблицы сильно коррелируют. Коэффициент корреляции очень велик: 0,78. Число степеней свободы (число стран минус 2) равно 5, t-критерий Стьюдента равен 4,14, поэтому вероятность независимости рядов $\alpha < 0,5\%$. Значит, два ряда действительно сильно связаны друг с другом. Это доказывает нашу гипотезу.

Таким образом, государственная поддержка новой отрасли техники в момент выявления наиболее перспективных образцов перехода к серийному производству оказывается эффективной и позволяет предотвратить отток энтузиастов и связанное с этим падение конструкторской активности.

Позднее же нарастить объем конструкторской деятельности очень сложно. Даже во время Первой мировой войны результаты экстренных мер, предпринятых правительствами воюющих стран, по вовлечению в авиастроение предприятий других отраслей, оказались ограниченными.

Было бы очень интересно сравнить данные и выводы автора с аналогичными работами по истории других областей техники.

Выводы

Впервые показано, что мировое авиастроение до Первой мировой войны развивалось не однообразно. В 1911–1914 годах количество создаваемых новых моделей во всем мире резко снизилось, во многих ведущих странах сократился и выпуск самолетов.

Этот спад был замаскирован общим ростом мирового производства за счет России и, прежде всего, Германии, быстрым ростом летных характеристик и постоянным потоком новых рекордных достижений. Поэтому, насколько автору известно, ни один из историков авиации не отмечал этот спад. Открыть его удалось только благодаря подробному сбору сведений о моделях (свыше 4000 моделей до 1918 года включительно) и о выпуске самолетов (свыше 2500 записей о выпуске до 1913 года включительно).

Сделаны предположения о причинах этого спада: отток энтузиастов, потерпевших неудачи и / или исчерпавших свои ресурсы; увеличение барьера входа в отрасль с развитием серийного производства, связанное с этим снижение привлекательности отрасли для следующих поколений.

Показано, что интенсивность спада сильно отличалась в разных странах и что государственная поддержка отрасли в этот момент позволяет уменьшить интенсивность спада или даже избежать его.

Показано, что вновь нарастить объем конструкторской деятельности очень трудно, даже в таких исключительных обстоятельствах, как Мировая война.

Сделан вывод, что творцы техники — это конечный, легко исчерпаемый и очень трудно возобновляемый ресурс, который целесообразно поддерживать со стороны государства.



Литература

1. **Соболев Д.А.** История самолетов. Начальный период. М.: Росспэн, 1995. 343 с. С. 245–247.
2. **Криницкий Ю.В., Куликов Е.А.** Военная техника ВКС: принципы поколений // Воздушно-космическая сфера. 2018. № 2. С. 40–47.
3. Legagneux beats the height record / Paris Aero Salon // Flight. 1914. № 1. Pp. 6–9.
4. The Rheims Meeting and Gordon-Bennett Trophy // Flight. 1913. № 40. Pp. 1103–1104.
5. Principal one-man world records // Aeronautics. 1911. № 2. P. 69.
6. Paris to Bordeaux and back without a stop / “An Irresponsible Law Congress” // Flight. 1913. № 42. P. 1134.
7. More passenger records by Sikorsky / Foreign Aircraft News // Flight. 1914. № 10. P. 252.
8. **Кузьмин Ю.В.** Библиографический справочник по самолетам XX века. М.: ИИЕТ РАН, 2021. 559 с.
9. The Smithsonian National Air and Space Museum Directory of airplanes: their designers and manufacturers. Ed. D. Bell [Электронный ресурс] // The Smithsonian Institution Research Information System (SIRIS). URL: <https://sirismm.si.edu/siris/aboutairplannedirectory.htm> (Дата обращения: 01.03.2022).
10. World aircraft types. Database [Электронный ресурс] // Aeroflight Aviation Enthusiasts Cloud. URL: docs.google.com/spreadsheets/d/1sgSbNa9VW-RhFSR7128NyCDVSv9u8tXpNeUWxd8YU9I/edit#gid=1088258126 (Дата обращения: 01.03.2022).
11. **Sobolev D.A.** The contribution of different countries to airplane development and manufacture – Part 1. Invention of airplane. 29th Congress of the International Council of the Aeronautical Sciences (St. Petersburg, 2014, September 07–12), ICAS 2014 CD-ROM Proceedings, 8 p. P. 7
12. **Siegler.** Early birds – pioneer aircraft [Электронный ресурс]. URL: www.chezpeps.free.fr/musee/modelflight-01/1903-06.htm (Дата обращения: 01.03.2022).
13. List of aircraft [Электронный ресурс] // Wikipedia, the free encyclopedia. URL: www.en.wikipedia.org/wiki/List_of_aircraft (Дата обращения: 01.03.2022).
14. **Eckland K.O.** Aerofiles [Электронный ресурс]. URL: www.aerofiles.com (Дата обращения: 01.03.2022).
15. **Parmentier B.** Aviation Française [Электронный ресурс]. URL: www.aviafrance.com (Дата обращения: 01.03.2022).
16. Сайт Уголок неба. URL: www.airwar.ru/ Волков Д.А. (редактор). (Дата обращения: 01.03.2022).
17. Editorial // Aircraft. 1913. № 4. P. 40.
18. **Siegler.** Early birds – pioneer aircraft. Available at: chezpeps.free.fr/musee/modelflight-01/1903-06.htm (Retrieval date: 01.03.2022).
19. List of aircraft. Wikipedia, the free encyclopedia. Available at: en.wikipedia.org/wiki/List_of_aircraft (Retrieval date: 01.03.2022).
20. **Eckland K.O.** Aerofiles. Available at: www.aerofiles.com (Retrieval date: 01.03.2022).
21. **Parmentier B.** Aviation Française. Available at: www.aviafrance.com (Retrieval date: 01.03.2022).
22. Ugolok neba. Available at: www.airwar.ru/ (Retrieval date: 01.03.2022).
23. Editorial. Aircraft, 1913, no. 4, p. 40.

References

1. **Sobolev D.A.** Istoriya samoletov. Nachal'nyy period. Moscow, Rosspen, 1995. 343 p. Pp. 245–247.
2. **Krinitskiy Yu.V., Kulikov E.A.** Voennaya tekhnika VKS: printsipy pokoleniy. Vozdushno-kosmicheskaya sfera, 2018, no. 2, pp. 40–47.
3. Legagneux beats the height record. Paris Aero Salon. Flight, 1914, no. 1, pp. 6–9.
4. The Rheims Meeting and Gordon-Bennett Trophy. Flight, 1913, no. 40, pp. 1103–1104.
5. Principal one-man world records. Aeronautics, 1911, no. 2, p. 69.
6. Paris to Bordeaux and back without a stop. “An Irresponsible Law Congress”. Flight, 1913, no. 42, p. 1134.

© Кузьмин Ю.В., 2022

История статьи:

Поступила в редакцию: 28.02.2022
Принята к публикации: 11.03.2022

Модератор: Плетнер К.В.

Конфликт интересов: отсутствует

Для цитирования:

Кузьмин Ю.В. Кризис мирового авиастроения 1911–1914 годов // Воздушно-космическая сфера. 2022. № 1. С. 84 – 93.



Alexander B. ZHELEZNYAKOV,
*Adviser to Director – Chief Designer, Central Research and Development Institute of Robotics
and Technical Cybernetics (RTC), St. Petersburg, Russia,
zheleznyakov@rtc.ru*

Александр Борисович ЖЕЛЕЗНЯКОВ,
*советник директора – главного конструктора, Центральный научно-
исследовательский и опытно-конструкторский институт робототехники и
технической кибернетики (ЦНИИ РТК), Санкт-Петербург, Россия,
zheleznyakov@rtc.ru*

AUTOMATES STUDY THE MOON FROM THE HISTORY OF THE SOVIET LUNAR PROGRAM

АВТОМАТЫ ИЗУЧАЮТ ЛУНУ ИЗ ИСТОРИИ СОВЕТСКОЙ ЛУННОЙ ПРОГРАММЫ

Автор рисунков - Александр Шлядинский



ABSTRACT | In the summer of 2022, Russia is going to send Luna-25 automatic station to the Moon. Its goal will be to study the lunar surface and circumlunar space for further development of the Earth's natural satellite.

This is the first spacecraft launched in our country towards the night star after a 46-year break. Thus, Russia is returning to the Moon, where its unmanned messengers have already been, and they own all the pioneering achievements in this section of cosmonautics.

The article tells about the history of the study of the Moon with the help of Soviet automatic stations of the Luna series in the period from 1958 to 1976.

Keywords: *Moon, flights to the Moon, lunar surface, selenocentric orbit, USSR lunar program, lunar rover, lunar station, soft landing, lunar race*

АННОТАЦИЯ | Летом 2022 года Россия собирается отправить на Луну автоматическую станцию «Луна-25». Ее целью станет изучение лунной поверхности и окололунного пространства для дальнейшего освоения естественного спутника Земли.

Это первый космический аппарат, запущенный в нашей стране в сторону ночного светила после 46-летнего перерыва. Тем самым Россия возвращается на Луну, где ее беспилотные посланцы уже были, и им принадлежат все пионерские достижения в этом разделе космонавтики.

В статье рассказывается об истории изучения Луны с помощью советских автоматических станций серии «Луна» в период с 1958 по 1976 год.

Ключевые слова: *Луна, полеты на Луну, лунная поверхность, селеноцентрическая орбита, лунная программа СССР, луноход, лунная станция, мягкая посадка, лунная гонка*

Программа изучения Луны с помощью автоматических станций — одна из самых ярких и захватывающих страниц отечественной космонавтики. Начавшись в 1959 году, а фактически годом раньше, после первой, к сожалению, неудачной попытки запуска «лунника», она без малого два десятка лет держала в напряжении весь мир, раз за разом демонстрируя уникальные достижения советских конструкторов, создававших невероятные, казавшиеся фантастическими образцы космической техники.

Благодаря станциям серии «Луна» нашей страной были завоеваны все приоритеты по лунным автоматическим станциям: первый аппарат, достигший поверхности Луны, первый снимок обратной стороны Луны, первая мягкая посадка, первый искусственный спутник Луны, первый луноход и так далее. В конце 1950-х — начале 1960-х годов по Луне мы всегда были первыми.

Лишь спустя 40 лет по автоматам наша страна упустила одно пионерское достижение — китайцы смогли совершить первую мягкую посадку на обратной стороне Луны и доставить туда луноход «Юйту-2», который функционирует там уже два года. Чтобы повысить эффективность его работы, в точке Лагранжа L₂ был размещен спутник-ретранслятор, обеспечивающий непрерывную связь аппарата с Землей. Пока никаких эпохальных научных открытий китайцам сделать не удалось. Но с технической точки зрения этот эксперимент важен для будущих межпланетных перелетов. И не только при экспедициях автоматических аппаратов, но и в пилотируемых миссиях.

Поэтому будет нелишним вспомнить о тех лунниках, которые были запущены еще в советскую эпоху.

Тем более что и повод для этого есть — летом 2022 года в полет отправится автоматическая станция «Луна-25», первая лунная станция, созданная в России. Она станет первым космиче-

БЛАГОДАРЯ СТАНЦИЯМ СЕРИИ «ЛУНА» НАШЕЙ СТРАНОЙ БЫЛИ ЗАВОЕВАНЫ ВСЕ ПРИОРИТЕТЫ ПО ЛУНЫМ АВТОМАТИЧЕСКИМ СТАНЦИЯМ: ПЕРВЫЙ АППАРАТ, ДОСТИГШИЙ ПОВЕРХНОСТИ ЛУНЫ, ПЕРВЫЙ СНИМОК ОБРАТНОЙ СТОРОНЫ ЛУНЫ, ПЕРВАЯ МЯГКАЯ ПОСАДКА, ПЕРВЫЙ ИСКУССТВЕННЫЙ СПУТНИК ЛУНЫ, ПЕРВЫЙ ЛУНОХОД И ТАК ДАЛЕЕ. В КОНЦЕ 1950-Х – НАЧАЛЕ 1960-Х ГОДОВ ПО ЛУНЕ МЫ ВСЕГДА БЫЛИ ПЕРВЫМИ.

ЛУННАЯ ПРОГРАММА БЫЛА СФОРМУЛИРОВАНА В 1958 ГОДУ. И НЕСМОТРИ НА ТО, ЧТО ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ДЛЯ МЕЖПЛАНЕТНЫХ ПОЛЕТОВ В ЭТО ВРЕМЯ БЫЛИ ЕЩЕ ТОЛЬКО В МЕЧТАХ, ГЛАВНОЙ ЦЕЛЬЮ ЛУННОЙ ПРОГРАММЫ БЫЛ ПОЛЕТ НА ЛУНУ ЧЕЛОВЕКА.

ским аппаратом (КА), который наша страна отправляет к Луне после долгих лет «молчания» [1].

Само название и нумерация аппарата подчеркивают его преемственность с теми станциями, которые были запущены в 1950–1970-е годы. Хочется надеяться, что и результаты будущей миссии будут сравнимы с достижениями прежних лет.

НАЧАЛО ИЗУЧЕНИЯ ЛУНЫ

В СССР реализация программы изучения Луны с помощью космических аппаратов началась вскоре после успешных запусков первых искусственных спутников Земли. Этот шаг был достаточно логичен для космонавтики тех лет — естественный спутник нашей планеты является самым близким к нам небесным телом.

