



ВОЗДУШНО-КОСМИЧЕСКАЯ СФЕРА

AEROSPACE SPHERE JOURNAL (ASJ)

Научно-технический журнал | Scientific and technical journal

1(106) 2021

ISSN 2587-7992

**#УЗЛОВЫЙ МОДУЛЬ
ASGARDIA ДЛЯ МКС**

#СОЛАР
В ПУБЛИЧНОМ
БЛОКЧЕЙНЕ

**#КОСМИЧЕСКАЯ
ЭМБРИОЛОГИЯ**

#ПИТАНИЕ
В МЕЖПЛАНЕТНЫХ
ПОЛЕТАХ

**#ОДНА ПРИЧИНА
ДВУХ АВАРИЙ**

**#ПЕРВЫЙ ПОЛЕТ ЧЕЛОВЕКА
В КОСМОС – ВЛИЯНИЕ НА
РАЗВИТИЕ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА**

N
E
W

S
P
A
C
E

A
G
E



**12 ЛЕТ
НЕПРЕРЫВНОЙ
РАБОТЫ**



МАСШТАБ 1:1



8 (83147) 7-93-16
www.oaoapz.com

**6 ЛЕТ
ИНТЕРВАЛ
ПОВЕРКИ**



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

Мы сдаем номер в канун юбилея.
60 лет назад человек впервые в истории полетел в космос.

Сразу после полета наш соотечественник Юрий Алексеевич Гагарин стал больше, чем человеком, — он превратился в знак и символ победы человечества над земным притяжением.

Генерал Каманин, сопровождающий Гагарина в турне по миру, записал в своем дневнике: «Наблюдая миллионные толпы, горячо приветствующие Гагарина, я часто вспоминал свои юношеские впечатления от одной лубочной картинки, изображающей встречу Иисуса Христа с народом».

Сравнение кажется чрезмерным.

Но речь идет о расширении возможностей человечества, а может, и о его спасении, поэтому допустим его.

Важно заметить, что Гагарин был не только выразителем чаяний миллионов людей, но и просто человеком, со своими достоинствами и недостатками. Несмотря на всю торжественность даты, хочется повернуть ручку пафоса до минимума и поговорить о простом.

У всех свой Гагарин.

Мне, например, почему-то занятно, что он коллекционировал кактусы.

Или то, что во время своих заграничных поездок майор Юрий Алексеевич Гагарин был лишен возможности заниматься спортом, много времени проводил в застольях и поправился на восемь-девять килограммов.

Я с благодарностью думаю о дяде Гагарина — Савелии Ивановиче Гагарине, который дал кров племяннику и помог ему поступить в люберецкое ремесленное училище.

Меня трогает то, как начальник военного авиационного училища не дал отчислить курсанта Гагарина.

Курсант никак не мог освоить момент посадки — самолет то и дело клевал носом.

Юрий Гагарин плакал и говорил, что не может жить без неба.

И когда решение об отчислении было уже принято, начальник училища обратил внимание на маленький рост Гагарина, что влияло на угол обзора и снижало чувство земли. Курсанту положили на кресло толстую подкладку, после чего он справился с заданием.

Я обратил внимание на характеристику, данную Гагарину специалистами из Центрального военного научно-исследовательского авиационного госпиталя — учреждения, которое занималось отбором первого отряда. Среди прочего было написано: «Чистосердечен. Чист душой и телом».

А еще я завидую тому парню, который 12 апреля 1961 года побежал, прорвался через усиленное милицейское оцепление и вручил букет цветов Юрию Гагарину.

Признаюсь, мне близка такая захваченность чувством.

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

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;

Tel.: +7 (499) 654-07-51, +7 (499) 654-00-40;

E-mail: info@oaokb1.ru; vko@vko.ru

www.vesvks.ru



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**

Photographer – **Irina Abramova**



The cover illustration:
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 "Vympel" public company,
Director of VNIIFTRI Scientific&Technical
Centre for Metrological Assurance of Gravi-
metric Measurements

Igor A. SHEREMET,

Corresponding Member of the Russian Acad-
emy of Sciences, Dr. Sci. (Tech), Professor

Sergey V. YAGOLNIKOV,

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

Mikhail V. YAKOVLEV,

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

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 Дмитрюк**, кандидат филологических наук

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

Дизайн и верстка – **Елена Изаак**

Корректор – **Анастасия Дубовик**

Директор по распространению – **Борис Чельцов**

Фотограф – **Ирина Абрамова**



Иллюстрация на обложке: Елена 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»

ВАУТС 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

CONTENT

	TOPIC OF THE ISSUE – The 60th Anniversary of the First Human Space Flight	
	<i>/S.V. Krichevsky, L.V. Ivanova/</i>	
	The Influence of the First Human Space Flight on the Development of Russia and the Humanity.....	6
	<i>/N.L. Burtseva/</i>	
	Cosmonauts about Gagarin.....	18
	NEW SPACE AGE	
	Asgardia's National Currency - in the Public Blockchain.....	22
	<i>/I.R. Ashurbeyli/</i>	
	Asgardia's Project for a New Module to Expand Space Station.....	24
	<i>/I.V. Ogneva, T.S. Gurieva, V.N. Sychev, O.I. Orlov/</i>	
	Embryological Experiments in Space.....	34
	<i>/A.N. Agureev, M.S. Belakovsky/</i>	
	Nutrition Issues in Interplanetary Space Flights.....	44
	<i>/V.A. Bobin, A.V. Bobina/</i>	
	Fundamental Ideas and Achievements of Hydrogen Energy in the Service of the Moon's Interior Development.....	58
	ANALYTICS	
	<i>/K.A. Zanin, N.N. Klimenko/</i>	
	New Approach to Detection C-band Ground and Naval Radars.....	68
	<i>/A.G. Gonchar, F.N. Lyubchenko/</i>	
	Hypothesis on One Cause of Two Space Rocket Accidents.....	80
	REPORT	
	<i>/N.L. Burtseva/</i>	
	First 'Dry' Immersion for Women.....	90
	AEROSPACE DEFENCE	
	<i>/A.G. Luzan/</i>	
	Prospects of Development of Mini UAVs and Methods of Combating Them. Part II.....	98
	HISTORY	
	<i>/L.V. Zubina, O.A. Artyomova, I.N. Berezinskaya/</i>	
	Space in the Museum of the World Ocean.....	106
	CONTEST	
	"Bridge to Space" – Striving Upward.....	114

СОДЕРЖАНИЕ



ТЕМА НОМЕРА – 60 лет первому полету человека в космос

/С.В. Кричевский, Л.В. Иванова/

Воздействия первого полета человека в космос на развитие России и человечества..... 6

/Н.Л. Бурцева/

Космонавты о Гагарине..... 18



НОВАЯ КОСМИЧЕСКАЯ ЭРА

Национальная валюта Асгардии – в публичном блокчейне..... 22

/И.Р. Ашурбейли/

Проект узлового модуля «Асгардия» для Международной космической станции..... 24

/И.В. Огнева, Т.С. Гурьева, В.Н. Сычев, О.И. Орлов/

Эмбриологические исследования в космосе..... 34

/А.Н. Агуреев, М.С. Белаковский/

Вопросы питания в межпланетных космических полетах..... 44

/В.А. Бобин, А.В. Бобина/

Фундаментальные идеи и достижения водородной энергетики - на службу освоения недр Луны..... 58



АНАЛИТИКА

/К.А. Занин, Н.Н. Клименко/

Новый подход к обнаружению и геолокации наземных
и корабельных радиолокационных систем С-диапазона..... 68

/А.Г. Гончар, Ф.Н. Любченко/

Гипотеза об одной причине двух аварий ракет космического назначения..... 80



РЕПОРТАЖ

/Н.Л. Бурцева/

Первая «сухая» иммерсия для женщин..... 90



ВОЗДУШНО-КОСМИЧЕСКАЯ ОБОРОНА

/А.Г. Лузан/

Перспективы развития мини-беспилотников и способы борьбы с ними. Часть II..... 98



ИСТОРИЯ

/Л.В. Зубина, О.А. Артёмова, И.Н. Березинская/

Космос в Музее Мирового океана..... 106



КОНКУРС

«Мост в космос» – стремление вверх..... 114

УДК 629.78

DOI: 10.30981/2587-7992-2020-106-1-6-17



THE INFLUENCE OF THE FIRST HUMAN SPACE FLIGHT ON THE DEVELOPMENT OF RUSSIA AND THE HUMANITY

ВОЗДЕЙСТВИЯ ПЕРВОГО ПОЛЕТА ЧЕЛОВЕКА В КОСМОС НА РАЗВИТИЕ РОССИИ И ЧЕЛОВЕЧЕСТВА

Sergey V. KRICHEVSKY,
Doctor of Philosophy, Professor, Chief Researcher, S. I.
Vavilov Institute for the History of Science and Tech-
nology of the Russian Academy of Sciences (IHST RAS),
ex-test-cosmonaut, Moscow, Russia,
svkrich@mail.ru



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

Lidiya V. IVANOVA,
Candidate of Social Sciences, Researcher, Gagarin
Research & Test Cosmonaut Training Center, Star City,
Moscow region, Russia,
l.vivanova@gctc.ru



Лидия Васильевна ИВАНОВА,
кандидат социологических наук, научный сотрудник
НИИ «Центр подготовки космонавтов имени
Ю. А. Гагарина», Звездный городок,
Московская область, Россия,
l.vivanova@gctc.ru

ABSTRACT | In connection with the 60th anniversary of Yuri Gagarin's space flight, a brief interdisciplinary analysis concerning the influence of the first human space flight on the development of Russia and the humanity is made. Scientific, technological, organizational and managerial, socio-political, socio-cultural, environmental, and futurological aspects are presented. The main conclusions are drawn.

Keywords: *influence, Gagarin, Earth, space, first flight, development, Russia, technology, man, humanity*

АННОТАЦИЯ | В связи с 60-летием полета Ю. А. Гагарина сделан краткий междисциплинарный анализ основных аспектов комплекса воздействий первого полета человека в космос на развитие России и человечества. Представлены научный, технологический, организационный и управленческий, социально-политический, социокультурный, экологический, футурологический аспекты. Сформулированы основные выводы.

Ключевые слова: *воздействие, Гагарин, Земля, космос, первый полет, развитие, Россия, технология, человек, человечество*



▲ Юрий Гагарин в корабле «Восток-1»

Старт космического корабля «Восток»
с пилотом-космонавтом Юрием Гагариным на борту ▼



ВВЕДЕНИЕ

В связи с 60-летием полета Ю. А. Гагарина в космос сделаем краткий междисциплинарный анализ его воздействий на Россию и человечество в контексте истории, настоящего и будущего.

К. Э. Циолковский за 40 лет до первого полета дал прогноз: описание полетов людей в космос (1920), а за 25 лет — облика и качеств первого космонавта (1935) [1, 2], во многом совпавшие с реалиями.

После первого полета человека в космос вышли статьи с анализом его результатов и перспектив исследования и освоения космоса. Одной из первых была статья профессора В. В. Добронравова (1962): «Ю. А. Гагарин побывал там, где никогда еще не был ни один человек Земли... Проникновение человека в космос неизмеримо раздвигает границы нашего познания, обогащает науку и культуру. Полет Ю. А. Гагарина показал, что путь человеку в межпланетное пространство, к Луне, другим планетам в принципе открыт и требуется только время для дальнейшей отработки теоретических и практических вопросов. ...Трудно пока представить, как будет происходить дальнейшее освоение космоса. ...Но ясно одно: человечество не может остановиться в начале пути к покорению космоса» [3].

В широком смысле следует и будем рассматривать не только сам полет длительностью 108 минут от старта до приземления первого космонавта, но весь процесс его подготовки и выполнения, начиная с первых решений

по его организации в 1959–1960 годах и включая ряд послеполетных технических и других действий и мероприятий после 12 апреля 1961 года (см.: [4–14]).

Пришло время подвести итоги 60-летия и дать новый импульс космической экспансии, решению проблемы исследования и освоения космоса человеком в науке, образовании и практике. Рассмотрим важные моменты основных аспектов воздействий первого полета человека в космос на развитие людей, нашей страны и мирового сообщества.

1 НАУЧНЫЙ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ АСПЕКТЫ

Первый полет человека в космос является эталоном постановки и решения принципиально новой, сложнейшей научно-технической задачи в условиях чрезвычайно высоких уровней неопределенности и риска при жестком дефиците времени и острой конкуренции за мировое лидерство.

В нашей стране были созданы основы ряда новых направлений в науке и технике. Исследованы возможности, особенности, ограничения техники и организма человека, получены новые знания для подготовки и выполнения полетов в околоземном космическом пространстве с применением новой ракетно-космической техники. Разработаны, созданы, испытаны космические технологии и техника для пилотируемых полетов. Отработаны и апробированы методики отбора и подготовки космонавтов, их профессиональной деятельности в космических полетах, обеспечения безопасности и выживания в штатных и нештатных ситуациях. В результате успешного полета Гагарина доказано, что человек может летать в космос, жить вне Земли в условиях воздействия невесомости, других факторов космических полетов и безопасно возвращаться на Землю. Полет Гагарина дал новый импульс освоению космоса в мире и науч-

но-технической космической гонке между СССР и США в 60–80 годах XX века. Важным этапом был первый выход человека в открытый космос (А. А. Леонов, СССР, 18.03.1965), кульминацией стала высадка первого человека на Луну (Н. Армстронг, США, 20.07.1969), затем последовало создание долговременных орбитальных станций. В XXI веке люди постоянно находятся на орбите вокруг Земли на борту Международной космической станции [4–16].

Первый полет человека в космос — это маяк и пример для развития национальной космической науки, образования, мотив и импульс для участия новых стран в пилотируемых полетах, создания национальных пилотируемых программ, космической техники и технологий (в КНР, ЕС, Индии и др.).

Первый полет человека в космос является эталоном постановки и решения принципиально новой, сложнейшей научно-технической задачи в условиях чрезвычайно высоких уровней неопределенности и риска при жестком дефиците времени и острой конкуренции за мировое лидерство.



▲ Фото первого отряда космонавтов СССР – первых 11, слетавших в космос



▲ «Все в космос!» – лозунг-призыв на стихийном митинге, состоявшемся после полета Ю. А. Гагарина (Москва, Красная площадь, 12 апреля 1961 года)

2 ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ И УПРАВЛЕНЧЕСКИЙ АСПЕКТЫ

Первый полет человека стал основой пилотируемой космонавтики, в значительной мере повлиял на развитие всей космической отрасли, задал высокие требования и стандарты качества, надежности и безопасности космической техники и деятельности. В СССР по инициативе ученых, инженеров, конструкторов под руководством органов власти, с участием Академии наук, Министерства обороны, организаций промышленности, образования и других были созданы новые структуры и коллективы людей, в том числе системы управления, производства, испытаний, приобретен уникальный опыт организации пилотируемого космического полета и управления на полном жизненном цикле. Выдающуюся роль в организации и выполнении первого полета человека в космос сыграл С. П. Королёв. В 1960 году созданы Центр подготовки космонавтов и первый отряд космонавтов (20 человек). Многие специалисты, участвовавшие в подготовке и выполнении первого полета, реализовали свой потенциал в космонавтике, других сферах управления и практики, накопили, формализовали, передали богатый опыт,

оставили профессиональное наследие (документальное, кадровое, творческое). В России, США, ЕС, КНР и других странах регулярно проходят конкурсы по отбору космонавтов, за 60 лет в них участвовало более 100 тысяч человек. Создано и развивается сообщество космонавтов: профессиональные отряды космонавтов, астронавтов, международная Ассоциация участников космических полетов, объединяющая четыре национальные ассоциации. Полет Гагарина стал и остается главным примером и призывом для профессиональных космонавтов и новых кандидатов, мечтающих о полетах в космос и о работе в космической отрасли [5-17].

Первый полет человека стал основой пилотируемой космонавтики, в значительной мере повлиял на развитие всей космической отрасли, задал высокие требования и стандарты качества, надежности и безопасности космической техники и деятельности.

Выдающуюся роль в организации и выполнении первого полета человека в космос сыграл С. П. Королёв.

3

СОЦИАЛЬНО-ПОЛИТИЧЕСКИЙ АСПЕКТ

«Все в космос!» — таким был лозунг-призыв на стихийном митинге, состоявшемся после полета Ю. А. Гагарина в Москве на Красной площади 12 апреля 1961 года. Он отразил не только эйфорию праздника, настроение и мечты людей в связи с выдающимся достижением и событием для СССР и всего человечества, но и начало, и сущность процесса космической экспансии (по: [14]).

Международный и общемировой резонанс первого полета: человечество впервые ощутило себя единым в мечте, стремлении и возможности человека и нашей цивилизации освоить космос с применением новых технологий и техники.

Первый полет установил критерий лидерства и «полноценности» космических государств, корпораций: полеты людей в космос. С него началась и продолжается регистрация мировых рекордов людей в космосе.

В общественном мнении в России и мире выполнение полета в космос является высшим профессиональным и личным достижением человека.

В честь пятидесятой годовщины полета человека в космос 7 апреля 2011 года резолюцией A/RES/65/271 Генеральная ассамблея ООН провозгласила 12 апреля Международным днем полета человека в космос [18].

Полет в космос Ю. А. Гагарина считается в общественном сознании России и политике государства одной из главных скреп, высшим достижением страны, науки и техники, символом нашего абсолютного приоритета и лидерства в освоении космоса.

Новая и парадоксальная реальность XXI века: в России в целом, и даже в космической отрасли, немало противников развития пилотируемой космонавтики, затраты на которую составляют почти половину космического бюджета. По убеждениям множества людей, эффекта от нее якобы нет, а в стране существует большое количество реальных и приоритетных земных социальных и других проблем, на решение которых не хватает средств. Например, в 2011 году появились крайне критические и по сути антикосмические призывы: «50 лет человек в космосе. Не пора ли обратно?» [19]

Но как оценить полную социально-политическую цену и вклад полетов людей в космос, в том числе в категориях общественного блага, человеческого капитала и потенциала, в историю развития страны, в ее настоящее и будущее? Как оценить общий эффект



12 апреля — Международный день полета человека в космос

(Резолюция Генеральной ассамблеи ООН, 2011 г.)



Воздействия первого полета человека в космос в значительной мере осуществляются через образ личности Гагарина и проявляются во многих сферах и направлениях.

▲ Памятник Ю. А. Гагарину в Москве на площади Гагарина

от полета Гагарина для страны и человечества? Как оценить научно-технологические, социально-политические, экономические, социокультурные и другие потери и последствия, если Россия откажется от полетов своих граждан в космос? По сути это запрет на космическую мечту, отказ от лидерства в космосе и экспансии.

Именно первый полет и образ Гагарина поддерживают в постсоветский период пилотируемую космонавтику в России, не дают остановить ее и разрушить. История, гордость за нее и стойкость — это необходимое, но недостаточное условие для достойного космического будущего России и человечества: в пилотируемых полетах мы не имеем права делать ни шага назад и должны идти вперед. Необходимы новые цели, проекты, технологии, достижения.

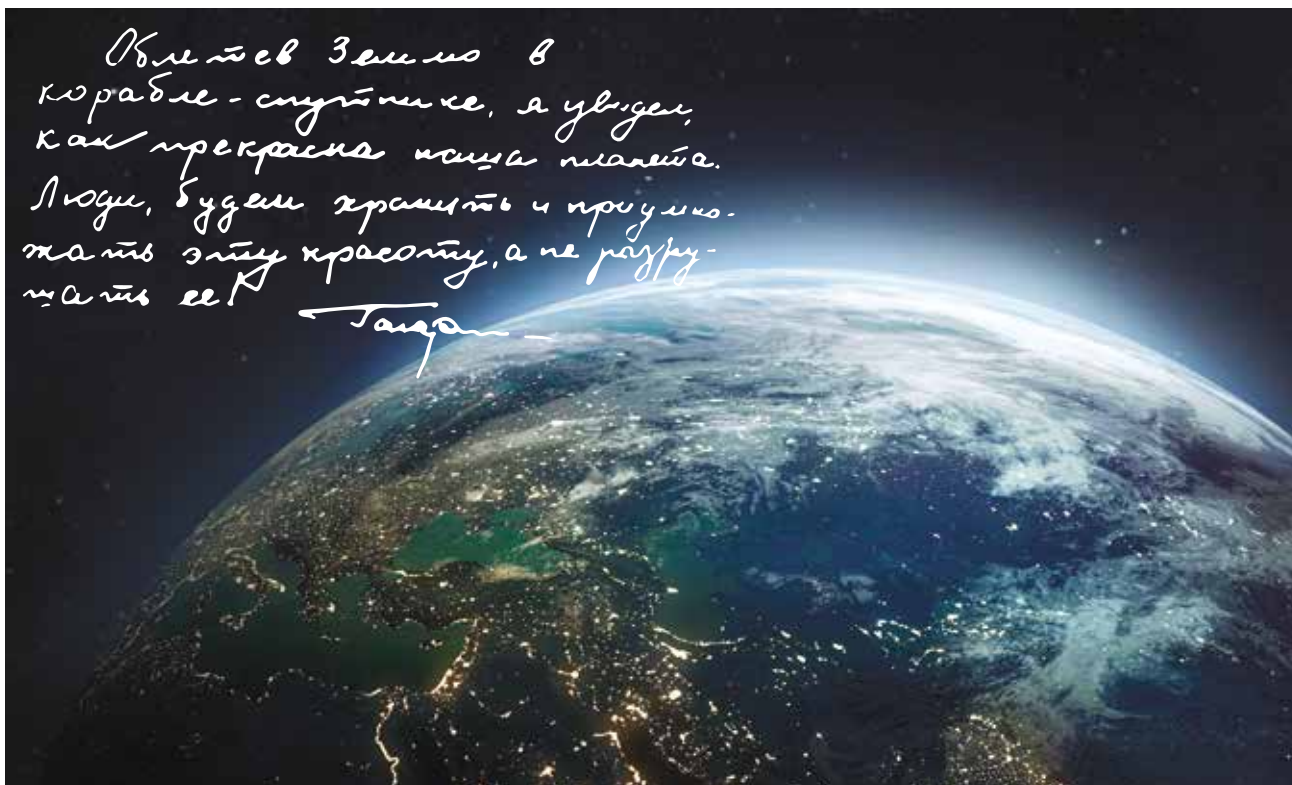
Новыми лидерами процесса освоения космоса человеком с 2016 года в мире стали предприниматели, общественные деятели, новые корпорации и космические сообщества, которые конкурируют со «старыми» космическими сообществами, государствами и корпорациями. Среди них выделяются И. Маск, корпорация SpaceX (США) и И. Р. Ашурбеи, космическое сообщество — первое цифровое космическое государство Asgardia (в нем участвует около 1 млн человек из ~200 стран), для которых полет Ю. А. Гагарина явился и остается примером и импульсом для деятельности и развития [20, 21].

4 СОЦИОКУЛЬТУРНЫЙ АСПЕКТ

Полет Гагарина, образ нашего героического соотечественника — первого космонавта Земли — важнейший социокультурный феномен XX века, одно из ярчайших событий всей отечественной и мировой истории, высших достижений человека, науки и техники.

Образ Ю. А. Гагарина — одна из основ космической субкультуры, он постоянно отражается и воспроизводится в общественной и культурной жизни нашей страны и мира, во всем информационном пространстве, в СМИ и современных электронных сетях.

Первый полет человека в космос в индивидуальном и общественном сознании остается подвигом и абсолютным рекордом человека, нашей страны и человечества. Его логичное продолжение: первый выход человека в открытый космос, первый шаг на Луне, предстоящий первый шаг на Марсе.



▲ «Экологическая» записка Ю. А. Гагарина, написанная после полета (копия автографа), и вид Земли из космоса

Воздействия первого полета человека в космос в значительной мере осуществляются через образ личности Гагарина и проявляются во многих сферах и направлениях. Прежде всего в науке, образовании, литературе и искусстве, в том числе в масштабных социокультурных проектах: в создании памятников, музеев, выставок, кинофильмов, музыкальных и других произведений; в работе планетариев, космоцентров; в проведении космических форумов, конференций, чтений, космических уроков, спортивных состязаний и т. д. Невозможно представить культуру без космической филателии, нумизматики, эмблематики, фалеристики и др. (см.: [6–12, 14]).

Подвиг Гагарина имеет особое значение для социализации, обучения и воспитания молодежи, определения цели жизни как пример стремления к освоению новых знаний и технологий, самореализации и достижения успеха в сложной профессии, активной деятельности в интересах страны и всего человечества. Воздействия первого полета человека проявляются в процессе создания, институционализации и деятельности новых космических сообществ в России и мире (см.: [14, 21]).

5 ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АСПЕКТ

Своим первым космическим полетом и взглядом в космос и из космоса на Землю Ю. А. Гагарин открыл, ощутил и дал нам новое «человеченное» измерение и понимание Земли и космоса, окружающей среды как единого пространства «Земля + космос», новую картину мира, нашего желаемого и возможного будущего с приоритетом сохранения, сбережения людьми родной планеты. После полета он написал об этом в короткой и эмоциональной «экологической» записке: «Облетев Землю в корабле-спутнике, я увидел, как прекрасна наша планета. Люди, будем хранить и приумножать эту красоту, а не разрушать ее!» [4]

Вслед за Гагариным более 560 человек в мире побывали в космосе, и каждый ощутил красоту и хрупкость Земли в огромной Вселенной. От космонавтов, а также из других источников многие земляне узнали об окружающей среде и природных ресурсах Земли и космоса, о нарастании экологических проблем и загрязнений. Это имеет большое значение для формирования экологического сознания людей и экологизации всей деятельности человечества.



▲ Образ будущего (визуализация космической инфраструктуры)

6 ФУТУРОЛОГИЧЕСКИЙ АСПЕКТ

Полет Гагарина символизирует вектор развития человека и человечества, наше земное и космическое будущее: сбережение Земли и движение в космос с сохранением ведущей роли, статуса и свойств человека.

В мире в 10 – 20-е годы XXI века началась и поднимается новая волна освоения космоса человеком и человечеством с применением новых технологий и техники, включая роботов как помощников и др. Идет процесс индустриализации космической деятельности в целях решения проблем на Земле, добычи и использования внеземных ресурсов, освоения Луны и Марса. На повестке дня возвращение человека на Луну, постоянная база и начало колонизации Луны как «седьмого континента Земли». В перспективе — искусственная гравитация и защита от радиации для людей в космосе; пилотируемая экспедиция на Марс и его колонизация; создание условий для репродукции — рождения и постоянной жизни людей вне Земли; создание космического человека и человечества, многопланетной человеческой цивилизации. Все это требует качественно нового продолжения процесса освоения космоса человеком: выхода за ограничения и достигнутые пределы полетов и жизни людей в космосе, учета и парирования

новых рисков, организации международного сотрудничества в новой парадигме «единого человечества» (см.: [15–17, 20, 21]).

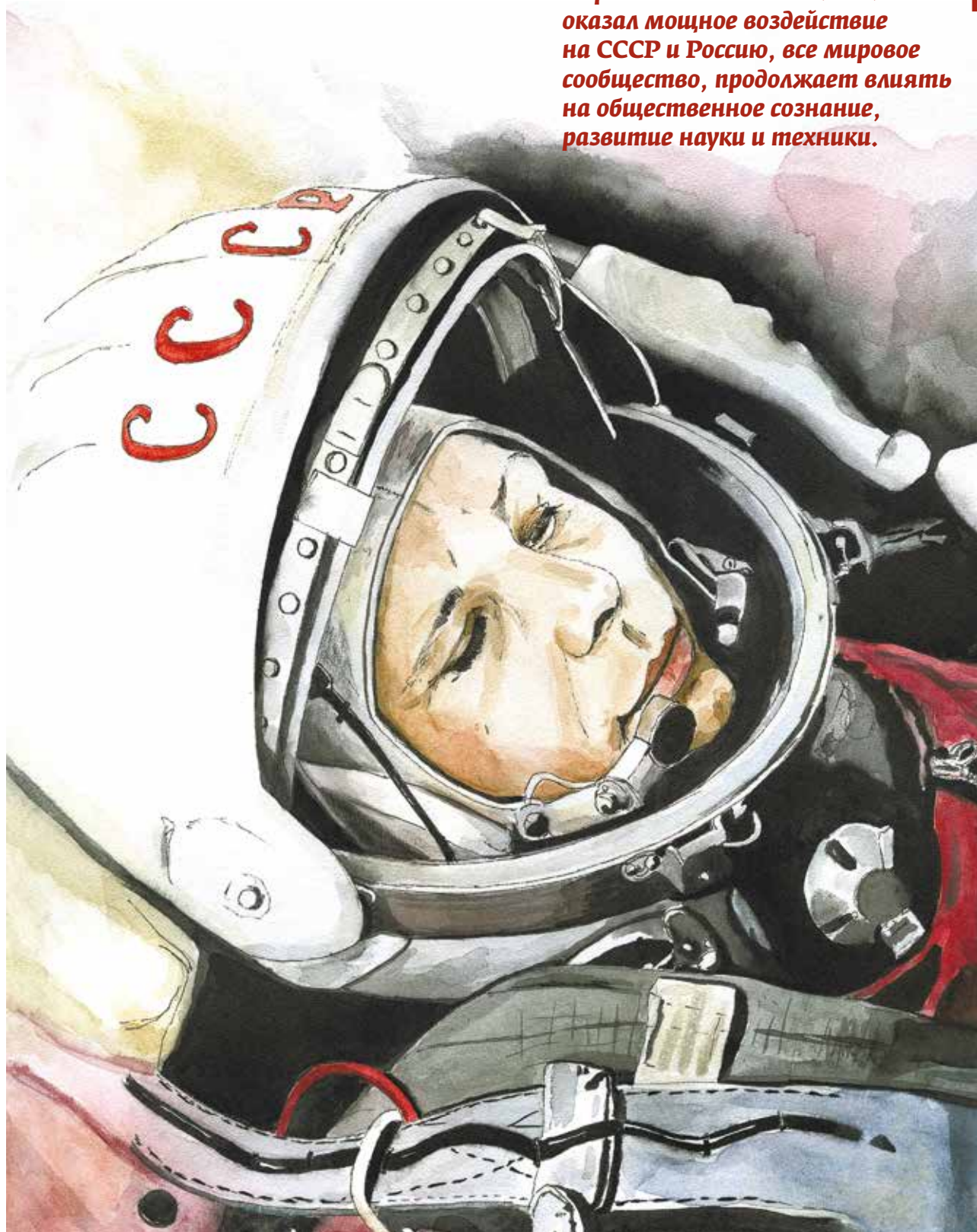
ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. Первый полет человека в космос оказал мощное воздействие на СССР / Россию, все мировое сообщество, продолжает влиять на общественное сознание, развитие науки и техники, космической и других сфер деятельности как важный пример возможностей человека, общества, государства, человечества для дальнейшей эволюции и космической экспансии.

2. Главным актором процесса освоения космоса был, является и будет человек, стремящийся за пределы Земли. Опыт, достижения, потенциал, ограничения и перспективы человека в космических полетах, организации безопасной и достойной постоянной жизни вне Земли должны быть приоритетом новых исследований, технологий, образования и практики.

3. Необходимо переосмысление истории, опыта и результатов освоения космоса человеком для коррекции целей, разработки новой стратегии, программ, проектов и технологий космической деятельности в балансе с решением проблем на Земле в интересах России и человечества на новом этапе космической эры.

Первый полет человека в космос оказал мощное воздействие на СССР и Россию, все мировое сообщество, продолжает влиять на общественное сознание, развитие науки и техники.



Литература

1. **Циолковский К.Э.** Вне Земли. Повесть. Калуга: Изд-во Калужского общества изучения природы и местного края, 1920. 118 с.
2. **Бурцева Н.Л.** Нострадамус космоса: к 160-летию Константина Циолковского // Воздушно-космическая сфера. 2017. № 3. С. 8 – 15.
3. **Добронравов В.В.** Что дал первый полет науке о Вселенной // Авиация и космонавтика. 1962. № 4. С. 10 – 19. URL: <https://epizodsspace.airbase.ru/bibl/a-i-k/1962/chto-dal.html> (Дата обращения: 14.01.2021).
4. «Облетев Землю, я увидел, как прекрасна наша планета!» [Электронный ресурс] // Газета.Ru. 2016. 16 апреля. URL: https://www.gazeta.ru/science/photo/obletev_zemlyu_ya_uvidel_kak_prekrasna_nasha_planeta.shtml (Дата обращения: 14.01.2021).
5. Советская космическая инициатива в государственных документах. 1946–1964 гг. / Под ред. Ю. М. Батурина. М.: РТСофт, 2008. 416 с.
6. Мировая пилотируемая космонавтика. История. Техника. Люди / Под ред. Ю. М. Батурина. М.: РТСофт, 2005. 752 с.
7. **Каманин Н.П.** Скрытый космос: в 4 кн. М.: Инфортекст-ИФ, ООО ИИД Новости космонавтики, 1995, 1997, 1999, 2001. 1 кн. – 400 с.; 2 кн. – 448 с.; 3 кн. – 352 с.; 4 кн. – 384 с.
8. Госкорпорация «Роскосмос» (Россия) [Электронный ресурс]. URL: <https://www.roscosmos.ru/> (Дата обращения: 14.01.2021).
9. Ракетно-космическая корпорация «Энергия» имени С. П. Королева (Россия) [Электронный ресурс]. URL: <https://www.energia.ru/> (Дата обращения: 14.01.2021).
10. ФГБУ «НИИ ЦПК им. Ю. А. Гагарина» (Россия) [Электронный ресурс]. URL: <http://www.gctc.ru/> (Дата обращения: 14.01.2021).
11. Космическая энциклопедия ASTROnote [Электронный ресурс]. URL: <http://astronaut.ru/index.htm> (Дата обращения: 14.01.2021).
12. Объединенный мемориальный музей Ю. А. Гагарина [Электронный ресурс]. URL: <https://gagarinm.ru/> (Дата обращения: 14.01.2021).
13. **Леонов А.А.** Время первых. Судьба моя – я сам. М: АСТ, 2019. 352 с.
14. **Иванова Л.В., Кричевский С.В.** Сообщество космонавтов. История становления и развития за полвека. Проблемы. Перспективы / предисл. В. П. Савиных. М.: ЛИБРОКОМ, 2013. 200 с.
15. NASA (США) [Электронный ресурс]. URL: <http://www.nasa.gov/> (Дата обращения: 14.01.2021).
16. Пора присоединить Луну к Земле. Выступление академика РАН Б. Е. Чертока на XXIV Планетарном конгрессе участников космических полетов 5 сентября 2011 года [Электронный ресурс] // Новая газета. 2011. 23 сентября. URL: <https://novayagazeta.ru/articles/2011/09/23/46013-pora-prisoedinit-lunu-k-zemle> (Дата обращения: 14.01.2021).
17. **Кричевский С.В.** «Космический» человек: идеи, технологии, проекты, опыт, перспективы // Воздушно-космическая сфера. 2020. № 1. С. 26 – 35. DOI: 10.30981/2587-7992-2020-102-1-26-35
18. ООН. Международный день полета человека в космос – 12 апреля [Электронный ресурс]. URL: <https://www.un.org/ru/observances/human-spaceflight-day> (Дата обращения: 28.01.2021).
19. **Сурдин В.Г.** 50 лет человек в космосе. Не пора ли обратно? [Электронный ресурс] // Полит.ру. 2012. 13 апреля. URL: https://polit.ru/article/2012/04/13/space_surdin/ (Дата обращения: 09.01.2021).
20. SpaceX (США) [Электронный ресурс]. URL: <http://www.spacex.com> (Дата обращения: 14.01.2021).
21. Сайт Asgardia – The Space Nation [Электронный ресурс]. URL: <https://asgardia.space/> (Дата обращения: 14.01.2021).



References

1. **Tsiolkovskiy K.E.** Vne Zemli. Povest'. Kaluga, Izdatel'stvo Kaluzhskogo obshchestva izucheniya prirody i mestnogo kraya, 1920. 118 p.
2. **Burtseva N.L.** Nostradamus kosmosa: k 160-letiyu Konstantina Tsiolkovskogo. Vozdushno-kosmicheskaya sfera, 2017, no. 3, pp. 8 – 15.
3. **Dobronravov V.V.** Chto dal pervyy polet nauke o Vselennoy. Aviatsiya i kosmonavtika., 1962, no. 4, pp. 10 – 19. Available at: <https://epizodsspace.airbase.ru/bibl/a-i-k/1962/chto-dal.html> (Retrieval date: 14.01.2021).
4. "Obletev Zemlyu, ya uvidel, kak prekrasna nasha planeta!" Gazeta.ru. 2016. April 16. Available at: https://www.gazeta.ru/science/photo/obletev_zemlyu_ya_uvidel_kak_prekrasna_nasha_planeta.shtml (Retrieval date: 14.01.2021).
5. Sovetskaya kosmicheskaya initsiativa v gosudarstvennykh dokumentakh. 1946–1964 gg. Ed. Yu. M. Baturin. Moscow, RTSoft, 2008. 416 p.
6. Mirovaya pilotiruemaya kosmonavtika. Istoriya. Tekhnika. Lyudi. Ed. Yu. M. Baturin. Moscow, RTSoft, 2005. 752 p.
7. **Kamanin N.P.** Skrytyy kosmos. Moscow, Infotekst-IF, OOO IID Novosti kosmonavtiki, vol. 1., 1995, 400 p., vol. 2, 1997, 448 p., vol. 3, 1999, 352 p., vol. 4, 2001, 384 p.
8. Goskorporatsiya "Roskosmos" (Russia). Available at: <https://www.roscosmos.ru/> (Retrieval date: 14.01.2021).
9. Raketno-kosmicheskaya korporatsiya "Energiya" imeni S. P. Koroleva (Russia). Available at: <https://www.energiya.ru/> (Retrieval date: 14.01.2021).
10. FGBU "NII TsPK im. Yu. A. Gagarina" (Russia). Available at: <http://www.gctc.ru/> (Retrieval date: 14.01.2021).
11. Kosmicheskaya entsiklopediya ASTRONote. Available at: <http://astronaut.ru/index.htm> (Retrieval date: 14.01.2021).
12. Ob"edinennyy memorial'nyy muzey Yu. A. Gagarina. Available at: <https://gagarinm.ru/> (Retrieval date: 14.01.2021).
13. **Leonov A.A.** Vremya pervykh. Sud'ba moya – ya sam. Moscow, AST, 2019. 352 p.
14. **Ivanova L.V., Krichevskiy S.V.** Soobshchestvo kosmonavtov. Istoriya stanovleniya i razvitiya za polveka. Problemy. Perspektivy. Moscow, LIBROKOM, 2013. 200 p.
15. NASA (USA). Available at: <http://www.nasa.gov/> (Retrieval date: 14.01.2021).
16. Pora prisoedinit' Lunu k Zemle. Vystuplenie akademika RAN B. E. Chertoka na XXIV Planetarnom kongresse uchastnikov kosmicheskikh poletov 5 sentyabrya 2011 goda // Novaya gazeta. 2011. September 23. Available at: <https://novayagazeta.ru/articles/2011/09/23/46013-pora-prisoedinit-lunu-k-zemle> (Retrieval date: 14.01.2021).
17. **Krichevskiy S.V.** "Kosmicheskii" chelovek: idei, tekhnologii, proekty, opyt, perspektivy. Vozdushno-kosmicheskaya sfera, 2020, no. 1, pp. 26 – 35. DOI: 10.30981/2587-7992-2020-102-1-26-35
18. OON. Mezhdunarodnyy den' poleta cheloveka v kosmos - 12 aprelya. Available at: <https://www.un.org/ru/observances/human-spaceflight-day> (Retrieval date: 28.01.2021).
19. **Surdin V.G.** 50 let chelovek v kosmose. Ne pora li obratno? Polit.ru. 2012. April 13. Available at: https://polit.ru/article/2012/04/13/space_surdin/ (Retrieval date: 09.01.2021).
20. SpaceX (USA). Available at: <http://www.spacex.com> (Retrieval date: 14.01.2021).
21. Asgardia – The Space Nation. Available at: <https://asgardia.space/> (Retrieval date: 14.01.2021).



© Кричевский С.В., Иванова Л.В., 2021

История статьи:

Поступила в редакцию: 07.02.2021

Принята к публикации: 04.03.2021

Модератор: Плетнер К.В.

Конфликт интересов: отсутствует

Для цитирования:

Кричевский С.В., Иванова Л.В. Воздействия первого полета человека в космос на развитие России и человечества // Воздушно-космическая сфера. 2021. № 1. С. 6 – 17.



COSMONAUTS ABOUT GAGARIN

КОСМОНАВТЫ О ГАГАРИНЕ



Natalia L. BURTSEVA,

Professor, Department 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

SIXTY YEARS AGO, THE FIRST MAN WENT INTO SPACE. THE CONQUEROR OF EXTRATERRESTRIAL SPACE, YURI GAGARIN BECAME A LEGEND.

HE OPENED THE WAY FOR COSMONAUTS OF ALL TIMES AND PEOPLES, WHICH MADE MANY OF THEM DREAM OF IT.

WHAT DO HIS FEAT AND HIS VERY PERSONALITY MEAN FOR THE REPRESENTATIVES OF THE MODERN RUSSIAN COSMONAUT CORPS? WHAT MARK DID HE LEAVE IN THE SOUL AND BIOGRAPHIES OF HIS FOLLOWERS?

OUR CORRESPONDENT LEARNED ABOUT THIS FROM THE HEROES OF THE USSR AND HEROES OF RUSSIA, COSMONAUTS AND TEST COSMONAUTS.

ШЕСТЬДЕСЯТ ЛЕТ НАЗАД В КОСМОС ОТПРАВИЛСЯ ПЕРВЫЙ ЧЕЛОВЕК. ПОКОРИТЕЛЬ ВНЕЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА ЮРИЙ ГАГАРИН СТАЛ ЛЕГЕНДОЙ.

ОН ОТКРЫЛ ДОРОГУ ДЛЯ КОСМОНАВТОВ ВСЕХ ВРЕМЕН И НАРОДОВ, ПЕРВЫМ ПРОИДЯ ПО ТОМУ ПУТИ, О КОТОРОМ СТАЛИ МЕЧТАТЬ МНОГИЕ.

ЧТО ОЗНАЧАЕТ ЕГО ПОДВИГ И САМА ЕГО ЛИЧНОСТЬ ДЛЯ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ СОВРЕМЕННОГО РОССИЙСКОГО ОТРЯДА КОСМОНАВТОВ? КАКОЙ СЛЕД ОСТАВИЛ В ДУШЕ И БИОГРАФИИ СЛЕДУЮЩИХ ПОКОРИТЕЛЕЙ КОСМОСА?

ОБ ЭТОМ НАШ КОРРЕСПОНДЕНТ УЗНАЛ У ГЕРОЕВ СССР И ГЕРОЕВ РОССИИ, ЛЕТЧИКОВ-КОСМОНАВТОВ И КОСМОНАВТОВ-ИСПЫТАТЕЛЕЙ.



Иван Викторович ВАГНЕР,
космонавт-испытатель отряда
космонавтов Роскосмоса,
123-й космонавт РФ

Юрий Гагарин — первооткрыватель. Как для Америки — Колумб, так и Гагарин — для всего человечества. Он проложил дорогу, по которой мы двигаемся дальше! Народный герой, любимый всеми.



Олег Викторович НОВИЦКИЙ,
летчик-космонавт РФ,
порядковый номер 114, Герой РФ

Для меня Юрий Гагарин — это гражданин Советского Союза, показавший всему миру дорогу в космос. И я горжусь, что родился в этой великой стране и могу назвать себя его продолжателем!



Алексей Николаевич ОВЧИННИКОВ,
российский космонавт-испытатель отряда
космонавтов Роскосмоса, 120-й космонавт
СССР/России, Герой РФ

Полет Юрия Гагарина оказал неизгладимое впечатление на жителей не только нашей страны, но и всего мира, потому что это был первый пилотируемый полет человека в космос. Он был достаточно коротким — всего один виток вокруг Земли, но ведь и развитие техники было гораздо слабее, чем сейчас! 12 апреля 1961 года стало началом эпохи полетов в космос. С тех пор космическая наука и техника развиваются и ставятся новые задачи: полеты не только вокруг нашей планеты, но и к Марсу, астероидам и дальше.



Первый снимок Гагарина после приземления.
Фото: Анатолий Пекарский



Владимир Александрович ДЖАНИБЕКОВ,
летчик-космонавт СССР, дважды Герой Советского Союза,
43-й космонавт СССР

Я лет с пяти мечтал стать летчиком, и не просто, а летчиком-испытателем. Потом — запуск спутника, после — собаки в космосе, и вот приблизилось понимание того, что человек скоро полетит. Тогда на вопрос мамы: «Кем ты будешь?» — я отвечал: «Астролетчиком!» В 1961 году я, студент физфака в Ленинграде, уже понимал, что без аэроклуба, без аэродрома мне никуда. После полета Гагарина я бросил университет и пошел в летное училище. 12 апреля был еще одним Днем Победы для наших людей — везде, по всей стране. И этот день стал решающим в моей жизни.