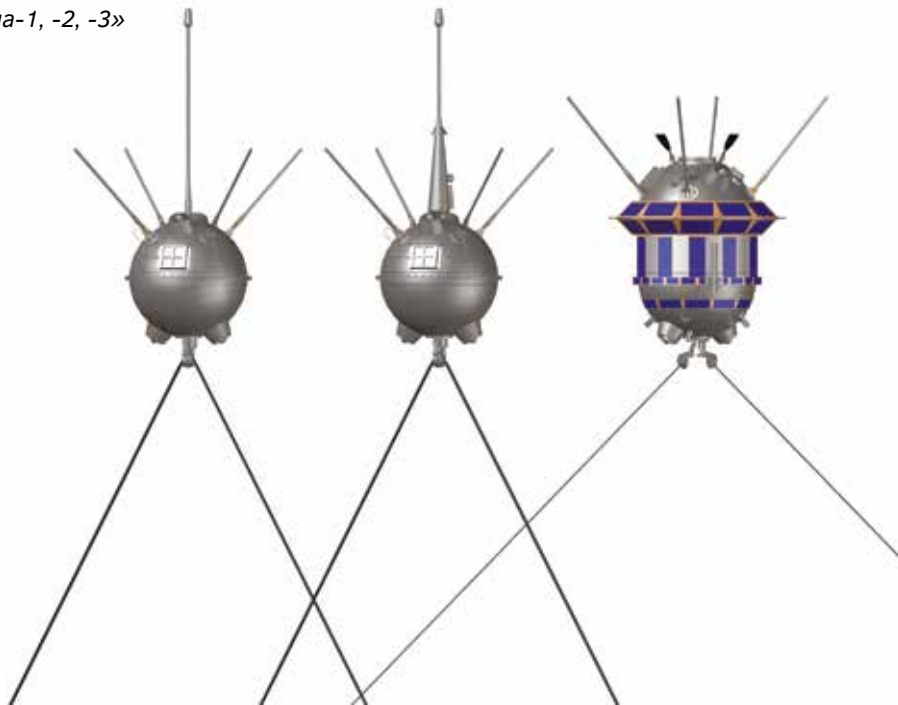
Сформулированная в 1958 году лунная программа была разбита на несколько этапов. Каждый из них может рассматриваться и как обособленная программа, и как часть комплексной программы, основной целью которой являлось создание основы для отправки на Луну человека. Обратите внимание, об этом задумывались уже тогда, когда технические средства для осуществления межпланетных полетов были еще только в мечтах.

Первый этап, обозначенный как Е-1, предусматривал попадание космического аппарата в видимый диск Луны. На созданной в этих целях станции были размещены радиоаппаратура, телеметрическая система, научное оборудование, предназначенное для изучения интенсивности и состава космических лучей, газовой компоненты межпланетного вещества, метеорных частиц, корпускулярного излучения Солнца, магнитного поля.

Масса последней ступени ракеты-носителя (РН) с космическим аппаратом составляла 1472 килограмма (для слегка модифицированной станции типа Е-1 А — 1511 килограммов), масса контейнера с научной аппаратурой — 361,3 килограмма (для Е-1 А — 390,2 килограмма).

Станция несла и вымпел с изображением государственного герба СССР и другой атрибутики,

Рис. 1. Станции «Луна-1, -2, -3»



призванной зафиксировать приоритет нашей страны в покорении Луны.

В ходе реализации этапа Е-1 были предприняты шесть попыток запуска станций к Луне.

Четыре старта (три в 1958 году и один в 1959 году) были неудачными. Во всех этих случаях подвел носитель.

Еще один старт считается частично успешным — запущенная 2 января 1959 года автоматическая станция успешно вышла на траекторию полета к Луне, но в диск небесного тела не попала, а прошла на расстоянии в 6000 километров от его поверхности. Тем не менее в ходе ее полета были установлены два других приоритета — впервые была достигнута вторая космическая скорость и впервые земной аппарат вышел на гелиоцентрическую орбиту.

В мировой печати станция, ставшая первой искусственной планетой Солнечной системы, получила название «Мечта».

Кстати, о названии станции. В сообщении ТАСС о ее запуске космический аппарат был назван «первой советской космической ракетой». Космической ракетой в том году именовались и другие успешно запущенные лунники. Лишь в апреле 1963 года, когда состоялся запуск очередной лунной станции, она была официально названа «Луной-4». А запущенные в 1959 году космические аппараты задним числом полу-

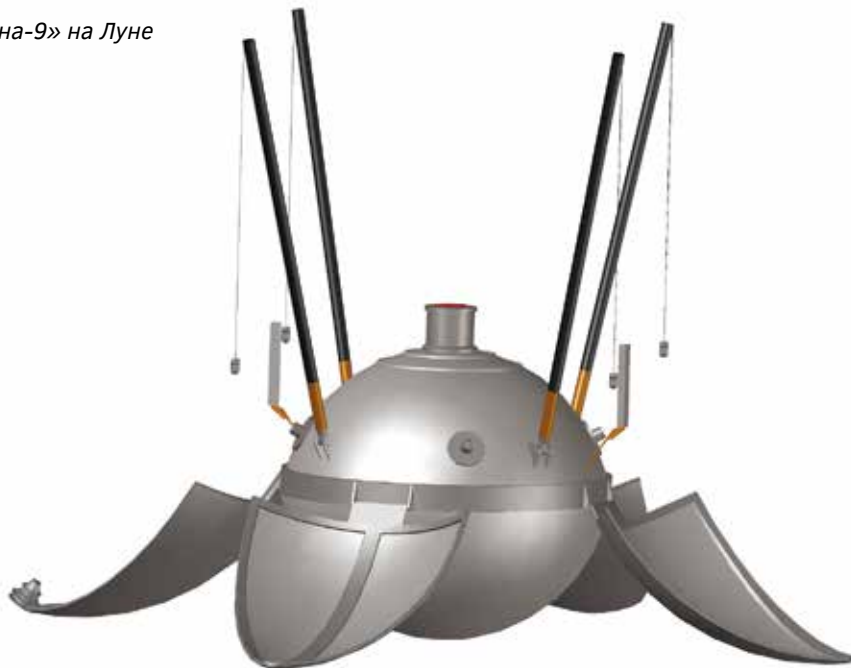
чили собственные названия «Луна-1», «Луна-2» и «Луна-3». И именно под этими названиями сегодня и фигурируют в литературе.

Лишь шестой запуск в рамках реализации первого этапа завершился полным успехом — 14 сентября 1959 года станция достигла поверхности Луны в Море Ясности, вблизи кратеров Аристил, Архимед и Автолик [2].

Второй этап программы, обозначенный как Е-2, предполагал проведение фотосъемки обратной стороны лунной поверхности. Ученых, и не только их, давно интересовало, что же скрывает от людского взора природа. И как только появилась техническая возможность, такой проект был реализован, причем реализован с первой попытки.

Запущенная 4 октября 1959 года третья советская космическая ракета, или станция «Луна-3», чтобы не вносить излишнюю путаницу, была выведена на высокую эллиптическую орбиту. Ее масса вместе с последней ступенью носителя составила 1553 килограмма, масса фотографического комплекса, научной и измерительной аппаратуры с источниками питания — 435 килограммов.

Спустя три дня станция обогнула Луну и прошла на расстоянии 6200 километров от ее поверхности. После того как пленки были проявлены на борту станции, с помощью фототелевизионной системы изображения отправили на Землю.

Рис. 2. Станция «Луна-9» на Луне

Публикация в газетах снимков обратной стороны Луны вызвала в мировой прессе настоящий фурор. Люди воочию увидели не только «темную сторону Луны», но и возможности советской космической техники.

Этап Е-3 предполагал проведение детальной фотосъемки лунной поверхности. По схеме своей реализации он мало чем отличался от предыдущего этапа лунной программы, разве что планировалось получить более качественные снимки поверхности ночного светила.

Но реализовать этот этап не удалось — два пуска, состоявшиеся в апреле 1960 года, были неудачными. Так как не качество снимков на тот момент являлось главной задачей конструкторов, то и продолжения третий этап не получил — новых станций типа Е-3 больше не запускали [3].

Был еще этап Е-4, предполагавший проведение на поверхности Луны ядерного взрыва. Тем самым планировалось продемонстрировать всему миру возможности советской ракетной техники, да и военную мощь державы.

ПУБЛИКАЦИЯ В ГАЗЕТАХ СНИМКОВ ОБРАТНОЙ СТОРОНЫ ЛУНЫ ВЫЗВАЛА В МИРОВОЙ ПРЕССЕ НАСТОЯЩИЙ ФУРОР. ЛЮДИ ВООЧИЮ УВИДЕЛИ НЕ ТОЛЬКО «ТЕМНУЮ СТОРОНУ ЛУНЫ», НО И ВОЗМОЖНОСТИ СОВЕТСКОЙ КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ.

В короткие сроки был разработан технический проект аппарата, который должен был доставить ядерный заряд на Луну, проведены все необходимые расчеты, предварительно намечена точка лунной поверхности, где предполагалось провести ядерное испытание, началась адаптация ракеты под опасный груз. Особых проблем не возникло, тем более что атомщики гарантировали быстрое изготовление заряда.

Но до реализации этого этапа дело также не дошло — ученые достаточно быстро поняли, что в отсутствие атмосферы на Луне взрыв вряд ли будет виден на Земле, а технические сложности, связанные с реализацией этой идеи, едва ли будут сопоставимы с произведенным эффектом. Поэтому проект отодвинули в сторону, хотя макет ядерного заряда был изготовлен [4].

ТРУДНЫЙ ПУТЬ К МЯГКОЙ ПОСАДКЕ

Следующие этапы изучения Луны автоматическими станциями предполагали вывод космических аппаратов на селеноцентрическую орбиту, проведение картографирования лунной поверхности и мягкую посадку на Луну. Пуски в рамках этих программ проводились начиная с января 1963 года.

Чтобы воплотить в жизнь задуманное, потребовалось создать станцию нового типа — Е-6. На ней размещались система астроориентации,

система управления движением и бортовой радиоаппаратурой, системы электропитания и терморегулирования, научное оборудование и другие системы. Для тех аппаратов, которые предназначались для мягкой посадки, была установлена тормозная двигательная установка.

Путь к мягкой посадке оказался чрезвычайно труден, как это было в начале освоения Луны с задачей попадания в диск ночного светила. Тогда это удалось сделать с шестой попытки. Мягкую же посадку смогла совершить только 12-я станция.

Первые попытки потерпели неудачу на различных участках полета. В одних случаях подвел носитель, в других — система астроориентации, еще в некоторых — тормозная двигательная установка.

Естественно, сдвинулись вправо и сроки реализации задуманного. Согласно первоначальным планам, выполнить мягкую посадку предполагалось в 1964 году, но удалось это сделать только 3 февраля 1966 года [2, 5].

В тот день спускаемый аппарат станции «Луна-9» прилунился в Океане Бурь, западнее кратеров Рейнер и Марий, в точке с координатами $7^{\circ} 8' \text{ с. ш.}$ и $64^{\circ} 22' \text{ з. д.}$ На Землю был передан большой объем информации о нашей соседке. Впервые в мире передавалась телевизионная картинка непосредственно с поверхности другого небесного тела.

А спустя два месяца после первой мягкой посадки первый земной аппарат был выведен на селеноцентрическую орбиту. Первым искусственным спутником Луны в истории космонавтики стала станция «Луна-10».

На ее борту была установлена разнообразная научная аппаратура: гамма-спектрометр для исследования интенсивности и спектрального состава гамма-излучения лунной поверхности, прибор для изучения солнечной плазмы, приборы для регистрации инфракрасного излучения поверхности Луны, регистратор метеорных частиц. Естественно, размещалась и фотоаппаратура для съемки лунной поверхности. На орбите вокруг Луны станция активно функционировала 56 суток.

В 1966–1968 годах состоялось еще несколько полетов станций типа «Луна». Три космических аппарата («Луна-11», «Луна-12», «Луна-14») были выведены на орбиту вокруг Луны, а одна станция («Луна-13») совершила мягкую посадку на лунную поверхность.

Полеты советских автоматических станций к Луне заложили основу для возможной отправки на нее человека.

Это был необходимый и, можно считать, достаточный шаг по подготовке пилотируемой экспедиции.

А такая подготовка в нашей стране активно велась, но до воплощения в жизнь в силу разнообразных причин дело не дошло, несмотря на то, что в рамках подготовки пилотируемого полета к Луне состоялось более 10 полетов беспилотных космических средств. Все они проходили в период с 1967 по 1971 год, и аппараты запускались под обозначениями «Зонд» и «Космос». Так как в статье речь идет только о станциях с обозначением «Луна», то эти полеты останутся за рамками рассмотрения. Советской пилотируемой лунной программе будет посвящена отдельная статья [4].

«ЛУННЫЙ ГЕОЛОГ» И «ЛУНОХОД»

Если до 1968 года полеты станций серии «Луна» можно считать подготовительным этапом пилотируемой программы, то полеты после 1969 года следует считать «осколками» этой программы. Новые космические аппараты создавались с использованием тех технических решений, которые применялись при разработке пилотируемых средств.

Новые этапы программы получили обозначения Е-8 (луноход), Е-8 ЛС (спутник Луны) и Е-8-5 (доставка лунного грунта). Их полеты в какой-то степени скрасили горечь от наших нереализованных надежд по отправке человека на Луну.

Разработкой самоходных лунных аппаратов советские конструкторы занялись еще в начале 1960-х годов. Этим средствам передвижения по лунной поверхности, ставшим потом известными всему миру как луноходы, предназначалась роль «глаз Земли» еще до того, как на лунную поверхность спустится человек. Они же должны были служить средством передвижения космонавтов по Луне.

Разработкой луноходов занимались в КБ (ныне НПО) имени С. А. Лавочкина под руководством Г. Н. Бабакина¹. Самоходное шасси для лунохода было создано в ленинградском ВНИИтрансмаш под руководством А. Л. Кемурджиана².

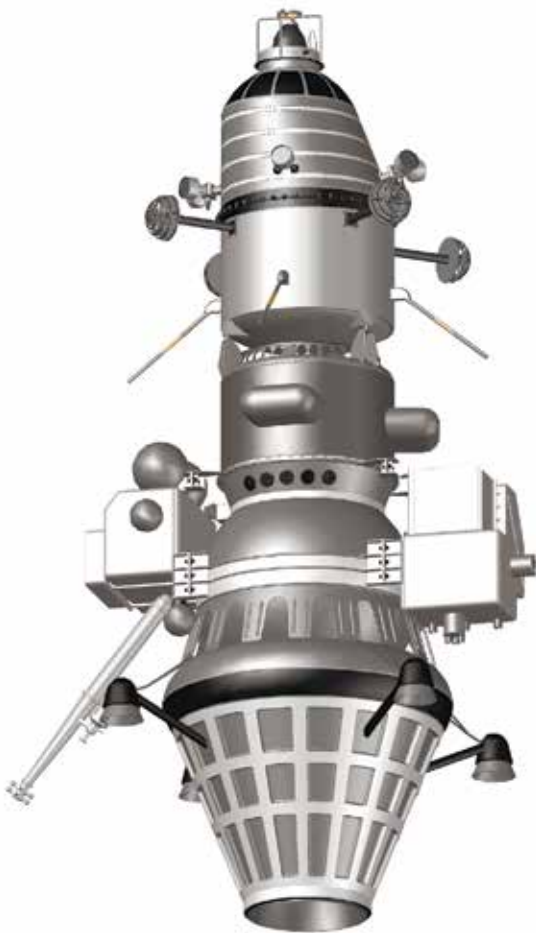
Эскизный проект лунохода был утвержден осенью 1966 года, а конструкторскую документацию подготовили спустя год. Размеры аппарата, так же, как и его масса, определялись возможностями ракеты-носителя «Протон», с помощью которой предполагалось организовать доставку.