Анатолий Алексеевич ИВАНИШИН,
российский космонавт-испытатель,
112-й космонавт России, Герой РФ

Полет Гагарина стал отправной точкой для человечества в исследовании космического пространства. И вполне заслуженно его фотография обычно располагается рядом с фотографией Сергея Павловича Королёва. Поздравляю всех с Днем космонавтики и желаю космического здоровья!



Владимир Георгиевич ТИТОВ,
Герой СССР, летчик-космонавт, 54-й космонавт СССР

Я пришел в отряд в 1976 году и, к сожалению, Юрия Алексеевича уже не застал. Но дело в том, что члены первого отряда космонавтов и последующих очень много рассказывали, описывали и подход к работе, и саму работу Юрия Алексеевича. То, что мы, молодые ребята, знали тогда из СМИ — это было о символе, а то, что нам рассказывал первый отряд, — это уже было о человеке! И до сих пор впечатления от тех рассказов остались в памяти у многих из нас. Первый есть первый! Первый гражданин планеты и символ человеческой цивилизации.



© Бурцева Н.Л., 2021

История статьи:

Поступила в редакцию: 14.02.2021

Принята к публикации: 29.02.2021

Модератор: Гесс Л.А.

Конфликт интересов: отсутствует

Для цитирования:

Бурцева Н.Л. Космонавты о Гагарине // Воздушно-космическая сфера. 2021. № 1. С. 18 – 21.



НАЦИОНАЛЬНАЯ ВАЛЮТА АСГАРДИИ – В ПУБЛИЧНОМ БЛОКЧЕЙНЕ

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

**На данный момент все новые транзакции
с использованием Солара отображаются в
публичном блокчейне.**





Create the Solar wallet

The first national currency that is decentralised, secure and belongs only to you. Receive access to Asgardian financial ecosystem.

Create the wallet

Программисты Асгардии перевели национальную цифровую валюту Космического Государства на одну из самых надежных блокчейн-технологий в мире – публичный блокчейн QTUM, известный своей безопасной, бесперебойной и быстрой работой.

Выбор в пользу данной технологии обусловлен тем, что возможности QTUM наиболее соответствуют амбициозным задачам Асгардии, создающей новый тип цифровой экономики по принципу децентрализации и прозрачности. Национальная валюта является основой этой экономики, а QTUM, в свою очередь, послужит надежным фундаментом для Солара, предоставляя все выгоды блокчейнов и в то же время позволяя Космической Нации выстраивать собственную уникальную экосистему. К примеру, в обычных блокчейнах нужно подписывать транзакции своим личным ключом, а в сети Солар ключи от кошелька надежно и просто шифруются с помощью пароля пользователя сайта Асгардии.

Один из узлов QTUM находится в космосе, а в целом это децентрализованная сеть с более чем 950 узлами, так называемыми смарт-контракта-

ми и почти нулевой комиссией за транзакции при очень высокой их скорости. QTUM делает транзакции с Соларом еще более безопасными и повышает удобство его использования. При этом держатели Солара сохраняют полный контроль над собственными средствами, доступ третьих лиц к операциям исключен. Никто не имеет доступа к кошельку, кроме непосредственного пользователя, даже Асгардия.

На сайте asgardia.space размещена подробная инструкция, как создать или обновить кошелек. Текущий баланс в Соларах будет перемещен в новую блокчейн-систему.

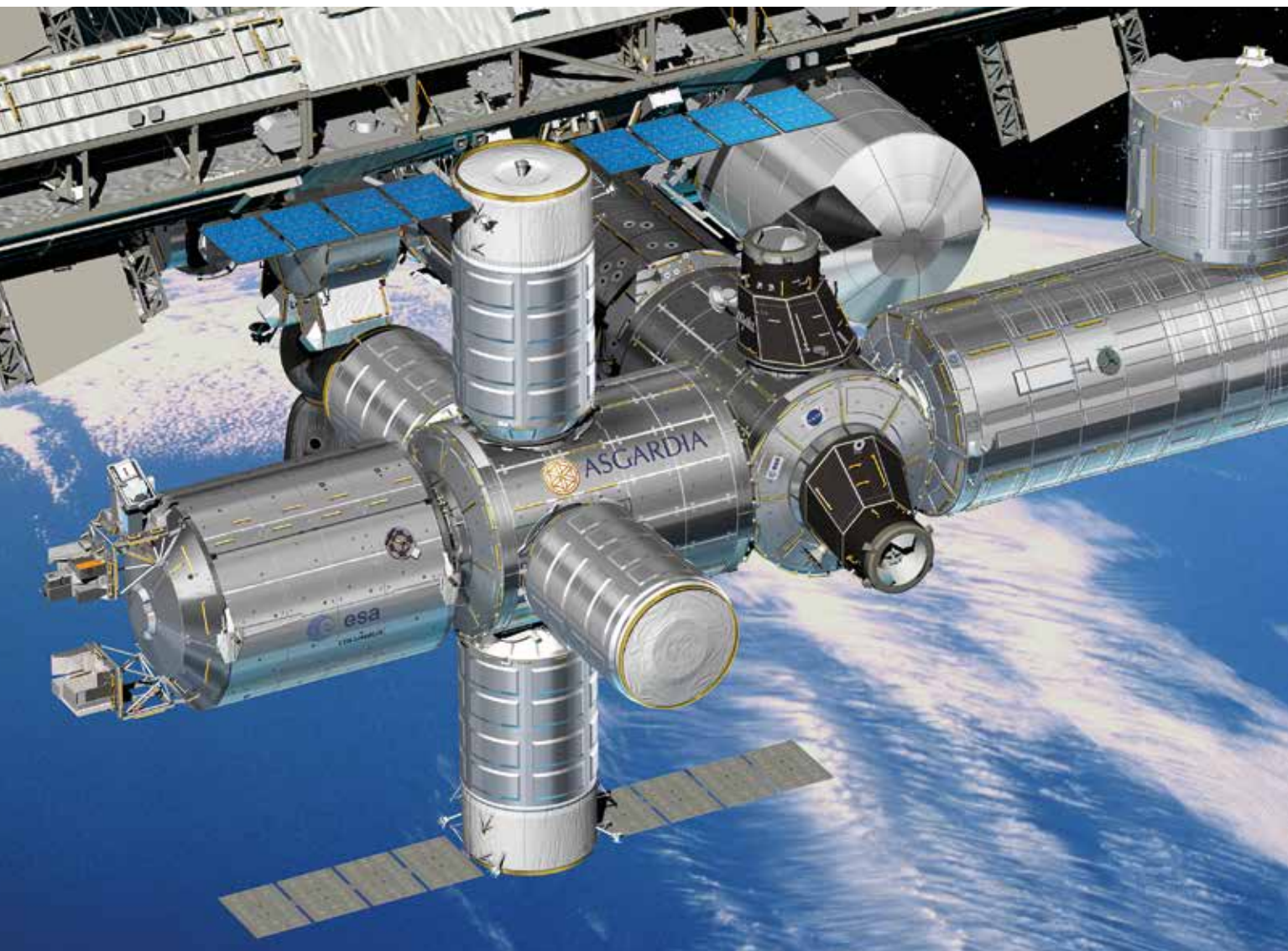
Напомним, что национальная децентрализованная валюта Асгардии Солар в настоящее время привязана к евро по курсу 1:1.

Сейчас госслужащие Асгардии получают компенсации в Соларах. В Соларах же начисляются резидентские взносы.

В будущем Солары можно будет обменивать на любые фиатные валюты и наоборот.

«**Наша национальная валюта уже находится в обращении, — заявил Глава Космической Нации Игорь Ашурбейли, отвечая на вопросы асгардианцев. — Солары можно приобрести на государственном сайте Асгардии по курсу 1 Солар — 1 евро. Конечно, экономическая система находится только в начале своего развития, но мы не сомневаемся в ее успехе.**





Asgardia's project for a new module to expand Space Station

Проект узлового модуля «Асгардия» для Международной космической станции

Статья «Asgardia's Project for a New Module to Expand Space Station» опубликована в международном аэрокосмическом издании ROOM Space Journal of Asgardia №4 (2020).

Перевод с английского языка
А. Рудневой

▲ Художественная реконструкция узлового модуля «Асгардия» в месте предполагаемой локализации (справа от отсека Columbus EKA) на МКС



Igor R. ASHURBEYLI,
PhD in Engineering, founder of Socium Holding, Moscow, Russia,
www.ashurbeyli.ru@gmail.com

Игорь Рауфович АШУРБЕЙЛИ,
доктор технических наук, основатель холдинга «Социум», Москва, Россия,
www.ashurbeyli.ru@gmail.com

ABSTRACT | Private sector involvement in the International Space Station (ISS) is becoming increasingly important as commercial organisations provide services and hardware to enhance the orbital operations of the Space Station which, in November 2020, marked two decades of continuous occupation. During the first Asgardia Space Science & Investment Conference, held in Germany in October 2019, a project to add a new commercially procured docking module to the ISS was announced as a key step to expanding the permanent human presence in low Earth orbit. Dr Igor Ashurbeyli, General Designer, provides a technical overview of the project and the industrial partnership arranged to deliver it.

Keywords: *International Space Station (ISS), "Asgardia" Module, low-Earth orbit, economics, space exploration*

АННОТАЦИЯ | Вклад частных компаний в работу Международной космической станции приобретает все большее значение – они предоставляют новые услуги и оборудование, тем самым стимулируя дальнейшее развитие МКС, которая в 2020 году отметила двадцатилетие непрерывной эксплуатации.

Проект по присоединению к МКС нового узлового модуля назвали главным шагом к расширению постоянного присутствия человека на низкой околоземной орбите. Это произошло на I Научно-инвестиционном конгрессе Асгардии, состоявшемся в Германии в октябре 2019 года.

Генеральный конструктор проекта Игорь Рауфович Ашурбейли представляет технический обзор узлового модуля и рассказывает о промышленном партнерстве, учреждаемом для осуществления проекта.

Ключевые слова: *Международная космическая станция (МКС), узловой модуль «Асгардия», низкая околоземная орбита (НОО), экономика, исследования в космосе*

Узловой модуль — первый шаг к автономной космической станции

За последние 10 лет неоднократно поднимался вопрос о дальнейших исследованиях на низкой околоземной орбите (НОО) по окончании срока службы МКС. В настоящее время предполагается, что эксплуатация станции продлится примерно до 2030 года. Тем не менее очевидно, что в существующем виде она не может работать столь продолжительно.

Национальное управление по аэронавтике и исследованию космического пространства (НАСА) как ведущий партнер МКС выступает инициатором программы

коммерческого использования станции, в рамках которой часть ответственности за операции и обслуживание передается частным компаниям. Программа действий, заявленная в июне 2019 года, включает в себя пять ключевых аспектов: формирование основ коммерческого использования МКС и ценовой политики, развитие космического туризма, запуск процессов коммерческого развития НОО, поиск возможностей для стимулирования устойчи-

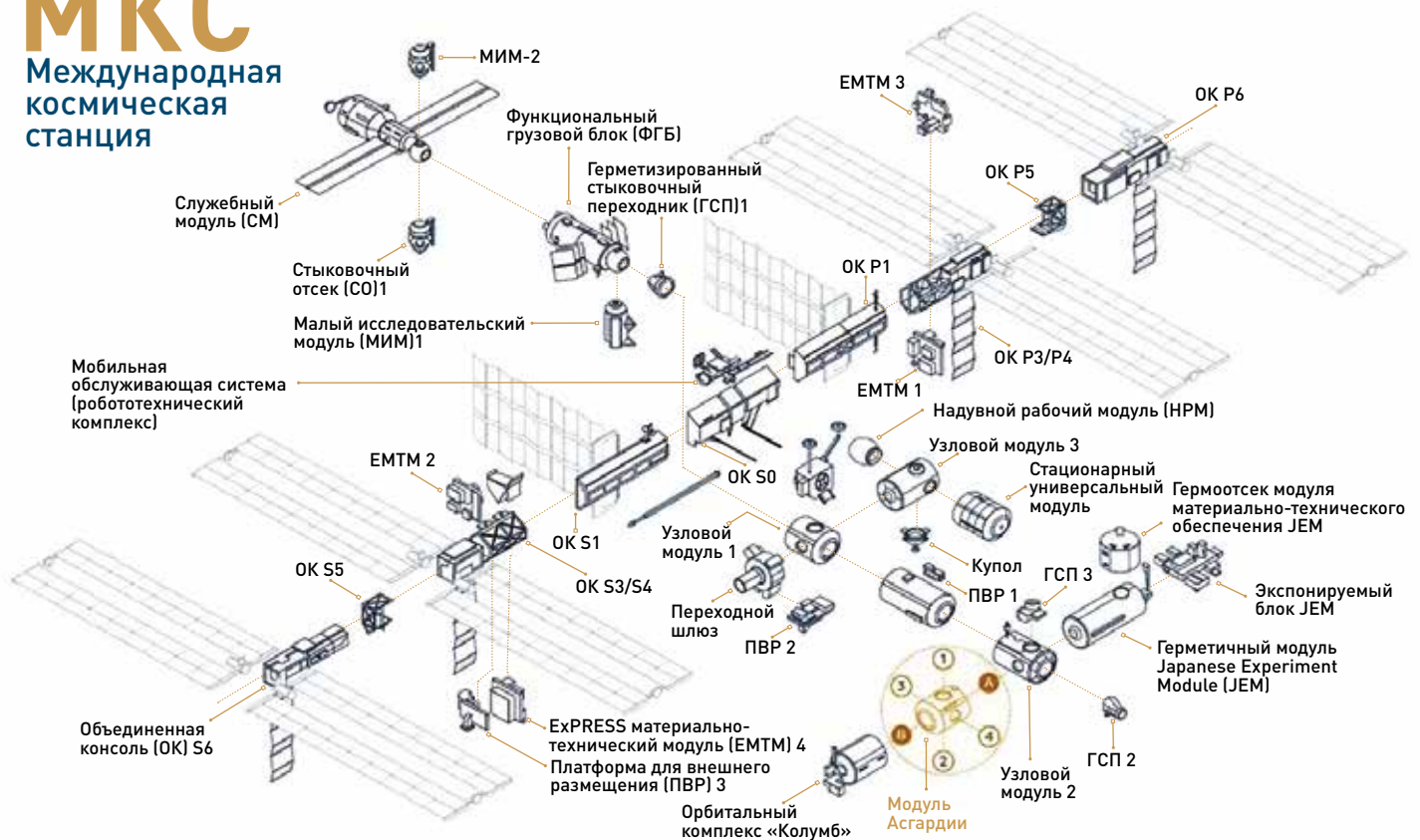
вого спроса, количественная оценка долгосрочных потребностей управления в деятельности на НОО.

Благодаря этой программе Национальная лаборатория США, управляющая американским сегментом космической станции, получила частные инвестиции для расширения возможностей МКС: от малого лабораторного оборудования до крупных структурных компонентов. Тем временем почти все остальные партнеры МКС включились в разработку

Существующая стандартная конструкция МКС обеспечивает жизнедеятельность экипажей до семи человек, в этой связи увеличение численности экипажа потребует дополнительных помещений.

MKC

Международная космическая станция



▲ Международная космическая станция. Планируемое месторасположение узлового модуля «Асгардия» в общей архитектуре МКС

Точки пересечения проекта узлового модуля «Асгардия» с новой стратегией ЕКА по исследованию космоса

	ОПРЕДЕЛЕНИЕ	ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ПРЕИМУЩЕСТВА
Наука	Закрепление передового европейского опыта и накопление новых знаний с помощью исследований и разработки современного оборудования	Узловой модуль «Асгардия» придаст дополнительный стимул научно-техническому усовершенствованию станции. Современная конструкция привлечет частные инвестиции и поможет решению важных социальных задач
Инновации и экономика	Содействие конкурентоспособности и росту европейского промышленного сектора, расширение границы технологических знаний в других областях хозяйственной деятельности	Тщательный подбор материально-технической базы стимулирует создание инновационных услуг и продуктов
Глобальное сотрудничество	Создание глобальной основы для сотрудничества с целью выполнения проектов в сфере освоения космоса, при участии партнеров, заинтересованных в достижении общечеловеческих целей	Асгардия поддерживает международное сотрудничество через свое растущее сообщество, охватывающее более 100 национальностей. Коммерческий подход обеспечивает рост национального участия
Стимулирование	Привлечение общества в целом и молодого поколения в частности к расширению своих знаний и возможностей в области естественных и точных наук, к пониманию ценностей глобального сотрудничества в космосе, включая подготовку к широкому и уверенному присутствию человека в Солнечной системе	В настоящее время технологии, доступные на Земле, более прогрессивны, чем во времена разработки первичного модуля МКС. Новый узловой модуль оснащается инструментами для простого и быстрого подключения к современным наземным устройствам при условии сохранения безопасности

Ограниченное количество доступных стыковочных портов и соответствующая им инфраструктура являются основным препятствием для расширения коммерческих возможностей МКС.

новой политики, направленной на расширение использования станции и ее объектов сторонними организациями, коммерческими компаниями и странами, не входящими в пять партнерских агентств.

Характерно, что эта новая коммерческая политика не ограничивается предоставлением инфраструктуры и оборудования, но отдает приоритет созданию новых возможностей для частных астронавтов. Такой подход представляет интерес для государств, которые ранее не имели доступа к пилотируемым исследованиям космоса, о чем свидетельствует старт программы астронавтов ОАЭ и других инициатив, в числе которых — программы космических полетов Индии, Турции и Нигерии.

Коммерциализация МКС

Существующая на сегодня стандартная конструкция МКС обеспечивает жизнедеятельность экипажей до семи человек, поэтому увеличение численности экипажа потребует дополнительных помещений — как для научных



экспериментов и исследований, так и для работы, сна, гигиены, питания, развлечений и так далее. Очевидно, что это, в свою очередь, потребует увеличения мощности систем жизнеобеспечения.

Наиболее значительные примеры коммерческой деятельности по расширению МКС включают расширяемый модуль Bigelow, наружную целевую платформу для полезной нагрузки Bartolomeo от компании Airbus и шлюзовую модуль Bishop Airlock от компании Nanoracks. Не так давно, в январе 2020 года, НАСА заключило с компанией Axiom контракт стоимостью 140 миллионов долларов на строительство жилого коммерческого отсека. Его пла-

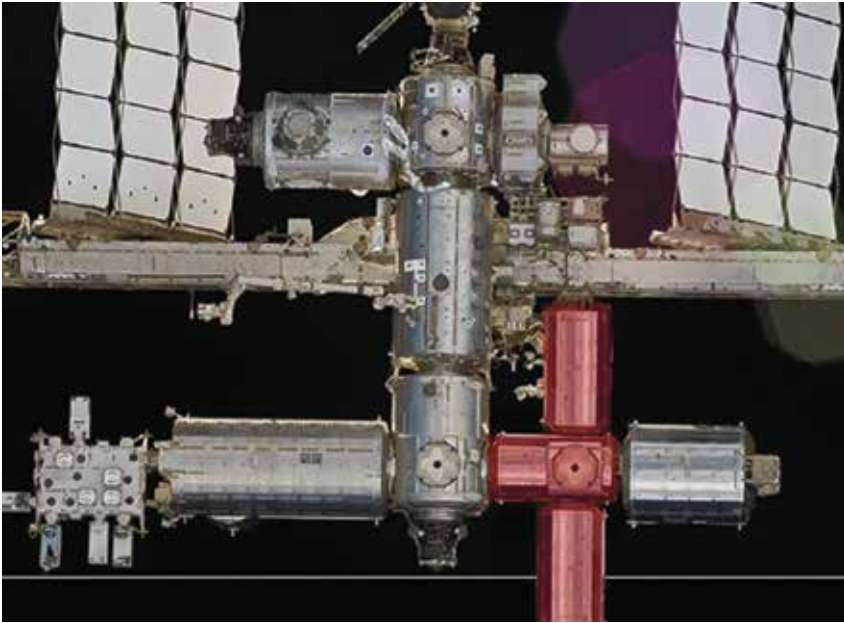
Проект узлового модуля «Асгардия» полностью соответствует целям стратегии ЕКА по освоению космоса.

нируется присоединить к МКС в 2024 году. Разработки такого рода не оставляют сомнений — НАСА успешно решает задачу коммерциализации МКС. Это происходит во многом благодаря тому, что НАСА отдает себе отчет: подобный подход позволит перенаправить финансирование на другие, более сложные проекты, такие как исследование Луны и Марса.

Эти примеры подтверждают необходимость коммерциализации и, кроме того, привлекают внимание к существующим ограничениям МКС, в частности к малому количеству доступных стыковочных узлов и люков. Входные порты являются главной перспективой расширения МКС, как временно, так и на постоянной основе.

◀ Потенциальная дополнительная летная компоновка узлового модуля «Асгардия» с двумя присоединенными служебными отсеками для дальнейшего наращивания автономии после окончания срока службы МКС





Проект Асгардии учитывает прекращение деятельности на МКС в рамках текущего использования и закладывает основы «дорожной карты» на будущее.

◀ Узловой модуль «Асгардия» предоставляет возможность существенно оптимизировать операции МКС (нижний ракурс космической станции)

Именно недостаточное количество доступных стыковочных портов и соответствующей инфраструктуры является основным препятствием для расширения коммерческих возможностей МКС. Предложение по узловому модулю «Асгардия», который интегрируется в европейскую часть МКС, позволит в короткие сроки решить эту проблему.

Узловой модуль Асгардии

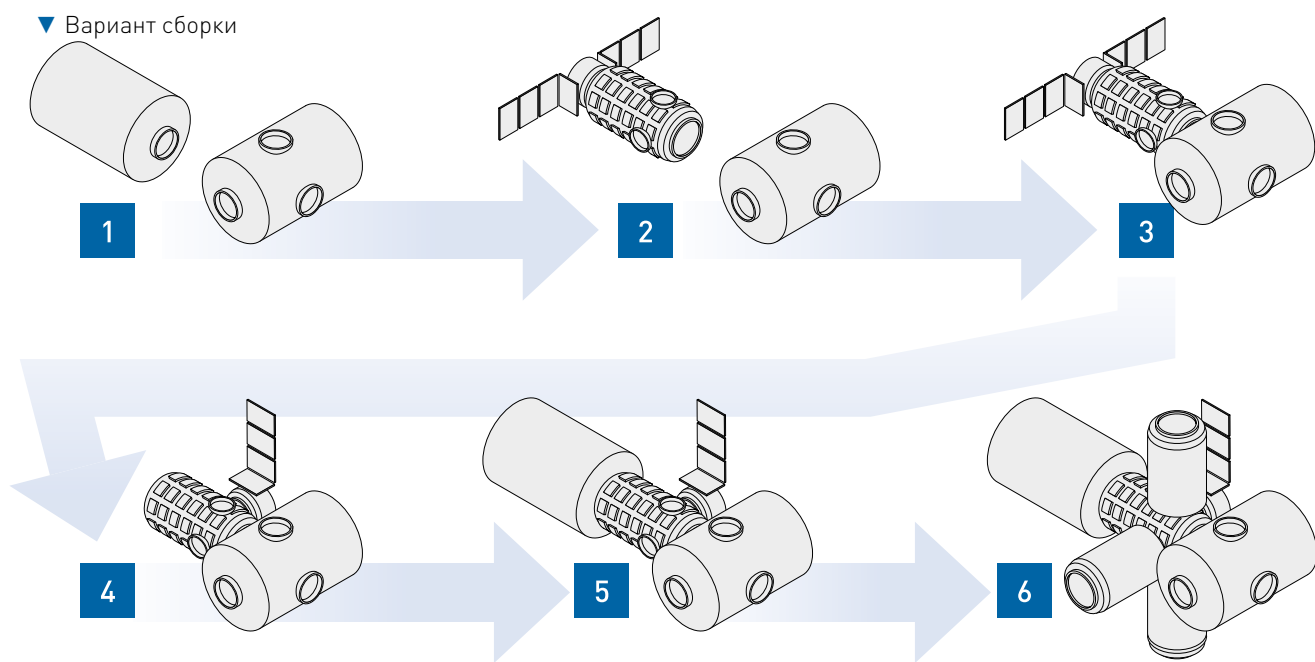
Предложение по новому узловому модулю для МКС поступило в ответ на призыв Европейского космического агентства (ЕКА) «Освоение космоса как движущая сила развития и конкурентоспособности: возможности для частного сектора». По сути, проект Асгардии решает вопрос ограниченного жилого пространства и исследовательского потенциала, а кроме того, включает столь необходимые дополнительные

стыковочные порты, доступные как для государственных, так и для частных клиентов.

Более того, проект полностью соответствует целям стратегии ЕКА по освоению космоса, утвержденной в 2014 году. Эта стратегия охватывает четыре направления: научный прогресс, инновационный потенциал и экономический рост, глобальное сотрудничество и развитие интереса к космосу. Нет сомнений, что проект

Задачи и участие основных партнеров

ПАРТНЕР	ЗАДАЧИ	УЧАСТИЕ
Европейское космическое агентство	Обеспечение возможности доступа на МКС	Обеспечение долгосрочного содействия МКС в отношении общей инфраструктуры и основных операций на остаточный срок службы МКС
	Организация взаимодействия с другими партнерами МКС	Долевое участие в качестве партнера в монтажных работах
	Гарантия и защита рынка	Обеспечение регулярных маневров для операций по стыковке прибывающих космических аппаратов, в том числе вспомогательных отсеков
Асгардия	Коммерчески ориентированные операции узлового модуля «Асгардия»	Разработка миссии, создание и внедрение узлового модуля «Асгардия»



по новому узловому модулю разрабатывался с целью привлечения инвестиций со всего мира, а также чтобы обеспечить рабочие места и предложить пути вывода европейской космической промышленности на новый уровень.

Кроме того, этот проект учитывает прекращение деятельности МКС в рамках ее текущего использования и закладывает основы «дорожной карты» для широко обсуждаемой экономики низкой околоземной орбиты. Несмотря на рекламную шумиху, другие предложения подобного рода отсутствуют.

Суть инициативы Асгардии — формирование экономики низкой околоземной орбиты с промышленными, коммерческими и государственными партнерами, в условиях которой космические агентства станут одними из многочисленных клиентов. Кроме того, она соответствует долгосрочной цели Асгардии по созданию автономной космической инфраструктуры на НОО, известной как «Земной ковчег Асгардии», чтобы обеспечить продолжение исследований и непрерывное

техническое развитие после окончания срока эксплуатации МКС. В частности, предложение предусматривает разработку узлового модуля на основе существующей орбитальной инфраструктуры, созданной европейской космической промышленностью и финансируемой на коммерческой основе в рамках государственно-частного партнерства между коммерческими организациями и Европейским космическим агентством.

В минимальном объеме узловой модуль «Асгардия» предназначается:

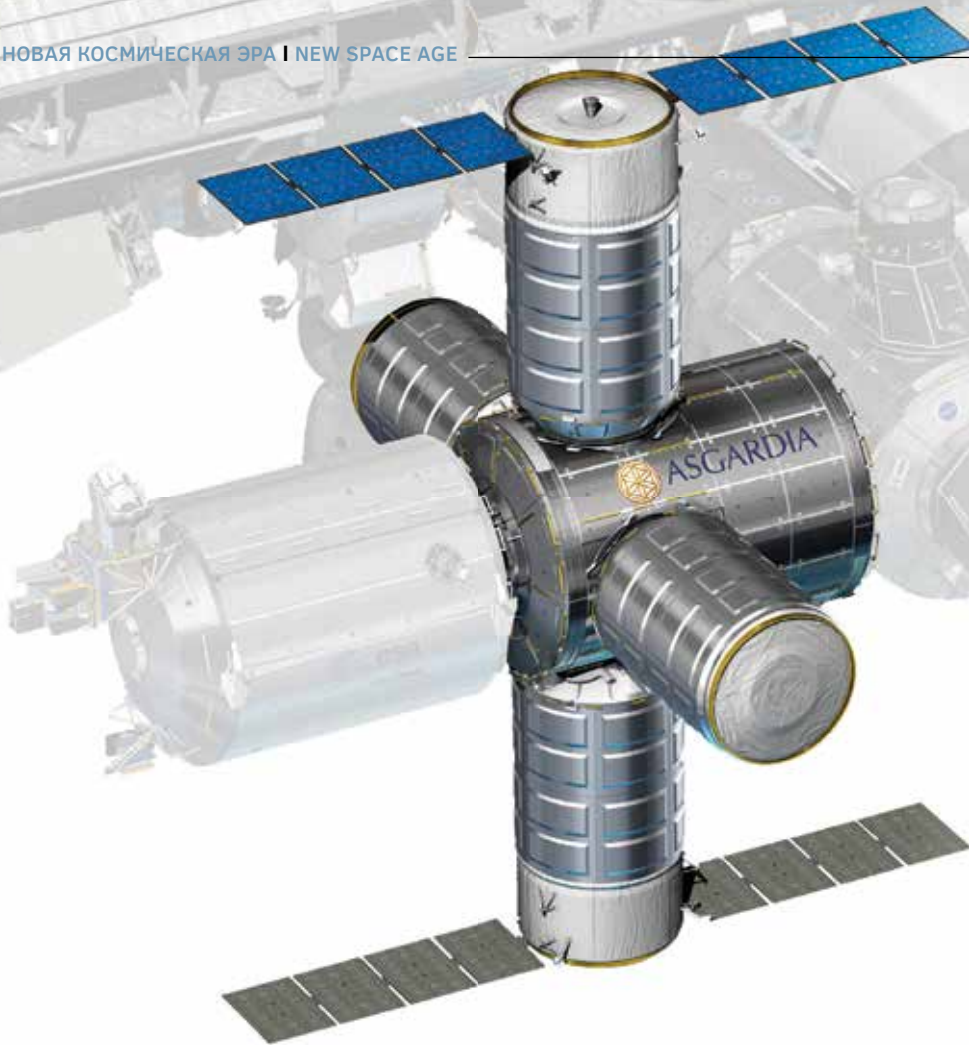
- для обеспечения дополнительных стыковочных портов и, таким образом, возможности интеграции коммерческих модулей от новых участников;
- для увеличения обитаемого пространства МКС, включая пространство, доступное для проживания и проведения исследований, как для ЕКА, так и для коммерческих партнеров;
- для обеспечения новых мощностей для удовлетворения

потребностей европейских высокотехнологичных производств;

- для обеспечения условий для инновационных форм международного и коммерческого партнерства.

Анализ возможных вариантов показывает, что наиболее оптимальным и технически обоснованным решением является узловой модуль на базе конструкции и бортовых систем уже разработанных модулей МКС. Кроме того, такой стандартизированный, традиционный дизайн позволяет создать серию жилых отсеков для различных проектов и клиентов при сниженной стоимости производства в сочетании с эффектом совместимости со стандартными серийно выпускаемыми ракетами-носителями.

Без учета дополнительных стыковочных портов конфигурация будет соответствовать всем требованиям непрерывного функционирования модуля Columbus, в настоящее время состыкованного с портом на правом борту модуля Node-2 МКС. Анализ технической выполнимости показывает, что



▲ Узловой модуль «Асгардия» с двумя служебными отсеками и четыре вспомогательных отсека — элементы, способные заложить основу будущего «Земного ковчега Космической нации»

целесообразно установить узловой модуль «Асгардия» между правым бортом модуля Node-2 и Columbus. Такая конфигурация наилучшим образом позволяет расширить возможности стыковки для сторонних клиентов.

Планируемая в настоящее время последовательность сборки:

- свертывание модуля Columbus и его временная передислокация на другой причал;
- захват и причаливание модуля «Асгардия» к правому борту Node-2 и его развертывание;

- передислокация Columbus к причальному порту модуля «Асгардия» по правому борту и его повторное развертывание.

После подписания Меморандума о взаимопонимании заинтересованные стороны сформулируют и согласуют окончательную последовательность монтажа и сборки.

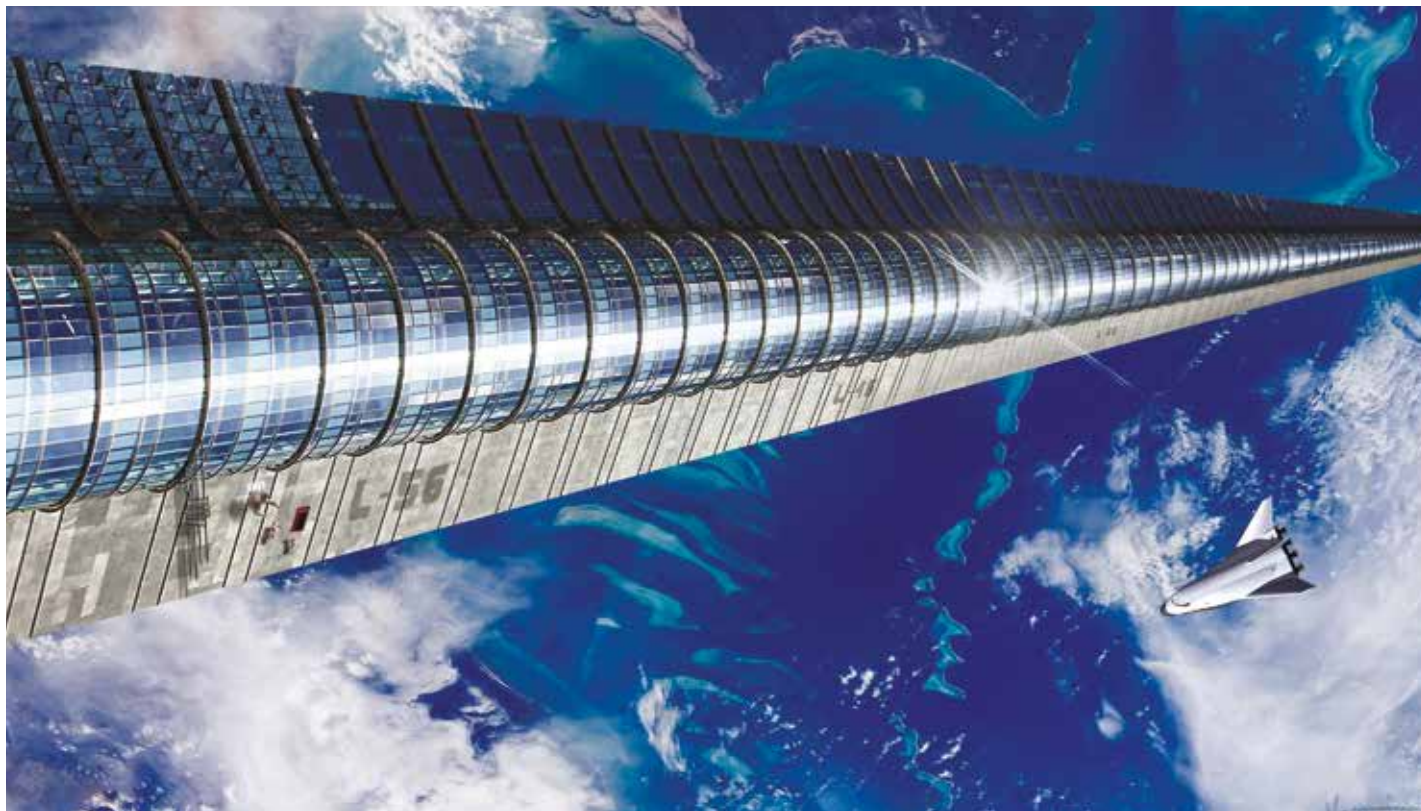
Исходный набор функций и возможностей, предусмотренных для узлового модуля «Асгардия»:

- герметичный отсек с физическими условиями окружающей среды (атмосфера, влажность, температура и т. д.) в соответствии с принятыми стандартами МКС;

- автономное производство электроэнергии и сброс тепла;
- распределение ресурсов по подключенным элементам (питание, данные, связь, тепло и т. д.);
- стыковочные порты для прибывающих космических аппаратов;
- размещение объектов полезной нагрузки и экспериментов;
- эргономические требования для экипажа до двух человек.

Ко всему прочему, узловой модуль «Асгардия» оснащен функциональными возможностями для автономного полета, включая сближение и стыковку. Это сыграет важнейшую роль, когда после окончания срока службы МКС узловой модуль начнет функционировать как основной элемент планируемого «Земного ковчега Асгардии» — Asgardia Earth Ark.

Суть инициативы Асгардии – формирование экономики низкой околоземной орбиты



▲ Современные орбитальные инфраструктуры, подобные МКС, являются предвестниками гораздо более широкомасштабных и долгосрочных проектов будущего

Консорциум

Асгардия стоит во главе консорциума, выступающего с этой инициативой. В его состав также входят следующие компании: Nanoracks (Европа), Thales Alenia Space (Италия), ОНВ (Германия) и QinetiQ (Бельгия) — (см. список на стр. 32).

Асгардия станет владельцем инфраструктуры и обеспечит ее финансирование. Будучи партнером-инициатором, Асгардия утвердила компанию Nanoracks-Euro в качестве координатора-исполнителя для привлечения промышленных партнеров и координации с Европейским космическим агентством и другими заинтересованными сторонами в целях продвижения проекта. Компания Thales Alenia Space (TAS-Italia) — ведущий промышленный партнер, ответственный за системное пла-

нирование и обитаемый отсек; компания ОНВ (Германия) отвечает за развитие подсистем и оборудования; компания QinetiQ (Бельгия) отвечает за механизм причаливания и стыковки (IBDM). Центр независимых исследований Асгардии (AIRC) является промышленным партнером в рамках научно-исследовательской деятельности и отвечает за системы управления.

После подписания меморандума о взаимопонимании в ходе пилотной фазы проекта партнерам предстоит завершить распределение задач — к тому моменту должны быть проанализированы все технические, программные и финансовые аспекты. Как ожидается, этап разработки, производства и развертывания займет около пяти лет с возможным запуском в 2026 году.

В рамках предложения, представленного Европейскому космическому агентству в ответ на его новаторский призыв, Асгардия подробно изложила свои планы по проектированию, производству, запуску и доставке узлового модуля «Асгардия» на МКС, привлечению общественности и предпринимательских кругов и, что особенно важно, обеспечению основного финансирования проекта за счет привлечения внешних инвестиций.

Цель консорциума заключается в обеспечении финансирования за счет частных инвестиций и продажи услуг перед разработкой (например, использование объекта в режиме разделения времени и доступа астронавтов к узловому модулю). В свою очередь, Асгардия обратилась в ЕКА с просьбой предоставить

Члены консорциума

Асгардию представляют три юридических лица, зарегистрированные в Австрии:

- **НГО «Асгардия Терра Арк» (ATA)** — неправительственная организация;
- **АГ «Асгардия Файненшл Арк» (AFA)** — акционерная компания;
- **ГмБХ «Центр независимых исследований Асгардии» (AIRC)** — частная компания, принадлежит И. Р. Ашурбейли.

Компания Nanoracks-Europe

В 2009 году Nanoracks стала первой компанией, которая владеет собственным исследовательским оборудованием на МКС и эксплуатирует его в рамках новаторского соглашения с НАСА, действующего по сей день. Сейчас у Nanoracks есть клиенты более чем в 34 странах. При этом не позднее чем через пять лет Nanoracks планирует стать одной из нескольких компаний, владеющих профильными космическими платформами.

Компания Thales Alenia Space Italia (TAS-I)

Европейский лидер в области спутниковых систем и орбитальной инфраструктуры, принадлежащий Thales (67%) и Finmeccanica (33%), при этом совместно с Telespazio образует Space Alliance — «космический альянс». TAS-I является генеральным подрядчиком большинства программ Итальянского космического агентства (ASI) и некоторых крупных программ Европейского космического агентства, кроме того, играет важную роль во многих международных совместных проектах.

ОНВ System Ag (Германия) — одна из ведущих европейских компаний-интеграторов космических систем. Компания почти сорок лет работает со спутниками дистанционного зондирования Земли, навигационным, телекоммуникационным и исследовательским оборудованием, участвует в межпланетных исследованиях.

В области пилотируемой космонавтики ОНВ System Ag также имеет многолетний опыт, участвуя в разработке инфраструктуры МКС, ее объектов, полезных нагрузок и микрогравитационных приборов.

Компания QinetiQ

Компания QinetiQ (Бельгия) — главный партнер Асгардии в исследовании и освоении космоса на низких орбитах. Она поставляет полностью укомплектованные спутники и основное спутниковое оборудование, включая бортовые компьютеры, блоки удаленных терминалов, блоки массовой памяти, космические механизмы, перспективные электрические силовые установки и приемно-передающие радиостанции. В настоящее время электрические двигатели Т6 продвигают миссию ЕКА BepiColombo на Меркурий.

После завершения эксплуатации МКС узловой модуль «Асгардия» будет функционировать в качестве основного элемента планируемого «Земного ковчега Асгардии».

интерфейс со всеми международными партнерами (в частности НАСА и другими партнерами МКС), доступ к стыковочным портам и интерфейсам на европейской части МКС, включая прочие ресурсы, такие как время экипажа и технические консультации.

К сожалению, несмотря на признание технической обоснованности и потенциальных перспектив, Европейское космическое агентство на данный момент отклонило предложение консорциума, учитывая «политико-технологические» риски.

Потенциал проекта

В заключение хотелось бы подчеркнуть, что земные государства еще официально не признали Асгардию как цифровую космическую нацию, поэтому политические риски равны нулю. Технологические риски также минимальны, учитывая тот факт, что членами консорциума являются мировые лидеры космической отрасли, активно настроенные на реализацию проекта с целью разработать и построить узловой модуль «Асгардия» и доставить его на МКС; к тому же Асгардия по-прежнему пребывает в уверенности, что ресурсы можно найти на рынке.

В этом контексте необходимо приложить значительные усилия, чтобы

сделать партнерство эффективным с точки зрения как удовлетворения требований космического агентства, так и соответствия целям и задачам Асгардии.

Реальность такова, что ряд положительных возможных последствий прослеживается по двум основным категориям. Первая категория последствий, известная как эффект ВВП, касается влияния частных инвестиций в разработку и производство узлового модуля «Асгардия» на экономику, поскольку ожидается, что частные инвестиции приведут к увеличению экономической активности на всем протяжении цепочки поставок.

Учитывая, что проект стартовал до начала пандемии COVID-19, нельзя игнорировать потенциал проекта по обеспечению и поддержанию занятости в европейской космической отрасли.

Совокупный эффект от этих инвестиций в промышленность, оцениваемый с точки зрения «валовой добавленной стоимости» (ВДС), формирует эффект ВВП.

Второе последствие, известное как «каталитическое воздействие», соответствует экономической деятельности, обеспечиваемой инфраструктурой (в данном случае узловым модулем), и связа-



Об авторе проекта

Игорь Рауфович Ашурбейли, российский ученый, промышленник и филантроп, является основателем космического государства Асгардия. Он имеет степень доктора технических наук со специализацией в области автоматизированных систем управления. В 1988 году он основал многопрофильный холдинг «Социум», в котором на данный момент задействовано 40 компаний. С 2000 по 2010 год И. Р. Ашурбейли был генеральным директором ЦКБ «Алмаз», главного разработчика систем ПВО в СССР, а затем в Российской Федерации. В 2010 году удостоен Государственной премии Российской Федерации за достижения в области науки и техники. В 2013 году И. Р. Ашурбейли основал Центр независимых исследований Асгардии в Вене, Австрия, а в следующем году Центр приступил к публикации международного космического журнала ROOM. В 2016 году доктор Ашурбейли был награжден золотой медалью ЮНЕСКО «За вклад в развитие нанонауки и нанотехнологий». В марте 2017 года И. Р. Ашурбейли основал НПО «Асгардия Терра Арк» (ATA), представляющее цифровое космическое государство Асгардия на Земле.

но с валовой выручкой, получаемой непосредственно от продажи услуг.

Прочие количественные и качественные воздействия включают влияние на конкурентоспособность европейской космической отрасли, на некосмическую экономику и более широкие стратегические воздействия, такие как гарантированная занятость, коммерческое позиционирование отрасли и расширение целевых ориентиров МКС.

Асгардия занимает активную позицию в плане создания этого партнерства не только из-за очевид-

ной необходимости поддерживать орбитальную инфраструктуру в качестве дополнения к МКС, но и из-за необходимости модернизации европейской части МКС и программ поддержки освоения Луны и Марса.

Основная цель планируемого партнерства останется неизменной. Асгардия считает, что необходимо объединить усилия и компетенции и, конечно же, разделить риски, чтобы обеспечить дальнейшее развитие орбитальной инфраструктуры европейского сообщества в интересах всего человечества.