Луноход представлял собой установленный на самоходное шасси герметичный приборный отсек. Масса аппарата (по исходному проекту) — 900 килограммов, позже уменьшена до 756 ки-

¹ Бабакин Георгий Николаевич (31 октября [13 ноября] 1914 г., Москва – 3 августа 1971 г., Москва) – советский конструктор межпланетных станций, главный конструктор КБ им. С.А. Лавочкина (1965–1971 гг.).

² Кемурджиан Александр Леонович (4 октября 1921 г., Владикавказ – 24 февраля 2003 г., Санкт-Петербург) – советский / российский инженер-конструктор, основатель научной школы космического транспортного машиностроения, создатель первых планетоходов.

Рис. 3. Станция «Луна-10»



лограммов. Диаметр по верхнему основанию корпуса — 2,15 метра, высота — 1,92 метра, длина шасси — 2,215 метра. Максимальная скорость передвижения по Луне — 4 километра в час.

К тому моменту, когда стало ясно, что с высадкой советского человека на Луну придется повременить, уже были изготовлены несколько экземпляров «лунных тележек». Было решено все же доставить их на Луну и использовать в автоматическом режиме.

Впервые такую попытку предприняли 19 февраля 1969 года. Но неудача поджидала конструкторов уже в самом начале — подвела ракета «Протон», взорвавшаяся на участке выведения.

После первой неудачи полеты луноходов решили отложить — на первое место вышла доставка на Землю образцов лунного грунта.

Идея о создании станций типа Е-8-5, а именно так аппарат обозначался в конструкторской до-

кументации, родилась у главного конструктора КБ имени С. А. Лавочкина Г. Н. Бабакина задолго до того, как «лунная гонка» подошла к своему финалу. Он полагал, что аппараты подобного типа полетят не только на Луну, но и на другие планеты. Но в конце 1960-х годов не было задачи важнее, чем опередить американцев, поэтому и делали станцию только в лунном варианте.

За основу была взята посадочная ступень Е-8, которую разрабатывали для доставки лунохода. Вместо самоходного устройства на ней планировалось установить бур для взятия образцов, а доставку грунта на Землю обеспечить ракетой «Луна — Земля». Масса станции должна была составлять приблизительно пять тонн.

С началом полетов по этой программе очень спешили. Очень хотелось получить образцы лунного грунта еще до того, как это сделают американцы. Но тем не менее первую станцию смогли подготовить к старту только летом 1969 года, когда до старта «Аполлона-11» оставалось совсем немного времени.

Как это часто бывает, первый блин вышел комом. Первая попытка запустить станцию типа Е-8-5 была предпринята 14 июня 1969 года. Из-за ошибки в системе управления не произошел запуск двигательной установки блока «Д». Станция не вышла даже на околоземную орбиту.

Вторая попытка была сделана 13 июля 1969 года, за три дня до старта «Аполлона-11». На этот раз первый этап полета прошел нормально, станция вышла сначала на околоземную орбиту, потом успешно стартовала в сторону Луны, а затем была выведена на селеноцентрическую орбиту. Она получила название «Луна-15».

Все шло хорошо до того момента, пока не пришла пора садиться на Луну. Рельеф предполагаемого места посадки был неизвестен, там оказалась гора, в которую и врезалась станция.

В 1969 году были предприняты еще две попытки запуска станций типа Е-8-5. Но обе оказались неудачными — подвел разгонный блок «Д», который не обеспечил перевод станций на траекторию полета к Луне.

И следующий год начался с неудачи — 6 февраля 1970 года во время запуска погиб очередной «космический геолог».

И лишь станции «Луна-16» удалось выполнить то, к чему стремились конструкторы.

Она была запущена 12 сентября 1970 года, спустя восемь дней совершила мягкую посадку на поверхность Луны в районе Моря Изобилия, а еще через сутки с образцами лунного грунта отправилась в обратный путь.

24 сентября 1970 года возвращаемый аппарат станции «Луна-16» совершил мягкую посадку на территории СССР. На Землю были доставлены 101 грамм лунного грунта. С большими предосторожностями грунт извлекли из капсулы и отправили в лабораторию Академии наук СССР, где он подвергся тщательному исследованию.

В последующие годы еще несколько раз предпринимались попытки доставить лунный грунт на Землю. Точнее, таких попыток было пять.

Три из них были неудачными — один раз произошла авария носителя на участке выведения, в другой раз авария случилась при попытке посадки на Луну, а третьем случае, хотя станция и опустилась на лунную поверхность, было повреждено грунтозаборное устройство. А вот два полета оказались успешными, и советские ученые получили образцы еще из двух районов лунной поверхности.

А теперь вновь о луноходах. К работе над ними возвратились в середине 1970 года. А в космос отправили только после того, как на Землю все-таки удалось доставить «кусочек Луны».

Старт автоматической станции «Луна-17» с «Луноходом» состоялся 10 ноября 1970 года. Ровно через семь дней, 17 ноября, станция со-

ПОЛЕТЫ СОВЕТСКИХ АВТОМАТИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ К ЛУНЕ ЗАЛОЖИЛИ ОСНОВУ ДЛЯ ВОЗМОЖНОЙ ОТПРАВКИ НА НЕЕ ЧЕЛОВЕКА.

вершила мягкую посадку на Луне, в Море Дождей. В тот же день с посадочной платформы на лунную поверхность съехал «Луноход».

Аппарат был рассчитан на два месяца работы на лунной поверхности, а проработал 11 месяцев (до 14 сентября 1971 года.) и наездил более 10 километров. На Землю было передано 211 лунных панорам и 25 тысяч фотографий. Максимальная скорость движения составила 2 километра в час.

В течение первых трех месяцев запланированной работы помимо изучения поверхности аппарат выполнял еще и прикладную программу, в ходе которой отрабатывал поиск района посадки лунной кабины. Делалось это на тот случай, если бы было решение все-таки отправить советских космонавтов на Луну. Но лунную программу этот полет спасти не мог, и второй луноход был запущен только для того, чтобы «добро не пропадало».

Рис. 4. Станция «Луна-16»

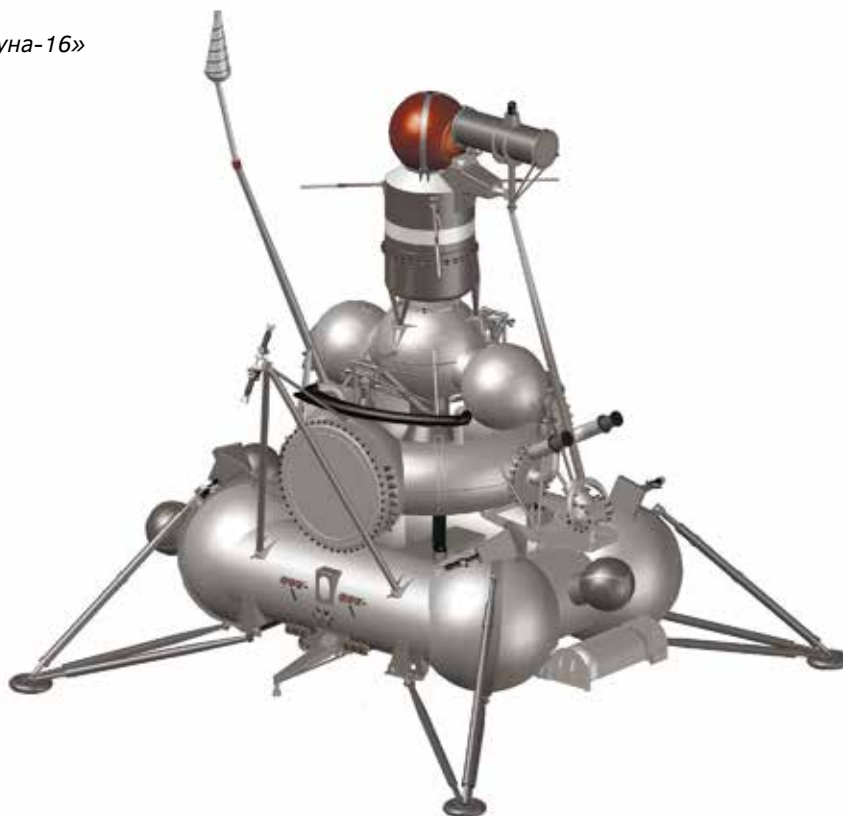


Таблица 1. Пуски советских станций типа «Луна» в период с 1958 по 1976 год

№ п/п	ДАТА ПУСКА	НАИМЕНОВАНИЕ (или обозначение) АМС	ЗАДАЧА ПОЛЕТА	РЕЗУЛЬТАТ ПУСКА
1	23.09.1958	Е-1 № 1	Достижение поверхности Луны	Авария РН
2	11.10.1958	Е-1 № 2	Достижение поверхности Луны	Авария РН
3	04.12.1958	Е-1 № 3	Достижение поверхности Луны	Авария РН
4	02.01.1959	«Луна-1» (Е-1 № 4)	Достижение поверхности Луны	Прошла в 6000 км от поверхности Луны
5	18.06.1959	Е-1А № 1	Достижение поверхности Луны	Авария РН
6	12.09.1959	«Луна-2» (Е-1А № 2)	Достижение поверхности Луны	Достигла поверхности Луны
7	04.10.1959	«Луна-3» (Е-2А № 1)	Фотосъемка обратной стороны Луны	Задача выполнена, снимки переданы на Землю
8	15.04.1960	Е-3 № 1	Фотографирование поверхности Луны	Авария РН
9	16.04.1960	Е-3 № 2	Фотографирование поверхности Луны	Авария РН
10	04.01.1963	Е-6 № 2	Мягкая посадка на поверхность Луны	Осталась на околоземной орбите
11	03.02.1963	Е-6 № 3	Мягкая посадка на поверхность Луны	Авария РН
12	02.04.1963	«Луна-4» (Е-6 № 4)	Мягкая посадка на поверхность Луны	Прошла мимо Луны
13	21.03.1964	Е-6 № 6	Мягкая посадка на поверхность Луны	Авария РН
14	20.04.1964	Е-6 № 5	Мягкая посадка на поверхность Луны	Авария РН
15	12.03.1965	«Космос-60» (Е-6 № 9)	Мягкая посадка на поверхность Луны	Осталась на околоземной орбите
16	10.04.1965	Е-6 № 8	Мягкая посадка на поверхность Луны	Авария РН
17	09.05.1965	«Луна-5» (Е-6 № 10)	Мягкая посадка на поверхность Луны	Жесткая посадка на Луну
18	08.06.1965	«Луна-6» (Е-6 № 7)	Мягкая посадка на поверхность Луны	Прошла мимо Луны
19	04.10.1965	«Луна-7» (Е-6 № 11)	Мягкая посадка на поверхность Луны	Жесткая посадка на Луну
20	03.12.1965	«Луна-8» (Е-6 № 12)	Мягкая посадка на поверхность Луны	Жесткая посадка на Луну
21	31.01.1966	«Луна-9» (Е-6 № 13)	Мягкая посадка на поверхность Луны	Мягкая посадка на поверхность Луны
22	01.03.1966	«Космос-111» (Е-6С № 204)	Вывод станции на орбиту вокруг Луны	Осталась на околоземной орбите
23	31.03.1966	«Луна-10» (Е-6С № 206)	Вывод станции на орбиту вокруг Луны	Выведена на орбиту вокруг Луны
24	24.08.1966	«Луна-11» (Е-6ЛФ № 101)	Вывод станции на орбиту вокруг Луны	Выведена на орбиту вокруг Луны
25	22.10.1966	«Луна-12» (Е-6ЛФ № 102)	Вывод станции на орбиту вокруг Луны	Выведена на орбиту вокруг Луны
26	21.12.1966	«Луна-13» (Е-6М № 205)	Мягкая посадка на поверхность Луны	Мягкая посадка на поверхность Луны
27	07.04.1968	«Луна-14» (Е-6ЛС № 113)	Вывод станции на орбиту вокруг Луны	Выведена на орбиту вокруг Луны
28	19.02.1969	Е-8 № 201	Доставка на Луну лунохода	Авария РН
29	14.06.1969	Е-8-5 № 402	Доставка на Землю лунного грунта	Авария РН
30	13.07.1969	«Луна-15» (Е-8-5 № 401)	Доставка на Землю лунного грунта	Жесткая посадка на Луну
31	23.09.1969	«Космос-300» (Е-8-5 № 403)	Доставка на Землю лунного грунта	Осталась на околоземной орбите
32	22.10.1969	«Космос-305» (Е-8-5 № 404)	Доставка на Землю лунного грунта	Осталась на околоземной орбите
33	06.02.1970	Е-8-5 № 405	Доставка на Землю лунного грунта	Авария РН
34	12.09.1970	«Луна-16» (Е-8-5 № 406)	Доставка на Землю лунного грунта	На Землю доставлены образцы лунного грунта
35	10.11.1970	«Луна-17» (Е-8 № 203)	Доставка на Луну лунохода	На поверхность Луны доставлен «Луноход-1»
36	02.09.1971	«Луна-18» (Е-8-5 № 407)	Доставка на Землю лунного грунта	Жесткая посадка на Луну
37	28.09.1971	«Луна-19» (Е-8ЛС № 202)	Вывод станции на орбиту вокруг Луны	Выведена на орбиту вокруг Луны
38	14.02.1972	«Луна-20» (Е-8-5 № 408)	Доставка на Землю лунного грунта	На Землю доставлены образцы лунного грунта
39	08.01.1973	«Луна-21» (Е-8 № 204)	Доставка на Луну лунохода	На поверхность Луны доставлен «Луноход-2»
40	29.05.1974	«Луна-22» (Е-8ЛС № 206)	Вывод станции на орбиту вокруг Луны	Выведена на орбиту вокруг Луны
41	28.10.1974	«Луна-23» (Е-8-5М № 410)	Доставка на Землю лунного грунта	Повреждение АМС при посадке
42	16.10.1975	Е-8-5М № 412	Доставка на Луну лунохода	Авария РН
43	09.08.1976	«Луна-24» (Е-8-5М № 413)	Доставка на Землю лунного грунта	На Землю доставлены образцы лунного грунта

«Луноход-2» конструктивно мало отличался от своего предшественника. Он прилунился 15 января 1973 года на восточной окраине Моря Ясности. За четыре месяца работы на Луне «Луноход-2» преодолел расстояние в 42 километра и передал на Землю 86 панорам и около 80 тысяч кадров телесъемки.

Заканчивая рассказ об автоматических лунных станциях, упомяну также полеты по программе Е-8 ЛС. Станции этого типа создавались для детальной фотосъемки лунной поверхности в надежде на осуществление пилотируемых полетов. Предполагался запуск не менее пяти аппаратов, но состоялось только два полета — в 1971 и в 1974 годах. Необходимости в запуске других станций этого типа просто не было.

В 1976 году программа полета советских автоматических станций к Луне была полностью закрыта. Последней стала станция «Луна-24», о которой в статье уже было упомянуто [6, 7].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Информация о состоявшихся пусках автоматических лунных станций серии «Луна» приведена в *таблице 1*.

И как итог немного статистических сведений.

В период с 1958 по 1976 год в СССР были приняты 43 попытки запуска лунных автоматических станций серии «Луна». Из этого числа 19 стартов закончились авариями на участках работы ракеты-носителя или разгонного блока. Еще в девяти случаях станции не смогли выполнить свою задачу, хотя и были выведены на траекторию полета к Луне.

А вот 15 полетов были полностью успешными. Хочется надеяться, что и запланированный полет «Луны-25» также будет успешным и впишет новую яркую страницу в космическую летопись.

Литература

1. Бурцева Н.Л. АО «НПО Лавочкина»: как создаются аппараты для освоения Луны и Марса // Воздушно-космическая сфера. 2017. № 3. С. 28–35.
2. Железняков А. Тайны ракетных катастроф. М.: Яуза, 2004.
3. Ракетно-космическая корпорация «Энергия» имени С.П. Королева. 1946–1996 / Под ред. Ю.П. Семенова. М., 1996.
4. Черток Б.Е. Ракеты и люди. М.: Машиностроение, 1999. 416 с.
5. Советская космическая инициатива в государственных документах 1946–1964. М.: РТСофт, 2008.
6. Долинин А.И. Лунная одиссея на Земле // Воздушно-космическая сфера. 2016. № 1. С. 116–122.
7. Железняков А., Шлядинский А. «Царь-ракета» Н-1. «Лунная гонка» СССР. М.: Эксмо, Яуза, 2016. 112 с.

References

1. Burtseva N.L. AO "NPO Lavochkina": kak sozdayutsya apparaty dlya osvoeniya Luny i Marsa. Vozdushno-kosmicheskaya sfera, 2017, no. 3, pp. 28–35.
2. Zheleznyakov A. Tayny raketnykh katastrof. Moscow, Yauza, 2004.
3. Raketno-kosmicheskaya korporatsiya "Energiya" imeni S.P. Koroleva. 1946–1996/ Ed. Yu. P. Semenov. Moscow, 1996.
4. Chertok B.E. Rakety i lyudi. Moscow, Mashinostroyeniye, 1999. 416 p.
5. Sovetskaya kosmicheskaya initsiativa v gosudarstvennykh dokumentakh 1946–1964. Moscow, RTSoft, 2008.
6. Dolinin A.I. Lunnaya odissey na Zemle. Vozdushno-kosmicheskaya sfera, 2016, no. 1, pp. 116–122.
7. Zheleznyakov A., Shlyadinskiy A. "Tsar'-raketa" N-1. "Lunnaya gonka" USSR. Moscow, Eksmo, Yauza, 2016. 112 p.



© Железняков А.Б., 2022

История статьи:

Поступила в редакцию: 17.01.2022

Принята к публикации: 10.02.2022

Модератор: Плетнер К.В.

Конфликт интересов: отсутствует

Для цитирования:

Железняков А.Б. Автоматы изучают Луну. Из истории советской лунной программы // Воздушно-космическая сфера. 2022. № 1. С. 94 – 103.

MARK BELAKOVSKIY:
"I OFTEN TESTED MYSELF
FOR STRENGTH"

МАРК БЕЛАКОВСКИЙ:
«Я ЧАСТО ПРОВЕРЯЛ СЕБЯ
НА ПРОЧНОСТЬ»

Photos from the archive of the IBMP RAS
Фотографии из архива ИМБП РАН



Kirill V. PLETNER,
editor-in-chief of the Aerospace Sphere Journal, Moscow, Russia,
gersch@yandex.ru

Кирилл Валерьевич ПЛЕТНЕР,
главный редактор журнала «Воздушно-космическая сфера», Москва, Россия,
gersch@yandex.ru



Konstantin N. KOLODIAZHNYI,
author of the Aerospace Sphere Journal, Moscow, Russia,
Ao@axion.agency

Константин Николаевич КОЛОДЯЖНЫЙ,
автор журнала «Воздушно-космическая сфера», Москва, Россия,
Ao@axion.agency

Among those who work or are simply familiar with the space industry, there is probably no person who would not know Mark Belakovsky from the Institute of Biomedical Problems. A respected space doctor, scientist, promoter of space medicine and biology, an outstanding organizer of dozens of international biomedical experiments, ideologist and manager of the famous Mars-500 isolation experiment, by and large does not need to be introduced. This is the case when the name and surname are already a brand in themselves.

January 31, 2022 Mark Samuilovich Belakovsky turned 75 years old.

ASJ met with the hero of the day and talked with him about space, the path to the profession, flight to Mars and about ... football.

Среди тех, кто работает или просто знаком с космической отраслью, пожалуй, не найдется человека, который не знал бы Марка Белаковского из Института медико-биологических проблем. Уважаемый космический врач, ученый, популяризатор космической медицины и биологии, выдающийся организатор дюжины международных медико-биологических экспериментов, идеолог и менеджер знаменитого изоляционного эксперимента «Марс-500» по большому счету не нуждается в представлении. Это тот самый случай, когда имя и фамилия уже сами по себе являются брендом.

31 января 2022 Марку Самуиловичу Белаковскому исполнилось 75 лет.

«ВКС» встретился с юбиляром и поговорил с ним о космосе, о пути в профессию, о полете на Марс и о... футболе.

— Марк Самуилович, вы пришли в космическую медицину фактически в момент ее становления. Далеко ли мы продвинулись в этой области за 60 лет? Что было и стало?

— Я пришел в Институт медико-биологических проблем в 1975 году. В этот период советская космонавтика уже достигла огромных успехов. Жаль, очень рано ушел Сергей Павлович Королёв. Если бы он был жив, я думаю, мы бы и на Луну слетали, думаю, что и до Марса добрались бы...

60 лет назад мы очень мало знали о том, как действуют факторы космического полета на человека. Сегодня мы очень хорошо информированы. Сегодня мы смотрим на влияние космического полета на человека уже на молекулярно-генетическом уровне, отработываем новые методики,

новую аппаратуру. Существенно расширились исследования биологических объектов, мы же работаем не только с человеком. Человек — это высшая материя. Но также мы широко работаем и с другими биологическими объектами, начиная от клеточных, мышей и крыс, заканчивая обезьянами.

— Как вы пришли в космическую медицину?

— Я уже закончил мединститут, аспирантуру, и у меня был выбор. Я уже подрабатывал в спортивном клубе ЦСКА. Мне предлагали карьеру спортивного врача. Можно было объехать весь мир, зарабатывать большие деньги, но я выбрал путь ученого. Мама сказала: «Сынок, не торопись зарабатывать деньги. Посмотри, что тебе интересно». А мне интересна была исследовательская деятельность.

Я пришел в ИМБП младшим научным сотрудником в отдел, который назывался отделом исследования питания и метаболизма человека в экстремальных условиях.

Сидеть за столом в кабинете мне было неинтересно, поэтому я начал заниматься исследованиями жизнедеятельности человека в различных экстремальных условиях. Участвовал в подготовке к экспедиции Дмитрия Шпаро на Северный полюс, в подготовке первой экспедиции советских альпинистов на Эверест, занимался исследованием и разработкой питания. До сих пор с удовольствием вспоминаю экспедицию в пустыню Каракумы. Мы проводили исследования в течение двух лет, нам нужно подготовиться на случай экстремальной посадки космонавтов в пустыне.

Бывало тяжело, приходилось не спать по 48–50 часов. На сон приходилось по два часа, а в остальное время я брал кровь у добровольцев, отвозил анализы в лабораторию в Ашхабаде, там их обрабатывал и возвращался за новыми.

— Откуда такой интерес к экстриму?

— С самого начала мне было интересно исследовать возможности человека. И психологические, и физические, и моральные, поскольку это все взаимосвязано. Мне хотелось, как врачу, способствовать расширению возможностей человека. Для меня было важно способствовать достижению высоких результатов в нашей стране.

Например, есть спорт, а есть физкультура. Спорт высоких достижений необходим для того, чтобы побеждал человек, побеждала команда, побеждала страна.

Допустим, для обычного человека играть в хоккей со сломанной ногой или выбитой ключицей — это нонсенс. А для спортсмена, который стремится к победе, это возможно. Особенно это бывает в командных видах спорта.

Судьба отца повлияла на этот интерес. На фронте он был врачом-десантником. К нам домой приходили его фронтовые друзья, рассказывали про войну. Кроме того, у меня мама в партизанах была на Могилевщине. Это тоже для меня имело большое значение. А бабушка вообще была связной. Она ходила по деревням, под слепую работала. Я эти рассказы дома слышал, встречался с этими людьми.

После войны отец работал спортивным врачом в команде ВВС, ЦДК — Центральный дом Красной армии, работал в сборной СССР по футболу — хоккею, ребят восстанавливал на моих глазах, я слышал, о чем они говорят. Я знал, как вели себя фронтовики в экстремальной ситуации, как вели себя выдающиеся спортсмены, когда получали серьезные травмы и не уходили с поля. Это все было на моих глазах, в семье. Потом, когда я стал

студентом-медиком, я подрабатывал спортивным врачом и сам все это уже видел.

— Это был героический пример, который вас вдохновлял?

— Я тоже себя часто проверял на прочность, особенно когда был маленьким.

Когда я был пацаном, я никогда и ничего не боялся, поэтому меня с удовольствием приглашали играть в футбол. Я был очень скоростной. Первые тридцать метров я бежал как мастер спорта по бегу, поэтому играл в нападении. Для меня был примером великий футболист Гаринча. Я финтил хорошо, пробрасывал мяч мимо защитника, и меня первые пятнадцать метров невозможно было догнать, я уходил на скорости. Только второй защитник, подстраховывавший, мог меня остановить. Поэтому меня били всегда. Это был единственный вариант меня остановить. Особенно больно было падать, если мы играли на поле с гаревым покрытием. Тут, если тебя уже зацепили, ты летишь по полной. Я не боялся ничего. Но били меня часто.

Мне хотелось посмотреть возможности человека, что он может выдержать.

Вот марафонский бег, допустим. Бегут пятьдесят человек. Выигрывает один. А сорок девять зачем бежали?

Почему тот, а не этот. Это прогнозируется уже в детстве. Начинается отбор с детства. Физиологический и психологический отбор.

Я хочу вам сказать, что чемпионами не рождаются, их выращивают. Это относится не только к спорту, но и к космосу.

Возьмем Валеру Полякова — великий космонавт. Он 16 лет шел к своему первому полету на моих глазах. Я видел, что с ним стало, когда вдруг вместо него полетел другой космонавт, а на нем практически крест поставили. И как он в очень короткий период сдал, вес прибавил чуть ли не на 15 килограммов и другое. А потом появился шанс, и как он с собой работал!

Как стал тренироваться, стал космонавтом, рекордсменом, и ему до сих пор принадлежит мировой рекорд — 437 суток в космосе. 26 лет прошло, а он по-прежнему мировой рекордсмен по длительности космического полета.

Сфера моего научного интереса — не только расширение возможностей и получение высокого результата, но и сохранение здоровья. Безопасность, прежде всего.

— Если посмотреть на 60 лет исследования космоса, наши возможности расширились?

— Вне всякого сомнения. Даже если посмотреть на отбор космонавтов. Сегодня другие требования к здоровью претендентов в отряд космонавтов.



Подготовка продуктов питания для участников первой советской экспедиции на Эверест. 1982 г.



Биохимические исследования у альпинистов в условиях Среднегорья. Казахстан. Медео, 1980 г.

По сравнению с требованиями, которые предъявлялись 60 лет назад, — колоссальная разница. Сегодня нужны не только здоровые, но и высокие профессионалы своего дела.

— Куда, на ваш взгляд, следует расширяться российской космонавтике?

— Я пропагандирую полет женщины в космос. Если мы думаем о серьезных дальних полетах, то без женского присутствия в них не обойтись. И это по многим причинам. Женщины очень дисциплинированные, четкие, высокопрофессиональные. В экипаже они могут выступать как стабилизирующий, смягчающий фактор. Это как в жизни, все то же самое.

Мы в нашем институте боремся за то, чтобы в космосе врач был обязательно, но он должен обладать смежными профессиями, а лучше несколькими.

Взять, к примеру, Олега Валериевича Котова. Выдающийся космонавт, рекордсмен среди российских врачей по количеству полетов, замдиректора нашего института. Будучи врачом, он закончил Военно-медицинскую академию, работал врачом в Центре подготовки космонавтов, сам захотел лететь в космос. Но ему сказали, что врачи в космосе не нужны. Тогда он поступил и в возрасте 37 лет закончил Качинское высшее военное авиационное училище летчиков. И он трижды летал в космос и трижды был командиром экипажа. Мне посчастливилось, я со всеми нашими врачами-космонавтами вместе работал и был дружен.