Литература:

1. Asgardia's project for a new module to expand Space Station // ROOM Space Journal of Asgardia. 2020. № 4. Pp. 42 – 49.



References

1. Asgardia's project for a new module to expand Space Station. ROOM Space Journal of Asgardia, 2020, no. 4, pp. 42 – 49.

© Ашурбейли И.Р., 2021

История статьи:

Поступила в редакцию: 12.02.2021
Принята к публикации: 04.03.2021

Модератор: Плетнер К.В.

Конфликт интересов: отсутствует

Для цитирования:

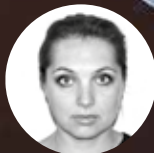
Ашурбейли И.Р. Проект узлового модуля «Асгардия» для Международной космической станции // Воздушно-космическая сфера. 2021. № 1. С. 24 – 33.

EMBRYOLOGICAL EXPERIMENTS IN SPACE



ЭМБРИОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В КОСМОСЕ

Irina V. OGNEVA,
Professor, Doctor of Physics and Mathematics, Institute of
Biomedical Problems of the RAS, Head of Cell Biophysics
Laboratory,
iogneva@yandex.ru



Ирина Владимировна ОГНЕВА,
доктор физико-математических наук, профессор,
заведующая лабораторией биофизики клетки,
ГНЦ РФ – ИМБП РАН,
iogneva@yandex.ru

Tamara S. GURIEVA,
Candidate of Biological Sciences, Institute of Biomedical
Problems of the RAS, Leading Researcher,
gurieva@imbp.ru



Тамара Сергеевна ГУРЬЕВА,
кандидат биологических наук, ведущий научный
сотрудник, ГНЦ РФ – ИМБП РАН,
gurieva@imbp.ru

Vladimir N. SYCHEV,
Doctor of Biological Sciences, Institute of Biomedical
Problems of the RAS, Deputy Director for Science,
vnsychev@imbp.ru



Владимир Николаевич СЫЧЕВ,
доктор биологических наук, заместитель директора
по науке, ГНЦ РФ – ИМБП РАН,
vnsychev@imbp.ru

Oleg I. ORLOV,
Doctor of Medicine, academician of the RAS, Institute of
Biomedical Problems of the RAS, Director,
orlov@imbp.ru



Олег Игоревич ОРЛОВ,
доктор медицинских наук, академик РАН, директор,
ГНЦ РФ – ИМБП РАН,
orlov@imbp.ru

ABSTRACT | The relevance of embryological research under zero gravity is due to the development of technologies that in the future will possibly allow to carry out sufficiently long space flights, which will inevitably raise a number of questions related to the implementation of the reproductive function. On the one hand, the purpose of this review is to establish the already known facts connected with early development in space flight, and on the other hand, it seems important to outline possible ways of further research.

The results presented in the review reveal a fundamental possibility of reproduction under the conditions of some species' long space flight. However, as applied to mammals, including humans, this requires further detailed research.

Keywords: *embryology, early development, weightlessness, fertilization, oocyte, sperm*

АННОТАЦИЯ | Актуальность эмбриологических исследований в условиях невесомости вызвана развитием технологий, которые в будущем, возможно, позволят осуществлять длительные космические полеты. Это неминуемо поставит целый ряд вопросов, связанных с реализацией репродуктивной функции.

Целью настоящего обзора данных является, с одной стороны, констатация уже известных фактов, связанных с ранним развитием в условиях космического полета, а с другой – представляется важным наметить возможные пути дальнейших исследований.

Результаты, представленные в обзоре, свидетельствуют о существовании принципиальной возможности размножения в условиях длительного космического полета некоторых видов, однако применительно к млекопитающим, в том числе к человеку, это требует дальнейшего детального исследования.

Ключевые слова: эмбриология, раннее развитие, невесомость, оплодотворение, яйцеклетка, сперматозоид

ВВЕДЕНИЕ

Освоение человеком дальнего космоса требует решения целого ряда не только технических, но и медицинских вопросов, в том числе и с участием врача в дальних космических полетах [1]. Не последнее место в этом ряду занимают проблемы поддержания репродуктивной функции для сохранения вида. Размножение, как эволюционно обусловленная функция, необходимая для поддержания вида, представляет собой совокупность процессов, каждый из которых может быть чувствительным к различным факторам космического полета. Так, для млекопитающих, в частности человека, можно выделить следующие процессы:

- созревание мужских и женских половых клеток;
- оплодотворение;
- ранние стадии дробления;
- имплантация;
- гастрюляция и морфогенез;
- рождение и ранний постнатальный период.

На сегодняшний день даже принципиально не ясно, осуществимы ли все эти процессы в условиях космического полета, какие из них являются горячими точками для действия факторов космического полета и что делать в случае возникновения проблем.

Размножение в условиях длительного космического полета представляется возможным для некоторых видов, однако требует детального исследования применительно к млекопитающим, в том числе к человеку.

Ключевыми факторами длительного космического полета, в том числе за пределами магнитосферы Земли, действующими одновременно на организм, являются:

- невесомость и изменение гравитационного поля;
- изменение электромагнитного поля;
- изменение радиационного фона.

Для одиночных клеток и небольшой популяции клеток в раннем развитии мишенями действия невесомости являются структура клеток и экспрессия генов. Кроме того, как невесомость, так и гипомангнитные условия могут влиять на функционирование клеток путем модуляции, например их энергообеспечения. Мишенями действия ионизирующего излучения являются, в первую очередь, клеточные мембраны и нуклеиновые кислоты, в частности ДНК. Однако действие этих факторов даже на соматические клетки изучено мало, не говоря уже о половых клетках и ранних зародышах.

Помимо этого свой вклад в модуляцию биологических процессов могут вносить: измененный газовый состав атмосферы и микробиологическая обстановка в космическом корабле, ограниченное пространство для передвижения, замкнутый объем и другие факторы психологического напряжения, которые могут приводить к физиологическому стрессу и изменению гормонального статуса.

Тем не менее размножение в условиях длительного космического полета представляется возможным для некоторых видов, однако требующим детального исследования применительно к млекопитающим, в том числе и к человеку.

РАЗВИТИЕ НАСЕКОМЫХ В УСЛОВИЯХ КОСМИЧЕСКОГО ПОЛЕТА

Исключительно удобным, а потому и одним из первых объектов для изучения влияния силы тяжести на развитие многоклеточного организма стала плодовая мушка *Drosophila melanogaster*. На этом объекте был проведен целый ряд экспериментов в условиях космического полета. Например, в полетах кораблей «Восток-3» и «Восток-4» космонавты проводили скрещивание мух уже после выхода аппарата на орбиту. Было показано, что оплодотворение, эмбриогенез и личиночная стадия приводят к появлению нормальных мух в условиях невесомости [2, 3]. После 44,5-суточного полета спутника «Фотон-М» № 4 (рис. 1) и последующего 12-суточного полета на борту российского сегмента Международной космической станции (2014, Россия) были получены особи плодовой мухи третьего-пятого поколения без аномалий эмбрионального развития, хотя и с изменениями в репродуктивной системе [4]. Более того, у этих же мух через три поколения пребывания в условиях силы тяжести Земли эти изменения



Рис. 1.
Работа с плодовой мушкой *Drosophila melanogaster* на месте посадки спутника «Фотон-М» №4, 1 сентября 2014 г., Оренбургская область, Россия (фото Олега Волошина из архива ИМБП)

сохранялись в яичниках [5]. После 7-суточного полета шаттла Challenger (1985, США) увеличивались количество и размер яйцеклеток, а примерно 25% эмбрионов не развились во взрослых особей [6], хотя тем же авторам не удалось воспроизвести эти эффекты при улучшении оксигенации мух [7]. Следует отметить, что и в сперматозоидах частота доминантных летальных мутаций в условиях космического полета была выше, нежели в контроле, причем особенно в незрелых формах: сперматидях и сперматозитах [8, 9, 10].

РАЗВИТИЕ РЫБ, ЗЕМНОВОДНЫХ И ПТИЦ В УСЛОВИЯХ КОСМИЧЕСКОГО ПОЛЕТА

Эксперименты, проведенные в рамках экспедиций шаттлов STS-81 (январь 1997 года) и STS-84 (май 1997 года) показали, что в спер-

матозоидах морского ежа отмечаются изменения, способствующие увеличению их двигательной активности [11].

Успешное скрещивание позвоночных животных на примере рыб медака (четыре особи в течение 15-суточного космического полета на борту шаттла) было произведено в 1994 году. Причем, несмотря на некоторые трудности спаривания в условиях невесомости, рыбы отложили 43 яйца, из которых 8 мальков появились еще в космосе, а 30 — в течение трех дней после посадки. У вылупившихся в космосе мальков было нормальное количество половых клеток, двое из них затем дали здоровое потомство на Земле [12].

В экспериментах, проведенных на ракетах Maser-3 (1989 год) и Maser-6 (1993 год), были продемонстрированы изменения на самых ранних стадиях развития яиц шпорцевой лягушки *Xenopus laevis*. Однако на более поздних

стадиях отличий в морфологии обнаружено не было [13].

В условиях космического полета в экспериментах с иглистым тритоном было показано, что нервная трубка не смыкается в голове или головной области у 80% эмбрионов [14]. Однако при экспонировании в центрифуге с вращением, создающим 1 g, подобный дефект имел место только у 4,5% эмбрионов. Изменения в замыкании нервной трубки, помимо целого ряда других факторов, могут быть ассоциированы с наблюдавшимся в условиях космического полета снижением содержания кальция в организме взрослого тритона, в частности в костной системе [15].

Также потребление кальция из скорлупы развивающимся эмбрионом перепела в условиях микрогравитации было снижено на ранних этапах развития (4-е сутки) [16, 17]. Однако к концу эмбриогенеза (14-16-е сутки) различий между контрольной и полетной группами не отмечалось [18]. Более того, результаты гистологических исследований показали, что у эмбрионов японского перепела в условиях космического полета происходит отставание в развитии спинного мозга, которое выражается в задержке морфогенеза, хотя вылупление птенцов происходило на 17-е сутки (рис. 2, рис. 3), так же, как и на Земле [19]. Тем не менее в раннем развитии эмбрионов японского перепела в микрогравитации имели место незначительное отставание в наборе массы и увеличении размеров тела [20], нарушения морфогенеза глаза [21], более слабое развитие тканей желудочно-кишечного тракта [22], нарушение формирования печени на ранних сроках развития, которое нивелировалось к концу эмбрионального развития [23], отставание процессов остеогенеза [18, 24].

Удачные эксперименты по пренатальному развитию млекопитающих в условиях космического полета относятся преимущественно к поздним этапам развития.

РАЗВИТИЕ МЛЕКОПИТАЮЩИХ В УСЛОВИЯХ КОСМИЧЕСКОГО ПОЛЕТА

У млекопитающих в условиях космического полета и в экспериментах, воспроизводящих его эффекты на Земле, снижается количество зрелых сперматозоидов в придатках семенников [25, 3, 27, 28, 29] (рис. 4). Количество сперматогоний статистически достоверно уменьшалось в яичках крыс после космических полетов спутников «Космос-1887» (13 суток) [30] и «Космос-2044» (14 суток) [29] по сравнению с контролем. На основании радиационной дозиметрии, выполненной в ходе космического полета первого из этих спутников, был сделан вывод, что снижение числа сперматогоний не может быть полностью объяснено радиационным облучением [30].

Кроме того, сомнительно изменение гормонального фона, поскольку после 91-суточного космического полета у самцов мышей его не отмечали. И хотя представленные данные в этом исследовании нуждаются в повторении эксперимента из-за недостаточного количества материала, нужно заметить, что гистологические изменения тканей семенников были аналогичны таковым в представленных ранее исследованиях [31].

В эксперименте Rodent Research – 4 на борту американского сегмента МКС (SpaceX-10 mission, февраль 2017 года, США) были изучены изменения на молекулярном уровне в тканях репродуктивной системы самцов мышей, которые находились в условиях космического полета в течение 21–24 дней. Причем забор тканей в этом эксперименте происходил в условиях невесомости на МКС, что исключало воздействие таких факторов, как перегрузка при посадке и период восстановления во время транспортировки в лабораторию. Полученные данные показали, что количественных изменений в относительном содержании белков не было, однако наблюдались изменения в уровне экспрессии некоторых генов, которые могут иметь ключевое значение в ранний период после возвращения к условиям силы тяжести [32]. При этом значения тех же параметров в случае, когда ткани были зафиксированы через двое суток после возвращения на Землю, не отличались от контроля [33].

Первые эксперименты по пренатальному развитию млекопитающих (крыс) были проведены на биоспутниках «Космос-1129» и «Космос-1514» (рис. 5). Так, в эксперименте на биоспутнике «Космос-1514» (1983 год) беременные



Рис. 2.
Птенцы японского перепела, вылупившиеся на борту станции «Мир» (фото из архива ИМБП)



Рис. 3.
Оборудование для экспозиции яиц японского перепела в условиях космического полета (фото из архива ИМБП)

самки крыс провели в полете около пяти суток, что является четвертью срока пренатального развития крыс, в результате чего была продемонстрирована принципиальная возможность формирования нормальных функций у развивающегося плода [34]. Увеличение экспозиции беременных самок до 11 дней в условиях космического полета в эксперименте NIH-R1 на борту шаттла (1994 год) также не привело к анатомическим аномалиям в развитии плода [35]. Тем не менее у животных полетной группы были отмечены ускоренное развитие щитовидной и паращитовидной желез, выявлены очаги измененной нервной ткани с уменьшением числа нейронов и признаками разрушения нервных клеток в различных отделах головного и спинного мозга [36, 37].

Однако представленные в литературе результаты удачных экспериментов по пренатально-

му развитию млекопитающих в условиях космического полета касаются, в первую очередь, не ранних этапов развития. Эксперименты с исследованием самых ранних стадий развития были в основном неудачны. В случае, когда для оплодотворения на Земле ооциты мыши использовали сперматозоиды, экспонированные в замороженном виде в течение 9 месяцев в условиях космического полета, коэффициент рождаемости был ниже [38]. Последнее подчеркивает ведущую роль изменений в гаметах в условиях микрогравитации как одного из основных факторов.

Впервые было показано, что в условиях космического полета возможно развитие 2-клеточных зародышей мышей до бластоцисты, хотя скорость образования бластоцист при этом сильно снижена [39].

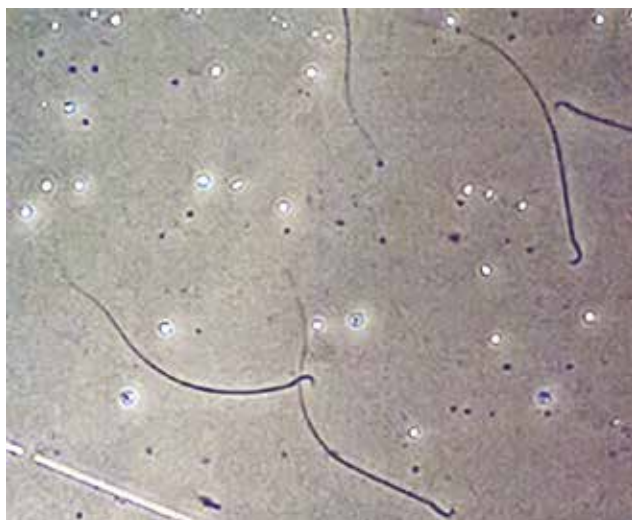


Рис. 4.
Сперматозоиды крысы после экспонирования в условиях, воспроизводящих эффекты микрогравитации на Земле (фото из архива ИМБП)

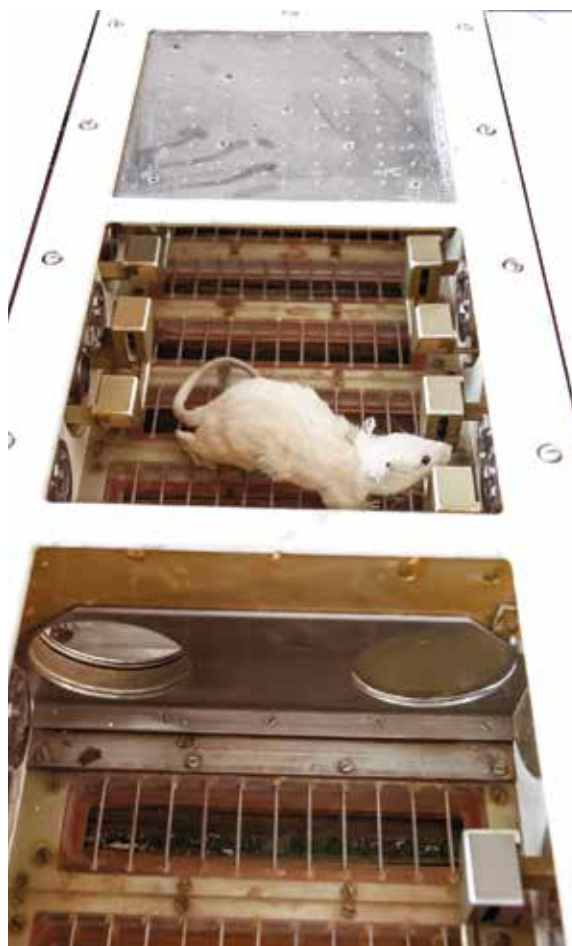


Рис. 5.
Оборудование для проведения экспериментов, направленных на исследование раннего развития в условиях космического полета (фото из архива ИМБП)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На сегодняшний день результаты большинства проведенных не на млекопитающих экспериментов свидетельствуют о том, что

Понимание механизма нивелирования негативных изменений, полученных эмбрионами в космосе, после их рождения на Земле может стать полезным при разработке принципиально новых методов протекции организма человека во время длительных космических полетов.

именно во время ранних стадий эмбриогенеза имеют место нарушения в развитии, которые обычно нивелируются на более поздних этапах. Более того, те изменения, которые тем не менее наблюдаются на поздних стадиях развития эмбрионов, например у эмбрионов японского перепела, сходны с таковыми у эмбрионов крыс аналогичного срока развития (отставание в наборе массы тела и окостенении скелета). Причем после рождения на Земле также происходит быстрое нивелирование этих изменений, механизм которого на сегодняшний день практически неясен. Понимание этого механизма могло бы быть полезным при разработке принципиально новых методов протекции организма человека во время длительных космических полетов и при ряде патологических состояний.

Поддержано программой фундаментальных исследований ГНЦ РФ — ИМБП РАН 65.4.

Литература

1. 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.
2. Parfyonov G.P., Platonova R.N., Tairbekov M.G., Zhvalikovskaya V.P., Mozgovaya I.E., Rostopshina A.V., Rozov A.N. Biological experiments carried out aboard the biological satellite Cosmos-936. Life Sciences in Space Research. 1979. Vol. 17. Pp. 297 – 301.
3. Парфенов Г.П. Развитие организмов в состоянии невесомости // Космические исследования. 1964. Вып. 2. С. 330 – 335.
4. Ogneva I.V., Belyakin S.N., Sarantseva S.V. The Development of *Drosophila Melanogaster* under Different Duration Space Flight and Subsequent Adaptation to Earth Gravity. PLoS One. 2016. Vol. 11. Iss. 11, e0166885. DOI: 10.1371/journal.pone.0166885
5. Куприянова М.С., Усик М.А., Огнева И.В. Содержание цитоскелетных белков в ооцитах третьего поколения плодовой мушки *Drosophila melanogaster*, полученных после 44,5-суточного космического полета // Авиакосмическая и экологическая медицина. 2016. Т. 50. № 4. С. 27 – 34.
6. Vernos I., Gonzalez-Jurado J., Calleja M. et al. Microgravity effects on the oogenesis and development of embryos of *Drosophila melanogaster* laid in the Spaceshuttle during the Biorack experiment (ESA). The International Journal of Developmental Biology. 1989. Vol. 33(2). Pp. 213 – 226.
7. Marco R., Bengurira A., Sanchez J. et al. Effects of the space environment on *Drosophila melanogaster* development. Implications of the IML-2 experiment. Journal of Biotechnology. 1996. Vol. 47. Iss. 2 – 3. Pp. 179–189. DOI: 10.1016/0168-1656(96)01408-3
8. Парфенов Г.П. Возникновение доминантных летальных мутаций у дрозофилы при космическом полете на корабле-спутнике // Проблемы космической биологии. Том 1. М., Наука, 1962. С. 232 – 247.
9. Парфенов Г.П. Причины летальности зародышевых клеток у дрозофилы после полетов кораблей «Восток-3» и «Восток-4» // Космические исследования. 1964. Вып. 2. С. 335 – 342.
10. Парфенов Г.П. Генетические исследования в космосе // Космические исследования. 1967. Вып. 5. С. 633 – 635.
11. Tash J.S., Bracho G.E. Microgravity alters protein phosphorylation changes during initiation of sea urchin sperm motility. FASEB Journal. 1999. Vol. 13. Iss. 9001. Pp. S43 – S54. DOI: 10.1096/fasebj.13.9001.s43
12. Tjiri K. Fish mating experiment in space – what it aimed at and how it was prepared. Biological Sciences in Space. 1995. Vol. 9. Iss. 1. Pp. 3 – 16. DOI: 10.2187/bss.9.3
13. De Mazière A., Gonzalez-Jurado J., Reijnen M., Narraway J., Ubbels G.A. Transient effects of microgravity on early embryos of *Xenopus laevis*. Advances in space research. 1996. Vol. 17 (6 – 7). Pp. 219 – 223. DOI: 10.1016/0273-1177(95)00638-u
14. Gualandris-Parisot L., Husson D., Foulquier F., Kan P., Davet J., Aïmar C., Dournon C., Duprat A.M. *Pleurodeles waltl*, amphibian, Urodele, is a suitable biological model for embryological and physiological space experiments on a vertebrate. Advances in space research. 2001. Vol. 28. Iss. 4. Pp. 569 – 578. DOI: 10.1016/S0273-1177(01)00384-2
15. Бесова Н.В., Савельев С.В., Черников В.П. Влияние невесомости на амфибий. Скелет и минеральный обмен // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 1993. Т. 116. № 7. С. 90 – 92.
16. Orban J.I., Piert S.J., Guryeva T.S., Hester P.Y. Calcium utilization by quail embryos during activities preceding space flight and during embryogenesis in microgravity aboard the orbital space station MIR. Journal of gravitational physiology. 1999. Vol. 6(2). Pp. 33 – 41.
17. Комиссарова Д.В., Гурьева Т.С., Сычев В.Н. Динамика использования кальция для построения скелета эмбрионов японского перепела в условиях невесомости // Авиакосмическая и экологическая медицина. 2011. Т. 45. № 5. С. 52 – 54.
18. Комиссарова Д.В., Гурьева Т.С., Дадашева О.А., Сычев В.Н. Общая характеристика эмбриогенеза хрящевой и костной ткани у эмбрионов японского перепела в невесомости // Авиакосмическая и экологическая медицина. 2013. Т. 47. № 4. С. 77 – 78.
19. Дадашева О.А., Гурьева Т.С., Медникова Е.И., Дадашева М.Т., Сычев В.Н. Гистогенез печени у эмбрионов японского перепела, развившихся в условиях невесомости // Авиакосмическая и экологическая медицина. 2011. Т. 45. № 2. С. 30 – 34.
20. Дадашева О.А., Гурьева Т.С., Сычев В.Н., Дженс Г. Изучение процесса окостенения скелета верхних и нижних конечностей эмбрионов японского перепела, развившихся в условиях космического полета // Космическая биология и авиакосмическая медицина. 1993. Т. 32. № 3. С. 38 – 41.
21. Гурьева Т.С., Дадашева О.А., Григорян Э.Н., Сычев В.Н., Медникова Е.И., Лебедева З.Н. Особенности морфогенеза глаза у эмбрионов японского перепела, развившихся в условиях невесомости // Авиакосмическая и экологическая медицина. 2003. Т. 37. № 6. С. 50 – 55.
22. Гурьева Т.С., Дадашева О.А., Медникова Е.И., Дадашева М.Т., Сычев В.Н. Гистогенез внутренних органов эмбрионов японского перепела, развившихся в условиях невесомости // Авиакосмическая и экологическая медицина. 2009. Т. 43. № 6. С. 8 – 13.
23. Дадашева О.А., Гурьева Т.С., Сычев В.Н., Медникова Е.И., Филатова А.В., Комиссарова Д.В. Особенности развития спинного мозга у эмбрионов и птенцов японского перепела в условиях космического полета // Авиакосмическая и экологическая медицина. 2013. Т. 47. № 5. С. 3 – 6.
24. Комиссарова Д.В., Гурьева Т.С., Дадашева О.А., Сычев В.Н. Гистогенез костной и хрящевой ткани эмбрионов японского перепела в условиях невесомости на ранних стадиях развития // Авиакосмическая и экологическая медицина. 2012. Т. 46. № 5. С. 64 – 67.
25. Серова Л.В., Денисова Л.А., Апанасенко З.И., Кузнецова М.А., Мейзеров Е.С. Репродуктивная функция крыс-самцов после полета на биоспутнике «Космос-1129» // Космическая биология и авиакосмическая медицина. 1982. Т. 16. № 5. С. 62 – 65.
26. Серова Л.В. Влияние невесомости на репродуктивную систему млекопитающих // Космическая биология и авиакосмическая медицина. 1989. Т. 23. № 2. С. 11 – 16.
27. Серова Л.В. Адаптивные возможности млекопитающих в условиях невесомости // Авиакосмическая и экологическая медицина. 1996. Т. 30. № 2. С. 5 – 11.
28. Merrill A.H. Jr., Wang E., Mullins R.E., Grindeland R.E., Popova I.A. Analyses of plasma for metabolic and hormonal changes in rats flown aboard COSMOS 2044. Journal of applied physiology (Bethesda, Md.: 1985). 1992. Vol. 73. 2 Suppl. Pp. 132S – 135S. DOI: 10.1152/jappl.1992.73.2.S132
29. Amann R.P., Deaver D.R., Zirkin B.R., Grills G.S., Sapp W.J., Veeramachaneni D.N., Clemens J.W., Banerjee S.D., Folmer J., Gruppi C.M., et al. Effects of microgravity or simulated launch on testicular function

- in rats. *Journal of applied physiology* (Bethesda, Md.: 1985). 1992. Vol. 73. 2 Suppl. Pp. 174S – 185S.
30. **Sapp W.J., Philpott D.E., Williams C.S., Williams J.W., Kato K., Miquel J.M., Serova L.** Comparative study of spermatogonial survival after x-ray exposure, high LET (HZE) irradiation or spaceflight. *Advances in space research*. 1992. Vol. 12 (2 – 3). Pp. 179 – 189.
31. **Masini M.A., Albi E., Barmo C., et al.** The impact of long-term exposure to space environment on adult mammalian organisms: a study on mouse thyroid and testis. *PLoS One*. 2012. №. 7. Iss. 4, e35418. DOI: 10.1371/journal.pone.0035418
32. **Ogneva I.V., Usik M.A., Loktev S.S., Zhdankina Y.S., Biryukov N.S., Orlov O.I., Sychev V.N.** Testes and duct deferens of mice during space flight: cytoskeleton structure, sperm-specific proteins and epigenetic events. *Scientific reports*. 2019. Vol. 9(1). P. 9730. DOI: 10.1038/s41598-019-46324-3
33. **Matsumura T., Noda T., Muratani M., Okada R., Yamane M., Isotani A., Kudo T., Takahashi S., Ikawa M.** Male mice, caged in the International Space Station for 35 days, sire healthy offspring. *Scientific reports*. 2019. Vol. 9(1). P. 13733. DOI: 10.1038/s41598-019-50128-w
34. *Ontogenesis of Mammals in Microgravity*, NASA TM 103978, 1993.
35. **Серова Л.В., Наточин Ю.В., Носовский А.М., Шахматова Е.И., Фаст Т.** Влияние невесомости на систему мать – плод (результаты эмбриологического эксперимента NIH-R1 на борту Space Shuttle) // *Авиакосмическая и экологическая медицина*. 1996. Т. 30. № 6. С. 4 – 8.
36. **Савельев С.В., Серова Л.В., Бесова Н.В., Носовский А.М.** Влияние невесомости на развитие эндокринной системы крыс // *Авиакосмическая и экологическая медицина*. 1998. Т. 32. № 2. С. 31 – 36.
37. **Серова Л.В.** Микрогравитация и развитие млекопитающих: проблемы, результаты, перспективы // *Авиакосмическая и экологическая медицина*. 2001. Т. 35. № 2. С. 32 – 35.
38. **Wakayama S., Kamada Y., Yamanaka K., et al.** Healthy offspring from freeze-dried mouse spermatozoa held on the International Space Station for 9 months // *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 2017. Vol. 114. No. 23. Pp. 5988 – 5993. DOI: 10.1073/pnas.1701425114
39. **Lei X., Cao Y., Ma B., et al.** Development of mouse preimplantation embryos in space // *National Science Review*. 2020. Vol. 7. Iss. 9. Pp. 1437 – 1446. DOI: 10.1093/nsr/nwaa062
- ### References
- 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.
 - Parfyonov G.P., Platonova R.N., Tairbekov M.G., Zhvalikovskaya V.P., Mozgovaya I.E., Rostopshina A.V., Rozov A.N.** Biological experiments carried out aboard the biological satellite Cosmos-936. *Life Sciences in Space Research*, 1979, vol. 17, pp. 297 – 301.
 - Parfenov G.P.** Razvitie organizmov v sostoyanii nevesomosti. *Kosmicheskie issledovaniya*, 1964, iss. 2, pp. 330 – 335.
 - Ogneva I.V., Belyakin S.N., Sarantseva S.V.** The Development of *Drosophila melanogaster* under Different Duration Space Flight and Subsequent Adaptation to Earth Gravity. *PLoS One*, 2016, vol. 11, iss. 11, e0166885. DOI: 10.1371/journal.pone.0166885
 - Kupriyanova M.S., Usik M.A., Ogneva I.V.** Soderzhanie tsitoskeletnykh belkov v ootsitakh tret'ego pokoleniya plodovoy mushki *Drosophila melanogaster*, poluchennykh posle 44,5-sutochnogo kosmicheskogo poleta. *Aviakosmicheskaya i ekologicheskaya meditsina*, 2016, vol. 50, no. 4, pp. 27 – 34.
 - Vernos I., Gonzalez-Jurado J., Calleja M. et al.** Microgravity effects on the oogenesis and development of embryos of *Drosophila melanogaster* laid in the Spaceshuttle during the Biorack experiment (ESA). *The International Journal of Developmental Biology*, 1989, vol. 33(2), pp. 213 – 226.
 - Marco R., Bengurira A., Sanchez J. et al.** Effects of the space environment on *Drosophila melanogaster* development. Implications of the IML-2 experiment. *Journal of Biotechnology*, 1996, vol. 47, iss. 2 – 3, pp. 179–189. DOI: 10.1016/0168-1656(96)01408-3
 - Parfenov G.P.** Vozniknovenie dominantnykh letal'nykh mutatsiy u drozofily pri kosmicheskom polete na korable-sputnike. *Problemy kosmicheskoi biologii*, vol. 1. Moscow, Nauka, 1962, pp. 232 – 247.
 - Parfenov G.P.** Prichiny letal'nosti zarodyshevykh kletok u drozofily posle poletov korabley "Vostok-3" i "Vostok-4". *Kosmicheskie issledovaniya*, 1964, iss. 2, pp. 335 – 342.
 - Parfenov G.P.** Geneticheskie issledovaniya v kosmose. *Kosmicheskie issledovaniya*, 1967, iss. 5, pp. 633 – 635.
 - Tash J.S., Bracho G.E.** Microgravity alters protein phosphorylation changes during initiation of sea urchin sperm motility. *faseb journal*, 1999, vol. 13, iss. 9001, pp. S43 – S54. DOI: 10.1096/fasebj.13.9001.s43
 - Tjiri K.** Fish mating experiment in space-what it aimed at and how it was prepared. *Biological Sciences in Space*, 1995, vol. 9, iss. 1, pp. 3 – 16. DOI: 10.2187/bss.9.3
 - De Mazière A., Gonzalez-Jurado J., Reijnen M., Narraway J., Ubbels G.A.** Transient effects of microgravity on early embryos of *Xenopus laevis*. *Advances in space research*, 1996, vol. 17 (6 – 7), pp. 219 – 223. DOI: 10.1016/0273-1177(95)00638-u
 - Gualandris-Parisot L., Husson D., Foulquier F., Kan P., Davet J., Aimar C., Dournon C., Duprat A.M.** Pleurodeles waltl, amphibian, *Urodele*, is a suitable biological model for embryological and physiological space experiments on a vertebrate. *Advances in space research*, 2001, vol. 28, iss. 4, pp. 569 – 578. DOI: 10.1016/S0273-1177(01)00384-2
 - Besova N.V., Savel'ev S.V., Chernikov V.P.** Vliyanie nevesomosti na amfibiy. Skelet i mineral'nyy obmen. *Bjulleten' jeksperimental'noj biologii i mediciny*, 1993, vol. 116, no. 7, c. 90 – 92.
 - Orban J.I., Piert S.J., Guryeva T.S., Hester P.Y.** Calcium utilization by quail embryos during activities preceding space flight and during embryogenesis in microgravity aboard the orbital space station MIR. *Journal of gravitational physiology*, 1999, vol. 6(2), pp. 33 – 41.
 - Komissarova D.V., Gur'eva T.S., Sychev V.N.** Dinamika ispol'zovaniya kal'tsiya dlya postroeniya skeleta embrionov yaponskogo perepela v usloviyakh nevesomosti. *Aviakosmicheskaya i ekologicheskaya meditsina*, 2011, vol. 45, no. 5, pp. 52 – 54.
 - Komissarova D.V., Gur'eva T.S., Sychev V.N.** Obshchaya kharakteristika embriogeneza khryashchevoy i kostnoy tkani u embrionov yaponskogo perepela v nevesomosti. *Aviakosmicheskaya i ekologicheskaya meditsina*, 2013, vol. 47, no. 4, pp. 77 – 78.
 - Dadasheva O.A., Gur'eva T.S., Mednikova E.I., Dadasheva M.T., Sychev V.N.** Gistogenez pecheni u embrionov yaponskogo perepela, razvivshikhsya v usloviyakh nevesomosti. *Aviakosmicheskaya i ekologicheskaya meditsina*, 2011, vol. 45, no. 2, pp. 30 – 34.



20. **Dadasheva O.A., Gur'eva T.S., Sychev V.N., Dzhens G.** Izuchenie protsessa okostneniya skeleta verkhnikh i nizhnikh konechnostey embrionov yaponskogo perepela, razvivshikh-sya v usloviyakh kosmicheskogo poleta. Kosmicheskaya biologiya i aviakosmicheskaya meditsina, 1993, vol. 32, no. 3, pp. 38 – 41.
21. **Gur'eva T.S., Dadasheva O.A., Grigoryan E.N., Sychev V.N., Mednikova E.I., Lebedeva Z.N.** Osobennosti morfogeneza glaza u embrionov yaponskogo perepela, razvivshikh-sya v usloviyakh nevesomosti. Aviakosmicheskaya i ekologicheskaya meditsina, 2003, vol. 37, no. 6, pp. 50 – 55.
22. **Gur'eva T.S., Dadasheva O.A., Mednikova E.I., Dadasheva M.T., Sychev V.N.** Gistogenez vnutrennikh organov embrionov yaponskogo perepela, razvivshikh-sya v usloviyakh nevesomosti. Aviakosmicheskaya i ekologicheskaya meditsina, 2009, vol. 43, no. 6, pp. 8 – 13.
23. **Dadasheva O.A., Gur'eva T.S., Sychev V.N., Mednikova E.I., Filatova A.V., Komissarova D.V.** Osobennosti razvitiya spinного mozga u embrionov i ptentsov yaponskogo perepela v usloviyakh kosmicheskogo poleta. Aviakosmicheskaya i ekologicheskaya meditsina, 2013, vol. 47, no. 5, pp. 3 – 6.
24. **Komissarova D.V., Gur'eva T.S., Dadasheva O.A., Sychev V.N.** Gistogenez kostnoy i khryashchevoy tkani embrionov yaponskogo perepela v usloviyakh nevesomosti na rannikh stadiyakh razvitiya. Aviakosmicheskaya i ekologicheskaya meditsina, 2012, vol. 46, no. 5, pp. 64 – 67.
25. **Serova L.V., Denisova L.A., Apasnenko Z.I., Kuznetsova M.A., Meyerov E.S.** Reproduktivnaya funktsiya krysa-samtsov posle poleta na biosputnike "Kosmos-1129". Kosmicheskaya biologiya i aviakosmicheskaya meditsina, 1982, vol. 16, no. 5, pp. 62 – 65.
26. **Serova L.V.** Vliyaniye nevesomosti na reproduktivnuyu sistemu mleko-pitayushchikh. Kosmicheskaya biologiya i aviakosmicheskaya meditsina, 1989, vol. 23, no. 2, pp. 11 – 16.
27. **Serova L.V.** Adaptivnye vozmozhnosti mleko-pitayushchikh v usloviyakh nevesomosti. Aviakosmicheskaya i ekologicheskaya meditsina, 1996, vol. 30, no. 2, pp. 5 – 11.
28. **Merrill A.H. Jr., Wang E., Mullins R.E., Grindeland R.E., Popova I.A.** Analyses of plasma for metabolic and hormonal changes in rats flown aboard COSMOS 2044. Journal of applied physiology (Bethesda, Md.: 1985), 1992, vol. 73, 2 suppl, pp. 132S – 135S. DOI: 10.1152/jappl.1992.73.2.S132
29. **Amann R.P., Deaver D.R., Zirk B.R., Grills G.S., Sapp W.J., Veeramachaneni D.N., Clemens J.W., Banerjee S.D., Folmer J., Gruppi C.M., et al.** Effects of microgravity or simulated launch on testicular function in rats. Journal of applied physiology (Bethesda, Md.: 1985), 1992, vol. 73, 2 suppl, pp. 174S – 185S.
30. **Sapp W.J., Philpott D.E., Williams C.S., Williams J.W., Kato K., Miquel J.M., Serova L.** Comparative study of spermatogonial survival after x-ray exposure, high LET (HZE) irradiation or spaceflight. Advances in space research, 1992, vol. 12 (2 – 3), pp. 179 – 189.
31. **Masini M.A., Albi E., Barmo C., et al.** The impact of long-term exposure to space environment on adult mammalian organisms: a study on mouse thyroid and testis. PLoS One, 2012, no. 7, iss. 4, e35418. DOI: 10.1371/journal.pone.0035418
32. **Ogneva I.V., Usik M.A., Loktev S.S., Zhbankina Y.S., Biryukov N.S., Orlov O.I., Sychev V.N.** Testes and duct deferens of mice during space flight: cytoskeleton structure, sperm-specific proteins and epigenetic events. Scientific reports, 2019, vol. 9(1), p. 9730. DOI: 10.1038/s41598-019-46324-3
33. **Matsumura T., Noda T., Muratani M., Okada R., Yamane M., Isotani A., Kudo T., Takahashi S., Ikawa M.** Male mice, caged in the International Space Station for 35 days, sire healthy offspring. Scientific reports, 2019, vol. 9(1), p. 13733. DOI: 10.1038/s41598-019-50128-w
34. Ontogenesis of Mammals in Microgravity, NASA TM 103978, 1993.
35. **Serova L.V., Natochin Yu.V., Nosovskiy A.M., Shakhmatova E.I., Fast T.** Vliyaniye nevesomosti na sistemu mat' – plod (rezul'taty embriologicheskogo eksperimenta NIH-R1 na borte Space Shuttle). Aviakosmicheskaya i ekologicheskaya meditsina, 1996, vol. 30, no. 6, pp. 4 – 8.
36. **Savel'ev S.V., Serova L.V., Besova N.V., Nosovskiy A.M.** Vliyaniye nevesomosti na razvitie endokrinnoy sistemy krysa. Aviakosmicheskaya i ekologicheskaya meditsina, 1998, vol. 32, no. 2, pp. 31 – 36.
37. **Serova L.V.** Mikrogravitatsiya i razvitie mleko-pitayushchikh: problemy, rezul'taty, perspektivy. Aviakosmicheskaya i ekologicheskaya meditsina, 2001, vol. 35, no. 2, pp. 32 – 35.
38. **Wakayama S., Kamada Y., Yamanaka K., et al.** Healthy offspring from freeze-dried mouse spermatozoa held on the International Space Station for 9 months. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2017, vol. 114, no. 23, pp. 5988 – 5993. DOI: 10.1073/pnas.1701425114
39. **Lei X., Cao Y., Ma B., et al.** Development of mouse preimplantation embryos in space. National Science Review, 2020, vol. 7, iss. 9, pp. 1437 – 1446. DOI: 10.1093/nsr/nwaa062

© Огнева И.В., Гурьева Т.С., Сычев В.Н., Орлов О.И., 2021

История статьи:

Поступила в редакцию: 12.01.2021
Принята к публикации: 07.02.2021

Модератор: Гесс Л.А.

Конфликт интересов: отсутствует

Для цитирования:

Огнева И.В., Гурьева Т.С., Сычев В.Н., Орлов О.И. Эмбриологические исследования в космосе // Воздушно-космическая сфера. 2021. №1. С. 34 – 43.



NUTRITIONAL ISSUES ON INTERPLANETARY SPACE FLIGHTS

ВОПРОСЫ ПИТАНИЯ В МЕЖПЛАНЕТНЫХ КОСМИЧЕСКИХ ПОЛЕТАХ



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, IBMP RAS, Moscow, Russia, aagureev@imbp.ru

Александр Никитович АГУРЕЕВ,

кандидат медицинских наук, академик Российской академии космонавтики им. К. Э. Циолковского, действительный член Международной академии астронавтики – заведующий лабораторией, ГИЦ РФ – ИМБП РАН, Москва, Россия, aagureev@imbp.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 Department, IBMP RAS, Moscow, Russia, info@imbp.ru

Марк Самуилович БЕЛАКОВСКИЙ,

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

ABSTRACT | The article analyzes the effectiveness of using existing power supply systems for short-term flights on transport manned ships and for long-term flights on the International Space Station (ISS). The article presents the characteristics of products that are suitable for use in space flight conditions and are currently used to complete rations for feeding cosmonaut crews. The existing problems are considered and the main directions of work on creating power supply systems for interplanetary flights and on planetary bases are outlined.

Keywords: *manned space flights, cosmonaut nutrition, International Space Station, ration, nutritional status*

АННОТАЦИЯ | В статье проанализирована эффективность использования существующих систем обеспечения питанием при кратковременных полетах на транспортных пилотируемых кораблях и при выполнении долговременных полетов на Международной космической станции. Представлена характеристика продуктов, пригодных для использования в условиях космического полета, из которых в настоящее время комплектуются рационы питания экипажей. Рассмотрены существующие проблемы и обозначены основные направления работ по созданию систем обеспечения питанием при межпланетных полетах и на планетных базах.

Ключевые слова: *пилотируемые космические полеты, питание космонавтов, Международная космическая станция, рацион, пищевой статус*

ВВЕДЕНИЕ

Основными направлениями работ при создании систем обеспечения питанием (СОП) экипажей межпланетных пилотируемых транспортных кораблей является решение проблемных вопросов по разработке продуктов и рационов питания (РП). Рационы должны быть полноценными, сбалансированными по содержанию незаменимых пищевых веществ, способных обеспечить сохранение здоровья и работоспособности экипажей при воздействии на организм повышенных уровней ионизирующей радиации и других неблагоприятных факторов при полетах к Луне и в дальний космос.

Российские специалисты с 60-х годов прошлого века занимаются разработкой продуктов и рационов для питания в условиях космического полета [1]. Работы в этом направлении вызвали и вызывают большой интерес у наших иностранных коллег, что нашло отражение в проведении целого ряда совместных исследований.

Так, в ходе выполнения программ совместных космических полетов на орбитальных станциях «Салют-6», «Салют-7», «Мир» и Международной космической станции (МКС) при участии специалистов ГНЦ РФ — ИМБП РАН были разработаны и сертифицированы наборы национальных продуктов питания Франции, Болгарии, Монголии, Германии, Австрии, Италии, Казахстана, Малайзии и Республики Кореи.

С 1995 года началось сотрудничество со специалистами НАСА по созданию совместного российско-американского рациона питания, который использовался при выполнении программы «Мир» — «Шаттл» (18-я экспедиция

на ОС «Мир») и программы «Мир» — «НАСА» (21–25 экспедиции на ОС «Мир») [2].

Положительные результаты использования совместных российско-американских рационов на ОС «Мир» были положены в основу разработки РП для экипажей МКС [3, 4].

В дальнейшем к этим работам присоединились представители Европейского, Японского и Канадского космических агентств.