Очень уважаю Бориса Борисовича Егорова, первого в мире врача — космонавта. Он первым провел исследования влияния невесомости на человеческий организм в космосе.

Валерий Владимирович Поляков. Уникальный космонавт. Когда мы проводили изоляционный эксперимент «Марс-500», Валерий с юмором сказал: «А что вы какие-то эксперименты проводите? Я уже на Марс туда и обратно слетал».

Имел право так сказать. Он провел в космосе 437 суток. Это почти то время, которое требуется для полета на Марс и обратно.

Такими людьми страна должна гордиться.

Борис Владимирович Моруков — единственный советский и российский космонавт, который за полет не получил звезду Героя. Потому что на «Шаттле» летал, а не на «Союзе». А то, что он выдающийся ученый и руководитель? Под его руководством были проведены уникальные эксперименты с длительной антиортостатической гипокинезией у мужчин и женщин, эксперимент по моделированию полета на Марс — программа «Марс-500». Разве он не герой?

Сергей Рязанский, его дедушка Михаил Рязанский был главным конструктором радиосистем ракетно-космической техники. Сережа закончил биофак МГУ. Его тоже в космос не брали. Он закончил все, что можно было закончить. И был дважды в космосе, один раз как инженер, другой раз как командир экипажа. Он первый в России ученый — командир экипажа.

— Почему в дальнем полете необходим врач?

— Сегодня в экстренной ситуации, в случае невозможности оказать космонавту медицинскую помощь, мы можем только вернуть его с околоземной орбиты. Но стоит это миллиарды. У нас, конечно, есть на орбите набор хирургический, стоматологический и так далее. Но реально в мировой космо-

навтике сегодня врач не сможет сделать хирургическую операцию. А когда мы полетим на Луну? В дальний космос? Солому надо сейчас, сегодня уже стелить.

Я уже не говорю о том, что сейчас в России нет имитации ни лунной, ни марсианской базы для тренировок.

Изоляционные эксперименты показали, что во время полета в дальний космос, полета на Марс, проблема изоляции будет выходить на одно из первых мест. Будет невероятная автономность. Представьте: точка, в которой ты Землю уже не видишь, а Марс еще не видишь, ты в темноте. Человеческий фактор выйдет на первое место, психологический фактор. Самый сложный этап будет не сам полет на Марс, не высадка на Красную планету, а возвращение на Землю. Потому что ты до Марса долетел, а на обратный путь может уже сил не хватить.

Наш опыт показывает, что самое сложное время в изоляционных экспериментах — это последние несколько месяцев. Это как в альпинизме, самое сложное — это спуск.

Главная цель полета на Марс — это вернуться живым. Безопасность всегда и везде на первом месте. Вот для этого и нужен врач в космосе.

— Вы были главным менеджером изоляционного эксперимента «Марс-500». Каков его главный итог?

— Мы лишний раз доказали, что полет на Марс возможен. Но состоится он, как только человечество действительно туда захочет полететь. Это целиком зависит от ситуации на Земле. Полет на Марс может состояться, если это будет миссия всего человечества. Не американцев, не китайцев, а именно всего человечества. Полет на Марс мог бы быть общеукрепляющей политической мировой миссией.

— Вы сказали, что главное не долететь до Марса, а вернуться? Что позволило участникам эксперимента «Марс-500» пройти его до конца?

— Им очень сложно было. Но была высокая мотивация. Комплексная мотивация. Высокий командный дух и взаимовыручка. Больше всего меня поразило, что там не было больших конфликтов. Один пример приведу. Среди команды «Марс-500» был один китаец. Когда он вошел в эксперимент, он практически не говорил ни по-русски, ни по-английски. И что вы думаете? На третий день весь экипаж, вся команда сидела, обнявшись, и учила китайский язык, иероглифы вместе писали.

— Какими человеческими качествами должен обладать космонавт, который полетит на Марс и на Луну?

— Понадобятся высокий профессионализм и высокая мотивация для полета. Высокие морально-нравственные качества. Космонавт, в первую очередь, должен быть порядочным

человеком. Он должен понимать, что от него, как и от каждого члена экипажа, зависят успех, жизнь и возвращение на Землю.

Наши изоляционные эксперименты показали, «Марс-500» показал, что в дальний космос можно брать только фанатов-оптимистов, в хорошем смысле слова. А пессимисты и люди нереализованные на Земле не нужны ни в экспериментах, ни в полете на Марс. Эксперимент умрет, полет на другую планету не достигнет цели. Если человек ничего не может в своей жизни на Земле устроить, как он улучшит ситуацию в космосе?

Неуспешным людям в дальнем космосе нечего делать. Марсонавт должен быть удачлив. Пример богатого, здорового, но неудачливого путешественника мы уже знаем, это пример пассажира Титаника. Поэтому каждого космонавта, прежде его полета на Марс, должна сопровождать удача на Земле.

— Я хотел вернуться в начало, к вашей юности. Я, когда читал вашу биографию, узнал, что вы подавали большие надежды в футболе, были нападающим. Вы не жалеете о том, что предпочли науку, а не выбрали футбол?

— Я с самого начала не выбирал футбол своей профессией, я целенаправленно занимался спортом, но это был не только футбол: я занимался гимнастикой, очень быстро бегал, играл в регби первым номером. Да, я хотел быть хорошим футболистом, но как профессию не выбирал. Я с самого начала видел себя врачом. И как только я поступил в медицинский институт, то перестал играть в футбол регулярно. Только подрабатывал немного, играя в футбол за заводы, за какие-то команды, куда меня приглашали, поддерживал форму. Но врачом я хотел быть с самого начала.

— Я вдруг представил полные трибуны стадиона и на табло появляется надпись: «Гол забил Марк Белковский»!

— Такое было несколько раз. После матча команд мастеров ЦСКА — «Спартак» играли юношеские команды этих же клубов, чтобы народ не расходился. Тогда много народу ходило на стадион. Бывало и 80 тысяч, и 100 тысяч на стадионе. И был матч, где я два гола забил. Пару раз отец приезжал посмотреть на мою игру, но он был известным человеком и старался не светиться. Был он и на матче, когда мы выиграли первенство Москвы. У меня даже сохранилась фотография, когда мы Кубок Москвы в 1962 году выиграли.

— Немножко вас знаю. И мне кажется, что этот темперамент и бесстрашие нападающего вы сохранили по сей день? Как он проявляется в вашей научной деятельности, в исследовательской работе?

— Темперамент точно сохранил, активность точно сохранил. Скорость — это широкое понятие.



Пресс-конференция перед стартом 520-суточного эксперимента с изоляцией MARS-500. Ведущий – доктор Марк Белаковский. 2010 г.

Скорость реакции — наверное. Активность и инициативность тоже, всегда лез во все дырки.

— **Когда бесстрашие вам лучшим образом помогло в научной работе? В работе научного менеджера?**

— Не знаю насколько слово «бесстрашие» адекватно ситуации.

— **Смелость, возможность пойти на риск?**

— Во время исследований климатогеографических зон. Со стороны может показаться, что это легко и просто. Но там много было ситуаций для проявлений характера.

С «Марсом-500» каждый день была твердость и активность. Там было столько всего, что, когда эксперимент закончился, я дал себе слово: «Никогда больше в таких экспериментах не участвовать». Такие эксперименты не только тяжелы организационно, каждый день эксперимента готовил новые сюрпризы.

— **Когда я слушал, с каким вы чувством говорите про «Марс-500», у меня такое ощущение возникло, что вы будто сами слетали на Марс и вернулись.**

— Не то слово. Я многие вещи пропускаю через себя. Я из тех врачей, которые умирают вместе с больным. Вот это самое страшное.

— **Вы азартный человек?**

— Да. Я знаю это за собой и поэтому стараюсь не играть в карты. На бегах, когда я был пацаном, проигрался по полной. Поэтому теперь на бега не хожу.

— **Самое большое ваше достижение как ученого?**

— Невозможно ответить на этот вопрос. Думаю, что я в какой-то мере реализовался в системе организации крупных международных проектов. Мне кажется, я добился умения работать с людьми, соз-

давать и реализовывать крупные международные проекты на благо будущего космонавтики.

— **Что нужно нашей стране, чтобы мы продвинулись дальше в космос?**

— Умение договариваться. К примеру, сейчас тяжелейшая международная ситуация, а наш институт продолжает проводить международный изоляционный эксперимент SIRIUS-21, моделирующий длительную лунную миссию и представляющий добровольцев из России, США, ОАЭ, а также ученых из десятка стран Европы, Америки и Азии.

— **Институт медико-биологических проблем number one в мире?**

— ИМБП — общепризнанный мировой лидер в области космической медицины и биологии.

Журнал «ВКС» от души поздравляет Марка Самуиловича Белаковского с юбилеем! Желаем Вам, уважаемый Марк Самуилович, крепкого здоровья, долгих лет жизни и новых научных побед!

© Плетнер К.В., Колодяжный К.Н. 2022

История статьи:

Поступила в редакцию: 21.03.2022.

Принята к публикации: 04.04.2022

Модератор: Гесс Л.А.

Конфликт интересов: отсутствует

Для цитирования:

Плетнер К.В., Колодяжный К.Н. Марк Белаковский: «Я часто проверял себя на прочность» // Воздушно-космическая сфера. 2022. № 1. С. 104 – 109.

Oleg I. ORLOV,

*Academician of the Russian Academy of Sciences,
Doctor of Medical Sciences, PhD, Director,
IBMP RAS, Moscow, Russia,
info@imbp.ru*



Олег Игоревич ОРЛОВ,

*доктор медицинских наук, академик РАН,
директор, ГНЦ РФ – ИМБП РАН,
Москва, Россия,
info@imbp.ru*

Anna R. KUSSMAUL,

*Candidate of Biological Sciences, PhD,
Senior Researcher – Deputy Head of Department,
IBMP RAS, Moscow, Russia,
kussmaul@imbp.ru*



Анна Рейнгольдовна КУССМАУЛЬ,

*кандидат биологических наук, старший научный
сотрудник – заместитель заведующего отделом
ГНЦ РФ – ИМБП РАН, Москва, Россия,
kussmaul@imbp.ru*

Mark S. BELAKOVSKIY,

*Candidate of Medical Sciences, PhD,
Head of Department, IBMP RAS, Moscow, Russia,
info@imbp.ru*



Марк Самуилович БЕЛАКОВСКИЙ,

*кандидат медицинских наук, заведующий отделом
ГНЦ РФ – ИМБП РАН, Москва, Россия,
info@imbp.ru*

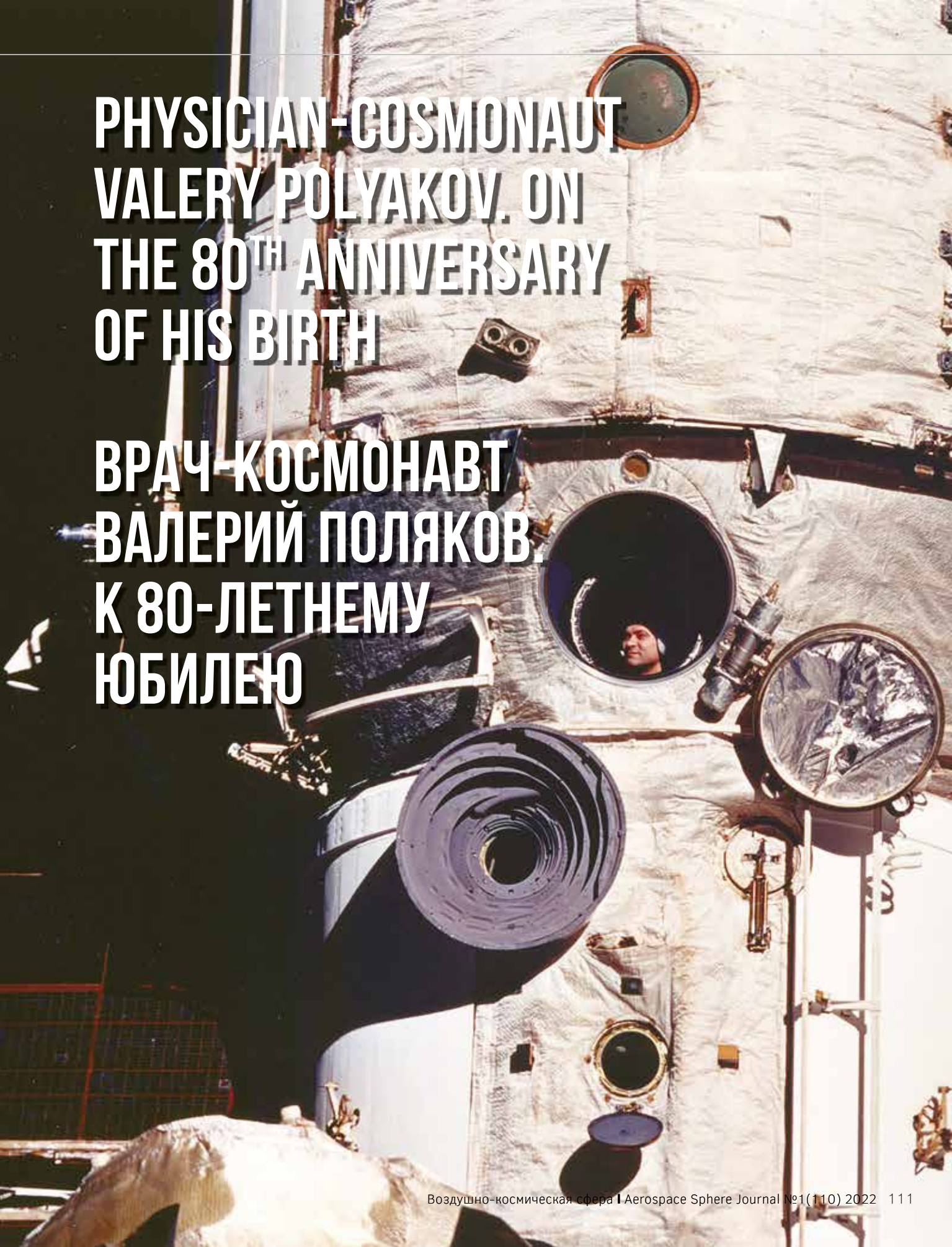
*Photos from the archive of the IBMP RAS
Фотографии из архива ИМБП РАН*

ABSTRACT | April 27, 2022 will be the 80th anniversary of an outstanding cosmonaut Valery Polyakov. He took two long-term space flights, one of which is inscribed in the Guinness Book of Records and still, 27 years later, sets a record in the duration of the stay. The contribution of this cosmonaut to manned cosmonautics is invaluable. In space and on the ground Valery Polyakov carried out unique medical research that contributed to the improvement of biomedical support for long-term flights. He laid the foundation for the development of a system for medical and biological support of interplanetary flights as well.

Keywords: *manned cosmonautics, physician-cosmonaut, space medicine, record-setting space flight, medical support of space flights*

АННОТАЦИЯ | 27 апреля 2022 года исполняется 80 лет выдающемуся космонавту Валерию Владимировичу Полякову. Он совершил два длительных космических полета. Один из них и сегодня, спустя 27 лет, является рекордным по длительности пребывания человека в космосе и внесен в Книгу рекордов Гиннесса. Вклад этого космонавта в пилотируемую космонавтику бесценен. В космосе и на Земле Валерий Поляков реализовал уникальные медицинские исследования, которые способствовали совершенствованию медико-биологического обеспечения длительных полетов, а также заложили основу для разработки системы медико-биологического обеспечения межпланетных полетов.

Ключевые слова: *пилотируемая космонавтика, врач-космонавт, космическая медицина, рекордный космический полет, медицинское обеспечение космических полетов*

A photograph of astronaut Valery Polyakov inside a space module. He is visible through a circular window, looking out. The module's interior is white with various equipment, including a large circular hatch cover and a smaller circular window. The background is the dark void of space.

PHYSICIAN-COSMONAUT VALERY POLYAKOV. ON THE 80TH ANNIVERSARY OF HIS BIRTH

ВРАЧ-КОСМОНАВТ ВАЛЕРИЙ ПОЛЯКОВ. К 80-ЛЕТНЕМУ ЮБИЛЕЮ



Отработка силовой аппаратуры по программе Astromir

Благодаря работе космонавта Валерия Полякова в первом космическом полете была выполнена большая программа по совершенствованию системы стабилизации здоровья и работоспособности космонавтов в длительном космическом полете.



Поляков В.В. в период подготовки, 1977 г.

27 апреля 2022 года исполняется 80 лет Валерию Владимировичу Полякову — врачу, космонавту, ученому, совершившему рекордный по длительности космический полет, который даже спустя 27 лет не удалось превзойти ни одному космонавту или астронавту.

Валерий Васильевич — летчик-космонавт СССР, Герой Советского Союза и Герой России, врач-космонавт-исследователь, инструктор-космонавт-исследователь отряда космонавтов ИМБП, 66-й космонавт СССР и России, 207-й космонавт мира.

В. В. Поляков родился в Туле, окончил тульскую среднюю школу № 4 и поступил в Первый Московский медицинский институт имени И. М. Сеченова.

После окончания в 1965 году института В. В. Поляков учился в ординатуре Института медицинской паразитологии и тропической медицины имени Е. И. Марциновского, затем работал старшим референтом Всесоюзного НИИ социальной гигиены и организации здравоохранения имени Н. А. Семашко и старшим инспектором 3-го Главного управления при Минздраве СССР.

Важную роль в выборе профессионального пути в жизни Валерия Полякова сыграли встречи с двумя крупными специалистами в обла-

сти космической медицины. Еще в 1965 году первый в мире врач-космонавт Б. Б. Егоров выступал в Первом Московском медицинском институте и приглашал студентов-медиков в Институт медико-биологических проблем Минздрава СССР (ИМБП) развивать отечественную космическую биологию и медицину. И в 1971 году по рекомендации другого ученого, одного из основателей отечественной космической медицины — профессора Н. Н. Гуровского — В. В. Поляков был принят в аспирантуру ИМБП, после ее окончания защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата медицинских наук в 1976 году [1].

С 1971 года В. В. Поляков работал в ИМБП в должности младшего, а затем старшего научного сотрудника. Научные интересы были связаны в первую очередь с разработкой системы медицинского обеспечения здоровья и работоспособности космонавтов в длительных полетах, системы профилактики, с исследованием медико-биологических аспектов безопасности космонавтов.

В 1972 году В. В. Поляков был зачислен космонавтом-исследователем в отряд космонавтов, а с 1976 по 1988 год был командиром отряда врачей-космонавтов-исследователей ИМБП. В этот период Валерий Поляков принимал участие

в специальных тренировках, модельных экспериментах на базе ИМБП и ЦПК имени Ю. А. Гагарина, повышал квалификацию врача, проходя клиническую подготовку на базе ведущих медицинских учреждений Москвы. Участвуя в медицинских исследованиях, моделирующих эффекты невесомости, В. В. Поляков получил ценный опыт влияния факторов космического полета на организм человека. С 1978 по 1984 год Поляков дважды проходил подготовку к полетам в составе основного и дублирующего экипажей [1].

В первый космический полет Валерий Поляков отправился 29 августа 1988 года в качестве первого космонавта-исследователя ТПК «Союз ТМ-6» вместе с В. А. Ляховым и А. Ахадом Момандом по программе экспедиции посещения № 3 (ЭП-3) к экипажу основной экспедиции № 3 (ЭО-3) в составе В. Г. Титова и М. Х. Манарова. Продолжал работу он уже со следующей экспедицией (ЭО-4, А. А. Волков, С. К. Крикалев и Ж.-Л. Кретьен), прилетевшей на смену ЭО-3. Длительность полета составила 240 суток 23 часа [2, 3].

Как врач-космонавт Валерий Владимирович принимал непосредственное участие в медицинском контроле и подготовке экипажа ЭО-3 к возвращению с орбиты после рекордного по длительности в тот период полета, он понимал важность этого полета, уделял космонав-

там В. Г. Титову и М. Х. Манарову и их тренировкам особое внимание, оказал существенную помощь в реализации первого в мире годового полета. Кроме того, им была выполнена большая программа медико-биологических исследований по совершенствованию системы стабилизации здоровья и работоспособности космонавтов в длительном космическом полете, отработаны новые методы и средства профилактики неблагоприятного воздействия невесомости на организм человека. Благодаря его работе была расширена штатная бортовая система профилактических тренировок, были введены вестибулярные тренировки при подготовке к возвращению на Землю, использованы «пережимные» манжеты для приближения гемодинамики в условиях невесомости к земным условиям и многое другое [4–13].

В 1989 году В. В. Полякова назначили заместителем директора ИМБП по науке. Как опытный врач и успешный администратор, он возглавил оперативное медицинское обеспечение космических полетов на орбитальном комплексе «Мир».

Второй космический полет Валерий Владимирович Поляков совершил с 8 января 1994 года по 22 марта 1995 года в составе 15, 16 и 17-й основных экспедиций на ОС «Мир». Он провел в космосе 437 суток 17 часов 58 минут — до сих пор это



В.В. Поляков на борту ОС «Мир» во время проведения исследований, 1994 г.



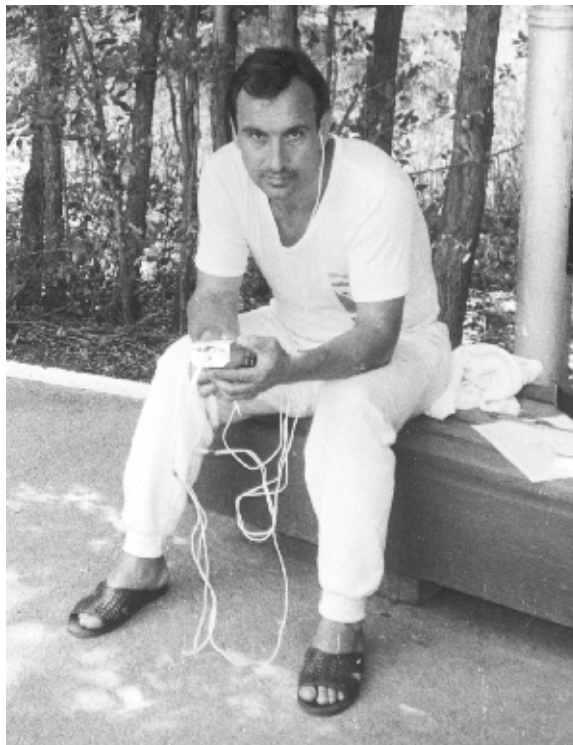
В.В. Поляков беседует с испытателем-добровольцем С.Н. Рязанским во время эксперимента, 2002 г.

Во втором космическом полете Валерий Поляков провел в космосе 437 суток 17 часов 58 минут — до сих пор это абсолютный рекорд продолжительности работы в космосе за один полет.



В.В. Поляков на Земле после возвращения из своего рекордного длительного полета, 22 марта 1995 г.

На станции «Мир» произошло возгорание. Поляков надел нагрузочный костюм и прикрыл собой горящий твердотопливный генератор кислорода. Костюм оплавился, космонавт получил легкие ожоги. Подобные ситуации привели Валерия Полякова к мнению, что в космическом полете, длящемся свыше шести месяцев, в составе экипажа обязательно должен быть врач.



Реабилитация после первого полета, 1989 г.

абсолютный рекорд продолжительности работы в космосе за один полет [14].

В. В. Поляков выполнял работы на завершающем этапе ЭО-14 (В. В. Циблиев и А. А. Серебров), в 179-суточном космическом полете ЭО-15 (В. М. Афанасьев и Ю. В. Усачёв), в 125-суточном КП ЭО-16 (Ю. И. Маленченко и Т. М. Мусабаев), в 169-суточном КП ЭО-17 (А. С. Викторенко и Е. В. Кондакова), а также при выполнении месячного полета астронавта Европейского космического агентства У. Мербольда. Последние дни своего пребывания в космосе В. В. Поляков находился на орбите совместно с экипажем ЭО-18 (В. Н. Дежуров, Г. М. Стрекалов и Н. Тагард).

В. В. Поляков принимал активное участие в разработке научной программы полета, уделяя основное внимание исследованиям и экспериментам, направленным на стабилизацию здоровья и работоспособности экипажей в длительных полетах, совершенствованию системы профилактики и медицинского контроля. Предусматривалось выполнение исследований по следующим направлениям: сердечно-сосудистая система, биохимические и иммунологические, нейросенсорные и психофизиологические исследования. Участие врача-космонавта предполагалось не только в научной национальной программе,

но и в международных проектах (в реализации научных программ Австрии, Германии, Франции, США). Важное место отводилось исследованиям, проводимым с участием женщины-космонавта.

К концу полета В. В. Поляковым было выполнено около тысячи медицинских исследований и экспериментов, в том числе по программе медицинского контроля и наблюдения (321); научных медико-биологических экспериментов (629). Были проведены исследования сердечно-сосудистой (269), дыхательной системы (12), желудочно-кишечного тракта (7), иммунологические, гематологические, биохимические (140), антропометрические (102), санитарно-гигиенические (27), психоневрологические исследования и исследования двигательной сферы (255). Были использованы уникальные комплексы медицинской бортовой аппаратуры. Получены принципиально новые данные о функциональной активности лимфоцитов человека в длительном полете, изменении гематологических показателей, состоянии жидких сред организма, динамике нервно-психических процессов и психической работоспособности, биоритмической активности организма. Расширены программы исследований сердечно-сосудистой и дыхательной систем [14-33].



В.В. Поляков и В.М. Михайлов в ИМБП на стенде с вертикальной беговой дорожкой во время проведения нагрузочных проб



В.В. Поляков во время подготовки на морских тренировках

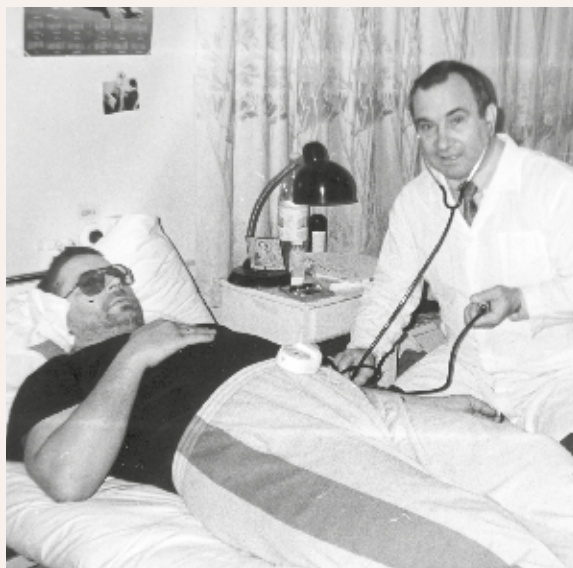


Обследование космонавта В.В. Полякова после длительного полета, 1995 г.

По длительности пребывания в космических условиях полет Валерия Полякова приближен к полету на Марс. Несмотря на это, сразу после приземления космонавт Поляков мог двигаться и даже стоял на ногах, общаясь с коллегами, благодаря использованию в полете эффективной системы профилактики.



В.В. Поляков и С.К. Крикалев во время подготовки к проведению эксперимента на борту ОС «Мир», 1989 г.



Врач-космонавт В.В. Поляков проводит обследование добровольца В.А. Сергеева в антиортостатической гипокнии (АНОГ)



В.В. Поляков на фоне главного корпуса ИМБП, 2002 г.

Жители Тулы отправили запрос об установке прижизненного бюста уникального космонавта, однако местные власти на уровне министра культуры области ответили отказом. Авторы надеются, что эта ошибка будет исправлена администрацией Тульской области.



Космонавты «договариваются» о встрече на орбите, 1993 г.

Во время полета Валерий Поляков выработал систему, позволяющую улучшить качество сна в условиях космической станции. По его мнению, причинами нарушения сна на начальном этапе полета могли являться десинхронизация дня и ночи из-за смены света и тени на станции каждые 45 минут, неблагоприятная шумовая обстановка (до 80 дБ), отсутствие привычного комфорта спального места. Поляков фиксировал спальный мешок на полу модуля «Кристалл», то есть создавал привычные земные ориентиры пол – потолок – стены, натягивал вдоль мешка на высоте 25–30 см канат, который создавал ощущение опоры на кровати в земных условиях, использовал во время сна беруши, снижая уровень шума примерно на 30–35 дБ [34, 35].