Совместные российско-американские рационы состояли на 50% из российских и на 50% из американских продуктов и использовались для питания членов экипажей с 1-й по 19-ю экспедиции на МКС [5].

С 20-й экспедиции, когда был достроен американский сегмент на МКС и численность экипажа увеличилась до шести человек, обеспечение питанием космонавтов и астронавтов стало отдельным. Однако контакты представителей всех космических агентств и обмен информацией по питанию членов экипажей МКС в рамках телеконференций происходят постоянно, ежемесячно.

Важным этапом в оценке рационов питания в межпланетных космических полетах явилось проведение модельного эксперимента в рамках проекта «Марс-500» в научно-экспериментальном комплексе (НЭК) ГНЦ РФ — ИМБП РАН при 520-суточной изоляции интернационального экипажа из шести человек (три россиянина, два представителя Европейского космического агентства — француз и итальянец — и китаец) [6, 7].

Одной из задач, решаемых при проведении этого эксперимента, являлась оценка применявшихся вариантов рационов длительной автономности из максимально подготовленных к употреблению продуктов с большими гарантийными сроками хранения. Это требование к отбираемым для комплектации рационов продуктам обусловлено тем, что в реальном межпланетном космическом полете условия для хранения продуктов и возможности технических средств для приготовления пищи на борту космического корабля будут весьма ограничены.

Разработанные для использования в данном эксперименте рационы по содержанию необходимых организму человека пищевых веществ соответствовали принятым физиологическим нормативам [8], отвечали рекомендациям Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), а также согласованным российско-американским нормам по пищевому составу рационов питания для экипажей МКС [9].

Разработкой продуктов и рационов для питания в условиях космического полета российские специалисты занимаются с 60-х годов прошлого века. Исследования в этом направлении вызвали и вызывают большой интерес у иностранных коллег, что нашло отражение в проведении целого ряда совместных исследований.



Космонавты Олег Котов, Михаил Корниенко и Александр Скворцов за обедом. 23 экспедиция МКС, 2010 г. (фото NASA)

Для питания испытателей-добровольцев были скомплектованы три варианта рационов:

первый — на время полета от Земли к Марсу (1–250-е сутки);

второй — при имитации высадки на поверхность планеты (251–270-е сутки);

третий — при возвращении на Землю (271–520-е сутки).

Для комплектации первого варианта были использованы 111 наименований продуктов девяти европейских и одной российской фирмы, в том числе 56 наименований замороженных полуфабрикатов готовых блюд.

Второй вариант состоял из 37 наименований продуктов, используемых для питания экипажей транспортного корабля «Союз».

Для комплектации третьего варианта использовали 131 наименование продуктов (96 — российских фирм, 16 — корейских национальных продуктов, 15 — итальянских фирм и 4 — предоставленных коллегами из Китая).

Принцип формирования третьего варианта рациона из продуктов разных российских и зарубежных фирм использован с учетом того, что экипаж испытателей-добровольцев интернационален. Также, по нашему мнению, интернациональным экипаж будет и в реальном межпланетном космическом полете.

В представленных фирмами-изготовителями сопроводительных документах на продукты имелись все необходимые сведения об их пищевом составе, микробиологической и токсикологической безопасности, гарантийных сроках и условиях хранения.

Для оценки пищевого статуса у испытателей-добровольцев ежедневно измерялась масса тела, периодически исследовались биохимические показатели, характеризующие динамику метаболических процессов в организме, проводилась оценка функционального состояния органов пищеварительной системы.

Данные мониторинга питания позволили сделать вывод, что используемые в эксперименте рационы по содержанию незаменимых пищевых компонентов и их соотношению способствовали на протяжении 520 суток сохранению здоровья испытателей и поддержанию достаточного уровня работоспособности [10].

На встрече специалистов по питанию с экипажем через 20 дней после окончания эксперимента испыталители в целом удовлетворительно оценили питание, а также высказали свои замечания и предложения [11].

Следующим этапом исследований медико-биологических рисков при длительных автономных пилотируемых межпланетных космических полетах и эксплуатации ор-

битальных станций и планетных баз является проект SIRIUS (Scientific Investigational Research In a Unique terrestrial Station / Научное международное исследование в уникальном наземном комплексе). Проект также осуществляется на базе НЭК ГНЦ РФ — ИМБП РАН, представляющего единственный в мире комплекс гермокамер с управляемой средой обитания, что позволяет провести исследования в условиях, максимально приближенных к реальным условиям длительной пилотируемой экспедиции [12].

Данный проект проводится в рамках совместного исследования ГНЦ РФ — ИМБП РАН и Human Research Program (HRP) NASA в кооперации с организациями-партнерами из разных стран для проведения клинико-физиологических исследований и оценки работоспособности человека при моделировании лунных миссий, а также уменьшения рисков при полетах в дальний космос.

Программа проекта SIRIUS предусматривает следующие этапы: 17-суточный эксперимент, 4-, 8- и 12-месячные эксперименты. В целом, программа проекта SIRIUS направлена на реализацию «Основ государственной политики Российской Федерации в области космической деятельности на период до 2030 года и дальнейшую перспективу» и является продолжением исследований, начатых в проекте «Марс-500».

В экспериментах каждого этапа планируется участие гендерно-смешанного международно-го экипажа, состоящего из шести добровольцев.

Первые два этапа программы — 17-дневная и 4-месячная изоляции — были успешно выполнены в 2017 и 2019 годах.



Проект SIRIUS также осуществляется на базе НЭК ГНЦ РФ-ИМБП РАН, представляющего единственный в мире комплекс гермокамер с управляемой средой обитания. Это позволяет провести исследования в условиях, максимально приближенных к реальным условиям длительной пилотируемой экспедиции.



Используемые в этих экспериментах рационы питания были максимально идентичны рационам для экипажей МКС и комплектовались в основном из продуктов российских производителей, а также нескольких зарубежных фирм.

По завершении проекта его результаты также будут использованы при разработке рационов питания для реальных межпланетных космических полетов.

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ ВАРИАНТОВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПИТАНИЕМ ЭКИПАЖЕЙ ТРАНСПОРТНЫХ КОСМИЧЕСКИХ КОРАБЛЕЙ И ОРБИТАЛЬНЫХ КОСМИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ. ИХ ПОЛОЖИТЕЛЬНЫЕ И ОТРИЦАТЕЛЬНЫЕ СТОРОНЫ

Система обеспечения питанием, или, иначе, пищевое звено системы жизнеобеспечения космических аппаратов, состоит из рационов питания; приспособлений для размещения и хранения продуктов (контейнеры, холодильник, стеллаж для размещения контейнеров); средств для приготовления пищи (электроподогреватель, блок подогрева и раздачи воды); средств для приема пищи (ложки, вилки, ножи, консервооткрыватели, приспособление для вскрытия туб); средств для сбора пищевых отходов (малые и большие герметичные мешки); средств для обработки столовых приборов (салфетки сухие и влажные) [13, 14].

По мере развития космонавтики и накопления опыта эксплуатации систем жизнеобеспечения пилотируемых космических аппаратов (ПКА) различного типа уточнялись принципы формирования систем обеспечения питанием и совершенствовались подходы к нему. Анализ данных литературных источников, результатов физиолого-гигиенических исследований в наземных модельных экспериментах и данных реальных полетов на космических кораблях и орбитальных станциях позволил сформулировать принципы формирования рационов питания в условиях длительных космических полетов, основные из которых могут быть представлены в следующем виде [15, 16]:

- рационы питания для экипажей космонавтов формируются на основе запасов заранее приготовленных на Земле продуктов и блюд, так как на сегодняшний день альтернативных вариантов не существует;



Пример российского завтрака /обеда на МКС. 39-я экспедиция, 2014 г.
(фото Роскосмос)

- разработка рационов питания в космическом полете должна производиться с учетом технических возможностей конкретного космического объекта и особенностей программы полета (продолжительность, предполагаемый уровень энергозатрат и т. д.);

- адекватность каждого вновь разработанного рациона питания потребностям организма космонавтов должна предварительно оцениваться в лабораторных исследованиях и модельных экспериментах;

- для обеспечения положительного эмоционального настроя и полноты потребления пищи членами экипажей формирование рационов питания необходимо производить с максимально возможным учетом индивидуальных вкусов и пищевых предпочтений космонавтов;

- для корректировки состава рациона питания или усовершенствования пищевого звена в целом необходимо осуществлять постоянный сбор и анализ замечаний и предложений космонавтов, высказываемых ими в период предполетной подготовки, в ходе полетов и после возвращения на Землю.

Одними из основных требований, которым должны отвечать продукты, используемые для питания в условиях космического полета, яв-

ляются сохранение исходных пищевых качеств и безопасность их употребления в течение длительного времени при хранении в условиях нерегулируемой температуры и влажности, а также простота в приготовлении пищи.

Наиболее полно этим требованиям отвечают стабилизированные различными способами продукты.

Самыми распространенными методами стабилизации продуктов питания являются тепловая стерилизация и обезвоживание методом сублимационной сушки (удаление влаги из продукта путем вымораживания под вакуумом).

Правильно подобранные режимы тепловой стерилизации позволяют добиться микробиологической безопасности продукта, но при этом происходит денатурация белка, приводящая к снижению его усвояемости. При этом также происходит разрушение большей части биологически активных веществ, к которым в первую очередь относятся витамины.

Метод сублимационной сушки продуктов является более щадящим и позволяет значительно снизить потери биологически активных веществ. Кроме того, в отличие от стерилизованных консервов, продукты сублимационной сушки имеют более длительные сроки хранения и не «приедаются». Этим определяется их

количественное преимущество в рационе питания космонавтов (до 65% по калорийности).

В настоящее время для экипажей транспортных кораблей «Союз» и российских членов экипажей на МКС рационы комплектуются из продуктов, специально разработанных для питания космонавтов (штатных продуктов). Кроме того, они комплектуются из продуктов промышленного производства, пригодных для питания в условиях космического полета и изготавливаемых на пищевых предприятиях, которые имеют необходимые условия для обеспечения безопасности выпускаемой продукции.

В настоящее время из имеющегося ассортимента продуктов формируются два варианта рационов для питания космонавтов.

1-й вариант РП — для экипажей транспортных кораблей «Союз» — комплектуется с учетом индивидуальных вкусовых предпочтений членов экипажа только из готовых к употреблению без подогрева «штатных» консервированных продуктов ограниченного ассортимента по 3-дневному циклу меню.

2-й вариант РП предназначен для экипажей длительных экспедиций на МКС. Продолжительность цикла меню этого рациона — 16 дней, и он состоит из двух частей: основной и дополнительной.

Основная часть рациона обеспечивает три приема пищи (завтрак, обед, ужин) и комплектуется из «штатных» продуктов и из продуктов промышленного производства без учета индивидуальных вкусовых предпочтений входящих в состав экипажей космонавтов.

Дополнительная часть предназначена для увеличения разнообразия питания и коррекции продуктового состава путем замены неприемлемых для данного космонавта продуктов в основной части рациона. Дополнительная часть формируется из наиболее предпочитаемых для космонавта «штатных» продуктов и продуктов промышленного производства. Входящие в состав дополнительных наборов продукты распределяются по основным приемам пищи. Также из них космонавт может сформировать четвертый прием пищи (перекус).

В результате выполненного анализа существующих вариантов обеспечения питанием российских членов экипажей транспортных космических кораблей и Международной космической станции установлено, что содержание основных компонентов питания и энергетическая ценность используемых РП находятся в пределах физиологических норм

и являются достаточными для покрытия реальных энерготрат и сохранения работоспособности в процессе полетов [5, 9, 17]. Это положительная сторона используемых вариантов РП.

Основными отрицательными моментами рассмотренных вариантов обеспечения космонавтов питанием являются:

- для РП транспортных космических кораблей — отсутствие возможности обеспечить прием горячей пищи, что ограничивает сроки использования этого варианта РП;
- для РП орбитальной станции — формирование основной части (70%) РП проводится без учета индивидуальных вкусовых предпочтений членов экипажей, что может приводить к разбалансированию поступления в организм питательных веществ и является причиной увеличения высказываемых космонавтами претензий к питанию.

ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ, ТРЕБУЮЩИЕ РЕШЕНИЯ ПРИ РАЗРАБОТКЕ СИСТЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПИТАНИЕМ ДЛЯ МЕЖПЛАНЕТНЫХ КОСМИЧЕСКИХ ПОЛЕТОВ

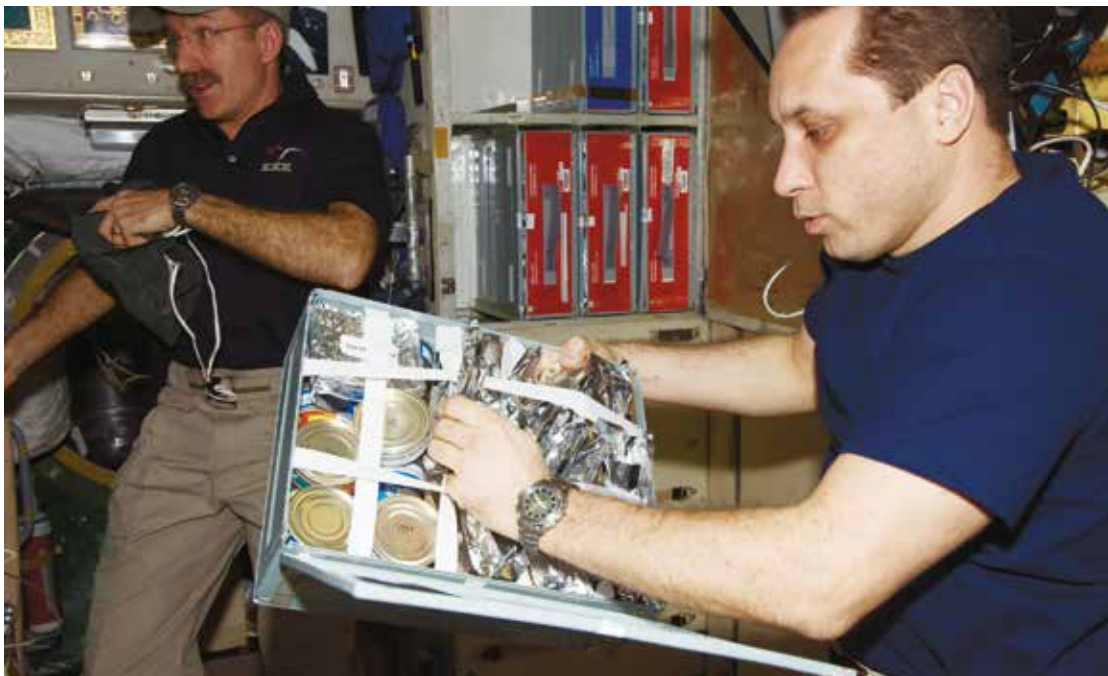
При разработке СОП для межпланетных космических кораблей должен соблюдаться принцип преемственности, когда при проектировании и компоновке новой системы используются хорошо зарекомендовавшие себя и усовершенствованные элементы СОП предыдущих орбитальных станций.

Условия межпланетных полетов определяют ряд дополнительных проблем, требующих решения в процессе создания СОП. К ним относятся, прежде всего, длительная автономность полета и высокие уровни ионизирующих излучений при прохождении радиационных поясов.

С отсутствием возможности периодического пополнения запасов во время межпланетного космического полета связаны особые требования к РП в целом и к входящим в их состав продуктам, а также к технологии их изготовления [18].

Основными из этих требований являются:

- минимальные габариты и масса;
- простота использования и хранения в космическом аппарате;
- удобство приема пищи и ее «неприедаемость» в течение длительного времени;
- минимальные затраты времени на приготовление блюд и возможность их использования как в горячем, так и в холодном виде;



Космонавт Антон Шкаплеров достаёт из контейнера продукты. На заднем плане виден астронавт Дэн Бёрбэнк (Dan Burbank). 30-я экспедиция МКС, 2012 г. (фото NASA)

- хорошая перевариваемость и усвояемость;
- микробиологическая безопасность в течение всего срока хранения в космическом объекте.

Кроме основного рациона на борту межпланетного корабля должен быть в наличии широкий спектр дополнительных наборов продуктов и специальных пищевых и пищевкусовых добавок. Они позволят вносить разнообразие в питание, осуществлять коррекцию пищевого состава РП в соответствии с изменяющимися потребностями организма на различных этапах космической экспедиции, обеспечивать нормальное функционирование желудочно-кишечного тракта, выделительной системы и других физиологических процессов в организме [19].

Существующий ассортимент продуктов, пригодных для питания в условиях космического полета, вполне достаточен для комплектования начальных вариантов рационов питания для экипажей пилотируемых транспортных кораблей нового поколения (ПТК НП) при полетах на Луну.

Необходимо учитывать, что практически вся продолжительность полета ПТК к Луне будет происходить в периоде острой адаптации к условиям невесомости, который, в зависимости от индивидуальных особенностей организма человека, длится от 2 до 8–10 суток.

В этом периоде значительно снижается физическая и психическая работоспособность космонавтов, отмечаются проявления «болезни движения», изменения функции пищеварения и состояния аппетита [20, 21].

Для минимизации проявлений болезни движения и сохранения работоспособности необходимо разработать и включить в состав рациона набор продуктов для периода острой адаптации. К таким продуктам относятся блюда жидкой или пюреобразной консистенции, горячие напитки (чай, кофе), фруктовые и ягодные соки с мякотью, творожные пасты с различными пюреобразными фруктово-ягодными добавками [22, 23].

Для обеспечения физиологически полноценного питания экипажей ПТК при выполнении длительных космических полетов технические элементы СОП должны быть дополнены блоком подогрева и раздачи воды. Это позволит значительно расширить ассортимент продуктов, используемых для комплектации рационов за счет продуктов сублимационной сушки, и создать физиологически полноценный рацион с первыми и вторыми горячими блюдами, а также фруктово-ягодными соками длительного хранения.

На транспортном корабле должна быть предусмотрена возможность размещения достаточ-

ного количества рационов питания, чтобы их хватило для полета к окололунной орбите, полетов вокруг Луны и возвращения на Землю.

Для обеспечения безопасности экипажей в межпланетных полетах при прохождении радиационных поясов необходимо разработать и ввести в состав рациона продукты, обладающие радиопротекторными свойствами, и биологически активные продукты, повышающие устойчивость организма к неблагоприятным воздействиям окружающей среды [24].

Основными принципами радиопротекторного питания являются:

- увеличение в рационе белков животного происхождения;
- включение в рацион блюд из бобовых культур, содержащих вещества, оказывающие радиопротекторное действие;
- для повышения активности антиоксидантной системы организма нужно увеличить в рационе содержание витаминов А, Е, С. При дефиците этих витаминов повышается радиочувствительность организма даже к малым дозам радиации;
- витамины — В1, В2, В6, пантотеновая кислота, биотин — способствуют потенцированию радиопротекторного эффекта других пищевых веществ;
- для стимуляции кроветворной системы, обладающей повышенной чувствительностью к ионизирующей радиации, в рационе должен быть обеспечен оптимальный минеральный состав, в первую очередь по содержанию железа, йода, калия, кальция;
- для профилактики поражения щитовидной железы необходимо введение в организм органического йода с пищей (морепродукты, морская капуста, морская рыба);

● большое радиопротекторное действие имеют пищевые волокна (неусвояемые углеводы), которые в кишечнике связывают радионуклиды и токсичные продукты радиолитиза и ускоряют их выведение из организма (морковь, свекла, яблоки, слива, абрикосы, сухофрукты, пищевые пшеничные отруби);

● обогащение рациона солями калия (сухофрукты: курага и изюм, белокочанная и цветная капуста, картофель, а также другие овощи и фрукты) и кальция (молочные продукты) способствует вытеснению из организма радионуклидов — цезия и стронция.

В комплексе мероприятий, направленных на повышение адаптационных возможностей организма в условиях космического полета и способствующих минимизации неблагоприятных изменений, весьма эффективным является использование продуктов питания, которые обладают профилактическими свойствами, так называемых функциональных продуктов [25, 26].

К функциональным относят продукты с повышенной биологической активностью и питательными свойствами, что определяет их профилактическую направленность [27, 28].

Включение в рацион питания функциональных продуктов может использоваться с целью повышению устойчивости организма к воздействию неблагоприятных факторов космического полета, а также для профилактики или снижения риска развития некоторых заболеваний [25].

Существуют две категории функциональных продуктов:

- продукты, которые естественным образом содержат биологически активные питательные вещества, полезные для здоровья. Эти вещества называют фотохимическими (растительными) веществами и, следовательно, многие растительные продукты можно рассматривать как функциональные, так как они богаты фотохимическими компонентами;
- продукты, в рецептуру которых вводится дополнительное количество биологически активных компонентов, чтобы увеличить количество питательных или фотохимических веществ по сравнению с обычным их содержанием в этом продукте.

Дополнительное введение функциональных продуктов в сбалансированные по содержанию основных пищевых веществ рационы будет способствовать адаптации организма к экстремальным условиям, что особенно актуально для длительных космических экспедиций.

**Опыт создания
быстрозамороженных готовых
блюд и организации цепочки холода
для их доставки на орбитальную
станцию отработав в России еще
при организации питания
шестой экспедиции на ОС «Мир».**



*Экипаж 120-суточного изоляционного проекта SIRIUS-19 за обедом. 2019 г.
(фото ИМБП)*

Одним из основных источников многих незаменимых и биологически активных пищевых веществ, участвующих в обменных процессах и способствующих нормальной жизнедеятельности организма, являются овощи, плоды, пряная зелень. Эти продукты являются основными поставщиками ряда витаминов, минеральных веществ, высокоценных углеводов, пектина, клетчатки, органических кислот, эфирных масел, фитонцидов и др. [29, 30].

Важное физиологическое свойство этих продуктов — усиление секреторной деятельности пищеварительных желез и желчеотделения. Они способствуют перевариваемости и усвоению составных частей пищи — белков, жиров и углеводов. Обладают профилактическим действием, повышают сопротивляемость организма к неблагоприятным воздействиям вредных физических и химических факторов окружающей среды [20, 31].

В то же время анализ продуктового состава штатного рациона питания космонавтов свидетельствует о том, что овощи и фрукты (в тех или иных количественных соотношениях) вводились в рецептуру с целью получения вкусного и питательного продукта, без четко определенной цели придать продукту конкретную профилактическую направленность.

Следует отметить, что в настоящее время продуктов с полифункциональными свойствами, которые могут быть использованы при межпланетных космических полетах, крайне мало.

Указанные свойства растительных продуктов являются убедительным обоснованием необходимости их широкого использования при создании продуктов направленного профилактического действия с целью включения их в состав РП для экипажей межпланетных космических кораблей и экипажей планетных станций.

Таким образом, разработка и включение в состав РП новых видов продуктов, обладающих радиопротекторными свойствами и лечебно-профилактическим действием, значительно расширит арсенал средств для защиты организма от ионизирующей радиации и для алиментарной коррекции метаболических процессов, а также для профилактики функциональных изменений, развивающихся в организме человека при воздействии экстремальных факторов при полетах к Луне и Марсу.

ПУТИ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ ПИТАНИЯ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ЛУННЫХ МИССИЙ

Для создания комфортных условий приготовления и приема пищи в обитаемом гермообъеме лунной базы должна быть организована зона питания с размещением в ней обеденного стола, СВЧ-печи, электрической плиты, хлебопекарного агрегата, системы регенерации воды из конденсата атмосферной влаги (СРВК) и электрочайников.

Для увеличения сроков хранения продуктов лунная база должна быть оснащена холодильниками.

Холодильник был неотъемлемой частью СОП на орбитальных станциях «Салют-6», «Салют-7» и ОС «Мир» и позволял увеличивать сроки хранения продуктов.

Для увеличения ассортимента продуктов на лунной базе необходимо разместить морозильные камеры для хранения полуфабрикатов готовых блюд.

Опыт создания быстрозамороженных готовых блюд и организации цепочки холода для их доставки на орбитальную станцию отработан в России при организации питания шестой экспедиции на ОС «Мир». К началу этой экспедиции на ОС были доставлены морозильная камера и набор из 13 наименований разработанных в НИИПП и СПТ и изготовленных на Бирюлевском экспериментальном заводе быстрозамороженных вторых обеденных блюд в металлических банках по 250 г.

Особой задачей является проведение исследований по разработке рационов питания для

экипажей лунной базы. На начальных этапах построения и эксплуатации лунной базы обеспечение членов экипажа питанием будет осуществляться из запасов, доставляемых с Земли продуктов со сроками хранения не менее трех лет. Основу запасов будут составлять консервированные продукты, продукты сублимационной сушки, продукты с промежуточной влажностью, кондитерские изделия, орехи. Овощи и фрукты будут только в консервированном или обезвоженном виде.

Затем (при наличии бортовой оранжереи) в рацион будут вводиться свежие растительные продукты и даже свежее выпеченный хлеб. Присутствие частичной гравитации на Луне позволит перерабатывать урожай оранжереи (например, перемалывать пшеницу в муку), а затем использовать его при приготовлении пищи для употребления экипажами [32].

Для выполнения работ на поверхности Луны (а затем и на Марсе) необходимо разработать специальные пищевые смеси для питания в скафандре.

Долгосрочные исследовательские планы колонизации Луны должны включать создание среды обитания на планетной лунной базе для длительного пребывания людей. Созданные места обитания на Луне будут использоваться для тестирования разрабатываемых СОП для ПТК НП, необходимых для осуществления полета на Марс.

Полеты к Марсу потребуют разработки продуктов со сроком годности от трех до пяти лет и учета возможности того, что растущий уровень радиации на пути к Марсу может со временем повлиять на пищевое содержание и качество продуктов.

При наличии бортовой оранжереи в рацион будут вводиться свежие растительные продукты и даже свежее выпеченный хлеб. Присутствие частичной гравитации на Луне позволит перерабатывать урожай оранжереи, а затем использовать его при приготовлении пищи для употребления экипажами.



Космонавт Сергей Рязанский демонстрирует набор российских продуктов питания на МКС. 52 / 53-я экспедиция, 2017 г. (фото Роскосмос)



Время обеда на Международной космической станции. Пять членов экипажа 60-й экспедиции МКС за обеденным столом в модуле «Звезда». 2019 г. (фото NASA)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для физиологически полноценного обеспечения питанием экипажей транспортных космических кораблей при реализации проекта колонизации Луны и полетов в дальний космос необходимо приступить к разработке:

- технического оборудования для модернизации системы обеспечения питанием на межпланетном пилотируемом космическом корабле и на орбитальной окололунной космической станции;
- продуктов для периода острой адаптации к условиям невесомости, способствующих повышению работоспособности и минимизации проявлений болезни движения;
- продуктов, обладающих радиопротекторными свойствами, и биологически активных продуктов, повышающих устойчивость организма к неблагоприятным воздействиям окружающей среды и снижающих риски развития некоторых заболеваний.
- технического оборудования для создания системы обеспечения питанием на лунной планетной базе;
- технологий изготовления нового ассортимента продуктов длительного (не менее трех лет) хранения;

Необходимо отметить, что работы по созданию рационов для питания космонавтов при межпланетных полетах реально начались в 2017 году.

Специалистами ГНЦ РФ — ИМБП РАН были разработаны медико-технические требования (МТТ) к базовому рациону питания для экипажей пилотируемого транспортного корабля нового поколения с включением в его состав продуктов, обладающих радиопротекторными и профилактическими свойствами.

Разработанные продукты питания с радиопротекторными и профилактическими свойствами проходят лабораторные исследования и оценку в модельных экспериментах с длительной изоляцией в ГНЦ РФ — ИМБП РАН

При положительной оценке в модельных наземных экспериментах разработанные продукты будут включаться в состав РП ТПК и орбитальных станций для проведения летных испытаний.

На основании летных испытаний будет производиться корректировка пищевого и продуктового составов РП.

Литература

1. **Ушаков А.С., Бычков В.П.** Вопросы питания в условиях космических полетов // Проблемы космической биологии. М., 1962. Т. 2. С. 48 – 53.
2. **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.
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. **Моруков Б.В., Суворов А.В., Белаковский М.С., Демин Е.П.** Программа «Марс-500» – основа для разработки системы медицинского обеспечения межпланетных пилотируемых космических программ // Материалы XLVII Научных чтений памяти К. Э. Циолковского. Калуга, 2012. С. 193 – 197.
7. **Belakovskiy M.S., Breus T.K., Voloshin O.V., Kuzmin R.O., Morukov B.V.** Manned Mars Exploration and Mars-500 Project. Manned Spaceflight (Chin). 2011. № 17. Pp.1 – 7.
8. **Нормы питания и физиологические потребности** // Вопросы питания. 1992. № 2. С. 2 – 15.
9. **Nutritional status assessment for extended duration space flight** Report No.: JSC-28566, Revision 1. Houston: Lyndon B. Johnson Space Center; 1999. 70 p.
10. **Патент РФ № 2426456.** Способ питания космонавтов, участвующих в наземном модельном эксперименте, имитирующем полет на Марс / Агуреев А.Н., Белаковский М.С., Моруков Б.В., Ушаков И.Б.; заявл. 31.08.2010, опубл. 20.08.2011.
11. **Белаковский М.С., Волошин О.В., Демин Е.П., Моруков Б.В.** Проект «Марс-500». Этап третий: завершение 520-суточной изоляции. М.: ИМБП, 2011. 15 с.
12. **Белаковский М.С., Волошин О.В., Суворов А.В.** Международный научный проект SIRIUS. Этап второй: SIRIUS-19. М.: ИМБП, 2019. 26 с.
13. **Бычков В.П.** Принципы создания пищевых звеньев в системах жизнеобеспечения экипажей космических кораблей // Проблемы космической биологии. М.: Наука, 1980. Т. 42: Санитарно-гигиенические и физиологические аспекты обитаемых космических кораблей. С. 214 – 264.
14. **Агуреев А.Н.** Система обеспечения космических экипажей питанием // Космическая медицина и биология. Воронеж: Научная книга, 2013. С. 94 – 110.
15. **Агуреев А.Н., Бычков В.П., Каландаров С.** Физиолого-гигиеническая оценка рационов питания экипажей орбитальной станции «Мир» // Авиакосмическая и экологическая медицина. 1994. № 5. С. 8 – 12.
16. **Агуреев А.Н., Каландаров С., Сегаль Д.Э.** Гигиеническая оценка рационов питания в экспериментах с длительной изоляцией // Авиакосмическая и экологическая медицина. 1997. № 4. С. 7 – 11.
17. **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.
18. **Агуреев А.Н.** Медико-технические аспекты питания в космическом полете // Совершенствование техники, технологии и организации производства продуктов, пайков и рационов. М., 1989. Вып. IV. С. 290 – 294.
19. **Агуреев А.Н., Каландаров С.** Пути создания системы обеспечения питанием экипажа марсианской экспедиции // Авиакосмическая и экологическая медицина. 2003. № 5. С. 60 – 63.
20. **Смирнов К.В., Уголев А.М.** Космическая гастроэнтерология. М.: Наука, 1981. 277 с.
21. **Григорьев А.И., Егоров А.Д., Потапов А.Н.** Некоторые медицинские проблемы пилотируемых марсианских экспедиций // Авиакосмическая и экологическая медицина. 2000. № 3. С. 6 – 12.
22. **Бычков В.А., Каландаров С., Агуреев А.Н. и др.** Питание экипажей орбитальной станции «Салют-7» // Космическая биология и авиакосмическая медицина. 1989. № 4. С. 9 – 14.
23. **Агуреев А.Н., Каландаров С., Сегаль Д.Э.** Оптимизация питания космонавтов в период острой адаптации и на заключительном этапе полета // Авиакосмическая и экологическая медицина. 1997. № 6. С. 47 – 51.
24. **Добровольский В.Ф., Агуреев А.Н.** Медико-технические требования к базовому рациону питания экипажа пилотируемого транспортного корабля нового поколения и продуктам, обладающим радиопротекторными свойствами // Индустрия питания. 2018. Т. 3. № 2. С. 4 – 8.
25. **Агуреев А.Н., Бычков В.П., Каландаров С. и др.** Возможность использования алиментарных средств для коррекции метаболизма у человека при нервно-эмоциональных нагрузках // Авиакосмическая и экологическая медицина. 1996. № 1. С. 26 – 32.
26. **Агуреев А.Н., Бычков В.П., Каландаров С.** Питание космонавтов в длительных полетах // Актуальные вопросы медицинского обеспечения полетов. М.: РИО РМАПО, 1994. С. 19 – 20.
27. **Беркетова Л.В.** Биологически активные добавки – источники пищевых волокон // Пищевая промышленность. 2003. № 6. С. 80 – 82.
28. **Брехман И.** Биологически активные вещества в пищевых продуктах. М.: Наука, 1980. 134 с.
29. **Доценко В.А.** Овощи и плоды в питании и лечении. СПб.: Лениздат, 1993. 333 с.
30. **Пашенко Л.Л., Жаркова И.М. и др.** Биологически активные добавки в питании человека // Пищевая промышленность. 2002. № 8. С. 72 – 73.
31. **Балаховский И.С., Наточин Ю.В.** Обмен веществ в экстремальных условиях космического полета и при его имитации. Т. 22. М., 1973. 212 с.
32. **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.

References

1. **Ushakov A.S., Bychkov V.P.** Voprosy pitaniya v usloviyakh kosmicheskikh poletov. Problemy kosmicheskoy biologii. Moscow, 1962, vol. 2, pp. 48 – 53.
2. **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.
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. **Morukov B.V., Suvorov A.V., Belakovskiy M.S., Demin E.P.** Programma "Mars-500" – osnova dlya razrabotki sistemy meditsinskogo obespecheniya mezhplanetnykh pilotiruemykh kosmicheskikh programm. Materialy XLVII Nauchnykh chteniy pamyati K. E. Tsiolkovskogo. Kaluga, 2012, pp. 193 – 197.
7. **Belakovskiy M.S., Breus T.K., Voloshin O.V., Kuzmin R.O., Morukov B.V.** Manned Mars Exploration and Mars-500 Project. Manned Spaceflight (Chin), 2011, no. 17, pp. 1 – 7.
8. Normy pitaniya i fiziologicheskie potrebnosti. Voprosy pitaniya, 1992, no. 2, pp. 2 – 15.
9. Nutritional status assessment for extended duration space flight Report No.: JSC-28566, Revision 1. Houston: Lyndon B. Johnson Space Center; 1999. 70 p.
10. **Agureev A.N., Belakovskiy M.S., Morukov B.V., Ushakov I.B.** Sposob pitaniya kosmonavtov, uchastvuyushchikh v nazemnom model'nom eksperimente, imitiruyushchem polet na Mars. Patent RF no. 2426456 (2010).
11. **Belakovskiy M.S., Voloshin O.V., Demin E.P., Morukov B.V.** Proekt "Mars-500". Etap trety: zavershenie 520-sutochnoy izolyatsii. Moscow, IMBP, 2011. 15 p.
12. **Belakovskiy M.S., Voloshin O.V., Suvorov A.V.** Mezhdunarodnyy nauchnyy proekt SIRIUS. Etap vtoroy: SIRIUS-19. Moscow, IMBP, 2019. 26 p.
13. **Bychkov V.P.** Printsipy sozdaniya pishchevykh zven'ev v sistemakh zhizneobespecheniya ekipazhey kosmicheskikh korabley. Problemy kosmicheskoy biologii. Moscow, Nauka, 1980, vol. 42, pp. 214 – 264.
14. **Agureev A.N.** Sistema obespecheniya kosmicheskikh ekipazhey pitaniem. Kosmicheskaya meditsina i biologiya. Voronezh: Nauchnaya kniga, 2013, pp. 94 – 110.
15. **Agureev A.N., Bychkov V.P., Kalandarov S.** Fiziologo-gigienicheskaya otsenka ratsionov pitaniya ekipazhey orbital'noy stantsii "Mir". Aviakosmicheskaya i ekologicheskaya meditsina, 1994, no. 5, pp. 8 – 12.
16. **Agureev A.N., Kalandarov S., Segal' D.E.** Gigienicheskaya otsenka ratsionov pitaniya v eksperimentakh s dlitel'noy izolyatsiyey. Aviakosmicheskaya i ekologicheskaya meditsina, 1997, no. 4, pp. 7 – 11.
17. **Agureev A.N., Kalandarov S., Vasil'eva V.F. et al.** Pitanie ekipazhey dlitel'nykh ekspeditsiy na Mezhdunarodnoy kosmicheskoy stantsii. Aviakosmicheskaya i ekologicheskaya meditsina, 2004, no. 5, pp. 19– 23.
18. **Agureev A.N.** Mediko-tekhnikheskie aspekty pitaniya v kosmicheskoy poletе. Sovershenstvovanie tekhniki, tekhnologii i organizatsii proizvodstva produktov, paykov i ratsionov. Moscow, 1989, iss. IV, pp. 290 – 294.
19. **Agureev A.N., Kalandarov S.** Puti sozdaniya sistemy obespecheniya pitaniem ekipazha marsianskoy ekspeditsii. Aviakosmicheskaya i ekologicheskaya meditsina, 2003, no. 5, pp. 60 – 63.
20. **Smirnov K.V., Ugolev A.M.** Kosmicheskaya gastroenterologiya. Moscow, Nauka, 1981. 277 p.
21. **Grigor'ev A.I., Egorov A.D., Potapov A.N.** Nekotorye meditsinskie problemy pilotiruemykh mappsianskikh ekspeditsiy. Aviakosmicheskaya i ekologicheskaya meditsina, 2000. no. 3, pp. 6 – 12.
22. **Bychkov V.A., Kalandarov S., Agureev A.N. et al.** Pitanie ekipazhey orbital'noy stantsii "Salyut-7". Kosmicheskaya biologiya i aviakosmicheskaya meditsina, 1989, no. 4, pp. 9 – 14.
23. **Agureev A.N., Kalandarov S., Segal' D.E.** Optimizatsiya pitaniya kosmonavtov v period ostroy adaptatsii i na zaklyuchitel'nom etape poleta. Aviakosmicheskaya i ekologicheskaya meditsina, 1997, no. 6, pp. 47 – 51.
24. **Dobrovolskiy V.F., Agureev A.N.** Mediko-tekhnikheskie trebovaniya k bazovomu ratsionu pitaniya ekipazha pilotiruемого transportnogo korablya novogo pokoleniya i produktam, obladayushchim radioprotekturnymi svoystvami. Industriya pitaniya, 2018, vol. 3, no. 2, pp. 4 – 8.
25. **Agureev A.N., Bychkov V.P., Kalandarov S. et al.** Vozmozhnost' ispol'zovaniya alimentarnykh sredstv dlya korrektsii metabolizma u cheloveka pri nervno-emotsional'nykh nagruzkakh. Aviakosmicheskaya i ekologicheskaya meditsina, 1996, no. 1, pp. 26 – 32.
26. **Agureev A.N., Bychkov V.P., Kalandarov S.** Pitanie kosmonavtov v dlitel'nykh poletakh. Aktual'nye voprosy meditsinskogo obespecheniya poletov. Moscow, RIO RMAPO, 1994, pp. 19 – 20.
27. **Berketova L.V.** Biologicheskii aktivnyye dobavki – istochniki pishchevykh volokon. Pishchevaya promyshlennost', 2003, no. 6, pp. 80 – 82.
28. **Brekhman I.** Biologicheskii aktivnyye veshchestva v pishchevykh produktakh. Moscow, Nauka, 1980. 134 p.
29. **Dotsenko V.A.** Ovoshchi i plody v pitanii i lechenii. Saint Petersburg, Lenizdat, 1993. 333 p.
30. **Pashchenko L.L., Zharkova I.M. et al.** Biologicheskii aktivnyye dobavki v pitanii cheloveka. Pishchevaya promyshlennost', 2002, no. 8, pp. 72 – 73.
31. **Balakhovskiy I.S., Natochin Yu.V.** Obmen veshchestv v ekstremal'nykh usloviyakh kosmicheskogo poleta i pri ego imitatsii, vol. 22. Moscow, 1973. 212 p.
32. **Kryuchkov B.I., Usov V.M., Popova E.V.** Biotekhnikheskie sistemy zhizneobespecheniya dlya ekipazhey pilotiruemykh kosmicheskikh kompleksov. Vozdushno-kosmicheskaya sfera, 2020, no. 3, pp. 82 – 89.

© Агуреев А.Н., Белаковский М.С. 2021

История статьи:

Поступила в редакцию: 02.02.2021

Принята к публикации: 27.02.2021

Модератор: Гесс Л.А.

Конфликт интересов: отсутствует

Для цитирования:

Агуреев А.Н., Белаковский М.С. Вопросы питания в межпланетных космических полетах // Воздушно-космическая сфера. 2021. №1. С. 44 – 57.

FUNDAMENTAL IDEAS AND ACHIEVEMENTS OF HYDROGEN ENERGY IN THE SERVICE OF THE MOON'S INTERIOR DEVELOPMENT

Vyacheslav A. BOBIN,
*Doctor of Technical Sciences, Head of the
Department of the Institute for Problems
of Integrated Development of Subsoil
Resources of the Russian Academy of
Sciences, Moscow,
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 Eco-
nomic Society of Russia, Moscow,
annabobini@mail.ru*

ABSTRACT | The paper analyzes fundamental ideas and achievements of hydrogen energy, as well as the prospects for their use for the development of the Moon's interior. Special attention is paid to solving the problem of water extraction and further hydrogen and oxygen production by thermal decomposition or electrolysis. The paper also focuses on the use of hydrogen and oxygen as fuel for power plants, internal combustion engines, fuel cells and rocket engines. An assumption is made about the possible places of free hydrogen release on the surface of the Moon.

Keywords: *hydrogen energy, free hydrogen, hydrogen degassing, oxygen, thermal decomposition of water, electrolysis, regolith, rare earth metals*

*At all times and epochs
for people it was the highest
happiness to participate in
new discoveries*

Yu. A. Gagarin

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ИДЕИ И ДОСТИЖЕНИЯ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ – НА СЛУЖБУ ОСВОЕНИЯ НЕДР ЛУНЫ



Вячеслав Александрович БОБИН,
доктор технических наук, заведующий
отделом Института проблем комплексного
освоения недр РАН, Москва, Россия,
bobin_va@mail.ru



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

*Во все времена и эпохи
для людей было высшим
счастьем участвовать
в новых открытиях.*

Ю.А. Гагарин

АННОТАЦИЯ | В работе проведен анализ фундаментальных идей и достижений водородной энергетики, а также перспектив их использования для освоения недр Луны. Особое внимание уделено проблеме добычи воды и получения из нее методом термического распада или электролиза водорода и кислорода, а также использованию их в качестве топлива для электростанций, двигателей внутреннего сгорания, топливных элементов и ракетных двигателей. Выдвинуто предположение о возможных местах выхода свободного водорода на поверхность Луны.

Ключевые слова: водородная энергетика, свободный водород, водородная дегазация, кислород, термический распад воды, электролиз, реголит, редкоземельные металлы

Внешние условия для работы как человека, так и созданных им механизмов и машин при извлечении полезных ископаемых на Луне характеризуются колебаниями температуры в несколько сотен градусов, жестким рентгеновским и ультрафиолетовым излучением и абсолютным вакуумом, в котором мгновенно испаряется любая жидкость.

Полеты по программе «Аполлон» доказали, что астронавт в скафандре, защищенном 14 слоями специальных материалов, в состав которых входят нейлон, свинец, алюминий и синтетические полиэфирные волокна, способен, имея ранцевую систему жизнеобеспечения, работать более семи часов на поверхности Луны в условиях -200°C и повышенной радиации.

Скафандр позволяет астронавтам не только перемещаться по лунной поверхности, но и осуществлять необходимые технологические операции, такие как строительство лунных поселений, разведка полезных ископаемых, установка средств связи и навигации, монтаж различных технологических установок по извлечению из лунных горных пород в первую очередь воды, кислорода, водорода и других полезных ископаемых. И наиболее доступной горной породой для этого вида работ является реголит, покрывающий лунную поверхность слоем различной толщины.

В последнее время интерес к реголиту проявляется не только как к горной породе, содержащей полезные ископаемые, но и как к источнику воды. Понятно, что вода является ключевым веществом, без которого невозможно на жизнь не только на Луне, но и на Земле. Банально, но вода — это источник жизни, а кроме того, при ее термическом разложении или электролизе можно получать кислород для дыхания людей и растений, а в будущем — и для животных на Луне. И не только кислород, но и водород — основу водородной энергетики и перспективный компонент ракетного топлива. Он будет необходим для космопланов, обес-

печивающих полеты на окололунную и земную орбиты, а также полеты на Марс и другие планеты Солнечной системы.

Согласно новым представлениям о внутреннем строении Луны, которые развивают ученые Рени Вебер (Renee Weber) из NASA и Рафаэль Гарсиа (Raphael Garcia, Франция), она имеет свое раскаленное ядро, как и в случае Земли, состоящее главным образом из железа.