Во время полета В. В. Поляков активно участвовал в ликвидации нештатных ситуаций. При аварии энергоблока станции практически одновременно отказали все системы жизнеобеспечения. На борту находились В. В. Поляков, Е. В. Кондакова и А. С. Викторенко. Космонавты, сохраняя спокойствие, занимались восстановительными работами и к концу четвертых суток полностью восстановили энергоснабжение. Отклонений в состоянии космонавтов

обнаружено не было. В том же полете на станции «Мир» произошло возгорание — от кислородной шашки загорелся фильтр из угольной ткани, вслед за ним воздуховод. В насыщенном кислородом пространстве могло мгновенно произойти воспламенение. В. В. Поляков надев нагрузочный костюм и прикрыл собой горящий твердотопливный генератор кислорода. Костюм оплавился, космонавт получил легкие ожоги. Подобные ситуации привели В. В. Полякова к мнению, что в космическом полете, длящемся свыше шести месяцев, в составе экипажа обязательно должен быть врач. Чем полет продолжительней, тем больше вероятность ситуаций, требующих квалифицированной медицинской помощи [1, 36].

В. В. Поляков не только принимал участие в медико-биологическом обеспечении полета, но и занимался обеспечением работы станции, как все члены экипажа, участвовал в полетных операциях, в работе с грузовыми кораблями, в проведении ряда технических и ремонтно-восстановительных работ и обслуживании аппаратуры, бортовых тренажерных средств и систем жизнеобеспечения ОС «Мир».

Суммарная продолжительность двух орбитальных полетов В. В. Полякова составила 678 суток

16 часов 34 минуты. На тот момент это был абсолютный рекорд по общей длительности пребывания человека в космосе.

Полет В. В. Полякова доказал возможность сохранения здоровья и работоспособности космонавта при столь длительном пребывании в космосе с применением российской системы профилактики. Его результаты позволили усовершенствовать систему медицинского обеспечения длительных полетов, повысить медицинскую безопасность основных экипажей, работающих на длительно функционирующем орбитальном комплексе, с сохранением высоких резервов организма у членов экипажей и обеспечением необходимых санитарно-гигиенических условий на комплексе «Мир».

По длительности пребывания в космических условиях полет В. В. Полякова приближен к полету на Красную планету. Несмотря на это, сразу после приземления космонавт В. В. Поляков мог двигаться и даже, время от времени, стоял на ногах, общаясь с коллегами, благодаря использованию в полете эффективной системы профилактики.

Полученные результаты являются предпосылкой для увеличения продолжительности пребывания человека на орбите Земли и могут быть положены в основу создания системы медицинского обеспечения полетов в дальний космос.

После полета В. В. Поляков, продолжая работать заместителем директора ИМБП по науке, курировал вопросы медицинского обеспечения космических полетов и разработки медико-биологических аспектов полета на Марс, принимал активное участие в развитии международного сотрудничества в области космической медицины. В 1998 году В. В. Поляков защитил докторскую диссертацию, а в 1999 году ему было присвоено ученое звание профессора. В 2000 году В. В. Поляков принимал участие в международном эксперименте SFINCSS, проводимом в ИМБП, в ходе которого имитировали работу международных экипажей на космической станции. Его участие сыграло важную роль, так как позволило оценить эффективность такой модели космического полета со стороны человека, имеющего опыт реальных космических полетов.

Большое внимание В. В. Поляков уделял подготовке молодых кадров, читал лекции для аспирантов в ИМБП РАН, активно работал со студентами. Его лекции были одними из самых интересных событий курса, поскольку сопровождались подтверждениями и личными впечатлениями из реальных космических полетов.

В. В. Поляков — автор более 50 отечественных и зарубежных публикаций, посвященных проблемам космической биологии и медицины, вопросам медицинского обеспечения КП, а также результатам научных исследований и экспериментов, полученных в длительных КП.

В. В. Поляков — член Международной ассоциации исследователей космоса, действительный член Международной академии астронавтики, вице-президент Российской академии космонавтики имени К. Э. Циолковского, лауреат премии принца Астурийского (Испания), лауреат премии Хубертуса Стругольда (Ассоциация аэрокосмической медицины, США).

В. В. Поляков является почетным гражданином городов Тула (Россия), Джезказган и Аркалык (Казахстан) и Париж (Франция).

В. В. Поляков награжден медалью «Золотая Звезда» Героя Советского Союза, медалью «Золотая Звезда» Героя Российской Федерации, орденом Ленина, орденом Почетного легиона (Франция), высшим орденом Республики Казахстан «Парасат» («Разум»), орденом «Солнце Свободы» (Республика Афганистан), медалями и дипломами Росавиакосмоса, Российской академии космонавтики имени К. Э. Циолковского, Российской федерации космонавтики.

Признавая заслуги В. В. Полякова, жители Тулы отправили запрос об установке прижизненного бюста уникального космонавта, однако местные власти на уровне министра культуры области ответили отказом. Авторы надеются, что при поддержке государственной корпорации «Роскосмос» эта ошибка будет исправлена администрацией Тульской области.

Авторы выражают благодарность Валерию Владимировичу Полякову за его вклад в космическую медицину, сердечно поздравляют с юбилеем и желают крепкого здоровья и долгих лет жизни.

Литература

1. Орлов О.И., Белаковский М.С., Пономарева И.П. Вклад врача-космонавта-исследователя В. В. Полякова в космическую медицину (к 75-летию со дня рождения) // *Авиакосмическая и экологическая медицина*. 2017. Т. 51. № 2. С. 5–13.
2. Орлов О.И., Котов О.В., Куссмауль А.Р., Белаковский М.С. Роль врача в дальнем космическом полете // *Воздушно-космическая сфера*. 2020. № 1. С. 36–49.
3. Белаковский М.С., Пономарева И.П., Волошин О.В. История ИМБП в фотографиях: космонавты ИМБП. М., 2016. 16 с.
4. Поляков В.В., Иванова С.М., Носков В.Б. и др. Гематологические исследования в условиях длительных космических полетов // *Авиакосмическая и экологическая медицина*. 1998. № 2. С. 9–18.
5. Григорьев А.И., Бугров С.А., Богомолов В.В., Егоров А.Д., Козловская И.Б., Пестов И.Д., Тарасов И.К. Обзор основных медицинских результатов годового полета на станции «Мир» // *Космическая биология и авиакосмическая медицина*. 1990. Т. 24. № 4. С. 3–11.
6. Grigoriev A.I., Polyakov V.V., Noskov V.B., Kozharinov V.I. Evaluation of the state of health and characteristics of metabolism in cosmonauts on long-term space flight // *Космическая биология и авиакосмическая медицина*. 1991. Т. 26. № 6. С. 48.
7. Lacota N.G., Polyakov V.V., Shashkov V.S. Gravitational aspects of thermoregulation and aerobic work capacity // *Physiologist*. 1991. Vol. 34. 1 Suppl. Pp. 32–35.
8. Grigoriev A.I., Bugrov S.A., Bogomolov V.V., Egorov A.D., Kozlovskaya I.B., Pestov I.D., Polyakov V.V., Tarasov I.K. Medical results of the “Mir” year-long mission // *Physiologist*. 1991. Vol. 34. 1 Suppl. Pp. 44–48.
9. Легеньков В.И., Козинец Г.И., Андреева А.П., Поляков В.В., Гудим В.И., Иванова В.С., Казанец Е.Г., Ряполова И.В. Результаты гематологических исследований у членов космических экипажей ЭО-2, ЭО-3 и ЭО-4 // *Гематология и трансфузиология*. 1991. Т. 36. № 7. С. 24–27.
10. Каландарова М.П., Поляков В.В., Гончаров И.Б., Тихонова Л.Ю. Гематологические показатели у космонавтов в условиях космического полета // *Космическая биология и авиакосмическая медицина*. 1991. Т. 25. № 6. С. 11.
11. Grigoriev A.I., Noskov V.B., Polyakov V.V., Sukhanov Y.V., Gharib C., Gauquelin G., Geelen G., Kwetnanski R., Macho L. Fluid-electrolyte metabolism and its hormonal control in the 2nd Soviet-French space mission // *Aviation Space and Environmental Medicine*. 1992. Т. 26. № 1. С. 36–39.
12. Grigoriev A.I., Bugrov S.A., Bogomolov V.V., Egorov A.D., Polyakov V.V., Tarasov I.K., Shulzhenko E.B. Main medical results of extended flights on space station Mir in 1986–1990 // *Acta Astronautica*. 1993. Vol. 29. Iss. 8. С. 581–585.
13. Поляков В.В., Посохов С.И., Пономарева И.П., Жукова О.П., Ковров Г.В., Вейн А.М. Сон в условиях космического полета // *Авиакосмическая и экологическая медицина*. 1994. Т. 28. № 3. С. 4–6.
14. Газенко О.Г., Григорьев А.И., Егоров А.Д. От 108 минут до 438 суток и далее... (к 40-летию полета Ю. А. Гагарина) // *Авиакосмическая и экологическая медицина*. 2001. Т. 35. № 2. С. 58–63.
15. Григорьев А.И., Оганов В.С., Бакулин А.В., Поляков В.В., Воронин Л.И., Моргун В.В., Шнайдер В.С., Мурашко Л.М., Новиков В.Е., Лебланк А., Шейклфорд Л. Клинико-физиологическая оценка изменений костной ткани у космонавтов после длительных космических полетов // *Авиакосмическая и экологическая медицина*. 1998. Т. 32. № 1. С. 21–25.
16. Поляков В.В., Иванова С.М., Носков В.Б., Лабеецкая О.И., Ярлыкова Ю.В., Караштин В.В., Легеньков В.И., Шишканова З.Г., Козинец Г.И., Сарычева Т.Г. Гематологические исследования в условиях длительных космических полетов // *Авиакосмическая и экологическая медицина*. 1998. Т. 32. № 2. С. 9–18.
17. Григорьев А.И., Носков В.Б., Поляков В.В., Воробьев Д.В., Ничипорук И.А., Хингофер-Шалкай Г., Росслер А., Кветнянский Р., Махо Л. Динамика реактивности системы гормональной регуляции при воздействии ОДНТ во время длительного космического полета // *Авиакосмическая и экологическая медицина*. 1998. Т. 32. № 3. С. 18–23.
18. Баевский Р.М., Поляков В.В., Мозер М., Никулина Г.А., Фунтова И.И., Черникова А.Г. Адаптация системы кровообращения к условиям длительной невесомости: баллистокордио-графические исследования во время 14-месячного космического полета // *Авиакосмическая и экологическая медицина*. 1998. Т. 32. № 3. С. 23–30.
19. Поляков В.В., Строганова Л.Б., Новодержкина Ю.К., Козинец Г.И. Разработка программы контроля за состоянием кровотока во время выполнения космических полетов // *Проблемы гематологии и переливания крови*. 1997. № 4. С. 29–31.
20. Roessler A., Hinghofer-Szalkay H., Noskov V., Laszlo Z., Polyakov V.V. Diminished plasma c-GMP during weightlessness // *Journal of Gravitational Physiology*. 1997. Vol. 4. Pp. 101–102.
21. Gundel A., Drescher J., Spatenko Y.A., Polyakov V.V. Heart period and heart period variability during sleep on the MIR space station // *Journal of Sleep Research*. 1999. Vol. 8. Iss. 1. Pp. 37–43. DOI: 10.1046/j.1365-2869.1999.00131.x
22. Hinghofer-Szalkay H.G., Noskov V.B., Grigoriev A.I., Polyakov V.V., Rössler A., Kvetnansky R. Endocrine status and LBNP-induced hormone changes during a 438-day spaceflight: a case study // *Aviation, Space and Environmental Medicine*. 1999. Vol. 70. Iss. 1. Pp. 1–5.
23. Baevsky R.M., Nikulina G.A., Polyakov V.V., Funtova I.I., Chernikova A.G., Moser M. Autonomic regulation of circulation and cardiac contractility during a 14-month space flight // *Acta Astronautica*. 1998. Vol. 42. Iss. 1–8. С. 159–173.
24. Markin A., Stroganova L., Balashov O., Polyakov V., Tigner T. The dynamics of blood biochemical parameters in cosmonauts during long-term space flights // *Acta Astronautica*. 1998. Vol. 42. Iss. 1–8. Pp. 247–253.
25. Manzey D., Lorenz B., Poljakov V. Mental performance in extreme environments: results from a performance monitoring study during a 438-day spaceflight // *Ergonomics*. 1998. Vol. 41. Iss. 4. С. 537–559.
26. Polyakov V.V., Lacota N.G., Gundel A. Human thermohomeostasis onboard “Mir” and in simulated microgravity studies // *Acta Astronautica*. 2001. Vol. 49. Iss. 3–10. Pp. 137–143.
27. Иванова С.М., Поляков В.В., Шишканова З.Г., Козинец Г.И. Исследование системы красной крови у космонавтов в условиях длительных космических полетов (КП) // *Проблемы гематологии и переливания крови*. 2002. № 1. С. 32.
28. Gundel A., Drescher J., Spatenko Y.A., Polyakov V.V. Changes in basal heart rate in spaceflights up to 438 days // *Aviation,*



Space and Environmental Medicine. 2002. Vol. 73. Iss. 1. Pp. 17–21.

29. **Афонин Б.В., Носков В.Б., Поляков В.В.** Состояние органов пищеварительной системы в условиях длительного космического полета // Физиология человека. 2003. Т. 29. № 5. С. 53–57.

30. **Johannes B., Salnitski V.P., Polyakov V.V., Kirsch K.A.** Changes in the autonomic reactivity pattern to psychological load under long-term microgravity – twelve men during 6-month spaceflights // Авиакосмическая и экологическая медицина. 2003. Т. 37. № 3. С. 6–16.

31. **Легеньков В.И., Козинец Г.И., Киселев Р.К., Гудим В.И., Андреева А.П., Поляков В.В., Шишканова З.Г., Орлова Т.А., Моргун В.В.** Гематология космических полетов, М.: МИА, 2004. 148 с.

32. **Завальнюк В.П., Моргун В.В., Симеева Л.М., Генцелев В.Н., Поляков В.В.** Информационные технологии в медицинском обеспечении экипажа межпланетного космического полета // Авиакосмическая и экологическая медицина. 2004. Т. 38. № 4. С. 50–53.