В то же время, согласно фундаментальным идеям профессора В. Н. Ларина о геохимических процессах, происходящих в глубинах Земли, водород при образовании планет Солнечной системы активно участвовал во всех физико-химических процессах в недрах планет, в том числе Луны и Земли. В твердом ядре он образовал гидриды, а в жидком внешнем ядре присутствовал в виде раствора в металле. При равновесных условиях гидриды устойчивы и не распадаются, однако при нарушении этих условий теряют водород, который диффундирует или фильтруется в верхние слои и выходит на поверхность по различным разломам в коре, что на Земле, например, проявляется в виде водородной дегазации [1].

Поэтому можно предположить, опираясь на идентичность строения Земли и ее естественного спутника, возраст формирования которых совпадает, что и на Луне следует искать места естественной водородной дегазации и именно там осуществлять добычу водорода без особо крупных материальных затрат.

Эти фундаментальные идеи гипотезы водородной дегазации являются теоретической базой для развития так называемой водородной энергетики, которая вследствие обострившихся экологических проблем настойчиво стремится потеснить углеродную энергетику, основанную на использовании природного метана, угля и нефти [2]. Многие наработки в этом направлении, без всякого сомнения, имеют реальную перспективу для прямого использования на Луне. К ним относятся, например, роторные двигатели внутреннего сгорания на водороде для лунных транспортных средств, водородные топливные элементы и мобильные электростанции на водороде типа Toshiba H₂One, которая обеспечивает мощность до 55 кВт при потреблении до 2,5 кубометра воды. Подобные электростанции могут работать в режиме замкнутого цикла, например совместно с установкой для самопроизвольного распада воды на водород и кислород при температуре более 1700°C . Такого значения температуры можно достигнуть на Луне при фокусировке солнечного света в одной точке с помощью линзы либо параболического зеркала. Уже сейчас швейцар-

Опираясь на идентичность строения Земли и ее естественного спутника, можно предположить, что и на Луне следует искать места естественной водородной дегазации и именно там осуществлять добычу водорода без особо крупных материальных затрат.



Рис. 1. Солнечная башня (Севилья, Испания)



Рис. 2. Toyota Mirai – современный водородный автомобиль

Исследования в области разработки роторных двигателей внутреннего сгорания, работающих на водороде, а также в области разработки водородных топливных элементов, которые в условиях значительных отрицательных температур эффективнее обычных аккумуляторов, являются перспективными для решения транспортной проблемы на Луне.

ская компания Clean Hydrogen Producers реализовала эту концепцию в виде установки производительностью 10 килограмм водорода в день за счет нагревания 100 литров воды до температуры 2200 °С при площади параболических зеркал 92 кв. м [3] (рис. 1).

Не меньшие перспективы для водородной энергетики на Луне возникают и при решении транспортной проблемы, которая является ключевой для исследования поверхности Луны, разведки полезных ископаемых, расширения ареала присутствия человека, а также для осуществления грузоперевозок. В этом отношении перспективными являются про-

водимые в настоящее время исследования в области разработки роторных двигателей внутреннего сгорания, работающих на водороде, а также в области разработки водородных топливных элементов, которые в условиях значительных отрицательных температур эффективнее обычных аккумуляторов. Уже сейчас японская компания Toyota создала конкурентный по сравнению с электромобилями водородный автомобиль, укомплектованный водородным топливным элементом и двумя баками для хранения водорода (70 МПа) общей емкостью 5 кг водорода, которого хватает на реальные 350–400 км пробега [3] (рис. 2).

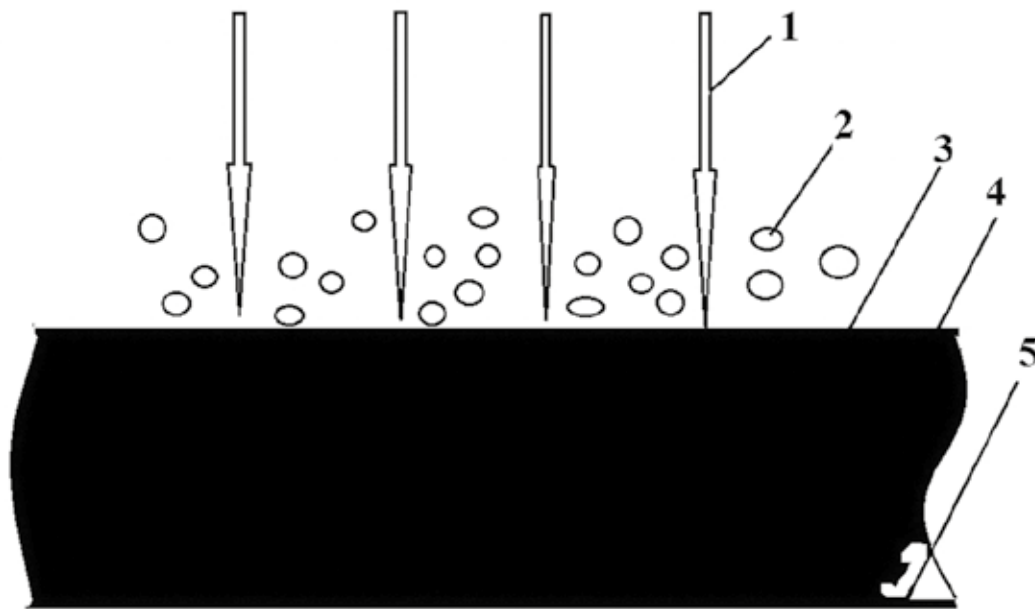


Рис. 3. Модель процесса термоэмиссии паров воды с поверхности слоя реголита (1 – поток солнечного света, 2 – пары воды, 3 – поверхность реголита, 4 – слой реголита, 5 – базальтовое основание)

Таким образом, перспективы использования достижений водородной энергетики для освоения недр Луны связаны, в первую очередь, с поиском на ее поверхности и в недрах источников воды, а также возможных источников водорода как следствия ее водородной дегазации и разработка технологий их добычи и извлечения. Сейчас основными районами, где сосредоточены, как предполагают, громадные запасы воды в виде льда, являются затененные полюса Луны (до 50 % по весу от всех запасов воды на Луне), а также области на обратной стороне Луны (до 20 % по весу от всех запасов воды). Не случайно готовящаяся к полету на Луну российская космическая станция «Луна-25» планирует совершить посадку именно в приполярной области — это делается для того, чтобы прояснить вопрос о нахождении там воды в замороженном состоянии при проведении криогенного бурения на глубину двух метров [4]. Этот факт был неоднократно подтвержден измерениями, которые осуществлены американскими космическими миссиями с использованием таких высоко технологичных приборов, как нейтронный спектрометр, масс-спектрометр для анализа химического состава атмосферы Луны в ультрафиолетовом и видимом диапазоне [5].

Одним из важнейших результатов, полученных в ходе этих исследований, был установ-

ленный факт того, что вся вода, обнаруженная в ходе этих измерений, была поднята с поверхности Луны и генерируется метеоритами массой около 0,15 грамма из так называемого водоносного слоя реголита, накрытого безводным слоем толщиной 8 см [5]. Однако, как показывают новейшие исследования атмосферы Луны, водяные пары в ней появляются не только при бомбардировке ее поверхности метеоритами, но и при простом нагревании ее солнечным светом [6].

В нашей работе представлены результаты фиксации молекул воды над поверхностью одного из крупнейших в видимом полушарии Луны кратера Клавий, находящегося не в полярной области. Поверхность кратера за счет солнечного излучения была нагрета до 135 °C.

Исследования проводились с помощью инфракрасного телескопа SOFIA, установленного борту самолета «Боинг-747SP», находившегося при измерениях на высоте до 13–14 километров над уровнем моря. Они свидетельствуют о том, что в одном грамме лунного грунта содержится, в зависимости от широтности места наблюдения, от 100 до 412 микрограммов воды, что в пересчете на одну тонну лунного грунта (реголита) составит в среднем 250 мл воды [6]. На первый взгляд, эта цифра незначительна, но если учесть, что на Луне этого грунта содер-

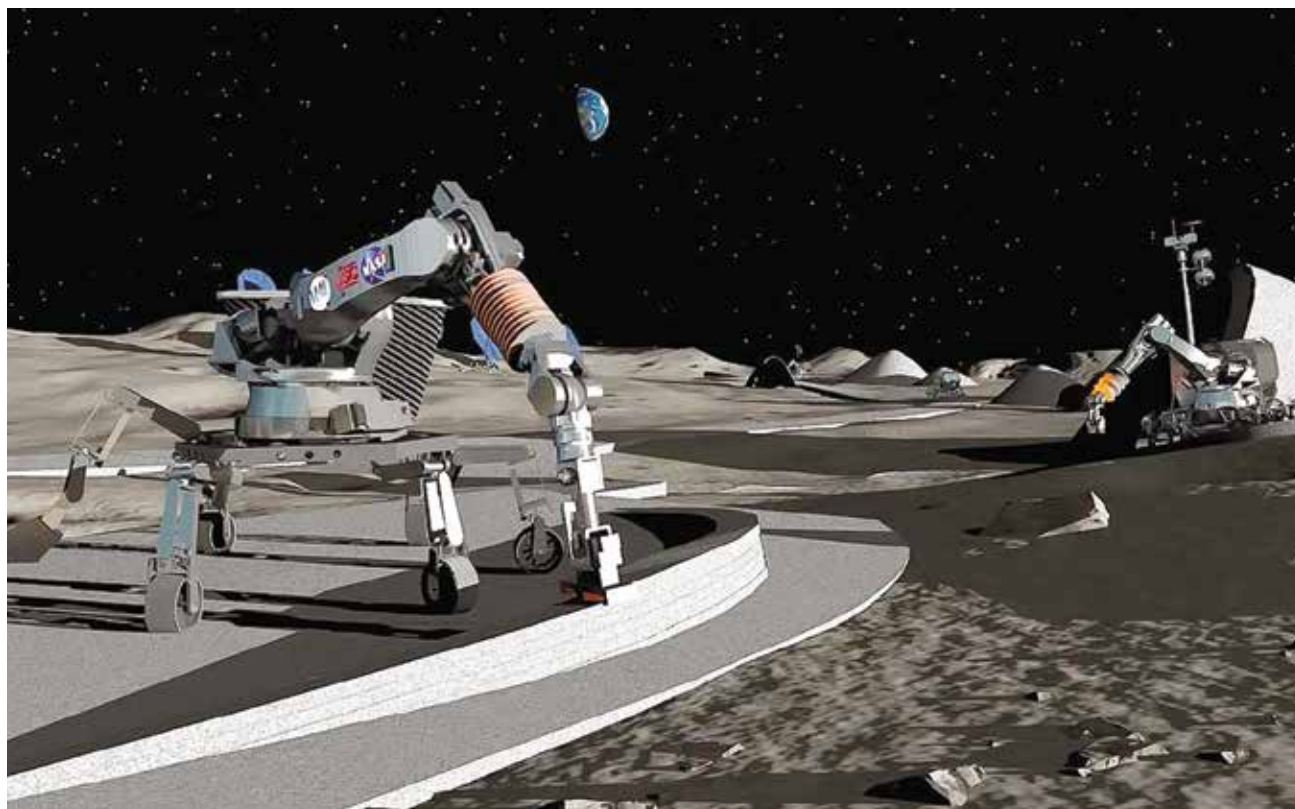
жится многие миллионы тонн, а сама планета существует в таком состоянии многие миллионы лет, запасы воды в ее недрах просто колоссальны (до 5 % от всех запасов воды на Луне). В связи с этим, может быть, землянам необязательно лететь на южный или северный затемненные полюса Луны, где космонавтов ожидают суровые температурные условия, а следует сосредоточиться на областях видимой с Земли поверхности ее естественного спутника.

Эти наблюдения и результаты воздействия солнечного света на реголит позволяют выдвинуть предположение, что отогретый солнечным потоком грунт передает тепло воде, замороженной в глубинах грунта, переводит ее в жидкое подвижное состояние. И при этом вода за счет нагрева и осмоса выходит на поверхность грунта, а в дальнейшем испаряется в вакууме над лунной поверхностью. Этот процесс во многом аналогичен процессу термоэмиссии электронов с поверхности нагретого катода: в наличии вещество, находящееся в объеме твердого тела, источник тепловой энергии, который сообщает веществу энергию, достаточную для его перевода в подвижное состояние с выходом на поверхность твердого тела и испарением в свободное пространство (рис. 3).

Количество испаряющейся воды и динамика ее выхода зависят как от количества поступающей на поверхность твердого тела энергии, так и от того, в каком состоянии в структуре твердого тела находилась вода: или в сорбированном в гранулах реголита, или в свободном замороженном состоянии в пространстве между его зернами. Естественно, что выход паров воды в окружающее безвоздушное пространство не означает того, что молекулы воды вообще покидают поверхность Луны и улетают в космос. Их выход происходит со скоростями пренебрежительно меньшими, чем скорость в 2,6 км/с (первая космическая скорость для Луны). Поэтому над поверхностью лунного грунта, как и над подогреваемым катодом в электронной лампе, формируется облако водяных частиц, которое непрерывно находится в процессе массообмена с грунтом, а при переходе поверхности в тень оседает в нем.

Поскольку длительность дня и ночи на Луне составляет около 14 земных суток, естественно, что процесс термоэмиссии паров воды над поверхностью лунного грунта будет иметь периодический характер.

Кратко это явление можно было бы назвать эффектом термоэмиссии паров воды из лунно-



го реголита под действием потока солнечной энергии.

Таким образом, для того чтобы испарить определенное количество воды, находящейся первоначально в одной тонне реголита, необходимо сообщить энергию, достаточную, во-первых, для нагревания этой массы до температуры плавления льда, во-вторых, для плавления этой массы, в-третьих, для нагревания образовавшейся жидкой воды до температуры кипения, а затем для ее испарения.

Энергетический баланс всего процесса имеет вид:

$$Q = (C_{\text{лед}} \cdot m + C_{\text{рез}} \cdot M) \cdot (t_n - t) + m \cdot C_{\text{пл}} + m \cdot C_{\text{вода}} \cdot (t_k - t_{\text{пл}}) + m \cdot C_{\text{пар}} \quad (1)$$

Для оценки величины этой световой энергии (Q) примем, что масса воды в 1 т реголита составляет в среднем $m = 0,25$ кг [6], масса реголита $M = 1000$ кг, температура реголита с находящимся в нем льдом на глубине 1 м составляет $t = -20$ °C, температура плавления льда $t_{\text{пл}} = 0$ °C, а температура кипения воды при низком атмосферном давлении составляет $t_k = 6,7$ °C, удельные теплоты парообразования и плавления составляют соответственно $C_{\text{пар}} = 2,6 \cdot 10^6$ Дж/кг и $C_{\text{пл}} = 330 \cdot 10^3$ Дж/кг. При этом удельные теплоты реголита, льда и воды составляют соответственно $C_{\text{рез}} = 720 - 770$ Дж/(кг·град), $C_{\text{лед}} = 2100$ Дж/(кг·град), $C_{\text{вода}} = 4183$ Дж/(кг·град). Подставляя в формулу (1) указанные выше величины, получим, что для реализации процесса термоэмиссии паров воды из лунного грунта необходима энергия равная $Q = 16,13 \cdot 10^6$ Дж.

При световом потоке, который достигает поверхности Луны, равно $\Phi = 1,39 \cdot 10^3$ Дж/(сек·м²) и коэффициенте поглощения солнечной энергии близком к единице, на 1 м² поверхности Луны за 4,1 часа поступят именно те самые $16,13 \cdot 10^6$ Дж, которые, согласно проведенным расчетам, были необходимы для реализации процесса термоэмиссии 0,25 кг льда, находящегося в 1 м³ лунного грунта. Для наглядности энергия $16,13$ МДж — это всего 4,5 кВт·часа, что в современном денежном выражении составляет всего 22,5 рубля или 0,2 \$.

Эти результаты помогут создать простую технологию получения водяных паров, а затем и кислорода с водородом за счет герметичных объемов, устанавливаемых на поверхности реголитовых насыпей, с прозрачными для прохождения солнечных лучей крышами. При этом извлечении воды из паров можно использовать, например, разработанный учеными Сингапура аэрогель [7], пропуская через него пары воды. Благодаря губчатой структуре

аэрогель не нужно сжимать, чтобы получить воду. Кроме того, для его работы не требуется аккумулятор. Получаемая при этом вода соответствует общепринятым для питьевой воды стандартам.

Этот простой способ извлечения паров воды из реголита, наряду с методами получения воды в приполярных областях Луны [8], позволит обеспечить селенавтов [13] не только водой, но и (после ее термического разложения с помощью бесплатной солнечной энергии) водородом — источником энергетических мощностей транспортных средств. Последнее необходимо для создания комфортных условий жизнедеятельности селенавтов, а также для реализации технологий добычи, переработки и обогащения полезных ископаемых, составляющих основу освоения недр Луны.

Среди первых претендентов на роль легкодоступных руд является, конечно, лежащий непосредственно на поверхности Луны реголит.

Как показывают многочисленные исследования реголита, проведенные на поверхности Луны и в земных лабораториях, в нем содержится еще масса редкоземельных металлов, многие из которых находятся в самородной форме, в том числе цирконий, барий, никель, иттрий и стронций в количестве от 0,1 до 0,02 %. В еще меньших количествах обнаружены ванадий, ниобий, кобальт, медь, рубидий и другие химические элементы. Кроме того, по данным российских исследователей [9], в реголите содержатся уникальные металлические соединения, не характерные для земных естественных условий (в виде оксидов железа, алюминия, титана, магния, натрия, калия и кальция), но являющиеся крайне интересными как конструкционные материалы, а также гелий-3, принесенный космическим ветром на безатмосферную планету [10]. Причем содержание этих полезных ископаемых зависит от того, в какой части Луны — «морской» или «материковой» — были взяты пробы лунного грунта.

Поэтому неслучайно 6 апреля 2020 года президент США подписал распоряжение, устанавливающее права США на добычу лунных ресурсов государственными и частными компаниями. В этой связи актуальным становится вопрос: какие именно полезные ископаемые, сосредоточенные в недрах Луны, на таком высоком уровне заинтересовали США? О серьезности намерений Соединенных Штатов свидетельствует и «Соглашение Артемиды», заключенное с ЕС, Канадой, Японией и ОАЭ. Однако ни Россия, ни Китай к участию в проекте не приглаша-



лись. Соглашение предусматривает создание на Луне вокруг будущих баз союзников так называемой зоны безопасности для «предотвращения ущерба или вмешательства со стороны стран-конкурентов и компаний». В нем также сформулирован порядок установления прав собственности на добытые на Луне ресурсы.

О серьезности намерений по освоению ресурсов Луны и астероидов свидетельствует и развернувшаяся в России на площадке МГУ «Диалог о настоящем и будущем» дискуссия «Космические кладовые Земли», в рамках которой обсуждались возможности добычи на Луне полезных ископаемых [11]. В ходе дискуссии, например, ведущий эксперт в области исследования Луны профессор В. А. Шевченко сообщил, что, по его оценкам, земных запасов золота, алмазов и цинка на Земле осталось всего

на 20 лет, платины, меди, никеля — на 40 лет, а они в первую очередь нужны промышленности. Именно Луна и околоземные астероиды при ближайшем рассмотрении и являются альтернативной «кладовой», в которой содержатся миллионы тонн железа, никеля, кобальта, платины и других металлов. Только за последние несколько лет астрономическими наблюдениями на Луне выявлены 222 новых кратера от упавших астероидов, четверть из которых, по мнению специалистов, состоит из редкоземельных металлов [5].

Кроме того, профессор В. А. Шевченко высказал гипотезу, что редкоземельные металлы, такие как золото, платина, никель, литий, появляются в поверхностном слое Луны благодаря, в частности, падению астероидов, которые богаты этими ресурсами. Подлетая к Луне

со скоростью меньше чем 12 км/с, часть астероидов полностью не испаряется в результате столкновения, и их остатки лежат в лунных кратерах.

Учитывая, что, например, рыночная стоимость лития составляет несколько тысяч долларов за один килограмм, вероятной и экономически выгодной становится простая доставка с поверхности Луны на Землю образцов редкоземельных металлов с последующей их обработкой. В результате на второй план отодвигается не только проблема формирования технологии переработки руд, содержащих редкоземельные металлы, на Луне (то есть проведения цикла хорошо проверенных на Земле горнорудных работ), но и планы по разработке и апробации дорогостоящей, трудоемкой и сложной технологии изменения орбиты астероида и приближения его к Земле. Последнее при нерасчетных ситуациях может привести к столкновению астероида с Землей.

Однако эта привлекательная гипотеза таковой и останется до тех пор, пока не появятся доказательства наличия редкоземельных металлов как в кратерах Луны, так и на самих околоземных астероидах. Уже в 2023 году, когда космический зонд OSIRIS-REx, запущенный NASA с Земли в сентябре 2016 года, возвратит образцы грунта, полученного с поверхности небольшого (в диаметре около 500 м) астероида Бенну, станет ясно, какие полезные вещества содержатся в этих пробах грунта.

«Ахиллесовой пятой», этой гипотезы, конечно, является экономическая целесообразность. Доктор И. Моисеев в своей статье в «Независимой газете — науке» напоминает, что доставка 1 кг лунного грунта по программе «Аполлон» стоила 397 млн долларов. При этом за шесть успешных полетов было привезено 378 кг лунного грунта. Таким образом, если бы все эти

образцы состояли из чистых редкоземельных металлов, самый дорогой из которых в настоящее время имеет рыночную стоимость порядка 30 тыс. долларов / кг, стоимость доставленных образцов составила бы всего 11,34 миллиона долларов, что является всего 2,8 % от суммы, затраченной на доставку с Луны 1 кг грунта.

Другими словами, чтобы компенсировать затраты на доставку 1 кг грунта в размере 397 млн долларов при цене редкоземельного металла в 30 тыс. долларов / кг, необходимо было бы транспортировать 13,23 т чистого металла, то есть совершить более 210 успешных полетов по маршруту Земля — Луна — Земля. Если же содержание редких металлов на астероидах или на Луне составит всего несколько первых процентов, проблема их доставки на Землю усложняется, по крайней мере, в 10 раз. Это свидетельствует о том, что ни тогда — в 1970-е годы, ни в ближайшем будущем такая технология не представляется возможной. Тем более для таких важных задач, как сооружение лунных баз и добыча металлов — титана, алюминия и железа, необходимых для создания космических аппаратов.

Таким образом, выше приведенные данные и расчеты показывают, что, хотя разработка традиционного рудного способа освоения недр Луны и является актуальной, в настоящее время и в ближайшем будущем она трудно реализуема без создания на поверхности Луны эффективных источников энергии.

И в этом смысле опирающаяся на фундаментальные идеи образования планет Солнечной системы и развития в их недрах геологических процессов, имеет безграничные перспективы роста производительных сил — вначале на Луне, а далее на других планетах.

Водородная энергетика, опирающаяся на фундаментальные идеи образования планет Солнечной системы и развития в их недрах геологических процессов, имеет безграничные перспективы роста производительных сил.

Литература

1. **Ларин В.Н.** Гипотеза изначально гидридной Земли (новая глобальная концепция). М.: Недра, 1975. 101 с.
2. **Голоскоков А.Н.** Критерии сравнения эффективности традиционных и альтернативных энергоресурсов // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». 2011. № 1. С. 285 – 299.
3. Водородные энергетические технологии: материалы семинара лаборатории ВЭТ ОИВТ РАН. М.: ОИВТ РАН, 2017. Вып. 1. 190 с.
4. **Казмерчук П.В., Мартынов М.Б., Москатиньев И.В., Сысоев В.К., Юдин А.Д.** Космический аппарат «Луна-25» – основа новых исследований луны // Вестник НПО им. С.А. Лавочкина. 2016. № 4 (34). С. 9 – 19.
5. **Benna M., Hurley D.M., Stubbs T.J., Mahaffy P.R. & Elphic R.C.** Lunar soil hydration constrained by exospheric water liberated by meteoroid impacts // Nature Geoscience. 2019. Vol. 12. Pp. 333 – 338. DOI: 10.1038/s41561-019-0345-3
6. **Honniball, C.I., Lucey, P.G., Li, S. et al.** (2021). Molecular water detected on the sunlit Moon by SOFIA // Nature Astronomy. Vol. 5. Pp. 121 – 127. <https://doi.org/10.1038/s41550-020-01222-x>
7. **Ольга Вашарина.** Ученые Сингапура разработали аэрогель для извлечения воды из воздуха [Электронный ресурс] // Новостной портал FBM.ru. 2021. 22 января. URL: https://fbm.ru/novosti/science/uchenye-iz-singapura-sozdali-ajerogel-prevrashhajushhij-vozduh-v-pitevuju-vodu.html?utm_source=yxnews&utm_medium=desktop (Дата обращения: 04.02.2021).
8. **Багров А.В., Леонов В.А.** Проблемы перехода от исследований Луны к ее освоению // Воздушно-космическая сфера. 2020. № 3. С. 22 – 33.
9. Лунный грунт из Моря Изобилия. Москва: Наука, 1974. 624 с.
10. **Weiblen P.W., Murawa M.J., and Reid K.J.** (1990) Preparation of simulants for lunar surface materials. Engineering, Construction and Operation in Space II, pp. 428 – 435, American Society of Civil Engineers, New York, NY.
11. **Шевченко В.В., Постнов К.А.** Космические кладовые Земли. Диалог о настоящем и будущем [Электронный ресурс] // Сайт МГУ им. М. В. Ломоносова. 2020. 07 мая. URL: <https://expert.msu.ru/space> (Дата обращения: 04.02.2021).
12. **Бобин А.В., Бобина В.А.** Гироскопические горные машины для освоения полезных ископаемых Луны и строительства на ней постоянных поселений // Воздушно-космическая сфера. 2019. № 2. С. 26 – 31.
13. **Бобин В.А., Бобина А.В.** Проект создания простейших поселений на этапе разведки недр Луны // Воздушно-космическая сфера. 2020. № 2. С. 54 – 61.
9. Lunnyj grunt iz Morja Izobilija. Moskva, Nauka, 1974. 624 p.
10. **Weiblen P.W., Murawa M.J., and Reid K.J.** (1990) Preparation of simulants for lunar surface materials. Engineering, Construction and Operation in Space II, pp. 428 – 435, American Society of Civil Engineers, New York, NY.
11. **Shevchenko V.V., Postnov K.A.** Kosmicheskie kladovyje Zemli. Dialog o nastojashhem i budushhem. Lomonosov Moscow State University. 2020. May 07. Available at: <https://expert.msu.ru/space> (Retrieval date: 04.02.2021).
12. **Bobin A.V., Bobina V.A.** Girokopieskie gornye mashiny dlja osvoenija poleznyh iskopaemyh Luny i stroitel'stva na nej postojannyh poselenij. Vozdushno-kosmicheskaja sfera, 2019, no. 2, pp. 26 – 31.
13. **Bobin V.A., Bobina A.V.** Proekt sozdanija prostejshih poselenij na jetape razvedki neдр Luny. Vozdushno-kosmicheskaja sfera, 2020, no. 2, pp. 54 – 61.

References

© Бобин В.А., Бобина А.В., 2021

История статьи:

Поступила в редакцию: 18.01.2021
Принята к публикации: 04.02.2021

Модератор: Плетнер К.В.

Конфликт интересов: отсутствует

Для цитирования:

Бобин В.А., Бобина А.В. Фундаментальные идеи и достижения водородной энергетики – на службу освоения недр Луны // Воздушно-космическая сфера. 2021. № 1. С. 58 – 67.

NEW APPROACH TO DETECTION C-BAND GROUND AND NAVAL RADARS

Kirill A. ZANIN,
Dr. Sci. (Tech), Leading Research Scientist,
Lavochkin Association, Moscow, Russia,
pc4a@laspace.ru

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

ABSTRACT | C-band military radars cause interferences to Sentinel-1 SAR satellite when it passes over their application area. Their interfering signals produce visible X marks in SAR satellite imagery. The article deals with new signal processing technique, first introduced by Israeli researcher, based on using these marks to detect and geolocate corresponding radars.

Keywords: *Sentinel-1 SAR satellite, C-band, detection and geolocation of military radars, X marks, interference lines, radar imagery*

НОВЫЙ ПОДХОД К ОБНАРУЖЕНИЮ НАЗЕМНЫХ И КОРАБЕЛЬНЫХ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ СИСТЕМ С-ДИАПАЗОНА



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



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

АННОТАЦИЯ | Военные радиолокационные системы С-диапазона создают помехи космическим аппаратам Sentinel-1 с радиолокатором с синтезированной апертурой во время прохождения над районом их применения. Их сигналы производят заметные Х-образные отметки на космических радиолокационных снимках.

В статье рассматривается новый способ обработки сигналов, впервые введенный израильским исследователем. Он основан на использовании этих отметок для обнаружения и местоопределения соответствующих радиолокационных систем.

Ключевые слова: КА Sentinel-1 с радиолокатором с синтезированной апертурой, С-диапазон, обнаружение и геолокация военных РЛС, Х-образные отметки, «помеховые полосы», радиолокационные изображения

ВВЕДЕНИЕ

В 2000-е годы космические аппараты с радиолокатором с синтезированной апертурой (КА РСА) становятся заметным фактором на рынке информационных услуг. В настоящее время на орбите функционирует ряд коммерческих КА РСА с различными специфическими возможностями. В отличие от США, Германии и Италии, где КА РСА ориентированы прежде всего на съемку континентальных районов с высоким разрешением в Х-диапазоне, в других европейских странах и в Канаде создавались КА РСА для слежения за морской обстановкой в С-диапазоне [1, 2]. С запуском КА РСА Sentinel-1, работающего в С-диапазоне на частоте 5,405 ГГц, положено начало открытому распространению радиолокационной информации (РЛИ). Информация с КА РСА Sentinel-1 ежесуточно сбрасывается на серверы Европейского космического агентства (ЕКА), где она становится доступной для любого пользователя на таких порталах, как Copernicus-SCIHUB, EO-Browser, Google Earth Engine.

КА РСА наряду с известными достоинствами имеют и недостатки, связанные с воздействием на качество и достоверность РЛИ различного рода помех, среди которых выделим радиопомехи от наземных и космических источников излучения (ИРИ), работающих в одном и том же с РСА диапазоне частот. Это обусловило проведение интенсивных исследований, направленных на борьбу с помехами РСА. Интенсификация этих исследований способствовал открытый доступ к РЛИ с КА РСА Sentinel-1.

Израильский исследователь установил, что мощные источники радиоизлучения, работающие в диапазоне частот РСА С-SAR космического аппарата Sentinel-1, порождают помехи-артефакты на радиолокационных изображениях, которые он использовал для обнаружения и геолокации военных радиолокационных систем.

В ходе таких исследований израильским специалистом в области ГИС-технологий Харелом Даном (Harel Dan) получены нетривиальные результаты. Им установлено, что мощные ИРИ, работающие в диапазоне частот РСА С-SAR КА Sentinel-1, порождают помехи-артефакты на радиолокационных изображениях, которые он использовал для обнаружения и геолокации военных РЛС, а также для оценки их активности в районах особого внимания (РОВ) в специфические периоды времени. Израильский исследователь при случайной некорректной регулировке уровня помех в РЛИ в среде Google Earth Engine обнаружил Х-образные отметки на изображениях по всему миру (рис. 1). Проведенный анализ привел его к выводу, что эти отметки – результат воздействия на РСА радиосигналов РЛС, работающих, как и РСА С-SAR, в С-диапазоне. Рабочая частота РСА С-SAR совпадает с диапазоном частот, используемым наземными и корабельными РЛС ПВО (5,250...5,850 ГГц). В частности, наибо-

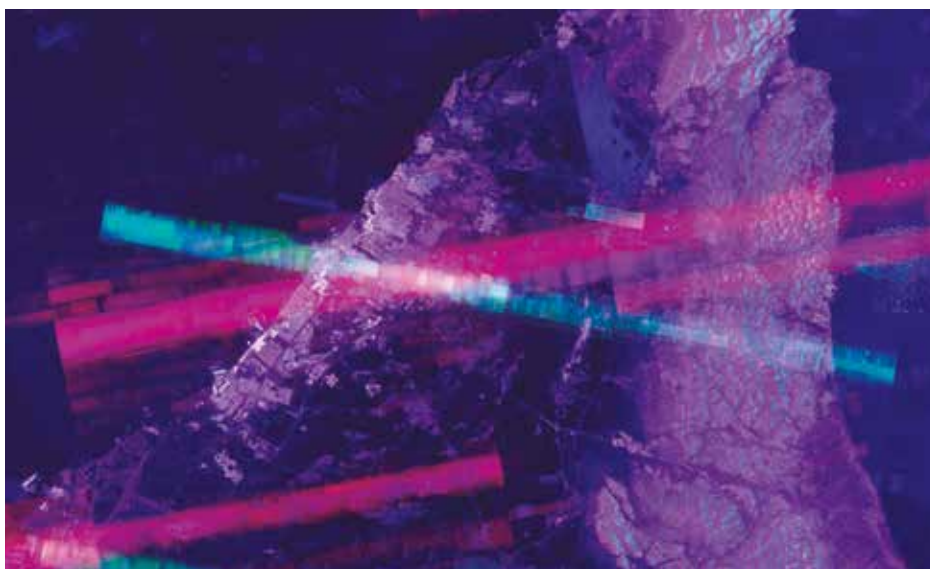


Рис. 1. Х-образная отметка, выявленная Харелом Даном на радиолокационном изображении в С-диапазоне (позиция ЗРК Patriot, Дубай)

Рис. 2. Батарея ЗРК Patriot на авиабазе Аль-Удейд, Катар: слева – X-образная отметка, полученная Харелом Даном; справа – снимок позиции ЗРК Patriot на этой авиабазе, полученный КА ОЭН

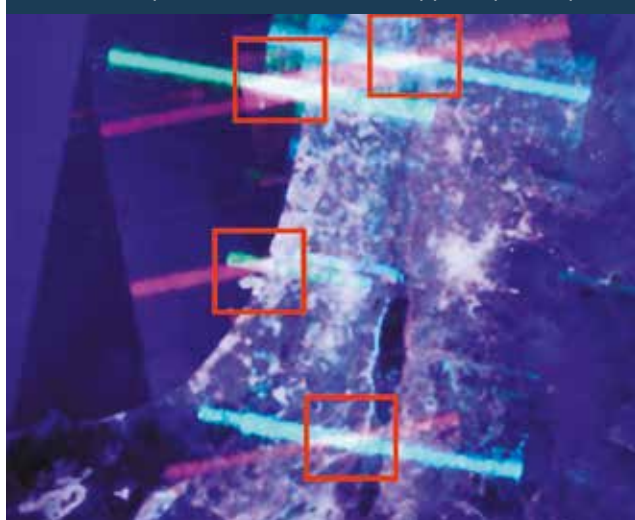


лее известными РЛС, работающими в С-диапазоне, являются РЛС AN/MPQ-53/65 из состава ЗРК Patriot. Харел Дан выдвинул гипотезу, что X-образные отметки на изображениях РСА C-SAR обусловлены воздействием сигналов этих РЛС [3]. В рамках своей гипотезы он проанализировал соответствие положения X-образных отметок и известных ему данных о местоположении ЗРК Patriot в Ближневосточном регионе на территории Катара, Бахрейна, Иордании, Кувейта, Саудовской Аравии. В подтверждение гипотезы израильский исследователь показал, что полученные им X-образные отметки на снимках РСА C-SAR однозначно совпадают с местоположением РЛС AN/MPQ-53/65 из состава ЗРК Patriot, данные о которых ранее были получены по снимкам КА ОЭН: на авиабазах Аль-Удейд в Катаре, Иса в Бахрейне, Аден в Йемене, Аль-Азрак в Иордании,

Али аль-Салем в Кувейте [3], а также на позиции ЗРК, прикрывающего Дубай [4]. Результат сопоставительного анализа, проведенного на примере ЗРК на авиабазе Аль-Удейд, см. на *рис. 2*.

X-образные отметки ложились и на израильскую территорию (они не были приведены Харелом Даном в связи с известными режимными ограничениями). Однако независимые исследователи установили четыре X-образные отметки, соответствующие размещению ЗРК Patriot, которые известны в Израиле под названием Yahalom (Diamond) и обеспечивают прикрытие ядерных объектов этой страны (*рис. 3*) [5].

Рис. 3. X-образные отметки на территории Израиля



«Помеховые полосы» имеют различные размеры, поляризацию и пространственное положение на земной поверхности, однако они всегда располагаются перпендикулярно направлению движения космического аппарата РСА. С использованием ПК 5 GIT можно получить информацию, необходимую для идентификации радиолокационной системы.

Эмпирически сформулированный Харелом Даном способ обнаружения и геолокации некоторых типов военных РЛС по открытым радиолокационным снимкам в С-диапазоне получил дальнейшее развитие. Специально для содействия исследователям, использующим описываемый способ, разработан программный комплекс (ПК) в среде Google Earth Engine, получивший название 5 GIT (5 GHz Interference Tracker). Такой инструмент предназначен для селекции сигналов мощных ИРИ, работающих на частотах, близких к рабочей частоте РСА C-SAR. Заинтересованный пользователь может ознакомиться с пособием по применению про-



Рис. 4. Пример применения ПК 5 GIT в среде Google Earth Engine (шведская береговая сеть РЛС STRIL)

граммного комплекса 5 GIT [6], а на сайте [7] можно посмотреть на результаты применения ПК 5 GIT в глобальном масштабе в среде Google Earth Engine (рис. 4, 5).

Применение ПК 5 GIT позволило установить, что радиолокационной системой из состава ЗРК Patriot не ограничивается перечень РЛС, формирующих «помеховые отметки» на снимках PCA C-SAR [4, 8, 9, 10]. Такие отметки также формируют сигналы: РЛС AN/SPS-67 (устанавливается на эсминцах УРО класса Arleigh Burke [8]); РЛС 96L6E (Cheese Board) и РЛС 96N2E (Grave Stone) из состава ЗРК С-300 и С-400 (типы РЛС приведены в американской классификации) [9]; РЛС из состава ЗРК HQ-9; РЛС STRIL из состава шведской береговой сети; РЛС EMPAR (SPY-790) (устанавливается на французских и итальянских фрегатах класса

Horizon [8]); РЛС KRONOS Grand (корабельный вариант РЛС EMPAR, устанавливается на французских и итальянских фрегатах класса FREMM [10]); японская корабельная РЛС FCS-3 (устанавливается на вертолетоносцах JS Hyuga (DDH-181), Izumo (DDH-180), а также на фрегатах класса Akizuki и Asahi [11]); китайские корабельные РЛС Type 381, 382, 346 [4] и ряд РЛС более ранних модификаций; РЛС на полигоне White Sands и ряд других американских и российских корабельных РЛС. Верификация указанных РЛС затруднена ввиду отсутствия у исследователей достоверных данных об их местоположении. Однако этот пробел легко устраним специалистами, располагающими соответствующими данными.

В ряде источников [12, 13, 14] отмечается, что помехи PCA C-SAR часто возникают при пролете

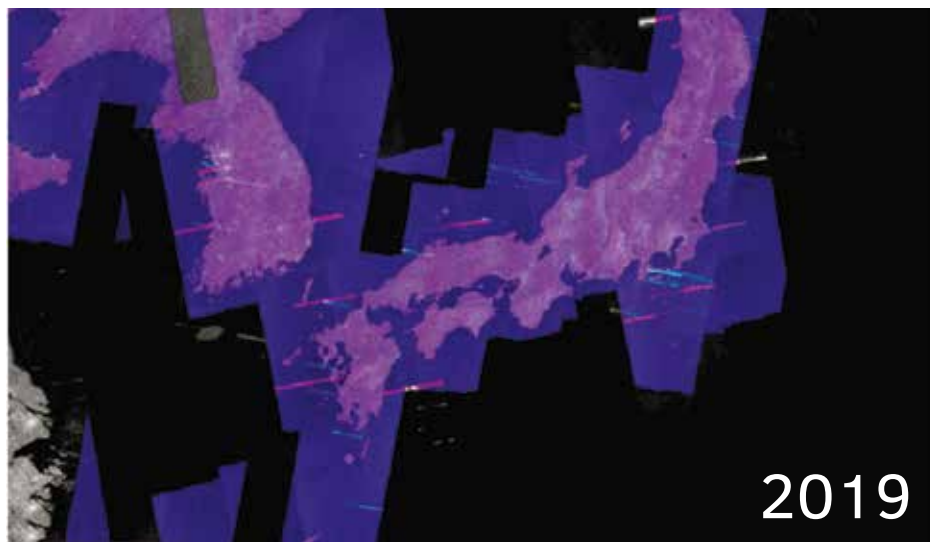


Рис. 5. Пример применения ПК 5 GIT в среде Google Earth Engine (РЛС C-диапазона в зоне Японского моря)

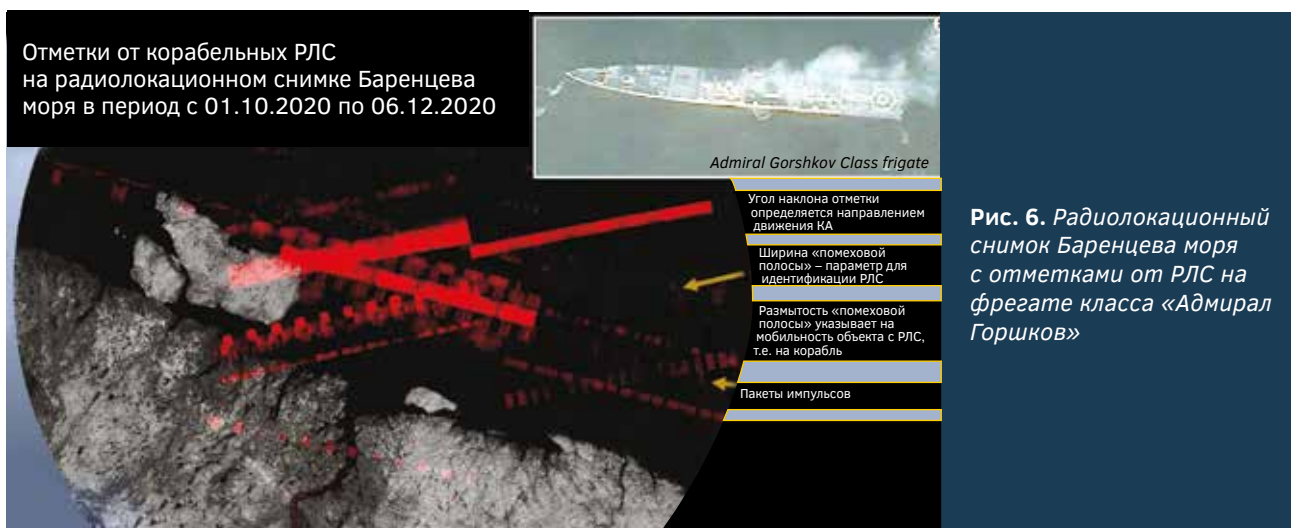


Рис. 6. Радиолокационный снимок Баренцева моря с отметками от РЛС на фрегате класса «Адмирал Горшков»

КА Sentinel-1 над Баренцевым морем. Полагают, что эти помехи исходят от непостоянно работающих РЛС. Так, с шестого ноября 2020 года в течение девяти дней на радиолокационных снимках появлялись отметки, похожие на отметки от РЛС, выявленные Харелом Даном. Эксперты связывают их появление с проведением учений боевых кораблей. В [13, 14] приведены снимки с Х-образными отметками над Баренцевым морем (рис. 6, 7), полученные КА PCA Sentinel-1. При этом отмечается, что по времени эти снимки совпадают с проведением ВМФ РФ серии ракетных испытаний. В то же время в другие периоды такие отметки отсутствовали. По характеру отметок на снимке на рис. 6 сделан вывод, что помеху создает подвижный объект в море, то есть корабль. Эксперты полагают, что эти помехи исхо-

дили от РЛС корвета класса «Адмирал Горшков». Приведенный пример трактуют как потенциальную возможность использования рассматриваемого способа мониторинга корабельных РЛС для оценки морской ситуации в российской арктической зоне.

Рассмотрим более детально информационные аспекты этого способа. Радиопомехи от мощных ИРИ проявляются в виде протяженных размытых полос, всегда перпендикулярных направлению движения КА PCA, а их наклон зависит от того, на каком витке – восходящем или нисходящем – они получены. При этом такие полосы, полученные при пролете КА PCA над конкретным ИРИ на восходящем и нисходящем витках, пересекаются под определенным углом, образуя Х-образные отметки. Применительно к стацио-

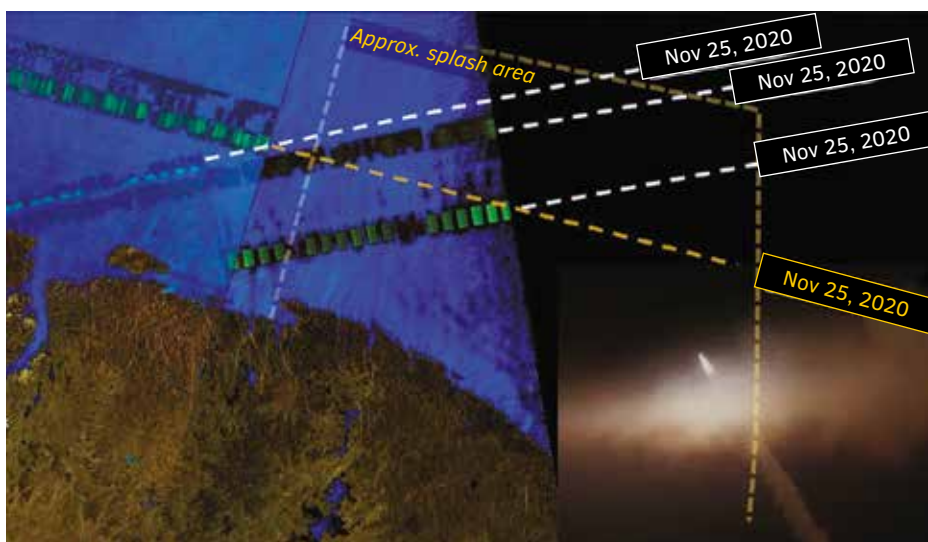


Рис. 7. Радиолокационный снимок Баренцева моря с отметками от корабельных РЛС в ходе испытаний ракеты «Циркон»

нарным и малоподвижным ИРИ формирование X-образных отметок может осуществляться в разнесенные периоды времени, соответствующие периодам работы ИРИ на излучение. Местоположение ИРИ соответствовало месту пересечения «помеховых полос».

«Помеховые полосы» имеют различные размеры, поляризацию и пространственное положение на земной поверхности, однако, как уже отмечалось, они всегда располагаются перпендикулярно направлению движения КА РСА. С использованием ПК 5 GIT можно получить информацию (ширину спектра помехи, период следования импульсов, частоту вращения антенны), необходимую для идентификации РЛС. Несмотря на невысокую достоверность результатов идентификации, по этим данным можно осуществлять наведение КА ОЭН с высоким разрешением для распознавания (идентификации) РЛС и / или ассоциированных с РЛС объектов интереса. При этом даже в случае невозможности получения X-образной отметки (например, для случая кратковременно работающих на излучение РЛС) может быть произведен поиск объекта интереса вдоль «помеховой полосы».

Развитие рассматриваемого подхода может осуществляться по следующим направлениям:

- теоретическое подтверждение процесса формирования «помеховых полос» на радиолокационных снимках под воздействием сигналов РЛС;
- определение диапазонов частот, где может быть применен подобный подход;
- установление зависимости между формой, шириной и размахом «помеховых полос» и мощ-

ностью и другими параметрами помехового сигнала, а также параметрами сканирования фазированной антенной решетки РСА;

- возможность выделения поэлементарных признаков для более достоверной идентификации РЛС.

Многообещающие теоретические исследования в этом направлении приведены в [15, 16, 17]. В [15] получены аналитические соотношения для моделирования результатов воздействия радиопомех в виде одиночных ЛЧМ-импульсов (линейная частотная модуляция) на формирование изображения в РСА. Показано, что помеха представляет собой двумерный ЛЧМ-сигнал-артефакт, который фиксируется на радиолокационном изображении в виде полосы, формируемой с ограничениями в пространстве наклонная дальность — азимут. Приведены соотношения для определения размеров «помеховой полосы» и положения ее центра, соответствующего местоположению источника помехового ЛЧМ-сигнала. В [17] представлен алгоритм автоматической идентификации помеховых артефактов на снимках РСА C-SAR в процессе их обработки с использованием ПК Machine Learning U-Net-Like CNN. Наряду с идентификацией радиопомех решается задача геолокации источника помех. Следует отметить, что полученные результаты положены также в основу эффективной фильтрации радиопомех на радиолокационных снимках.

Несмотря на то, что исследования в рассматриваемой области еще далеки от завершения, можно утверждать следующее:

- рассматриваемый подход обеспечивает в большинстве случаев местопределение источ-



Рис. 8. Радиолокационный снимок залива Сидра у побережья Ливии с отметками от корабельной РЛС EMPAR на фрегате класса Horizon

ников помеховых сигналов или, по крайней мере, локализацию района их расположения;

- имеется возможность вскрытия степени боевой готовности определенных объектов по частоте включения ассоциированных с ними РЛС, а в случае корабельных РЛС есть возможность отслеживать океанские и морские переходы, а также оценивать морскую обстановку и раскрывать морские операции, проводимые в зонах особого внимания в глобальном масштабе.

Объединение указанных выше данных с другими открытыми данными, получаемыми по снимкам коммерческих КА ОЭН, данных коммерческих КА РЭН типа HE 360, снимков и видеоинформации из социальных сетей дает возможность получения более детального представления об объектах интереса. Следует еще раз отметить, что в предельных случаях достаточно иметь «помеховую полосу» лишь на одном витке и использовать ее для наведения других средств воздушно-космического наблюдения, которые смогут сократить неопределенность и получить более точные и достоверные данные по идентификации и местоположению объектов интереса. Так, в [8] приведен пример, когда после нескольких месяцев отсутствия военной активности в заливе Сидра КА PCA Sentinel-1 зарегистрировал рассматриваемым способом отметки от корабельных РЛС. Наведение по этим данным КА ОЭН на соответствующую морскую зону позволило выявить шесть кораблей класса фрегат / корвет на переходе. В [8] приведены результаты мониторинга морской обстановки у побережья Ливии по помеховым отметкам PCA C-SAR. По данным, полученным с КА PCA Sentinel-1, осуществлялось наведение КА ОЭН Planet, по снимкам которого было установлено, что эти отметки соответствуют РЛС EMPAR, установленной на фрегате класса Horizon (рис. 8).

Следует отметить, что зачастую отсутствие точных данных по местоположению и идентификации объектов в рамках рассматриваемого подхода оказывается не столь важным, если по наличию «помеховой полосы» удастся получить беспрецедентный доступ к некоторым ранее недоступным данным по применению военных объектов [4].

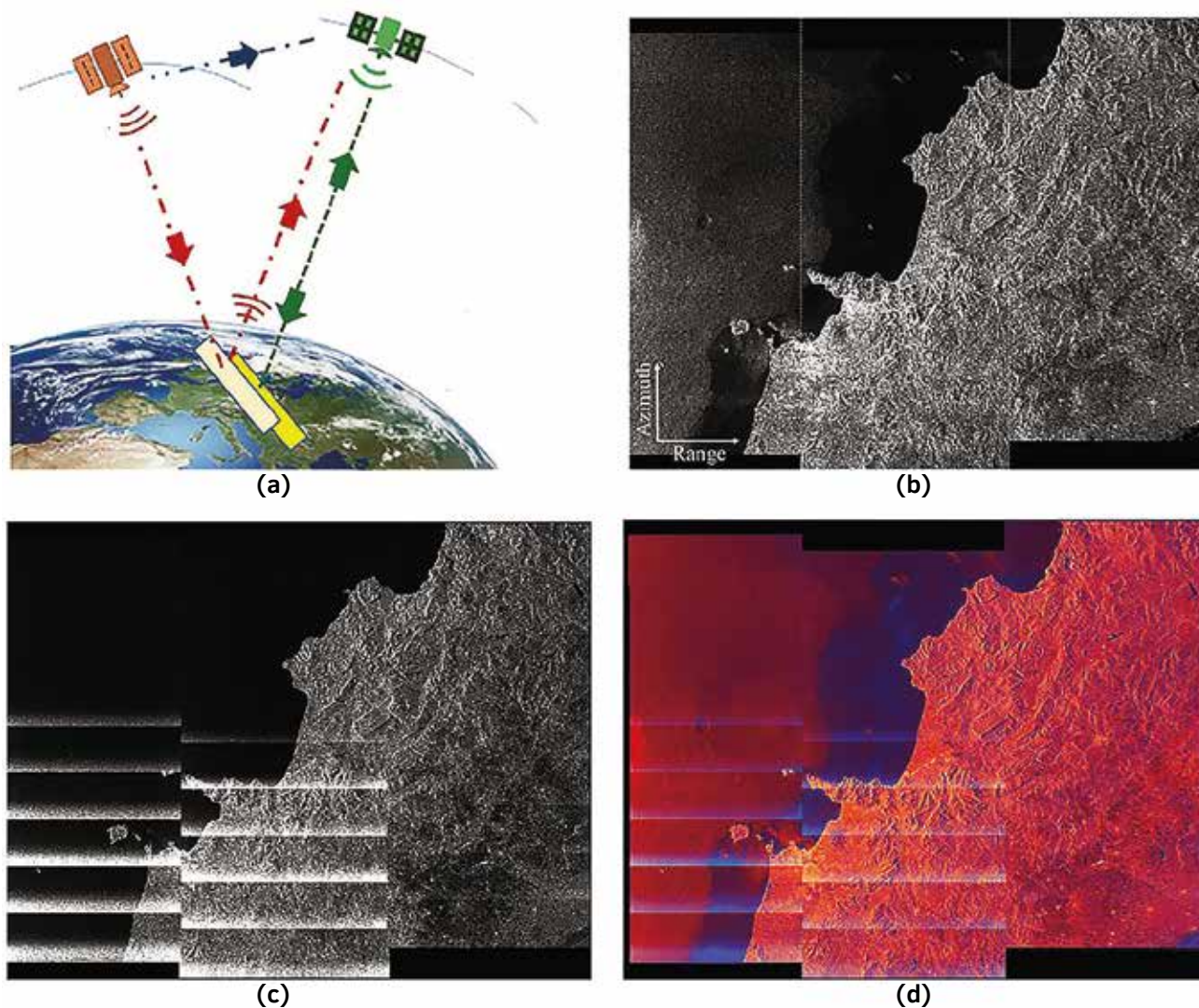
В итоге можно констатировать появление еще одного коммерческого источника оперативной информации, который может быть эффективно применен при мультиинформационном мониторинге военной деятельности разнородными средствами воздушно-космического базирования.

Наряду с помехами от наземных и корабельных РЛС подобные X-образные отметки на радиоло-

В предельных случаях достаточно иметь «помеховую полосу» лишь на одном витке и использовать ее для наведения других средств воздушно-космического наблюдения, которые позволяют получить более точные и достоверные данные по идентификации и местоположению объектов интереса.

кационных снимках PCA C-SAR имеют место и со стороны других КА PCA, функционирующих в С-диапазоне. Большинство КА PCA находится на примерно одинаковой орбите с разной высотой. В результате имеют место регулярные сближения этих КА с наложением их зон обзора (рис. 9). При работе их PCA в одном и том же диапазоне частот они могут создавать друг другу радиопомехи от отраженных сигналов, аналогичные рассмотренным выше применительно к наземным РЛС. В случае КА PCA Sentinel-1 такие ситуации сближения могут иметь место с КА PCA Radarsat, Radarsat-2, Gaofen-3. Анализ этих ситуаций показал, что точки (области) сближения двух КА PCA равномерно распределены во времени и пространстве. Поэтому, зафиксировав время и место одного рассматриваемого случая сближения, можно автоматически прогнозировать последующие случаи. Сближение пары КА PCA может случиться на разной широте в зависимости от их положения на орбите и параметров орбиты. Количество и пространственная конфигурация точек сближения пары КА PCA определяется циклами повторяемости их орбит. Положение таких сближений зависит от начального сдвига по фазе этих КА на орбите, а также от различия в положении подспутниковых трасс и времени прохождения восходящего узла. Цикл повторяемости орбиты КА – характеристика, используемая при оценке условий формирования требуемой пространственной базы измерений в системах КА PCA, реализующих интерферометрический режим радиолокационной съемки. Условия сближения пары КА PCA в рассматриваемом случае имеют сходство с условиями реализации интерферометрической съемки. Поэтому цикл повторяемости орбиты и в этом случае играет определяющую роль. В [16] проведен детальный анализ условий сближения КА PCA Sentinel-1 и КА PCA Radarsat-1, 2, приводящих к потенциальной угрозе создания взаимных помех (условно назовем их «помеховыми сближениями»).

Рис. 9. Отметки от межспутниковых помех: а – схема «помехового сближения» пары КА РСА; б – снимок КА PCA Sentinel-1; с, d – «помеховые полосы» от межспутниковых помех



Цикл повторения орбиты КА PCA Radarsat-2 составляет 343 суточных витка (СВ) в течение 24 суток, а для КА PCA Sentinel-1 – 175 СВ в течение 12 суток. В результате КА PCA Sentinel-1 каждые 24 суток совершает на семь СВ больше, чем КА PCA Radarsat-2. Это приводит к тому, что каждые 24 суток происходит семь их «помеховых сближений» или одно сближение каждые 3,43857 суток. За это время КА PCA Sentinel-1 совершает 50 СВ, а КА PCA Radarsat-2 – 49 СВ. Из этого следует, что все семь «помеховых сближений» имеют место в одной и той же точке орбиты при одном и том же аргументе широты и на одной и той же широте. Цикл повторения орбиты КА PCA Radarsat со-

ставляет 179 СВ в течение 12 суток, то есть каждые 12 суток он совершает на четыре СВ больше, чем КА PCA Sentinel-1. Поэтому их «помеховое сближение» имеет место четыре раза каждые 12 суток или один раз каждые трое суток. За трое суток КА PCA Sentinel-1 совершает $43\frac{3}{4}$ СВ, а КА PCA Radarsat – $44\frac{3}{4}$ СВ. Вследствие этого упомянутые четыре «помеховых сближения» имеют место в четырех разных точках орбиты, разнесенных на -90 градусов по аргументу широты на четырех разных широтах. Для орбитальной группировки из двух КА PCA Sentinel-1 и трех КА PCA Radarsat каждые 12 суток имеет место 24 «помеховых сближения», то есть один раз каждые 12 часов.

Возможность межспутниковых помех при радиолокационной съемке в ряде случаев может вносить неопределенность в решение задачи обнаружения и геолокации РЛС по помеховым артефактам на радиолокационных снимках. Это может иметь место в критически важных ситуациях, когда операторы КА РСА и их пользователи решают задачу по мониторингу районов (зон) особого внимания, требующих высокой частоты съемки, но при этом два КА РСА оказываются над этим районом в состоянии «помехового сближения».

Несмотря на исключительный характер подобной ситуации надо иметь в виду, что по мере роста количества КА РСА на орбите будет расти и количество их «помеховых сближений» и расширяться география соответствующих районов, где могут возникнуть межспутниковые помехи. Рассмотренная выше методика оценки условий возникновения «помеховых сближений» КА РСА позволяет не только осуществлять их прогнозирование, но и за счет существующих способов управления КА, рассмотренных в [16], менять их положение на орбите, обеспечивая разнесение своего КА РСА по времени и пространству с «мешающим» КА РСА.

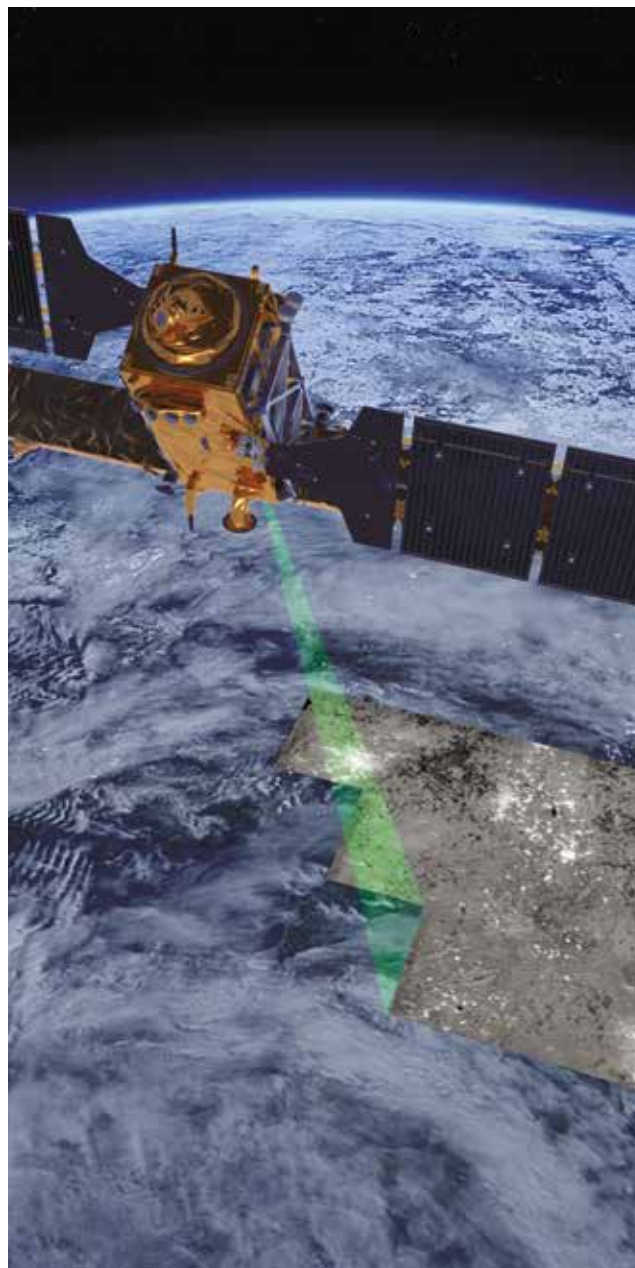
ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Отметим, что КА РСА Sentinel-1 является мощным источником открытой информации, которая непосредственно не представляет оперативного интереса вследствие низкого разрешения и используется в основном для научных исследований. Однако способ обнаружения и геолокации военных РЛС, установленный Харелом Даноном и развиваемый другими исследователями, порождает новые реалии в связи со свободным доступом к РЛИ, особенно в сфере, чувствительной к информации, которую закрывают государственные структуры.

Применение рассмотренного способа мониторинга наземных и корабельных РЛС по артефактам радиопомех, обусловленных попаданием их зондирующих сигналов в приемный тракт РСА, не ограничивается только С-диапазоном. В перспективе можно ожидать его применение и в Х-диапазоне. Это обусловлено, с одной стороны, массированным созданием и применением КА РСА Х-диапазона [1, 2], а с другой стороны – масштабным применением наземных и корабельных РЛС, функционирующих в Х-диапазоне. Потенциально подобный метод может быть

распространен и на станции спутниковой связи Х-диапазона из состава систем DSCS, NATO, Skynet, Siracuse.

Результаты исследований в рассматриваемой области могут быть непосредственно использованы для разработки способов фильтрации радиопомех на космических радиолокационных снимках.



Литература

1. **Клименко Н.Н., Занин К.А.** Новое поколение космических аппаратов для наблюдения за морской обстановкой // Воздушно-космическая сфера. 2019. № 2. С. 72 – 82.
2. **Hermann Jorg.** Perspectives of Satellite SAR remote sensing [Электронный ресурс] // Apogeospatial.com. 2018. August 17. URL: <http://apogeospatial.com/perspectives-on-satellite-sar-remote-sensing/> (Дата обращения: 15.02.2021).
3. **Harel Dan.** X Marks The Spot: Identifying MIM-104 Patriot Batteries From Sentinel-1 SAR Multi-temporal Imagery [Электронный ресурс] // Medium.com. 2018. October 22. URL: <https://medium.com/@HarelDan/x-marks-the-spot-579cdb1f534b> (Дата обращения: 15.02.2021).
4. Sentinel-1 C-SAR interference analysis. Intro [Электронный ресурс] // OSINT Editor. 2020. February 23. URL: <https://www.osinteditor.com/resources/sentinel-1-c-sar-interference-analysis-intro/> (Дата обращения: 15.02.2021).
5. **Matt Korda.** An X reveals a Diamond: locating Israeli Patriot batteries using radar interference [Электронный ресурс] // Fas.org. 2018. November 13. URL: <https://fas.org/blogs/security/2018/11/an-x-reveals-a-diamond-locating-israeli-patriot-batteries-using-radar-interference/> (Дата обращения: 15.02.2021).
6. 5 GIT Demo research [Электронный ресурс] // OSINT Editor. 2020. February 24. URL: <https://www.osinteditor.com/resources/guides/5git-demo-research/> (Дата обращения: 15.02.2021).
7. 5 Ghz interference Tracker [Электронный ресурс] // Earth Engine Apps. URL: <https://orbtwz.users.earthengine.app/view/radarinterferencetracker> (Дата обращения: 15.02.2021).
8. **@PutinIsAVirus** (2020). Запись в Twitter: 23 января в 08:56 [Электронный ресурс] // Twitter.com. URL: <https://twitter.com/PutinIsAVirus/status/1220223719924170757> (Дата обращения: 15.02.2021).
9. **Kyle Mizokami.** Oops! Civilian Satellite Data Inadvertently Pinpoints Military Radars [Электронный ресурс] // Popular Mechanics. 2018. October 24. URL: <https://www.popularmechanics.com/military/research/a24177291/oops-civilian-satellite-data-inadvertently-pinpoints-military-radars/> (Дата обращения: 15.02.2021).
10. Sentinel-1 and The Mediterranean Sea [Электронный ресурс] // OSINT Editor. 2020. February 23. URL: <https://www.osinteditor.com/researches/sentinel-1-detectable-the-mediterranean-sea/> (Дата обращения: 15.02.2021).
11. Sentinel-1 and the Seas of Japan [Электронный ресурс] // OSINT Editor. 2020. February 23. URL: <https://www.osinteditor.com/researches/sentinel-1-and-the-seas-of-japan/> (Дата обращения: 15.02.2021).
12. OSINT-Radar-Affecting-SAR-Satellite-Images [Электронный ресурс] // Hisutton.com. 2020. November 16. URL: <http://www.hisutton.com/OSINT-Radar-Affecting-SAR-Satellite-Images.html> (Дата обращения: 15.02.2021).
13. Hidden Threat to Navies: How Freely Available Satellite Imagery Can Track Radar [Электронный ресурс] // Naval News. 2020. December 09. URL: <https://www.navalnews.com/naval-news/2020/12/hidden-threat-to-navies-how-freely-available-satellite-imagery-can-track-radars/> (Дата обращения: 15.02.2021).
14. **H I Sutton @CovertShores** (2020). Запись в Twitter: 26 ноября [Электронный ресурс] // Twitter.com. URL: <https://twitter.com/covertshores/status/1331990675290722305> (Дата обращения: 15.02.2021).
15. **H. Yang, M. Tao, S. Chen, F. Xi and Z. Liu** (2020). On the Mutual Interference Between Spaceborne SARs: Modeling, Characterization, and Mitigation, in IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing. DOI: 10.1109/TGRS.2020.3036635
16. **Saini O., Bhardwaj A., Chatterjee R.** (2020). Radio Frequency Interference Pattern Detection from Sentinel-1 SAR Data using U-NET-Like Convolutional neural network [Электронный ресурс]. URL: https://www.researchgate.net/publication/345162864_Radio_Frequency_Interference_Pattern_Detection_from_Sentinel-1_SAR_Data_Using_U-NET-Like_Convolutional_Neural_Network (Дата обращения: 15.02.2021).

References

1. **Klimenko N.N., Zanin K.A.** Novoe pokolenie kosmicheskikh apparatov dlya nablyudeniya za morskoy obstanovkoy. *Vozdushno-kosmicheskaya sfera*, 2019, no. 2, pp. 72 – 82.
2. **Hermann Jorg.** Perspectives of Satellite SAR remote sensing. Apogeospatial.com. 2018. August 17. Available at: <http://apogeospatial.com/perspectives-on-satellite-sar-remote-sensing/> (Retrieval date: 15.02.2021).
3. **Harel Dan.** X Marks The Spot: Identifying MIM-104 Patriot Batteries From Sentinel-1 SAR Multi-temporal Imagery. Medium.com. 2018. October 22. Available at: <https://medium.com/@HarelDan/x-marks-the-spot-579cdb1f534b> (Retrieval date: 15.02.2021).
4. Sentinel-1 C-SAR interference analysis. Intro. OSINT Editor. 2020. February 23. Available at: <https://www.osinteditor.com/resources/sentinel-1-c-sar-interference-analysis-intro/> (Retrieval date: 15.02.2021).
5. **Matt Korda.** An X reveals a Diamond: locating Israeli Patriot batteries using radar interference. Fas.org. 2018. November 13. Available at: <https://fas.org/blogs/security/2018/11/an-x-reveals-a-diamond-locating-israeli-patriot-batteries-using-radar-interference/> (Retrieval date: 15.02.2021).
6. 5 GIT Demo research. OSINT Editor. 2020. February 24. Available at: <https://www.osinteditor.com/resources/guides/5git-demo-research/> (Retrieval date: 15.02.2021).
7. 5 Ghz interference Tracker. Earth Engine Apps. Available at: <https://orbtwz.users.earthengine.app/view/radarinterferencetracker> (Retrieval date: 15.02.2021).
8. @PutinIsAVirus (2020): January 23. 08:56. Twitter.com. Available at: <https://twitter.com/PutinIsAVirus/status/1220223719924170757> (Retrieval date: 15.02.2021).
9. **Kyle Mizokami.** Oops! Civilian Satellite Data Inadvertently Pinpoints Military Radars. Popular Mechanics. 2018. October 24. Available at: <https://www.popularmechanics.com/military/research/a24177291/oops-civilian-satellite-data-inadvertently-pinpoints-military-radars/> (Retrieval date: 15.02.2021).
10. Sentinel-1 and The Mediterranean Sea. OSINT Editor. 2020. February 23. Available at: <https://www.osinteditor.com/researches/sentinel-1-detectable-the-mediterranean-sea/> (Retrieval date: 15.02.2021).
11. Sentinel-1 and the Seas of Japan. OSINT Editor. 2020. February 23. Available at: <https://www.osinteditor.com/researches/sentinel-1-and-the-seas-of-japan/> (Retrieval date: 15.02.2021).
12. OSINT-Radar-Affecting-SAR-Satellite-Images. Hisutton.com. 2020. November 16. Available at: <http://www.hisutton.com/OSINT-Radar-Affecting-SAR-Satellite-Images.html> (V: 15.02.2021).
13. Hidden Threat to Navies: How Freely Available Satellite Imagery Can Track Radar. Naval News. 2020. December 09. Available at: <https://www.navalnews.com/naval-news/2020/12/hidden-threat-to-navies-how-freely-available-satellite-imagery-can-track-radars/> (Retrieval date: 15.02.2021).
14. H I Sutton @CovertShores (2020). November 26. Twitter.com. Available at: <https://twitter.com/covertshores/status/1331990675290722305> (Retrieval date: 15.02.2021).
15. **H. Yang, M. Tao, S. Chen, F. Xi and Z. Liu** (2020). On the Mutual Interference Between Spaceborne SARs: Modeling, Characterization, and Mitigation, in *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*. DOI: 10.1109/TGRS.2020.3036635
16. **Saini O., Bhardwaj A., Chatterjee R.** (2020). Radio Frequency Interference Pattern Detection from Sentinel-1 SAR Data using U-NET-Like Convolutional neural network. Available at: https://www.researchgate.net/publication/345162864_Radio_Frequency_Interference_Pattern_Detection_from_Sentinel-1_SAR_Data_Using_U-NET-Like_Convolutional_Neural_Network (Retrieval date: 15.02.2021).



© Занин К.А., Клименко Н.Н., 2021

История статьи:

Поступила в редакцию: 21.01.2021

Принята к публикации: 11.12.2021

Модератор: Гесс Л.А.

Конфликт интересов: отсутствует

Для цитирования:

Занин К.А., Клименко Н.Н. Новый подход к обнаружению наземных и корабельных радиолокационных систем С-диапазона // *Воздушно-космическая сфера*. 2021. № 1. С. 68 – 79.

HYPOTHESIS ON ONE CAUSE OF TWO SPACE ROCKET ACCIDENTS

Alexey G. GONCHAR,

Doctor of Technical Sciences, Professor of the Launch Complexes Department of the Moscow Aviation Institute., Academician of K.E. Tsiolkovsky Russian Academy of Cosmonautics, an expert of the Russian Academy of Sciences, chief designer of the direction of JSC "EKA", Moscow, Russia, vk2000@yandex.ru

Fedor N. LYUBCHENKO,

Doctor of Physical and Mathematical Sciences, employee of TsNIIMash (1975–2014), member of the Scientific and Technical Council of the Foundation for Advanced Research (2012–2014), Korolev, Russia, fedornl@yandex.ru

ABSTRACT | The data on two emergency launches of space rockets in 1975 and in 2015 under the manned programs of the USSR and Russia are analyzed.

On the base of the data analysis concerning the external manifestation and the course of two emergencies, a hypothesis is proposed about the possibility of their single cause, which is associated with the flows of charged particles that overcame the Earth's protective radiation belts and could lead to accidents during the launches of Soyuz and Progress spacecraft.

Keywords: *launch vehicle, transport cargo ship, manned spacecraft, launch of a space rocket, launch of a spacecraft, emergency launch*



ГИПОТЕЗА ОБ ОДНОЙ ПРИЧИНЕ ДВУХ АВАРИЙ РАКЕТ КОСМИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ



Алексей Григорьевич ГОНЧАР,
доктор технических наук, профессор кафедры «Стартовые комплексы»
института № 12 ФГБОУ ВО МАИ, академик РАКЦ, эксперт РАН,
главный конструктор направления АО «ЭКА», Москва, Россия,
vk2000@yandex.ru



Федор Николаевич ЛЮБЧЕНКО,
доктор физико-математических наук, с 1975 по 2014 – сотрудник ФГУП
ЦНИИмаш (в настоящее время – АО «ЦНИИмаш»), в 2012 – 2014 –
член научно-технического совета Фонда перспективных исследований,
Королев, Россия,
fedornl@yandex.ru

АННОТАЦИЯ | В статье анализируются данные о двух аварийных пусках ракет космического назначения в 1975 и 2015 годах по пилотируемым программам СССР и России.

На основе анализа данных о внешнем проявлении и ходе двух аварийных ситуаций предложена гипотеза о возможности их единой причины. Гипотеза связана с потоками заряженных частиц, которые преодолели защитные радиационные пояса Земли и могли привести к авариям при запусках КА «Союз» и «Прогресс».

Ключевые слова: *ракета-носитель, транспортный грузовой корабль, пилотируемый космический корабль, пуск ракеты космического назначения, запуск космического аппарата, аварийный пуск*

ВВЕДЕНИЕ

Написание настоящей статьи обусловлено двумя факторами:

1) по мнению авторов, вывод межведомственной комиссии, проводившей расследование аварийного запуска 28 апреля 2015 года ракетой-носителем «Союз-2.1а» транспортного грузового корабля (ТГК) «Прогресс М-27М», является недостаточно обоснованным. Изначальную ошибку вывода определяет неверное изложение причинно-следственных связей возникновения аварии и объявление виновником случившегося изготовителя двигательной установки — Воронежский механический завод [1];

2) существует опасность возникновения подобной аварии в третий раз при запуске КА по пилотируемой программе, особенно с космонавтами на борту. Настоящую причину обеих произошедших аварий авторы расследовали и выдвигают в качестве гипотезы. Данную гипотезу необходимо либо опровергнуть, либо подтвердить и, в случае подтверждения, принять меры по предотвращению этой причины. Важно принять во внимание то, что ее последствия при запуске космонавтов могут быть трагичными, о чем свидетельствуют, например, описания аварии 1975 года, опубликованные в СМИ [2].

Изучая материалы по авариям и катастрофам советских и российских пилотируемых кораблей, опубликованные ТАСС [3] и другими СМИ [2], авторы пришли к выводу, что с большой вероятностью причина аварии 2015 года была аналогична причине аварии 5 апреля 1975 года — при запуске пилотируемого космического корабля «Союз-18-1». В ходе запуска в 1975 году на орбитальную станцию «Салют-4» должны были быть доставлены космонавты Василий Лазарев и Олег Макаров.

История этого запуска, как сказано выше, была описана в открытых СМИ значительно позднее [3]. Тогда же, в 1975 году, в СМИ появилось короткое сообщение: «После старта корабля "Союз-18-1" с космодрома Байконур произошел отказ третьей ступени ракеты-носителя "Союз" на высоте 192 км из-за сбоя автоматики, которая привела к преждевременному отделению корабля от третьей ступени ракеты-носителя» [3].

Последовательность событий в 1975 году была иной, нежели в 2015 году. Однако источником развития аварийной ситуации были, по мнению авторов, внешние воздействующие на ракету космического назначения (далее — РКН) факторы, описанные в настоящей статье.



ОСНОВАНИЯ ДЛЯ ВЫДВИЖЕНИЯ ГИПОТЕЗЫ ОБ ОДНОЙ ПРИЧИНЕ АВАРИЙ

28 апреля 2015 года полет РКН до 525,405 секунды от момента отрыва от пускового устройства на стартовом комплексе на площадке 31 проходил без каких-либо отклонений от требований эксплуатационной документации.

В СМИ была объявлена следующая причина аварии: «2 мая 2015 года Государственная комиссия под председательством заместителя руководителя Роскосмоса Александра Иванова представила предварительные выводы по ситуации с ТГК "Прогресс М-27М", запуск которого был осуществлен 28 апреля 2015 г. с космодрома Байконур.

В целом пуск и отделение ТГК "Прогресс М-27М" проходили в штатном режиме до момента отделения ТГК от третьей ступени РН "Союз-2.1а". На 526,716 секунды полета произошло нештатное разделение третьей ступени РН и ТГК, в результате чего корабль оказался на орбите с апогеем на 40 км выше, а третья ступень РН — на орбите с апогеем на 20 км ниже расчетной траектории выведения» [1].

В ходе анализа хронологии событий 28 апреля 2015 года, зафиксированных средствами телеметрических измерений, авторы обратили внимание на следующую информацию, которая была в распоряжении аварийной комиссии.

На 525,405 секунды полета системами наземного комплекса управления КА был зафиксирован факт пропадания сигнала от автономной системы навигации (АСН), который затем, через 2,9 секунды (на 528,305 секунды), восстановился. Это произошло на высоте около 194 км, на участке траектории полета протяженностью около 20 км (определено расчетным путем, исходя из значений скорости комплекса «Третья ступень РН — ТГК» и времени, на которое пропал сигнал от АСН).

Высота траектории, на которой произошла авария в 2015 году (194 км), отличается всего на 1% от высоты траектории аварийного запуска пилотируемого космического корабля в 1975 году. Факты нарушений в работе систем разделения второй и третьей ступени РН присутствуют в обоих случаях. Перечисленное привело авторов статьи к выдвиганию гипотезы о возможной идентичности причин, приведших к указанным выше авариям в 1975 и в 2015 годах.

В результате развития аварийной ситуации в 2015 году произошло нештатное (до выдачи соответствующей команды от системы управления) разделение третьей ступени РН и ТГК, при котором были зафиксированы превышения допусков на параметры орбиты транспортного грузового корабля.

Нештатное разделение РН и ТГК сопровождалось следующими событиями.

На третьей ступени РН произошли:

— разгерметизация (возможно, частичное разрушение) баков окислителя и горючего,

— отказ двух локальных коммутаторов системы телеметрических измерений (МАС-1 и МАС-3), один из которых позднее частично восстановил свою работу.

На ТГК в это же время проявились признаки, свидетельствующие о возможном механическом воздействии (наиболее вероятно — из-за «вскрытия» верхнего днища бака окислителя третьей ступени РН) на приборы и агрегаты бортовых систем, которые расположены в агрегатном отсеке, что привело:

— к нераскрытию элементов конструкции,

— к повреждению приборов,

— к разгерметизации баков и арматуры двигательной установки.

Анализ имеющейся у авторов информации позволил сформулировать гипотезу о том, что в процессе завершения работы двигателя третьей ступени РН на высоте около 194 км комплекс «Третья ступень РН — ТГК» вошел в очень мощный поток заряженных частиц, движущихся от Солнца к Земле, протяженность которого в пространстве составляла около 20 км. Взаимодействие с потоком этих частиц могло привести к фиксации средствами контроля полета РКН внешних проявлений якобы аномальной работы отдельных систем комплекса, в том числе:

1) пропаданию сигналов как от АСН, так и от системы телеизмерений;

2) повышению температуры в местах возможного возникновения токов Фуко [4] в материале стенок баков третьей ступени РН (материал Д16);

3) возникновению сил, имеющих, по всей видимости, электромагнитный характер, возможно, сил Лоренца [4]. Эти силы, воздействуя только или в большей части на третью ступень РН, привели к ее «торможению» относительно ТГК и, как следствие, к механическому разрыву связей ТГК с третьей ступенью РН. Одновременно произошло «вскрытие» верхнего днища баков (так как система крепления комплекса «Третья ступень РН — ТГК» не была еще разорвана — не наступило штатное время выдачи сигналов на разрывные болты), о чем свидетельствует мгновенный спад давления в баках третьей ступени РН, вследствие чего произошло преждевременное (нештатное) отделение ТГК от третьей ступени РН.

Расчетные значения сил, которые могли вызвать торможение третьей ступени РН в ходе аварийного пуска в 2015 году и имели, как было сказано выше, вероятнее всего, электромагнитный характер, приведены в *таблице 1*.

Последовательность развития событий в ходе возникновения аварийной ситуации в 2015 году позволяет предположить следующее.

Причиной аварии в 1975 году также могло стать вхождение РКН с пилотируемым КА «Союз» в мощный поток заряженных частиц в ходе ее полета. Это привело к формированию ложной

команды на срабатывание части пироболтов и ее реализации в условиях «горячего» разделения второй и третьей ступеней РН, которое происходило до выключения двигательной установки (ДУ) второй ступени и после включения ДУ третьей ступени РН. Преждевременное срабатывание из-за ложной команды не всех, а только части пироболтов до установленного программой полета времени привело к «закрутке» комплекса «Вторая ступень РН — третья ступень РН – ПКК» при включении ДУ третьей ступени относительно не разорванных связей между ними, что и было зафиксировано по телеметрии в 1975 году.

Таблица 1. Расчеты сил, которые могли привести к аварийному пуску РКН

НАИМЕНОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЯ (характеристики)	ЗНАЧЕНИЕ	РАЗМЕРНОСТЬ
Изм. скорости блока "И" ΔV, по ТМИ, максимальное	9,7	м/сек
минимальное	4,9	м/сек
Масса ТГК Прогресс (т)	10 528	кг
включающая: масса корабля на момент старта	7290	кг
топливо в баках КДУ	879	кг
топливо в баках системы дозаправки	494	кг
газ в баллонах средств подачи кислорода (СрПК)	50	кг
вода	420	кг
оборудование	1 395	кг
Предельно допустимое давление в баках третьей ступени РН-р$\approx$	11	кг/см ²
Диаметр бака 3-й ступени	266	см
Площадь ($S=\pi r^2$)	55 543	см ²
$g=$	9,8	м/сек ²
Разрушающая сила, приводящая к вскрытию верхнего днища топливного бака блока «И» $F=g \cdot p \cdot s$	5 987 585	кг*м/сек ²
$F=m \cdot a$	5 987 585	кг*м/сек ²
Значение ускорения, которое может привести к возникновению силы $F=m \cdot a$ должно быть: $a=(g \cdot p \cdot s)/m$	569	м/сек ²
Сила действует в течение $t=\Delta V/a$, максимально $\approx$	0,02	сек
минимально $\approx$	0,01	сек
Скорость на высоте 192 км, $V \approx$	6500	м/сек
СПРАВОЧНО: скорость на высоте 229 км при выключении ДУ 3-й ступени, $V \approx$	7594	м/сек

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представленная авторами в настоящей статье гипотеза о схожести причин двух аварий РКН в 1975 и в 2015 годах требует как теоретического (на моделях), так и экспериментального подтверждения (или ее отклонения), включая проведение измерений при выполнении реальных запусков космических аппаратов, особенно в рамках пилотируемой программы.

С учетом изложенного представляется целесообразным устанавливать на второй и третьей ступени РН «Союз», осуществляющих запуски

КА по пилотируемой программе, приборы для измерения информации по параметрам возможных потоков заряженных частиц, которые могут встретиться составным частям РКН в процессе выведения КА и ее передачи на наземные пункты. При этом прием и обработку этой информации могли бы осуществлять не только организации ГК «Роскосмос», но и организации РАН, например Институт солнечно-земной физики Сибирского отделения РАН, расположенный в Иркутске.

18/1

Официальная история пилотируемых полетов в космос гласит — космический корабль «Союз-18» стартовал 24 мая 1975 года с космодрома Байконур с экипажем в составе Петра Климука и Виталия Севастьянова. Корабль успешно состыковался со станцией «Салют-4», на которой экипаж отработал два месяца. 26 июля того же года космонавты вернулись на Землю [3].

В этих словах нет ни слова лжи, однако, и правда не вся. Дело в том, что корабль Климука и Севастьянова для посвященных имел несколько иное название — «Союз-18В». О том, что случилось с «Союзом-18А», или, иначе, «Союзом-18-1», специалистам космической отрасли распространяться не рекомендовалось.

Между тем полет этого корабля является одной из самых драматичных страниц отечественной космонавтики, а его экипажу пришлось пережить то, что не выпадало больше никому.

Командиром корабля «Союз-18-1» являлся Василий Лазарев, а бортинженером — Олег Макаров.



Командир космического корабля «Союз-12» подполковник Василий Лазарев (слева) и бортинженер Олег Макаров. Александр Моклецов / РИА Новости

Летающий доктор

Лазарев, уроженец Алтайского края, после службы в армии поступил в медицинский институт, стал хирургом, работал военным медиком. Служил Лазарев в батальоне аэродромно-технического обеспечения авиаполка 30-й воздушной армии. Но с детства он сам мечтал о полетах, и в 1952 году 24-летний медик делает резкий поворот — поступает в Харьковское высшее военное авиационное училище в Чугуеве и заканчивает его по ускоренной программе, получив специальность «летчик-истребитель».

Естественно, что столь разносторонний специалист оказался чрезвычайно востребован — Лазарев испытывал самолеты различных типов и модификаций, привлекался к испытаниям различного высотного оборудования летчиков (скафандр, противоперегрузочные костюмы, кислородное оборудование).

Он участвовал в экспериментальных полетах стратостата «Волга» — того самого, с которого парашютист Евгений Андреев в рамках эксперимента «Звезда» совершил уникальный «прыжок из космоса». Василий Лазарев налетал на «Волге» 28 часов.

Когда зашла речь об испытаниях «новой техники», как аккуратно называли полет человека в космос, Лазарев оказался в числе первых добровольцев. Он проходил медкомиссию вместе с Гагариным, Титовым и другими членами первого отряда, но получил отвод от медиков.

Настойчивости ему было, однако, не занимать — в 1964 году он был отобран для подготовки к полету на трехместном космическом корабле «Восход». Лазарев оказался вторым дублером врача Бориса Егорова. И хотя в самом полете он участия не принял, на сей раз на него обратили внимание, и в итоге Василий Лазарев стал членом отряда советских космонавтов.

Инженер, прорвавшийся в космос

Лазарев проходил подготовку по нескольким программам, в том числе в рамках пилотируемого советского лунного проекта. Именно тогда его напарником по экипажу стал Олег Макаров.

Олег Макаров, уроженец Тверской области, прежде чем оказаться в рядах космонавтов, создавал для них технику. В 1957 году он окончил МВТУ имени Баумана и пришел на работу в ОКБ № 1 — знаменитое конструкторское бюро Сергея Королёва. Макаров занимался разработкой первых советских пилотируемых космических кораблей.

Как и многие другие молодые инженеры КБ Королёва, он хотел и сам слетать в космос. В 1966 году Макаров был зачислен в отряд космонавтов и несколько лет готовился по лунной программе. Инженер был в числе тех, кто должен был отправиться в лунную экспедицию одним из первых.

Однако поражение в «лунной гонке» заставило Советский Союз пересмотреть свои приоритеты.

Лазарева и Макарова, из которых сложился отличный экипаж, перевели на подготовку к полету на станцию «Салют-2».

«Испытательный» экипаж

Подготовка шла в тяжелой обстановке. Пилотируемая программа СССР была прервана после гибели экипажа корабля «Союз-11» из-за разгерметизации при возвращении на Землю.

Станция «Салют-2», куда должны были лететь Лазарев и Макаров, вышла из строя, и программа полетов вновь была пересмотрена.

Серия неудач подорвала уверенность советских специалистов. Новый «Союз-12» проверяли многократно, для экипажа были разработаны новые скафандры, призванные исключить повторение трагедии «Союза-11».

И все-таки, как ни проверяй, как ни старайся исключить неожиданности, всего учесть нельзя. Экипажу «Союза-12» в известном смысле предстояло вновь сде-

лать то, что сделал Гагарин, — открыть другим дорогу в космос.