33. **Поляков В.В., Носков В.Б.** Метаболические исследования в 438-суточном космическом полете // Авиакосмическая и экологическая медицина. 2005. Т. 39. № 3. С. 9–13.

34. **Gundel A., Polyakov V.V., Zulley J.** Circadian rhythms and sleep structure in space // Biological Rhythms. 5th Meeting of the SRBR, Programm and Abstrakt, 1996. P. 9.

35. **Gundel A., Polyakov V.V., Zulley J.** The alteration of human sleep and circadian rhythms during spaceflight // Journal of Sleep Research. 1997. Vol. 6. Iss. 1. Pp. 1–8.

36. **Polyakov V.V.** The physician-cosmonaut tasks in stabilizing the crew members health and increasing an effectiveness of their preparation for returning to Earth // Acta Astronautica. 1991. Vol. 23. Pp. 149–151.

References

1. **Orlov O.I., Belakovskiy M.S., Ponomareva I.P.** Vklad vracha-kosmonavta-issledovatelya V. V. Polyakova v kosmicheskuyu meditsinu (k 75-letiyu so dnya rozhdeniya). Aviakosmicheskaya i ekologicheskaya meditsina, 2017, vol. 51, no. 2, pp. 5–13.

2. **Orlov O.I., Kotov O.V., Kussmaul' A.R., Belakovskiy M.S.** Rol' vracha v dal'nem kosmicheskom polete. Vozdushno-kosmicheskaya sfera, 2020, no. 1, pp. 36–49.

3. **Belakovskiy M.S., Ponomareva I.P., Voloshin O.V.** Istoriya IMBP v fotografiyakh: kosmonavty IMBP. Moscow, 2016. 16 p.

4. **Polyakov V.V., Ivanova S.M., Noskov V.B. et al.** Gematologicheskie issledovaniya v usloviyakh dlitel'nykh kosmicheskikh poletov. Aviakosmicheskaya i ekologicheskaya meditsina, 1998, no. 2, pp. 9–18.

5. **Grigor'ev A.I., Bugrov S.A., Bogomolov V.V., Egorov A.D., Kozlovskaya I.B., Pestov I.D., Tarasov I.K.** Obzor osnovnykh meditsinskikh rezul'tatov godovogo poleta na stantsii "Mir". Kosmicheskaya biologiya i aviakosmicheskaya meditsina, 1990, vol. 24, no. 4, pp. 3–11.

6. **Grigor'ev A.I., Polyakov V.V., Noskov V.B., Kozharinov V.I.** Evaluation of the state of health and characteristics of metabolism in cosmonauts on long-term space flight. Kosmicheskaya biologiya i aviakosmicheskaya meditsina, 1991, vol. 26, no. 6, pp. 48.

7. **Lacota N.G., Polyakov V.V., Shashkov V.S.** Gravitational aspects of thermoregulation and aerobic work capacity. Physiologist, 1991, vol. 34, 1 Suppl., pp. 32–35.

8. **Grigor'ev A.I., Bugrov S.A., Bogomolov V.V., Egorov A.D., Kozlovskaya I.B., Pestov I.D., Polyakov V.V., Tarasov I.K.** Medical results of the "Mir" year-long mission. Physiologist, 1991, vol. 34, 1 Suppl., pp. 44–48.

9. **Legen'kov V.I., Kozinets G.I., Andreeva A.P., Polyakov V.V., Gudim V.I., Ivanova V.S., Kazanets E.G., Ryapolova I.V.** Rezul'taty gematologicheskikh issledovaniy u chlenov kosmicheskikh ekipazhey EO-2, EO-3 i EO-4. Gematologiya i transfuziologiya, 1991, vol. 36, no. 7, pp. 24–27.

10. **Kalandarova M.P., Polyakov V.V., Goncharov I.B., Tikhonova L.Yu.** Gematologicheskie pokazateli u kosmonavtov v usloviyakh kosmicheskogo poleta. Kosmicheskaya biologiya i aviakosmicheskaya meditsina, 1991, vol. 25, no. 6, p. 11.

11. **Grigor'ev A.I., Noskov V.B., Polyakov V.V., Sukhanov Y.V., Gharib C., Gauquelin G., Geelen G., Kwetnanski R., Macho L.** Fluid-electrolyte metabolism and its hormonal control in the 2nd Soviet-French space mission. Aviation Space and Environmental

Medicine, 1992, vol. 26, no. 1, pp. 36–39.

12. **Grigor'ev A.I., Bugrov S.A., Bogomolov V.V., Egorov A.D., Polyakov V.V., Tarasov I.K., Shulzhenko E.B.** Main medical results of extended flights on space station Mir in 1986–1990. Acta Astronautica, 1993, vol. 29, iss. 8, pp. 581–585.

13. **Polyakov V.V., Posokhov S.I., Ponomareva I.P., Zhukova O.P., Kovrov G.V., Veyn A.M.** Con v usloviyakh kosmicheskogo poleta. Aviakosmicheskaya i ekologicheskaya meditsina, 1994, vol. 28, no. 3, pp. 4–6.

14. **Gazenko O.G., Grigor'ev A.I., Egorov A.D.** Ot 108 minut do 438 sutok i dalee... (k 40-letiyu poleta Yu. A. Gagarina). Aviakosmicheskaya i ekologicheskaya meditsina, 2001, vol. 35, no. 2, pp. 58–63.

15. **Grigor'ev A.I., Oganov V.S., Bakulin A.V., Polyakov V.V., Voronin L.I., Morgun V.V., Shnayder V.S., Murashko L.M., Novikov V.E., Leblank A., Sheykldford L.** Kliniko-fiziologicheskaya otsenka izmeneniy kostnoy tkani u kosmonavtov posle dlitel'nykh kosmicheskikh poletov. Aviakosmicheskaya i ekologicheskaya meditsina, 1998, vol. 32, no. 1, pp. 21–25.

16. **Polyakov V.V., Ivanova S.M., Noskov V.B., Labetskaya O.I., Yarlykova Yu.V., Karashtin V.V., Legen'kov V.I., Shishkanova Z.G., Kozinets G.I., Sarycheva T.G.** Gematologicheskie issledovaniya v usloviyakh dlitel'nykh kosmicheskikh poletov. Aviakosmicheskaya i ekologicheskaya meditsina, 1998, vol. 32, no. 2, pp. 9–18.

17. **Grigor'ev A.I., Noskov V.B., Polyakov V.V., Vorob'ev D.V., Nichiporuk I.A., Khingkhofer-Shalkay G., Rossler A., Kvetnyanski R., Makho L.** Dinamika reaktivnosti sistemy gormonal'noy regulyatsii pri vozdeystvii ODNT vo vremya dlitel'nogo kosmicheskogo poleta. Aviakosmicheskaya i ekologicheskaya meditsina, 1998, vol. 32, no. 3, pp. 18–23.

18. **Baevskiy R.M., Polyakov V.V., Mozer M., Nikulina G.A., Funtova I.I., Chernikova A.G.** Adaptatsiya sistemy krovoobrashcheniya k usloviyam dlitel'noy nevesomosti: ballistokardio-graficheskie issledovaniya vo vremya 14-mesyachnogo kosmicheskogo poleta. Aviakosmicheskaya i ekologicheskaya meditsina, 1998, vol. 32, no. 3, pp. 23–30.

19. **Polyakov V.V., Stroganova L.B., Novoderzhkina Yu.K., Kozinets G.I.** Razrabotka programmy kontrolya za



sostoyaniem krovetvoreniya vo vremya vypolneniya kosmicheskikh poletov. Problemy gematologii i perelivaniya krovi, 1997, no. 4, pp. 29–31.

20. **Roessler A., Hinghofer-Szalkay H., Noskov V., Laszlo Z., Polyakov V.V.** Diminished plasma c-GMP during weightlessness. *Journal of Gravitational Physiology*, 1997, vol. 4, pp. 101–102.

21. **Gundel A., Drescher J., Spatenko Y.A., Polyakov V.V.** Heart period and heart period variability during sleep on the MIR space station. *Journal of Sleep Research*, 1999, vol. 8, iss. 1, pp. 37–43. DOI: 10.1046/j.1365-2869.1999.00131.x

22. **Hinghofer-Szalkay H.G., Noskov V.B., Grigoriev A.I., Polyakov V.V., Rössler A., Kvetnansky R.** Endocrine status and LBNP-induced hormone changes during a 438-day spaceflight: a case study. *Aviation, Space and Environmental Medicine*, 1999, vol. 70, iss. 1, pp. 1–5.

23. **Baevsky R.M., Nikulina G.A., Polyakov V.V., Funtova I.I., Chernikova A.G., Moser M.** Autonomic regulation of circulation and cardiac contractility during a 14-month space flight. *Acta Astronautica*, 1998, vol. 42, iss. 1–8, pp. 159–173.

24. **Markin A., Stroganova L., Balashov O., Polyakov V., Tigner T.** The dynamics of blood biochemical parameters in cosmonauts during long-term space flights. *Acta Astronautica*, 1998, vol. 42, iss. 1–8, pp. 247–253.

25. **Manzey D., Lorenz B., Poljakov V.** Mental performance in extreme environments: results from a performance monitoring study during a 438-day spaceflight. *Ergonomics*, 1998, vol. 41, iss. 4, pp. 537–559.

26. **Polyakov V.V., Lacota N.G., Gundel A.** Human thermohomeostasis onboard "Mir" and in simulated microgravity studies. *Acta Astronautica*, 2001, vol. 49, iss. 3–10, pp. 137–143.

27. **Ivanova S.M., Polyakov V.V., Shishkanova Z.G., Kozinets G.I.** Issledovanie sistemy krasnoy krovi u kosmonavtov v usloviyakh dlitel'nykh kosmicheskikh poletov (KP). *Problemy gematologii i perelivaniya krovi*, 2002, no. 1, pp. 32.

28. **Gundel A., Drescher J., Spatenko Y.A., Polyakov V.V.** Changes in basal heart rate in spaceflights up to 438 days. *Aviation, Space and Environmental Medicine*, 2002, vol. 73, iss. 1, pp. 17–21.

29. **Afonin B.V., Noskov V.B., Polyakov V.V.** Sostoyanie organov pishchevaritel'noy sistemy v usloviyakh dlitel'nogo kosmicheskogo poleta. *Fiziologiya cheloveka*, 2003, vol. 29, no. 5, pp. 53–57.

30. **Johannes B., Salnitski V.P., Polyakov V.V., Kirsch K.A.** Changes in the autonomic reactivity pattern to psychological load under long-term microgravity – twelve men during 6-month spaceflights. *Aviakosmicheskaya i ekologicheskaya meditsina*, 2003, vol. 37, no. 3, pp. 6–16.

31. **Legen'kov V.I., Kozinets G.I., Kiselev R.K., Gudim V.I., Andreeva A.P., Polyakov V.V., Shishkanova Z.G., Orlova T.A., Morgun V.V.** Gematologiya kosmicheskikh poletov. Moscow, MIA, 2004. 148 p.

32. **Zaval'nyuk V.P., Morgun V.V., Simaeva L.M., Gentsel'ev V.N., Polyakov V.V.** Informatsionnye tekhnologii v meditsinskom obespechenii ekipazha mezhplanetnogo kosmicheskogo

poleta. *Aviakosmicheskaya i ekologicheskaya meditsina*, 2004, vol. 38, no. 4, pp. 50–53.

33. **Polyakov V.V., Noskov V.B.** Metabolicheskie issledovaniya v 438-sutochnom kosmicheskome polete. *Aviakosmicheskaya i ekologicheskaya meditsina*, 2005, vol. 39, no. 3, pp. 9–13.

34. **Gundel A., Polyakov V.V., Zulley J.** Circadian rhythms and sleep structure in space. *Biological Rhythms*. 5th Meeting of the SRBR, Programm and Abstrakt, 1996. P. 9.

35. **Gundel A., Polyakov V.V., Zulley J.** The alteration of human sleep and circadian rhythms during spaceflight. *Journal of Sleep Research*, 1997, vol. 6, iss. 1, pp. 1–8.

36. **Polyakov V.V.** The physician-cosmonaut tasks in stabilizing the crew members health and increasing an effectiveness of their preparation for returning to Earth. *Acta Astronautica*, 1991, vol. 23, pp. 149–151.

© Орлов О.И., Куссмауль А.Р., Белаковский М.С., 2022

История статьи:

Поступила в редакцию: 21.03.2022

Принята к публикации: 31.03.2022

Модератор: Гесс Л.А.

Конфликт интересов: отсутствует

Для цитирования:

Орлов О.И., Куссмауль А.Р., Белаковский М.С. Врач-космонавт Валерий Поляков. К 80-летию юбилею // *Воздушно-космическая сфера*. 2022. № 1. С. 110 – 120.

АО «Научно-исследовательский институт „Элпа” с опытным производством»



АО «НИИ „Элпа”»

124460, Москва, Зеленоград,
Панфиловский пр-т, д. 10

Тел.: +7 (499) 710-00-31

Факс: +7 (499) 710-13-02

E-mail: info@elpapiezo.ru

www.elpapiezo.ru

РАЗРАБОТКА И ПРОИЗВОДСТВО пьезокерамических материалов, пьезоэлектрических приборов:

- Пьезокерамические элементы
- Многослойные актюаторы
- Армированные актюаторы
- Пьезокерамические микрореле
- Датчики различных типов
- Пьезокерамические фильтры
- Гидроакустические модули
- Изделия на основе пьезопленок

РАЗРАБОТКА И ПРОИЗВОДСТВО приборов акустoeлектроники:

- Фильтры и резонаторы на ПАВ и ОАВ
- Генераторы на ПАВ
- Линии задержки



ВНЕВЕДОМСТВЕННЫЙ ЭКСПЕРТНЫЙ СОВЕТ
ПО ВОПРОСАМ ВОЗДУШНО-КОСМИЧЕСКОЙ СФЕРЫ

Объединение профессионалов в области космонавтики
и воздушно-космической сферы

125190, Россия, Москва,
Ленинградский проспект, д. 80,
корп. 16, подъезд 1
Тел.: +7 (499) 654-07-51
Факс: +7 (499) 654-07-57

vko@vko.ru

www.vesvks.ru