Эту миссию возложили на Василия Лазарева и Олега Макарова.

27 сентября 1973 года «Союз-12» с Лазаревым и Макаровым успешно стартовал с космодрома Байконур. Полет продолжался 1 сутки 23 часа 15 минут 32 секунды и завершился благополучно. Конструкторы выдохнули — пилотируемая программа спасена! Лазарев и Макаров стали Героями Советского Союза, после чего начали готовиться к новому космическому полету — на сей раз на орбитальную станцию «Салют-4».

Аварийная ситуация

В январе 1975 года Лазарев и Макаров были дублерами экипажа «Союза-17» — Алексея Губарева и Георгия Гречко. По установившейся традиции, дублиеры отправляются в космос следующими.

Старт «Союза-18» был назначен на 5 апреля 1975 года. В отличие от полета на «Союзе-12», специалистам этот запуск экстраординарным не казался — ведь те же Губарев и Гречко благополучно добрались до станции, полностью отработали программу полета и успешно вернулись.

5 апреля тоже все начиналось благополучно. Традиционные предполетные процедуры, посадка экипажа в корабль, старт... Ракета, как и положено, в 11:04 уносит «Союз-18» в небо.

Все шло нормально, в положенный срок отделилась первая ступень, затем в расчетном режиме произошел сброс головного обтекателя. На 261-й секунде полета должно было произойти отделение второй ступени, однако вместо этого ракету стало ощутимо раскачивать, причем амплитуда увеличивалась. Очень быстро стало ясно — носитель, не донеся космонавтов до расчетной орбиты, отказал. Сработала аварийная система, отстрелившая возвращаемый аппарат.



Ракета-носитель «Союз-У» с космическим кораблем «Союз-18» перед стартом на космодроме Байконур / Александр Моклецов / РИА Новости

26 g

Произошло это на высоте чуть менее 200 километров, то есть де-факто уже в космосе. При этом аварийный спуск происходил в неуправляемом режиме. Проще говоря, спускаемый аппарат «Союза-18» падал из космоса.

В условиях неуправляемого спуска перегрузки значительно возрастают. В ситуации, в которой оказались советские космонавты, эти перегрузки представляли прямую угрозу для жизни.

Василий Лазарев, описывая свои ощущения в тот момент, сравнивал их с машиной, наехавшей прямо на грудь. Лазарев вспоминал: «Однажды, перенесся на центрифуге на нагрузку в 10 g, я обратил внимание сопровождавшего меня врача на множество красных точек, покрывавших спину испытателя, которого крутили до меня. Врач спокойно ответил: "Это мелкие сосуды полопались. У тебя на спине то же самое"».

Но когда «Союз-18» летел к Земле, на его экипаж навалились перегрузки в 20 g. Какой величины тяжесть, давившая на космонавтов, достигла на пике, точно не известно. Василий Лазарев рассказывал, что специалисты, разбирая телеметрию, отметили, что на несколько секунд она выросла до безумных 26 g. В этот момент у космонавтов отказало зрение и была зафиксирована остановка сердца.

На Земле у специалистов не было полной картины происходящего, но и без этого у многих прибавилось седых волос.

В себя космонавты пришли тогда, когда сработала парашютная система. Тренированные организмы выдержали немыслимые перегрузки, хотя, продлись они чуть дольше, выжить экипажу «Союза-18» было бы не суждено.

Гнев конструктора Глушко

Командир корабля Василий Лазарев рассказывал, что, придя в себя, он увидел, как бортинженер ему что-то говорит. Но понять, что именно, он не мог — временно отключился и слух.

Экипаж попытался связаться с ЦУПом, чтобы уточнить, где приземлится спускаемый аппарат. Но связи не было. Вернее, космонавты не слышали ЦУП, зато в ЦУПе прекрасно слышали, что говорят на борту.

— Олег, куда садимся? — спрашивал Лазарев.

— В Китай или на Тихий океан, — съязвил бортинженер, после чего охарактеризовал происшедшее в отборных русских выражениях, крайне неслестно отозвавшись о работе двигателей второй ступени.

Макаров не знал, что его слова слышит генеральный конструктор Валентин Глушко. Услышав «критику» бортинженера, Глушко пошел пятнами, приказал отключить трансляцию и громогласно пообещал, что Макаров больше никогда в космос не полетит.

Сам «прыжок в космос» занял чуть больше четырех минут, а вместе с посадкой весь полет продлился меньше 22 минут. Но приключения экипажа продолжались.

Макаров не зря говорил о Китае и Тихом океане. Дело в том, что аварийная посадка при отказе второй ступени

ориентировочно должна была произойти на Алтае либо, если не повезет, в Китае, отношения с которым у СССР тогда были тогда весьма непростыми. В случае отказа третьей ступени космонавтов ожидало «купание» в океане.

На краю Теремка

В результате случилось меньшее из зол — «Союз-18» приземлился в глухом труднодоступном районе к юго-западу от Горно-Алтайска, но на советской территории.

В момент посадки над Лазаревым и Макаровым вновь нависла угроза гибели. По инструкции, экипаж после приземления должен был отстрелить парашют. Однако у спасателей был свой взгляд на ситуацию. Во время различных экспериментов они обратили внимание на то, что при посадке в горном районе спускаемый аппарат после отстрела парашюта может запросто покачаться по склону с самыми печальными последствиями. Поэтому экипажу «Союза-18» спасатели дали неофициальную рекомендацию: в случае чего сначала осмотритесь, а уж потом отстреливайте парашют.

Этот совет и спас космонавтов. Когда они выбрались, обнаружили, что спускаемый аппарат стоит на склоне горы, в 150 метрах от пропасти, и не скатывается только потому, что парашют наглухо запутался в верхушках деревьев.

Единственное, что во всем этом было забавным, так это название горы, на которой оказались покорители космоса: Теремок-3.

В месте посадки лежал густой снег, температура была минус семь, и космонавтам необходимо было выживать в прямом смысле этого слова.

Подступиться к Лазареву и Макарову у спасателей не получалось. Первым, кто к ним добрался, оказался геолог, который высадился с вертолета геологической партии. Однако поднять космонавтов вверх вертолетчик не смог. Штатная спасательная партия, штурмуя Теремок-3, угодила под лавину, и уже их пришлось спасать — к счастью, обошлось без жертв.

На следующий день одному из вертолетов ВВС, не входивших в официальную спасательную группу, удалось на свой страх и риск поднять космонавтов и геолога и эвакуировать их в безопасный район.

«Урезанный» полет — урезанные награды

К действиям космонавтов никаких претензий быть не могло — их поведение иначе как героическим назвать нельзя. Но в СССР сообщать о космических неудачах было не принято, в СМИ попадала информация только о тех случаях, которые уж совсем нельзя скрыть.

Ветераны советской прессы вспоминают, что журналистов 5 апреля 1975 года выставили с Байконура сразу после того, как стало ясно, что что-то пошло не так.

Единственное сообщение об инциденте в советских СМИ появилось только 8 мая и было спрятано во внутренних полосах газет: «5 апреля 1975 года произведен запуск ракеты-носителя с пилотируемым космическим

кораблем "Союз" для продолжения экспериментов совместно со станцией "Салют-4". На борту корабля находился экипаж в составе Героев Советского Союза летчиков-космонавтов СССР Лазарева Василия Григорьевича, Макарова Олега Григорьевича. На участке работы третьей ступени произошло отклонение параметров движения ракеты-носителя от расчетных значений, и автоматическим устройством была выдана команда на прекращение дальнейшего полета по программе и отделение космического корабля для возвращения на Землю. Спускаемый аппарат совершил мягкую посадку юго-западнее города Горно-Алтайска. Поисково-спасательная служба обеспечила доставку космонавтов на космодром. Самочувствие товарищей В. Г. Лазарева и О. Г. Макарова хорошее».

После этого молчание длилось еще восемь лет, пока о некоторых подробностях происшедшего не разрешили написать «Красной звезде».

Космонавтов за полет отметили, но по «урезанному» варианту — по заведенному в СССР порядку, за второй полет полагались вторая «Золотая Звезда» Героя Советского Союза и орден Ленина, однако Лазарева и Макарова отметили только орденами Ленина за героизм.

А у аварийного «Союза-18» отняли номер, передав его следующему кораблю. Так и остался он в истории под странным наименованием «Союз-18-1».

Перегрузки не прошли даром

Сами космонавты считали, что ничего особенно героического они не совершили, и сожалели только о том, что полет сорвался.

Официально заявляли, что страшные перегрузки никак не отразились на здоровье космонавтов. Действительно, поначалу казалось, что так оно и есть — и Лазарев, и Макаров остались в отряде.

Но затем выяснилось, что испытание не прошло даром — у космонавтов начали обнаруживаться болезни, одна за другой.

Макаров, который был на пять лет моложе, продержался в строю дольше — вопреки угрозам конструктора Глушко, он еще дважды летал в космос, на «Союзе-27» и «Союзе Т-3». Кстати, во время старта «Союза Т-3» командиром дублирующего экипажа был Василий Лазарев, провожавший в космос своего давнего напарника.

Самому Лазареву полететь к звездам больше не было суждено. В 1985 году он был уволен из Вооруженных сил в запас и отчислен из отряда космонавтов в связи с состоянием здоровья. Он умер 31 декабря 1990 года в возрасте 62 лет.

Олег Макаров после ухода из отряда космонавтов имел проблемы с сердцем, настолько серьезные, что в 1998 году ему была сделана операция. Однако восстановиться полностью он так и не смог — 28 мая 2003 года умер от инфаркта в возрасте 70 лет.

А драматичная история их полета в 1975 году, которая с легкостью затмевает сюжет голливудской «Гравитации», и по сей день для большинства остается неизвестной...

ТОКИ ИНДУКЦИИ В МАССИВНЫХ ПРОВОДНИКАХ

Поместим виток провода в переменное магнитное поле. Виток замкнут, при этом в цепи отсутствует гальванометр, который мог бы показать наличие тока индукции в нашем контуре. Но ток можно обнаружить, так как проводник будет нагреваться при прохождении по нему тока. Если, не изменяя остальные размеры витка, увеличить только толщину провода, из которого сделан контур, то ЭДС индукции ($\mathcal{E} \sim \Delta\Phi/\Delta t$) не изменится, так как останется прежней скорость изменения магнитного потока. Однако уменьшится сопротивление витка ($R \sim 1/S$). Как результат, сила тока индукции (I_i) увеличится. Мощность, которая выделяется в контуре в виде тепла, прямо пропорциональна I_i^2 , следовательно, температура проводника увеличится. Итак, опыт показывает, что кусок металла при помещении его в магнитное поле нагревается, что указывает на возникновение индукционных токов в массивных проводниках при изменении магнитного потока. Такие токи называют вихревыми токами или токами Фуко.

Определение токов Фуко

Определение

Токами Фуко называют вихревые индукционные объемные электрические токи, которые появляются в проводниках при помещении проводников в переменное магнитное поле.

Свойства токов Фуко

По своей природе вихревые токи не отличаются от токов индукции, которые возникают в проводах.

Направление и сила токов Фуко зависят от формы металлического проводника, от направления переменного магнитного потока, свойств металла, скорости изменения магнитного потока. Распределение токов Фуко в металле может быть очень сложным.

В проводниках, которые имеют большие размеры в направлении, перпендикулярном к направлению тока индукции, вихревые токи могут быть весьма велики, что приводит к значительному повышению температуры тела.

Свойства вихревых токов нагревать проводник применяются в индукционных печах для плавления металлов.

Токи Фуко, как и другие токи индукции, подчиняются правилу Ленца, то есть они имеют такое направление, что взаимодействие их с первичным магнитным полем *тормозит то движение, которым вызвана индукция*.

Вектор магнитной индукции **B** показан зелеными стрелками, вектор **V** скорости движения пластин — черными стрелками, силовые линии вектора плотности электрического тока **I** — красным цветом (эти линии замкнутые, «вихревые»).

Источником магнитного поля является постоянный магнит, его фрагмент показан сверху рисунка серым цветом. Вектор магнитной индукции **B** направлен от северного (**N**) полюса магнита, магнитное поле пронизывает пластину. В материале пластины, входящем под магнит, то есть слева, магнитная индукция изменяется во времени, возрастает ($dB_n/dt > 0$), и в соответствии с законами Фарадея и Ома в материале пластины возникает (наводится, «индуцируется») замкнутый (вихревой) электрический ток. Этот ток течет против часовой стрелки и, по закону Ампера, создает свое собственное магнитное поле, вектор магнитной индукции которого показан синей стрелкой, направленной перпендикулярно плоскости протекания тока, вверх (рис. 1).

Справа, в материале пластины, удаляющемся от магнита, магнитное поле тоже меняется во времени, однако оно ослабевает, и силовые линии возникающего справа еще одного электрического тока направлены по часовой стрелке.

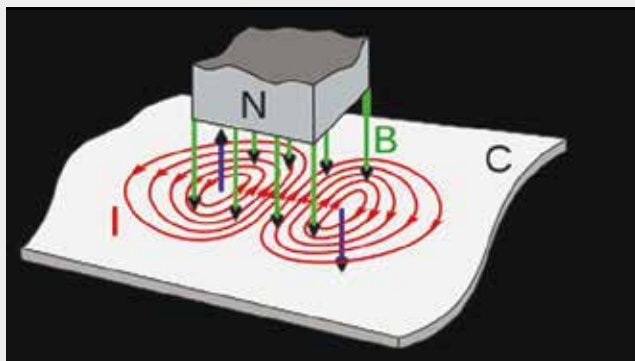


Рис. 1. Иллюстрация возникновения токов Фуко в движущейся в постоянном магнитном поле проводящей (металлической) пластине C

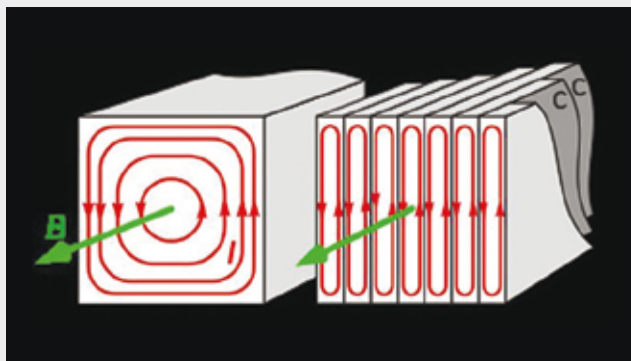


Рис. 2. Сила Лоренца



Рис. 3. Комплекс «Третья ступень ракеты-носителя космического аппарата "Союз"» в полете

Точно под магнитом «левый» и «правый» вихри токов направлены в одну и ту же сторону, плотность суммарного электрического тока максимальна. На движущиеся в этой области электрические заряды, поток которых образует электрический ток, в сильном магнитном поле действует сила Лоренца, направленная (по правилу левой руки) против вектора скорости $\mathbf{V}$ (рис. 2). **Эта сила Лоренца тормозит пластину С.** Взаимодействие магнитного поля магнита и магнитного поля индуцированных токов приводит к тому, что результирующее распределение потока магнитного поля в окрестности полюса $\mathbf{N}$ магнита отличается от случая неподвижной пластины $\mathbf{C}$ (и зависит от скорости $\mathbf{V}$), хотя суммарный поток вектора магнитной индукции остается неизменным (при условии, что материал магнита и пластины $\mathbf{C}$ не входит в насыщение).

© Гончар А.Г., Любченко Ф.Н., 2021

История статьи:

Поступила в редакцию: 16.01.2021

Принята к публикации: 09.02.2021

Модератор: Плетнер К.В.

Конфликт интересов: отсутствует

Для цитирования:

Гончар А.Г., Любченко Ф.Н. Гипотеза об одной причине двух аварий ракет космического назначения // Воздушно-космическая сфера. 2021. № 1. С. 80 – 89.

Литература

1. Роскосмос: Названа основная причина аварии ТГК «Прогресс М-27М» [Электронный ресурс] // Военное обозрение. 2015. 12 мая. URL: <https://topwar.ru/74747-roskosmos-nazvana-osnovnaya-prichina-avarii-tgk-progress-m-27m.html> (Дата обращения: 09.02.2021).
2. Хронология аварий и катастроф советских и российских пилотируемых кораблей [Электронный ресурс] // Информационное агентство ТАСС. 2018. 11 октября. URL: <https://tass.ru/info/5663496> (Дата обращения: 09.02.2021).
3. **Андрей Сидорчик.** «Союз» без номера. В 1975 году советские космонавты выжили, упав из космоса [Электронный ресурс] // Аргументы и факты. 2014. 27 ноября. URL: https://aif.ru/society/history/soyuz_bez_nomera_v_1975_godu_sovetskie_kosmonavty_vyzhili_upav_iz_kosmosa (Дата обращения: 09.02.2021).
4. Вихревые токи [Электронный ресурс] // Википедия – свободная энциклопедия. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Вихревые_токи (Дата обращения: 09.02.2021).

References

1. Roskosmos: Nazvana osnovnaya prichina avarii TGK "Progress M-27M". Voennoe obozrenie, 2015. May 12. Available at: <https://topwar.ru/74747-roskosmos-nazvana-osnovnaya-prichina-avarii-tgk-progress-m-27m.html> (Retrieval date: 09.02.2021).
2. Khronologiya avariy i katastrof sovetskikh i rossiyskikh pilotiruemykh korabley. Informatsionnoe agentstvo TASS, 2018. October 11. Available at: <https://tass.ru/info/5663496> (Retrieval date: 09.02.2021).
3. **Andrey Sidorchik.** "Soyuz" bez nomera. V 1975 godu sovetskie kosmonavty vyzhili, upav iz kosmosa. Argumenty i fakty, 2014. November 27. Available at: https://aif.ru/society/history/soyuz_bez_nomera_v_1975_godu_sovetskie_kosmonavty_vyzhili_upav_iz_kosmosa (Retrieval date: 09.02.2021).
4. Vikhrevye toki. Wikipediya. Available at: https://ru.wikipedia.org/wiki/Vikhrevye_toki (Retrieval date: 09.02.2021).

FIRST «DRY» IMMERSION FOR WOMEN

ПЕРВАЯ «СУХАЯ» ИММЕРСИЯ ДЛЯ ЖЕНЩИН



Natalia L. BURTSEVA,
Professor, Department 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

Автор фотографий – О.В. Волошин

What is immersion and why is it dry? An extraordinary experiment of the Institute of Biomedical Problems allows us to understand how weightlessness affects a person.

Initially, «dry» immersion was «wet»: a tester immersed himself in a special bath and spent several days in it. The skin became soaked, which led to unfavorable consequences, the tests were stopped earlier than expected and, as a result, did not bring the desired result.

Now a person participating in this experience is in support-free environment. However, he does not come into direct contact with water.

The report from the IBMP RAS tells about weightlessness in terrestrial conditions, about the goals and characteristics of water experiments and new space opportunities for women.

Что такое иммерсия и почему «сухая»? Необыкновенный эксперимент Института медико-биологических проблем позволяет понять, как действует на человека невесомость.

Изначально «сухая» иммерсия была «мокрой»: испытатель погружался в специальную ванну и проводил в ней несколько суток. Кожа размокала, что приводило к неблагоприятным последствиям, испытания прекращались досрочно и, как следствие, не приносили желаемого результата.

Сейчас, участвуя в этом опыте, человек находится в безопорном пространстве, но не контактирует с водой напрямую.

О невесомости в земных условиях, о целях и особенностях водных экспериментов и новых космических возможностях для женщин – в репортаже из ИМБП РАН.

Дарья Жидова провела в «сухой» иммерсии три дня. О своих ощущениях она рассказала нашему постоянно-му корреспонденту.

Д. Ж.:

— В нашей четырехмесячной изоляции, имитирующей миссию полета на Луну и обратно, не учитывались невесомость и радиация. Мне не хватило опыта с этими факторами, и я поняла, что хочу получить его. Тогда главное было — изоляция и чувство полета. Теперь я в полной мере испытываю невесомость. За первые три дня попривыкну, и нужно будет где-то искать радиацию.

Про радиацию Дарья, конечно, шутит. Но именно так — с оптимизмом и «боготовностью» — она смотрит на все возможные «космические» испытания на Земле.

— Известно, что эксперимент «сухая» иммерсия ранее не предполагал участия женщин. Почему?

— Это было проблематично по причине физиологических особенностей женщины, особенностей отправления естественных нужд и проведения гигиенических процедур. Нахождение в условиях иммерсионной ванны затрудняло перечисленное. Но сейчас эта проблема наконец-то нашла свое решение!

Сотрудник ИМБП разработал такой прибор, с помощью которого женщины могут, не выходя из ванной, находясь в обязательном для эксперимента горизонтальном положении, справить естественную нужду.



Дарья Жидова – инженер-испытатель летно-испытательного отдела ПАО «РКК “Энергия”», а также основного экипажа изоляционного эксперимента полета к Луне SIRIUS-19. Участница первого эксперимента по «сухой» иммерсии для женщин.



На МКС традиционно было мало женщин. Возможно, теперь будет больше смешанных гендерных составов. В процессе эксперимента «Сириус» я поняла, что между мужчиной и женщиной в одном экипаже нет профессиональных, а значит — ценностных различий. Это член экипажа 1, член экипажа 2, и они могут выполнять — и выполняют — одинаково полезные функции.

Дарье, находящейся в иммерсионной ванне, принесли завтрак.

На пленку стелют полотенце и ставят поднос с выверенным до грамма рационом. Сегодня это скромный бутерброд с творожным сыром, компот и каша...

Питание стандартное трехразовое: завтрак, обед, ужин. Испытатели говорят, что в процессе эксперимента есть хочется меньше обычного: гораздо меньше движения, и аппетит снижается естественным путем.

Время подъема и отбоя зависит от схемы эксперимента: например, для забора крови надо просыпаться в семь утра. Какие-то анализы необходимо получить еще до всей утренней гигиены. Бывают и вечерние исследования.

Светлана Лебедева — ученый и испытатель. Именно она разработала устройство для участия женщин в «сухой» иммерсии — специальный мочеприемник. С 1960-х годов участие во многих исследованиях для женщин было закрыто именно по физиологическим причинам. Учитывая особенное строение мочеполовой системы, сложно взять чистый анализ мочи, сложно, не меняя





Светлана ЛЕБЕДЕВА – младший научный сотрудник ИМБП РАН в отделе психофизиологии и нейрофизиологии деятельности оператора. Окончила с отличием МГМСУ, клинический психолог. В качестве испытуемой – пока только в «Сухой иммерсии», но надеется участвовать и в других экспериментах.

положения, провести гигиенические процедуры и отправить естественные надобности.

Благодаря Светлане и ее разработке участие в эксперименте «сухой» иммерсии стало возможным и для представительниц прекрасного пола.

С.Л.:

— Иммерсия как эксперимент возникла не вдруг, ее предвзяла большая работа целого научного коллектива. Если говорить про мой личный вклад, я изобрела специальное устройство, которое позволяет отводить мочу в таких условиях. Обычными методами это сделать было невозможно. Те из них, что применяются в больницах, в иммерсионной ванне не работают. Мы протестировали прибор, и он показал свою успешность и универсальность. Он достаточно небольшой, и именно поэтому у него большое будущее: велика вероятность, что его будут использовать в дальнейших экспериментах, а также, например, в стационарах при больницах.

— **Как возникла эта идея?**

— Попытки создать нечто подобное предпринимались уже около 15 лет. Я пришла в институт два года назад, и мне очень хотелось испробовать самой женскую иммерсию. Про нее все говорили, ее все ждали, но возможности не было. За два месяца я разработала рабочий прототип мочеприемника. Поняла, что он работает, провела первое тестирование в ванне и была очень обрадована получившимся резуль-

татом. Далее провели тестирование еще на 15 женщинах. Те из них, кто прошел, сейчас используют этот аппарат, и все довольны. Он решает свою задачу на высшем уровне, он надежен, прост в эксплуатации и позволяет женщинам чувствовать себя комфортно в экстремальных ситуациях разной сложности.

— **Получается, ваше собственное желание пройти испытание побудило сделать его возможным для многих?**

— Конечно! Я ведь исследователь, и желание пробовать новое у меня велико. До этого мы проводили много экспериментов с участием мужчин, а сама лаборатория, занимающаяся организацией иммерсионных исследований, в основном представляет собой женский коллектив. Я думала еще и о тех женщинах, которые ждали этой возможности дольше, чем я.

— **Какая-то несправедливость, не так ли? Основная часть сотрудников лаборатории — женщины, а в эксперименте они не могут участвовать.**

— С одной стороны, конечно, несправедливость. А с другой — в пилотируемой космонавтике, в принципе, наблюдается схожая картина. Многие женщины хотели бы слетать на орбиту и работать на МКС, но, к сожалению, до финальных испытаний мало кто доходил. Мы пытаемся эту задачу решить — поэтому и проводим женскую иммерсию. Мы верим, что дальнейшие полеты будут смешанными и женщины будут принимать в них активное участие.

С точки зрения психологии это достаточно непривычный опыт — как это: мочиться в одежде? Лежа?! Нужно себя перебороть в каком-то смысле. Но дискомфорт достаточно быстро преодолевается. Человек понимает, что процесс мочеиспускания происходит как обычно, но при этом он не чувствует себя мокрым. Расслабляешься и в дальнейшем относишься к нему уже как к обычному электроприбору, например электрической зубной щетке.

Светлана берет в руки свое изобретение, включает...

— Вот здесь у нас есть регулятор скорости всасывания, соответственно, прибор можно включать сильнее или слабее, зависит от того, какой напор нам нужно откачивать.

— А как справлялись до этого изобретения американки и четыре наши космонавтки? И еще — прибор предназначен именно для космоса или не только?

— Это очень хороший вопрос! Сейчас я не вижу для него вообще никаких ограничений, нужно просто тестировать в других условиях. Например, есть идея испытать его в брокамере, чтобы посмотреть, как он справится с давлением — пониженным или повышенным. Для космоса, теоретически, тоже подходит. На МКС есть общий туалет, который работает по принципу пылесоса, он тоже хорош, но он стационарный. А наш прибор, с учетом того, что его можно сделать еще более портативным, вероятно, можно будет использовать на момент старта или посадки. Теоретически его можно сделать настолько маленьким, что можно будет брать даже в скафандр. Плюс еще в том, что он съемный — его можно подводить и уводить без проблем. И он в принципе создан для постоянного использования — его просто стерилизовать.

Смелая в высказываниях, точная в формулировках, Светлана вдохновляет своей уверенностью и укрепляет веру в отечественную науку.

— Вы свободно общаетесь на такую тему, как особенности женской физиологии. Это нормально — вы ученый, для вас нет запретных тем. И все же в нашем, достаточно традиционном, культурном пространстве это удивляет. Я думаю, вы представляете собой новый формат человека, для которого нет никаких ханжеских фигур умолчания, свободного во всех отношениях. Что думаете об этом сами?

— Я молодая женщина, и я феминистка. Для меня нет тем, которые могут кого-то пугать или смущать. На самом деле проблема невозможности женской иммерсии долгое время была проблемой именно из-за того, что замалчивалась.

Я предполагаю, что, если сделать мое изобретение более эргономичным, более эстетичным, возможно, им будут пользоваться на Земле именно те женщины, которые находятся в экстремальных условиях — военные, спортсменки, туристки. И, конечно, женщины-испытатели.



Необходимо снимать культурные и речевые табу с тех сфер деятельности, где женщина может и имеет право проявить себя, и таким образом делать их доступными.

— Вы перечислили возможные сферы использования вашего прибора. И я, как автомобилистка, задумалась — ведь его можно будет использовать в дороге? В пробках например?

— Вполне! В условиях автомобиля трудно справить нужду — необходимо раздеваться, менять положение тела. А с таким прибором ничего этого не нужно — все делается с помощью быстрых и простых движений. Вопрос только в привычке.

Мне нравится космонавтика еще и потому, что все, что мы используем для сложных условий космоса, можно использовать на Земле. Ведь Земля — тоже достаточно экстремальное местечко! В том я и вижу задачу современной науки — изобретать вещи, которые помогут людям действовать в ранее недоступных условиях, а доступные делать более комфортными.

Каждый час к испытателям, находящимся в иммерсионной ванне, приходят специалисты — они проводят разные манипуляции и замеры для исследований. К Дарье подходит Любовь Амирова — старший научный сотрудник ИМБП РАН, кандидат биологических наук.



Л.А.:

—Смотрите, я сейчас измеряю Дарье мышечный тонус. Мышца имеет жесткость, эластичность, вязкость — во время иммерсии эти качества изменяются и их можно измерить. Это модель невесомости, то есть, как и в космическом полете, происходит снижение мышечного тонуса. Измерить его важно для профилактики негативных состояний во время нахождения в космической среде.

Специалист включает прибор, из которого выходит щуп, и прикладывает его к коже испытуемого. Во время измерения звучат пять коротких ударов, потом значения усредняются и выводятся на экран. Оператор оценивает качество данных и, если все в порядке, переходит к следующему измерению.

В этом эксперименте масса тонкостей и деталей, а также он порождает вопросы, на которые пока нет ответа — недостаточно статистических данных.



Олег Волошин дважды был в «сухой» иммерсии, а также принимал неоднократное участие во многих других экспериментах.

О.В.:

— «Сухая» иммерсия — это уникальная разработка ИМБП РАН. Мы проводили подобные эксперименты с 1970-х годов, а основной объем исследований приходится на время с 1980-х годов по текущий день.

В принципе, «сухая» иммерсия — это просто модель даже не невесомости, а, скорее, воздействия ее неблагоприятных факторов, потому что здесь моделируется отсутствие опоры. За счет определенного способа расположения в этой ванне мы разгружаем костно-мышечный аппарат, и вода (через пленку) давит на организм по определенный схеме. В итоге мы получаем эффект, аналогичный тому,

Критерии отбора кандидатов для участия в эксперименте «Сухая иммерсия» для женщин:

Рост до 185 см — высокий человек в ванну просто не поместится либо будет касаться краев ванны, что недопустимо.

Вес — до 85 кг.

Общее здоровье — без отклонений.

как в космосе происходит распределение нагрузки на мышцы, кости и жидкостные среды организма.

Испытателям делают биопсию мышц, которую космонавтам не делают. Кроме того, проводят исследования дыхания в условиях газовых специфических средств. В частности, в таком эксперименте участвовал Марк Серов — в исследовании воздействия на организм определенных газовых смесей. На МКС такие смеси не допускаются — там эксперимент был бы просто невозможен.

Наш отряд исследовательниц позволит нам узнать, как влияет «сухая» иммерсия на женский организм. Потому что относительно мужского организма уже много исследовано.

Я два раза участвовал в «сухой» иммерсии. Сказать, чтобы эти эксперименты были очень сложными с точки зрения психологии, не могу, потому что все-таки здесь нет социальной изоляции, есть возможность общаться в интернете, звонить по телефону.

Также продуктивно в условиях иммерсионной ванны изучение болевого синдрома. У космонавтов в невесомости может болеть спина. Причины этой боли надо было выяснить. У нас возникло несколько гипотез: или это мышцы растягиваются, или тянутся нервные корешки. А может, боли возникают от того, что растягивается позвоночник и сам тянет все остальное. Я как раз был в той группе, где использовался метод магнитно-резонансной томографии: нас укладывали в аппарат, изучали состояние костно-мышечной системы детально. С точки зрения психологии это не было сложно, да и с точки зрения гигиены.



Олег ВОЛОШИН – врач-кибернетик, испытатель, руководитель пресс-службы ИМБП РАН. Неоднократно принимал участие в различных научных проектах института, от параболических полетов в невесомости до изоляционных экспериментов. Член Российской академии космонавтики имени К. Э. Циолковского. Член Союза журналистов России. Профессиональный фотограф. Принимал участие в различных международных и российских выставках и конкурсах. Занял 1-е место во всероссийском конкурсе «Наука – это красиво» в 2008 г. Получил диплом II степени V Всероссийской премии «За верность науке» с фотопроектом «Экспериментатор и испытатель» в 2019 г. Является автором и соавтором более 25 печатных работ по истории, разработкам и научно-популярным проектам ИМБП РАН. Награжден медалью Ассоциации музеев космонавтики России «Преодоление».

А в плане физиологии было сложно первые день-два: спина как раз-таки начинала болеть.

Непосредственно в космических условиях, опять же, это невозможно сделать.

В целом весь эксперимент непривычный, он заставляет выходить из зоны комфорта. Ты меняешь свой ритм жизни, полностью зависишь от исследователя — как рыбка в аквариуме. Естественно, тебя никто не бросает на произвол судьбы, но в целом это непривычно. Ты должен просить, чтобы тебе принесли попить, поесть, дали какие-то вещи, до которых дотянуться не можешь. Это состояние, близкое к тому, что испытывают люди в условиях больницы, когда они обездвижены физически. Но ты здоров и понимаешь правила игры, а поскольку это игра длительная, в конечном итоге принимаешь ее как реальность. Испытатель — это профессия, раньше она была зафиксирована в списке профессий отдельно. Сейчас — нет, но как вид деятельности, естественно, осталась одной из важнейших и требует обязательной подготовки и стабильного психического здоровья.



© Бурцева Н.Л., 2021

История статьи:

Поступила в редакцию: 14.01.2021

Принята к публикации: 03.02.2021

Модератор: Гесс Л.А.

Конфликт интересов: отсутствует

Для цитирования:

Бурцева Н.Л. Первая «сухая» иммерсия для женщин // Воздушно-космическая сфера. 2021. № 1. С. 90 – 97.

PROSPECTS OF DEVELOPMENT OF MINI UAVS AND METHODS OF COMBATING THEM

PART II

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МИНИ-БЕСПИЛОТНИКОВ И СПОСОБЫ БОРЬБЫ С НИМИ

ЧАСТЬ II

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



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

ABSTRACT | The article examines the UAVs composition, features of the construction and combat use. UAVs are now becoming increasingly important, especially mini-class UAVs, which are equipped with elements of artificial intelligence and are capable of acting in the form of self-adjusting swarms. The assessment of mini-class UAVs and loitering ammunition is carried out not only as promising air attack weapons, but also as air targets for air defence systems. The possibilities of existing air defence systems, which implement the "classical" methods of hitting air targets, to combat mini-class UAVs, acting in the form of self-adjusting swarms, are evaluated. Scientifically grounded proposals for the implementation of effective counteraction to these means, including with the help of weapons using new physical principles of destruction, are considered.

Keywords: *aerospace attack means, anti-aircraft missile systems and complexes, mobile automated reconnaissance and fire air defence groups, air defence systems and means, unmanned aerial vehicles, mini-UAVs, elements of artificial intelligence, self-adjusting swarms*

АННОТАЦИЯ | В статье рассматривается состав, особенности построения и боевого применения беспилотных летательных аппаратов, приобретающих в настоящее время все большую значимость, особенно БЛА мини-класса, которые оснащаются элементами искусственного интеллекта и способны действовать в виде самонастраивающихся роев (стай). Проводится оценка БЛА мини-класса и барражирующих боеприпасов не только как перспективных средств воздушного нападения, но и как воздушных целей для средств ПВО. Оцениваются возможности существующих средств ПВО, реализующих «классические» способы поражения воздушных целей, по борьбе с БЛА мини-класса, действующими в виде самонастраивающихся роев. Рассматриваются научно обоснованные предложения по реализации эффективного противодействия этим средствам, в том числе с помощью оружия, применяющего новые физические принципы поражения.

Ключевые слова: *средства воздушно-космического нападения, зенитные ракетные системы и комплексы, мобильные автоматизированные разведывательно-огневые группировки ПВО, системы и средства противовоздушной обороны, беспилотные летательные аппараты, мини-БЛА, элементы искусственного интеллекта, самонастраивающиеся рои*

ВОЗМОЖНОСТИ СРЕДСТВ ПВО ПО БОРЬБЕ С БЛА РАЗЛИЧНЫХ КЛАССОВ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ ИХ БОЕВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

За годы, прошедшие с окончания Великой Отечественной и Второй мировой войны, существенно изменился характер войн и военных конфликтов, форм и способов ведения боевых действий. Новые войны и военные конфликты все в большей степени стали зависеть от технологических укладов участвующих в них государств, новых технологий и вооружений, освоенных к настоящему времени противоборствующими сторонами. Бурное развитие науки и технологий практически изменило характер вооруженной борьбы. С конца прошлого столетия в обиход прочно вошло понятие «высокотехнологичные войны».

Как отмечает начальник Генерального штаба ВС РФ генерал армии В.В. Герасимов, «главным способом достижения целей (вооруженного конфликта) становится дистанционное бесконтактное воздействие на противника за счет массированного применения высокоточных и дальнобойных средств поражения с воздуха, моря и из космоса... (В США)... предусматривается внедрение перспективной формы ведения военных действий – глобально-интегрированной операции. Она предполагает создание в кратчайшие сроки в любом регионе межвидовых группировок войск, способных разгромить противника совместными действиями в различных операционных средах» [5].

В последнее время в практику стал внедряться термин «дистанционно-кибернетическое "умное" оружие», высокоточное по существу и многофункциональное по сути [6]. «Умное» оружие основано на широком применении роботов, элементов искусственного интеллекта, информационных средств различной физической природы, а под боевые заряды в таком оружии могут быть адаптированы самые разные носители.

Безусловно, именно к такому оружию следует отнести и современные средства воздушно-го и воздушно-космического нападения (СВН

и СВКН), в том числе включившие в последнее время в свой состав беспилотные летательные аппараты (БЛА) различных видов и классов, и современные и перспективные средства ПРО-ПВО, особенно российского производства. Именно в средствах ПРО-ПВО Россия исторически выступает как законодатель мод.

Результаты проведенных к настоящему времени исследований позволяют сделать вывод, что российские комплексы и системы ПВО последнего поколения, поступающие и находящиеся на вооружении, потенциально обладают необходимыми возможностями по борьбе с современными СВН и СВКН в различных комбинациях их боевого применения.

Исключение представляют только мини-БЛА, оснащенные элементами искусственного интеллекта и применяющиеся в боевых действиях в виде самонастраивающихся роев, о предлагаемых способах борьбы с которыми поговорим ниже.

Новые виды угроз требуют выработки адекватных мер борьбы за превосходство в воздушном пространстве.

Одной из таких главных мер должно быть не дуэльное использование средств ПВО или спонтанных однородных группировок для отражения налетов пилотируемых и особенно беспилотных средств нападения, как это имеет место в Ливии, а создание полигамных специализированных разведывательно-огневых группировок. Создаваемые группировки должны быть адаптированы под требования театра военных действий, состав и конфигурацию (боевое построение) группировки прикрываемых войск и объектов, и главное – под состав и возможности противостоящих СВН вероятного противника. Группировка ПВО должна создаваться как мобильная автоматизированная, полигамного состава (МАРОГ). Такая группировка должна функционировать в едином информационно-управляющем пространстве в режиме реального времени.

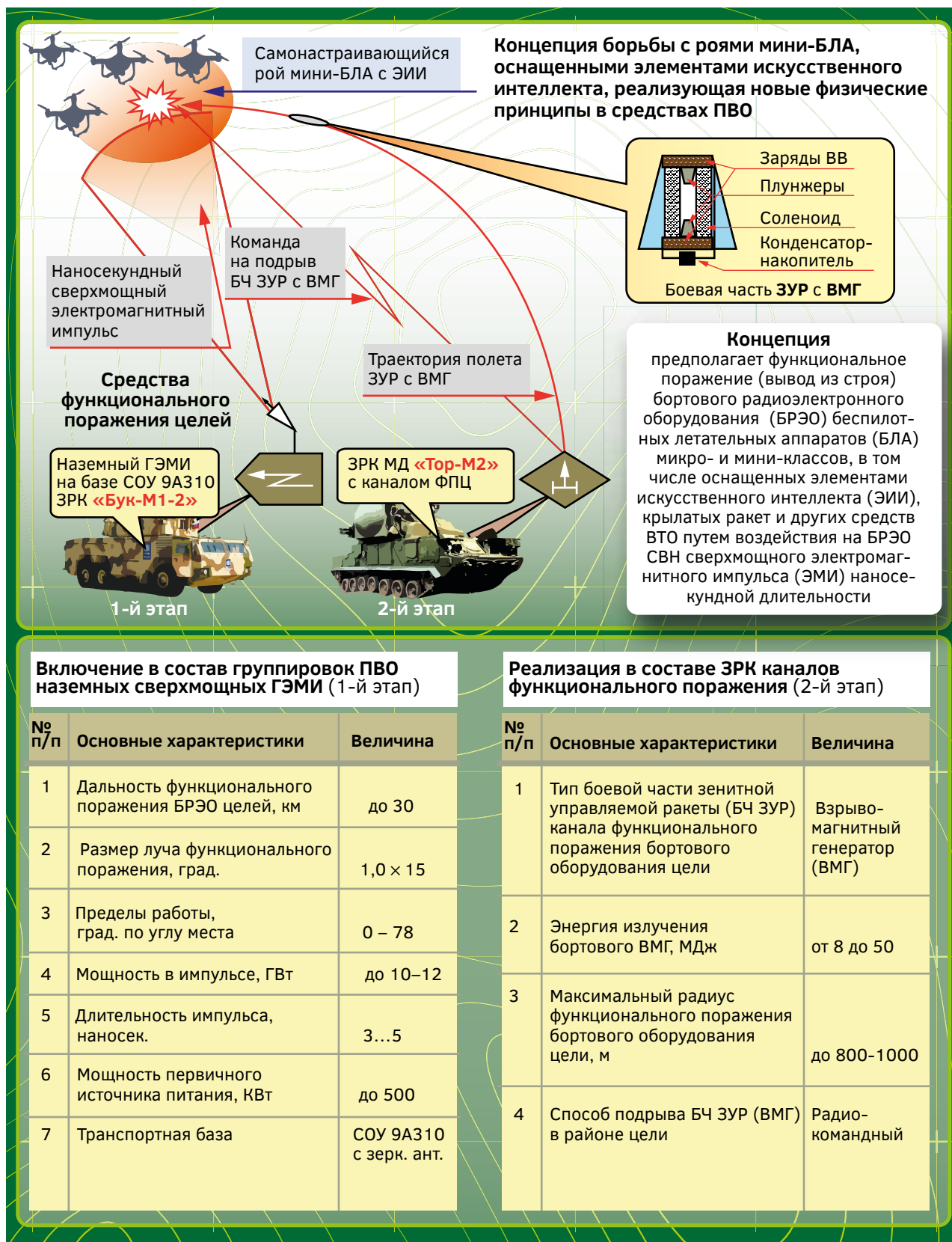
Расчеты, моделирование и полигонные испытания показывают, что боевая эффективность подобных группировок по сравнению с автономными действиями входящих в нее средств ПВО может возрасти более чем в два раза, а устойчивость от возможного воздействия нападающих авиационных средств – в восемь-десять раз [7].

Эти характеристики подтверждены и результатами реальных боевых действий. Фактически группировки ПВО в Хмеймиме и в Тартусе представляют собой разновидности разведывательно-огневых группировок ПВО, состав и структура которых определены решаемыми задачами, а результаты боевых действий известны.

Российские комплексы и системы ПВО последнего поколения обладают необходимыми возможностями по борьбе с современными средствами воздушного и воздушно-космического нападения.

Рис.
3.

Концепция реализации в составе средств ПВО СВ режимов работы на новых физических принципах для борьбы с мини-БЛА



Нет сомнений в том, что, если бы ЗРК «Оса-АКМ» и «Стрела-10Мз», имевшиеся в Нагорном Карабахе, были объединены в соответствующие группировки, было бы создано поле разведки и привлечены средства боевого управления, результат применения азербайджанской стороной турецких БЛА Bayraktar был бы совершенно другим. Я сам в свое время руководил доработкой ЗРК «Оса-АКМ» для обеспечения поражения ею малоразмерных целей и ее испытаниями на полигоне (мишень РУМ-2Б, по габаритам в четыре раза меньшая, чем турецкий БЛА) и знаю ее возможности – 100 % поражения мишеней [8].

А вот что касается БЛА мини-класса, то следует констатировать, что при полномасштабном оснащении их элементами искусственного интеллекта и реализации возможности применения значительного количества таких БЛА в рое борьба с ними средствами ПВО, реализующими «классические» способы поражения воздушных целей, практически невозможна.

И дело не в том, что такая борьба, как считают некоторые авторы, неоправданно затратна для систем ПВО, так как ЗУР существенно дороже, чем мини-БЛА. Проблема в другом: рой БЛА по сути представляет собой распределенный в пространстве боеприпас, то есть групповую цель для средств ПВО. Для защиты прикрываемого объекта нужно поражение этой групповой цели, а не ее отдельных элементов. Поражение отдельных элементов может уменьшить степень поражения прикрываемой цели, но не исключить его. В существующих и перспективных системах ПВО, поражающих цели классическим способом (осколочно-фугасным), средств поражения протяженных в пространстве групповых целей нет (кроме специальных боевых частей ЗУР в ядерном оснащении для некоторых типов ЗРС, но их в мирное время не применишь), что и исключает их боевое применение против роев мини-БЛА. Решить эту проблему не смогут и мини-ЗУР, разрабатываемые, как указывается в некоторых СМИ, в рамках расширения боевых возможностей ЗРК «Тор-М2» и ЗРПК «Панцирь-С1» для борьбы с мини-БЛА.

Многие эксперты полагают, что решить проблему борьбы с роями мини-БЛА могут боевые лазеры. Но, во-первых, лазер, как когерентный источник энергии, имеет очень узкий луч, спо-

собный воздействовать на точечные (одиночные) цели, а не на рой БЛА. Во-вторых, эффективность лазерного луча существенно зависит от состояния атмосферы. В-третьих, дальность поражения цели лазерным лучом при приемлемой мощности первичного источника энергоснабжения и благоприятных погодных условиях не превышает два-три километра, чего явно недостаточно.

В связи с этим наиболее перспективной является концепция функционального поражения (вывода из строя) бортового радиоэлектронного оборудования (БРЭО) БЛА в первую очередь микро- и мини-классов, в том числе оснащенных элементами искусственного интеллекта (ИИ) и действующих в виде самонастраивающихся роев, а также некоторых типов ВТО сверхмощным электромагнитным импульсом (ЭМИ) наносекундной длительности (рис. 3).

Проведенные исследования показывают, что БРЭО современных СВН, выполненное на современной твердотельной элементной базе, а тем более широко использующее антенные системы (в том числе АФАР), чрезвычайно подвержено воздействию сверхмощного ЭМИ. Последнее и должно быть использовано для его функционального поражения и создания оружия на новых физических принципах (НФП) или внедрения их в имеющиеся средства.

Основой такой системы функционального поражения БРЭО СВН на первом этапе могут стать наземные генераторы электромагнитного излучения (ГЭМИ), но более эффективны взрывомагнитные генераторы (ВМГ), размещаемые в качестве боевых частей в составе зенитных управляемых ракет-носителей (ЗУР), которые могут стать основным средством поражения на втором этапе [9].

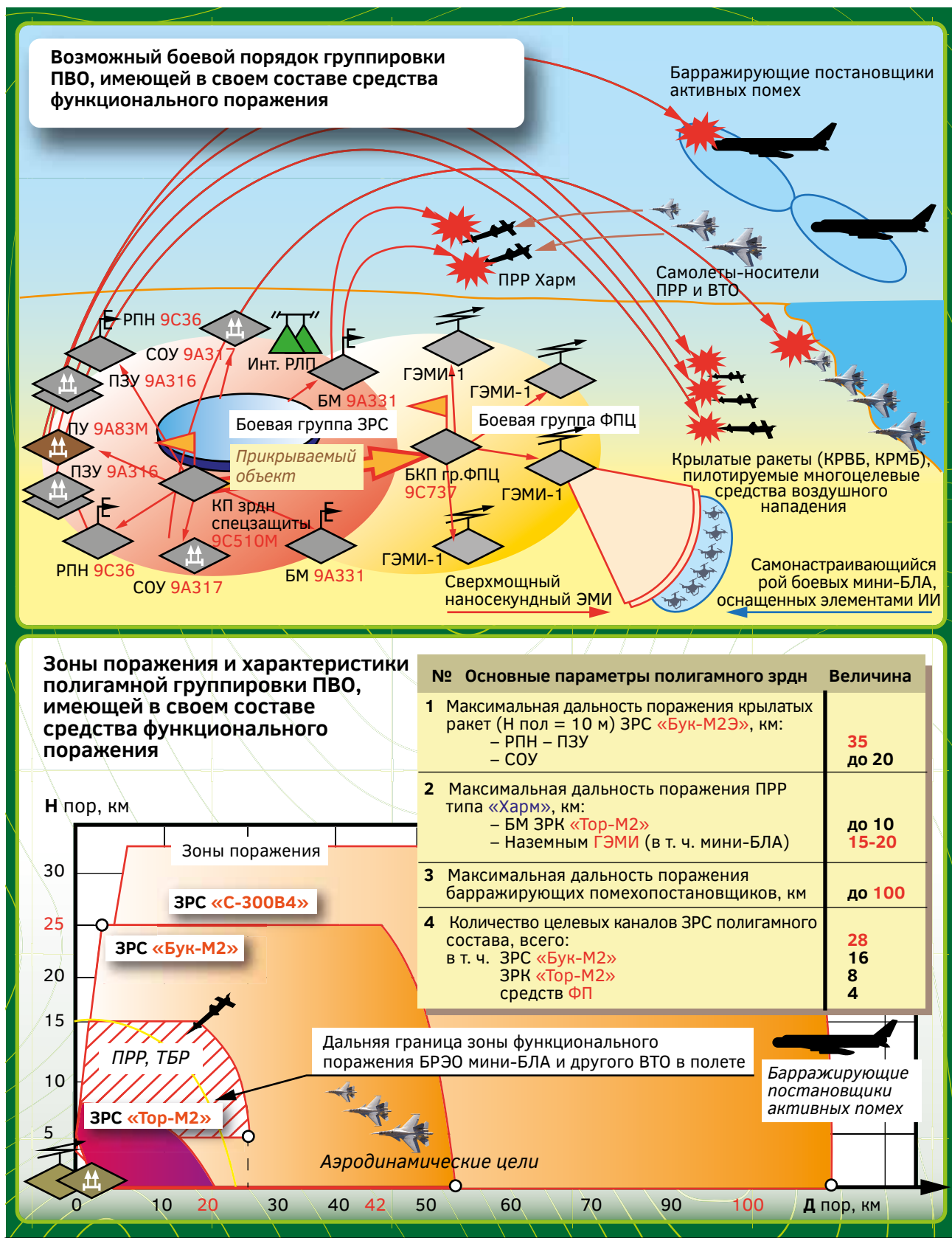
В прессе промелькнула информация о том, что «российские "оборонщики" нашли управу на роевой интеллект. Специалисты "Объединенной промышленной корпорации" (ОПК), входящей в состав Ростеха, сообщили, что противороевое оружие в России уже создано» [10].

Как раз речь и идет о наземных ГЭМИ. Кстати, демонстрационный образец такого генератора был создан МРТИ РАН еще в конце 90-х годов прошлого столетия. Мне пришлось этому способствовать, так что остальное время было затрачено не на разработку, а на бюрократические проволочки.

И сейчас возник парадокс. Созданное оружие в Минобороны хотят применять не против роев БЛА, как это и замыслилось, а против БРЭО ракет «земля – земля», корректируемых в полете снарядов и других средств нападения. Другими словами, планируется использовать это оружие не в войсках ПВО СВ, а в ракетных войсках и артилле-

Мобильная автоматизированная разведывательная группировка ПВО полигамного состава должна функционировать в едином информационно-управляющем пространстве в режиме реального времени.

Рис. 4. Возможный боевой порядок, зоны поражения и некоторые характеристики группировки ПВО, имеющей в своем составе средства функционального поражения целей



рии (РВиА СВ). Командование войск ПВО СВ полагает, что «борьба с такими типами воздушных целей не является прерогативой ПВО, эта задача решается комплексно, с привлечением войск радиоэлектронной борьбы, инженерных и других» [11].

Вместе с тем во всем мире с беспилотниками борются в первую очередь средствами ПВО, это их задача, хотя она действительно комплексная.

Но борьба с БЛА с помощью наземных ГЭМИ сопряжена с решением непростых вопросов. Наземные ГЭМИ, функционально поражая БРЭО основных целей – БЛА, через боковые лепестки антенной системы способны вывести из строя радиоэлектронику своих рядом стоящих боевых средств. То есть возникает проблема электромагнитной совместимости своих же радиоэлектронных средств (РЭС), решить которую достаточно сложно.

В этой связи более перспективным способом функционального поражения БРЭО мини-БЛА следует считать применение в ЗРК взрывомagnetных генераторов (ВМГ), которыми необходимо оснащать ЗУР вместо классической боевой части.

ВМГ обеспечивает прямое преобразование энергии взрыва смесового заряда в энергию электромагнитного импульса. При массе ВМГ до 12–15 кг, что приемлемо для ЗУР, применяемой в ЗРК «Тор-М2», энергии, излучаемой СВЧ-боеприпасом, достаточно для функционального поражения бортовой электроники роя БЛА в радиусе 800–1000 метров и более от точки подрыва, то есть функционального поражения групповой цели, к чему и стремились.

Применение в составе ЗРК «Тор-М2» ЗУР с ВМГ не требует дополнительного решения задач электромагнитной совместимости своих РЭС и может быть реализовано в кратчайшие сроки при минимальных затратах.

Опыт боевых действий в Сирии, проведенные исследования и другие материалы показывают, что при борьбе с БЛА, в том числе, видимо, и мини-класса, достаточно эффективно проявляют себя средства радиоэлектронной борьбы (РЭБ). Это обусловлено тем, что на борту всех типов БЛА обязательно используются радиоканалы, в том числе для навигации, управления, сброса информации. Воздействие средств РЭБ на них может в

значительной степени снизить эффективность боевого применения БЛА. Поэтому не случайно, что, по данным СМИ, в составе группировки ПВО в Хмеймиме развернут по меньшей мере один комплекс РЭБ «Краснуха-4». Есть информация о жалобах американцев на то, что в Сирии их самолеты и БЛА постоянно попадают под облучение (помехи) систем РЭБ.

В открытой печати не хотелось бы более детально говорить о наших средствах РЭБ, но и наши, и зарубежные эксперты очень высоко оценивают боевой потенциал этих комплексов, и поэтому их нужно рассматривать как перспективные средства борьбы, в том числе с роями мини-БЛА.

Проблема в другом. Исторически в течение первых 10 лет существования войск ПВО СВ подразделения РЭБ, оснащенные средствами постановки помех СВН, входили в их состав. В последующем было принято, скажем прямо, необоснованное решение. Эти подразделения РЭБ были изъяты из состава войск ПВО СВ и стали использоваться в другом роде войск. Раздельное боевое применение средств ПВО и средств РЭБ, обеспечивающих постановку помех СВН, оказалось малоэффективным и экономически затратным. На авиабазе в Хмеймиме это упущение было ликвидировано и получены положительные результаты.

Представляется целесообразным возратить подразделения РЭБ, оснащенные средствами борьбы с СВКН, в состав войск ПВО СВ и на их основе создать группы функционального поражения целей (ФПЦ) и РЭБ, организационно «встроенные» в мобильные разведывательно-огневые группировки войск ПВО, функционирующие в едином информационно-управляющем пространстве с зенитными ракетными средствами и под единым командованием (рис. 4).

Это позволило бы сконцентрировать усилия всех средств ПВО СВ для обеспечения эффективной многоплановой борьбы с СКВН по единому замыслу.

Начальник Генерального штаба, анализируя опыт Сирии, о чем уже упоминалось [5], указал, что «гибридная война требует высокотехнологичного оружия... Тенденция развития традиционных и гибридных войн вызвала необходимость внесения изменения в организацию обороны. Новые подходы должны учесть все имеющиеся в стране потенциальные возможности и применять их на системной основе».

С этим нельзя не согласиться, это требование времени. Думаю, что и высказанные в статье предложения будут рассмотрены как требование времени, а приоритет российского оружия в воздушной сфере сохранится на далекую перспективу.

Опыт боевых действий и научные исследования показывают: при борьбе с беспилотниками, в том числе мини-класса, эффективно проявляют себя средства радиоэлектронной борьбы.



Литература

1. **Леонков А.П.** Дроны начинают и выигрывают // Арсенал отечества. 2019. № 1. С. 30 – 35.
2. **Орлов В.** «Байрактары» против «Панцирей». Почему наш ЗПРК может оказаться уязвимым и как этого избежать? // Военно-промышленный курьер. 2020. № 21. 09 июня. С. 6, 7.
3. **Ходаренко М.** Нет системы: почему турецкие беспилотники поражают «Панцири» [Электронный ресурс] // Газета.ru. 2020. 22 октября. URL: <https://www.gazeta.ru/army/2020/10/22/13328989.shtml> (Дата обращения: 30.10.2020).
4. **Леонков А.П., Мураховский В.И.** Борьба с дронами: комплексный подход. Арсенал отечества. 2019. № 2. С. 44 – 49.
5. **Герасимов В.В.** По опыту Сирии. Гибридная война требует высокотехнологичного оружия и научного обоснования // Военно-промышленный курьер. 2016. № 9. 09 марта. С. 1, 4.
6. **Москвин В.** Мозговая атака эффективнее ядерной. Боевые роботы найдут у противника самое слабое место. Интервью с Г. Г. Вокиным // Военно-промышленный курьер. 2020. № 5. 11 февраля. С. 8 – 9.
7. **Лузан А.Г.** Новые концепции структуры и боевого применения войск ПВО Сухопутных войск – требование времени // Воздушно-космическая сфера. 2018. № 4. С. 50 – 61.
8. **Лузан А.Г.** РОГ из «Квадрата» и «Куба». Опыт организации ПВО Дамаска 70-х годов полезен поныне // Военно-промышленный курьер. 2019. № 37. 24 сентября. С. 6.
9. **Лузан А.Г.** ПВО в четвертом поколении. Современные технологии диктуют новую стратегию // Военно-промышленный курьер. 2017. № 6. 15 февраля. С. 5; № 7. 22 февраля. С. 4.
10. **Рой** получит по мозгам // Военно-промышленный курьер. 2016. № 42. 02 ноября. С. 10.
11. **Фаличев О.** Глобальному удару – ответ по существу. Интервью с начальником войск ПВО СВ генерал-лейтенантом А. П. Леоновым // Военно-промышленный курьер. 2015. № 8. 04 марта. С. 5.

References

1. **Leonkov A.P.** Drony nachinayut i vyigryvayut. Arsenal otechestva, 2019, no. 1, pp. 30 – 35.
2. **Orlov V.** "Bayraktary" protiv "Pantsirey". Pochemu nash ZPRK mozhet okazat'sya uyazvimym i kak etogo izbezhat'? Voenno-promyshlennyy kur'er, 2020, no. 21, June 09, pp. 6, 7.
3. **Khodarenok M.** Net sistemy: pochemu turetskie bespilotniki porazhayut "Pantsiri". Gazeta.ru. 2020. Oktober 22. Available at: <https://www.gazeta.ru/army/2020/10/22/13328989.shtml> (Retrieval date: 30.10.2020).
4. **Leonkov A.P., Murakhovskiy V.I.** Bor'ba s dronami: kompleksnyy podkhod. Arsenal otechestva, 2019, no. 2, pp. 44 – 49.
5. **Gerasimov V.V.** Po opytu Sirii. Gibridnaya voyna trebuets vysokotekhnologichnogo oruzhiya i nauchnogo obosnovaniya. Voenno-promyshlennyy kur'er, 2016, no. 9, March 09, pp. 1, 4.
6. **Moskvin V.** Mozgovaya ataka effektivnee yadernoy. Boevye roboty naydut u protivnika samoe slaboe mesto. Interv'yu s G. G. Vokinyim. Voenno-promyshlennyy kur'er, 2020, no. 5, February 11, pp. 8 – 9.
7. **Luzan A.G.** Novye kontseptsii struktury i boevogo primeneniya voysk PVO Sukhoputnykh voysk – trebovanie vremeni. Vozdushno-kosmicheskaya sfera, 2018, no. 4, pp. 50 – 61.
8. **Luzan A.G.** ROG iz "Kvadrata" i "Kuba". Opyt organizatsii PVO Damaska 70-kh godov polezen ponyne. Voenno-promyshlennyy kur'er, 2019, no. 37, September 24, p. 6.
9. **Luzan A.G.** PVO v chetvertom pokolenii. Sovremennye tekhnologii diktuyut novuyu strategiyu. Voenno-promyshlennyy kur'er, 2017, no. 6, February 15, p. 5; no. 7, February 22, p. 4.
10. **Roy** poluchit po mozgam. Voenno-promyshlennyy kur'er, 2016, no. 42, November 02, p. 10.
11. **Falichev O.** Global'nomu udaru – otvet po sushchestvu. Interv'yu s nachal'nikom voysk PVO SV general-leytenantom A. P. Leonovym. Voenno-promyshlennyy kur'er, 2015, no. 8, March 04, p. 5.

© Лузан А.Г., 2021

История статьи:

Поступила в редакцию: 29.10.2020

Принята к публикации: 16.11.2020

Модератор: Плетнер К.В.

Конфликт интересов: отсутствует

Для цитирования:

Лузан А.Г. Перспективы развития мини-БЛА и способы борьбы с ними. Часть II // Воздушно-космическая сфера. 2021. № 1. С. 98 – 105.

SPACE IN THE MUSEUM OF THE WORLD OCEAN

2021 is the year of Russia's space victories, marked by several anniversaries at once: the 60th anniversary of the first manned flight into space, the 55th anniversary of the "Luna-9" and "Luna-10" missions, the 50th anniversary of the "Mars-3" automatic interplanetary station (AMS), the 50th anniversary of the world's first orbital station "Salyut-1". For the Museum of the World Ocean, 2021, in addition, is the year of staging the research vessel "Cosmonaut Viktor Patsaev" at the museum embankment. 20 years ago, this event opened a "space" page in the Museum of the World Ocean's book of life and helped to save the legendary ship from the fate of the other nine ships of the "star" flotilla, which were sent for processing.

Museum staff tell about the historical significance of the ship and its difficult fate which connects space and ocean.

КОСМОС В МУЗЕЕ МИРОВОГО ОКЕАНА

2021 год — год космических побед России, отмеченный сразу несколькими юбилейными датами: 60-летие первого полета человека в космос, 55-летие миссий «Луна-9» и «Луна-10», 50-летие автоматической межпланетной станции (АМС) «Марс-3», 50-летие первой в мире орбитальной станции «Салют-1». Для Музея Мирового океана 2021 год, кроме того — год постановки научно-исследовательского судна «Космонавт Виктор Пацаев» у музейной набережной. 20 лет назад это событие открыло «космическую» страницу в книге жизни Музея Мирового океана и помогло спасти легендарный корабль от участи остальных девяти судов «звездной» флотилии, которые были отправлены на переработку.

Сотрудники музея рассказывают об историческом значении судна и его непростой судьбе, связующей космос и океан.



Larisa V. ZUBINA,
*Candidate of Biological Sciences, Museum of the World
 Ocean, Deputy Director General for Science,
 Kaliningrad, Russia,
zubina_larisa@mail.ru*



Лариса Вениаминовна ЗУБИНА,
*кандидат биологических наук, заместитель
 генерального директора ФГБУК «Музей Мирового
 океана» по науке, Калининград, Россия,
zubina_larisa@mail.ru*

Olga A. ARTYOMOVA,
*Museum of the World Ocean, Head of the Department
 for Work with Visitors, Kaliningrad, Russia,
artemovao@world-ocean.ru*



Ольга Анатольевна АРТЁМОВА,
*заведующая отделом по работе с посетителями
 ФГБУК «Музей Мирового океана», Калининград, Россия,
artemovao@world-ocean.ru*

Irina N. BEREZINSKAYA,
*Museum of the World Ocean, Methodist of the Depart-
 ment for Work with Visitors, Kaliningrad, Russia,
planetarium.mwo@ya.ru*



Ирина Николаевна БЕРЕЗИНСКАЯ,
*методист отдела по работе с посетителями, ФГБУК
 «Музей Мирового океана», Калининград, Россия,
planetarium.mwo@ya.ru*



21 апреля 2003 года, открытие выставки «Космическая одиссея» (из фондов Музея Мирового океана)

Научно-исследовательское судно «Космонавт Виктор Пацаев» в течение 20 лет украшает набережную исторического флота Музея Мирового океана в Калининграде и является единственным в мире кораблем космической связи, имеющим музейную экспозицию. 23 апреля 2001 года на борту судна открылась выставка «Космическая одиссея». Почетный гость музея – летчик-космонавт СССР, первый человек, вышедший в открытый космос, дважды Герой Советского Союза Алексей Архипович Леонов – сказал тогда: «Эта выставка – самый большой подарок к 40-летию полета Юрия Алексеевича Гагарина».

Слова А. А. Леонова прозвучали для коллектива Музея как призыв к действию. И сегодня в фондах хранятся предметы, рассказывающие об исто-

рии освоения космоса: приборы и оборудование, серии юбилейных монет и памятных значков, модели и макеты космических судов, марки, конверты, фотографии и видеозаписи, рисунки А. А. Леонова, личные вещи космонавтов и сотни других предметов – свидетелей истории космических побед. Музей является обладателем уникальных экспонатов – серии открыток, созданных космонавтом-художником А. А. Леоновым и художником-фантастом А. К. Соколовым. Эти открытки считаются началом развития нового жанра в изобразительном искусстве – научно-фантастической живописи. В фондах музея есть и предметы, которые побывали в космосе: страница бортового журнала, фотоаппарат «Зенит» и один из самых значимых экспонатов – стартовый ключ



Летчики-космонавты СССР В. В. Терешкова, Ю. А. Гагарин, А. А. Леонов, П. И. Беляев на трибуне мавзолея, Москва, 1965 г. (из фондов Музея Мирового океана)

У многих туристов Калининград ассоциируется с космосом, ведь четыре космонавта из одного региона – это рекорд для России.

космического корабля «Союз-19», на котором совершил полет А. А. Леонов в составе советско-американской программы «Союз» – «Аполлон». А самым необычным и особенно ценным экспонатом работники музея считают платок с изображением космонавта на фоне Солнца, Луны, Земли и летящей ракеты. Этот платок был подарен Ю. А. Гагариным сестре А. А. Леонова Надежде Архиповне Кузьменко, а она в 2003 году передала его музею.

Вслед за выставкой «Космическая одиссея» были открыты выставки «Звездная флотилия», «Сотворение мира», «Планетарий». Особое внимание всегда уделялось выставке «Земляки-космонав-

ты», посвященной Алексею Архиповичу Леонову, Виктору Ивановичу Пацаеву, Юрию Викторовичу Романенко и Александру Степановичу Викторенко. На выставке представлены личные вещи, памятные знаки, награды и фотографии из семейных архивов космонавтов. Их биография связана с Калининградом, и в год 75-летия Калининградской области и 50-летия первой в мире орбитальной станции «Салют-1» коллектив музея еще раз вспоминает имена знаменитых земляков. Неслучайно у многих туристов Калининград ассоциируется с космосом, ведь четыре космонавта из одного региона – это рекорд для нашей страны.



Космонавты – посланцы Калининградской земли (из фондов Музея Мирового океана)



Экспозиция «Три стихии звездной флотилии» (из фондов Музея Мирового океана)

Пройти по палубам судна «Космонавт Виктор Пацаев» и прикоснуться к истории космонавтики в Калининград специально приезжают российские и иностранные гости.

На выставках представлены личные вещи, памятные знаки, награды и фотографии из семейных архивов космонавтов, в том числе и переданные в дар музею редакцией журнала «Воздушно-космическая сфера» уникальные фотографии экипажа «Союза-11» и аудиокассета с последним интервью Г. Т. Добровольского, В. Н. Волкова и В. И. Пацаева, сделанным перед стартом.

На НИС «Космонавт Виктор Пацаев» еще в период его работы в космических программах экипажем был создан музей В. И. Пацаева. И сегодня Музей Мирового океана бережно хранит эту реликвию. В. И. Пацаев совершил свой единственный полет в 1971 году в качестве инженера-исследователя космического корабля «Союз-11» и орбитальной космической станции «Салют-1». 19 апреля 1971 года ракета-носитель «Протон» вывела в космос первую

в истории долговременную орбитальную станцию «Салют-1». 6 июня 1971 года к станции стартовал космический корабль «Союз-11» с экипажем из трех человек – командир Георгий Добровольский, бортинженер Владислав Волков и инженер-исследователь Виктор Пацаев. Они стали первым экипажем первой в мире орбитальной станции «Салют-1».

Космонавты работали на орбите около 23 суток, установив абсолютный рекорд пребывания человека в космосе. Экипаж выполнил программу научно-технических и медицинских экспериментов, провел исследование акватории Мирового океана в интересах рыбного хозяйства, с помощью обсерватории «Орион» впервые проводились астрофизические исследования вне Земли. 30 июня во время возвращения на Землю произошла трагедия: космонавты погибли из-за разгерметизации спускаемого аппарата. Далее станция функционировала в беспилотном режиме. На орбите «Салют-1» в целом пробыл 175 суток. 11 октября 1971 года он прекратил свое существование. Первая долговременная орбитальная станция Земли «Салют-1» открыла новый этап в исследовании космического пространства.

Программа «Салют» продолжалась с 1971 года по 1986 год: «Салют-1», «Салют-3», «Салют-4», «Салют-6», «Салют-7». В результате работы был накоплен гигантский опыт строительства косми-



14 рейсов совершило научно-исследовательское судно «Космонавт Виктор Пацаев», выполняя работы с космическими орбитальными станциями «Салют-6», «Салют-7», «Мир», с кораблями «Союз» и «Прогресс», с многоразовой космической системой «Энергия» — «Буран».

ческих станций и длительного пребывания человека вне Земли. Связь между Центром управления полетами и космическими аппаратами обеспечивали контрольно-измерительные комплексы наземного и морского базирования, в том числе «звездная» флотилия, в состав которой впоследствии вошли научно-исследовательские суда «Космонавт Юрий Гагарин», «Космонавт Георгий Добровольский», «Космонавт Владислав Волков» и «Космонавт Виктор Пацаев». НИС «Космонавт Виктор Пацаев» совершило 14 рейсов (экспедиций), выполняя работы с космическими орбитальными станциями «Салют-6», «Салют-7», «Мир», с кораблями «Союз» и «Прогресс», с многоразовой космической системой «Энергия»–«Буран».

НИС «Космонавт Виктор Пацаев» обеспечивало связь между космическими аппаратами и Землей, в том числе и в рамках лунной программы. С 1958 года в СССР предпринимались попытки достижения Луны, но только «3 февраля 1966 года в 21 час 45 минут 30 секунд по московскому времени автоматическая станция "Луна-9", запущенная 31 января, произвела первую мягкую посадку на поверхность Луны в районе Океана Бурь. По команде с Земли 4 февраля в 4 часа 50 минут станция "Луна-9" начала обзор лунного ландшафта и передачу его изображения на Землю», — из сообщения ТАСС.

Пятнадцатая миссия человечества к Луне стала вехой, с которой началось непосредственное изучение единственного естественного спутника Земли. Полет автоматической межпланетной станции (АМС) «Луна-9» не только позволил рассмотреть вблизи поверхность Луны, но и доказал, что лунная пыль не мешает мягкой посадке. 3 апреля 1966 года на селеноцентрическую орбиту была выведена автоматическая станция «Луна-10». Она стала первым в мире искусственным спутником Луны. 55 лет назад с орбиты спутника началось детальное исследование

Луны и окололунного пространства. Искусственный спутник выполнял научную программу в течение месяца, совершив к концу активного существования 450 витков.

Еще одна важная дата в истории космонавтики — 50 лет первой в мире мягкой посадке на Марс. 19 мая 1971 года с космодрома Байконур стартовала ракета-носитель «Протон-К» с АМС «Марс-2». Из-за ошибки бортовой ЭВМ спускаемый аппарат разбился о поверхность Марса. Сама станция свыше восьми месяцев исследовала Марс с орбиты планеты. 28 мая 1971 года к Красной планете отправилась АМС «Марс-3». Связь со спускаемым аппаратом «Марс-3» продолжалась всего 14,5 секунды. За это время удалось передать только первые 79 строк фототелевизионного сигнала. Полученное изображение представляло собой серый фон без единой детали. Миссия АМС «Марс-3» — первая в мире мягкая посадка спускаемого аппарата на Марс и единственная в истории советской космонавтики.

Памятные даты в истории советской космонавтики — прекрасный повод вспомнить о НИС «Космонавт Виктор Пацаев», которое сегодня переживает непростые времена. В течение 20 лет Музей Мирового океана делал все возможное для сохранения судна: собраны тысячи документов и предметов, рассказывающих об истории морского космического флота; на борту создана музейная экспозиция; отремонтировано более 500 кв. м площади; осуществлено подключение судна к системам жизнеобеспечения. В 2016 году корабль включен в Единый государственный реестр объектов культурного наследия народов Российской Федерации. Однако его дальнейшая судьба остается неопределенной.

Сегодня НИС «Космонавт Виктор Пацаев» — хранитель памяти о советской и российской космической одиссее. Надеемся, что юбилейный 2021 год будет отмечен радостными событиями, в том числе в судьбе НИС «Космонавт Виктор Пацаев».

© Зубина Л.В., Березинская И.Н., Артёмова О.А., 2021

История статьи:

Поступила в редакцию: 19.12.2020

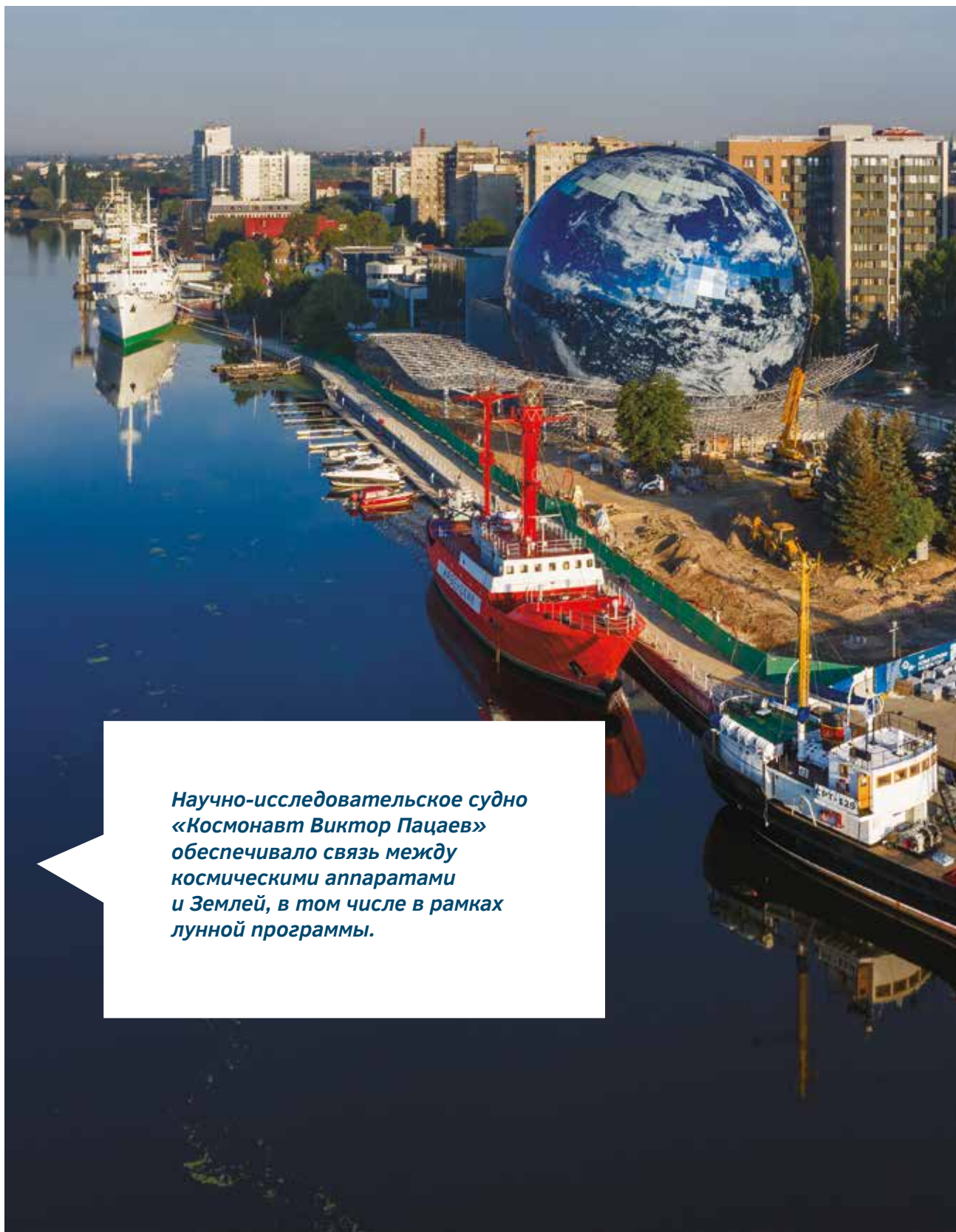
Принята к публикации: 14.01.2021

Модератор: Плетнер К.В.

Конфликт интересов: отсутствует

Для цитирования:

Зубина Л.В., Березинская И.Н., Артёмова О.А. Космос в Музее Мирового океана // Воздушно-космическая сфера. 2021. № 1. С. 106 – 113.



*Научно-исследовательское судно
«Космонавт Виктор Пацаев»
обеспечивало связь между
космическими аппаратами
и Землей, в том числе в рамках
лунной программы.*

«МОСТ В КОСМОС» — стремление вверх

Прием работ на Международный конкурс «Мост в космос» завершился по плану — 1 марта 2021 года. Заявки поступали из разных стран и даже с других континентов. Украина, Узбекистан, Израиль, Италия, США, Гвинея, Китай и более 20 городов России — такова география конкурса.

Жюри и Оргкомитету, представленным научно-техническим журналом «Воздушно-космическая сфера», международным изданием Room Space Journal of Asgardia, а также официальными лицами Асгардии, предстоит большая и интересная работа.

Итоги будут подведены позже, а единственный секрет, который можно выдать на данный момент, — лидирующая номинация. Больше всего история космоса и перспективы новых космических открытий вдохновили художников — от школьников до мастеров, от живописцев до графиков, работающих в смешанных техниках.

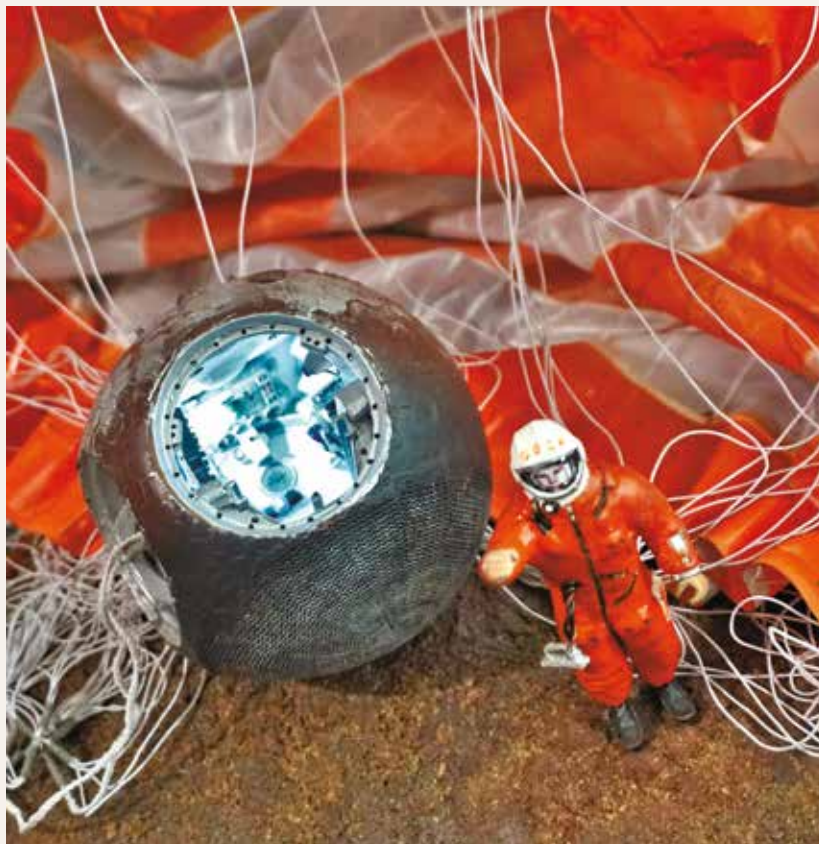
Удивляет и радует не только широкий географический охват, но и социальный — десятки людей различного возраста, национальности, рода деятельности и уровня профессиональной подготовки откликнулись на наш космический призыв. Оценивая присланные работы, мы поняли, что земляне никогда не переставали не только думать о космосе, но и строить мост в него — мыслью, словом и делом.

«Ракета», исполненная масляной краской на холсте — работа **Андрея Щербухи**. Стремление вверх — лучше всего описывающие ее слова.

В этом выпуске мы представляем не только «Живопись, фотографию и иллюстрацию на космическую тему». Каким видится прошлое, настоящее и будущее космической науки в канун 60-летия первого полета человека в космос, демонстрируют также авторы стендовых моделей и миниатюр.

Леонид Симухин из Улан-Удэ — один из самых активных участников конкурса в номинации «Стендовые модели», он прислал 25 работ.

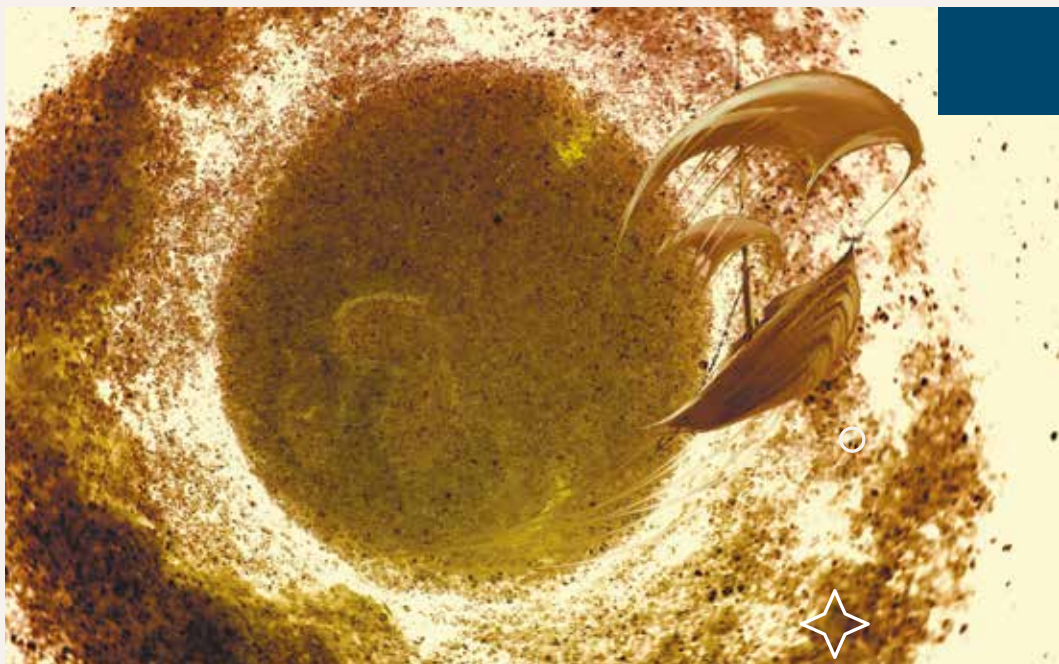
По известному описанию событий, после раздельного приземления спускаемого аппарата и космонавта Юрий Гагарин был доставлен служащими близлежащей воинской части к спускаемому аппарату. Этот момент и изображен на стендовой модели. ►



◀ **Марко Амбросио** представил бюст Ю.А. Гагарина в скафандре. Художник-моделист из Турина (Италия) назвал свою работу просто — «Первый». И это название, и мужественные, но человеческие черты русского космонавта говорят о глубоком и всестороннем осмыслении его личности художником.



Элнур Эгамов, художник из Ташкента (Узбекистан), выполнил свои работы в компьютерной графике. Мы в редакции склонны назвать эти фотоколлажи «Космической фантазией», но автор считает, что каждому они отзовутся — и назовутся — по-своему. ►



«Может быть, это моя фантазия, но мне кажется, что у всех работ есть одно общее выражение.

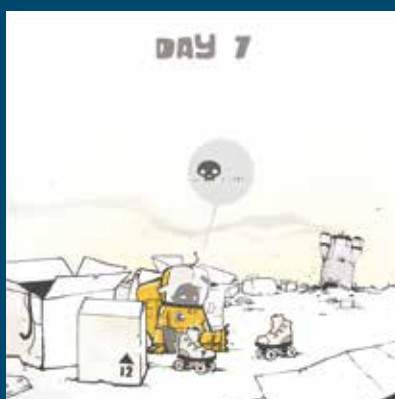
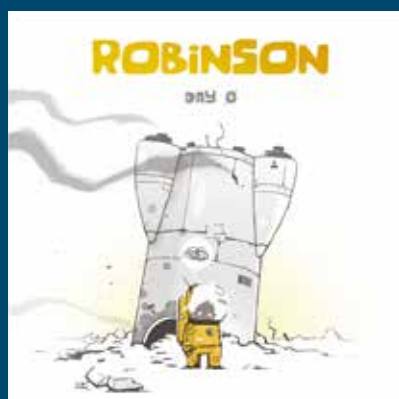
Это хорошее детское нетерпение и восторг перед неизвестным.

Тем самым неизвестным, что нас манит и притягивает, а в чем-то пугает. То самое чувство, которое сначала рождает впечатление сердца, а затем дает деятельный творческий импульс. Благодаря которому мы как вид имеем шанс на продолжение».

Кирилл Плетнер,
главный редактор журнала «ВКС»

◀ **Илья Крейдун**, выпускник Санкт-Петербургской академии художеств имени И.Е. Репина, заявил к участию фрагмент своей дипломной работы под названием «Новый рубеж». Идею проекта он описывает так:

«Это история космонавтики в развитии, во времени и пространстве. Дорога к новым свершениям, проложенная ценой невероятных усилий».



Алексей Лунин, автор серии одностраничных работ «Дневник Робинзона», использовал в своих «космических комиксах» растровую графику — способ создания изображений на компьютере в графическом редакторе. Каждое изображение — его представление об одном дне из жизни странника, потерпевшего крушение на неизвестной планете. ►





◀ Архангелогородец **Борис Воронин** создал фотопроект «Звездочет, или Возвращение претензий», посвященный исследованиям Венеры. В нынешнем выпуске мы представляем часть работы.

Вот как автор описывает свой проект: «Первого марта 1966 г. станция "Венера-3" достигла поверхности Венеры, доставив выпел СССР.

Это был первый в мире перелет космического аппарата с Земли на другую планету. 22 октября 1975 г. через 2 минуты после посадки АМС "Венера-9" проведена передача телевизионной панорамы. В марте 1982 г. АМС "Венера-13" передала первые фотографии венерианского пейзажа из 14 цветных и 8 черно-белых снимков, а также были взяты и исследованы пробы грунта, зафиксировано строение облаков, определена освещенность в нижней их части. Тогда мир назвал Венеру "русской планетой"».





◀ **Кузьмичева Алена** из города Малоярославец явила свое видение советского космонавта — это общий, «универсальный» образ, но в чертах лица угадываются многие качества, которые мы ассоциируем с летчиками-космонавтами, героями СССР — мужество, спокойствие, готовность к любым нештатным ситуациям. Работа называется соответственно: «Вперед!»



▲ Одну из самых дальних точек планеты, откликнувшихся на призыв организаторов конкурса, представляет педагог общеобразовательной школы при Посольстве России в Гвинее. **Татьяна Машкина** прислала панно «Мы — дети космоса!», созданное ее ученицами — Станиславой Карповой (5-й класс), Миланой Мухиной (7-й класс) и Валерией Нистратовой (8-й класс). Для этой стендовой модели было использовано множество природных и искусственных материалов, в числе которых кожа крокодила, листья початков кукурузы, лыко, поваренная соль, алюминиевые гвозди и металлические стразы.

РБ-1 РЕЦИРКУЛЯТОР БАКТЕРИЦИДНЫЙ



Производительность не менее 60 м³/час
(комнату 25 м² обеззараживает за час)



Безопасное использование
в присутствии людей



Металлический корпус,
простота обслуживания
и надежность



подробнее на сайте



АО «АПЗ»
+7 (83147) 7-93-37
www.oaoapz.com



ВАША ИДЕЯ — НАШ ОПЫТ, РАЗРАБОТКА И ПРОИЗВОДСТВО

1957 **63** 2020

конструкторское бюро



механо-
обрабатывающее



сборочно-
монтажное



инструментальное



литейное



производство по
переработке
пластмасс



гальвано-
химическое



изготовление
печатных плат



термическое



Акционерное общество
«Арзамасский приборостроительный
завод имени П. И. Пландина»



607220, Россия, Нижегородская область, г. Арзамас, ул. 50 лет ВЛКСМ, д. 8а,
+7 (83147) 7-91-33, apz@oaoapz.com, www.oaoapz.com

