



ВОЗДУШНО-КОСМИЧЕСКАЯ СФЕРА

AEROSPACE SPHERE JOURNAL (ASJ)

Научно-технический журнал | Scientific and technical journal

4(97) 2018

ISSN 2587-7992

#АВАРИЯ\_ТУ-16

#Soyuz-FG

#БИОПРИНТЕР НА МКС

#Lundust

#СПАСТИ КОСМОНАВТОВ

#FUTURE OF SPACE TECHNOLOGY

#biomaterial

#9000METRES\_TO LIFE

#SpaceStation

#Asgardia

#AEROSPACE

#ЭКСКАВАТОР\_ДЛЯ\_ЛУННЫХ\_СТАРАТЕЛЕЙ #орбита

#БИОНИКА

#nanotechnologies

#киберинкубация

#МКС\_20\_лет

#Space3D-printers

#космодром\_из\_реголита

#КосмическаяЭкспансияРазума

## СОДЕРЖАНИЕ



### КОСМИЧЕСКОЕ ГОСУДАРСТВО

Дайджест новостей Асгардии..... 6



### ЮБИЛЕЙ

/Н. Л. Бурцева/  
МКС: 20 лет на орбите..... 12



### НОВАЯ КОСМИЧЕСКАЯ ЭРА

/А. В. Колесников/  
Космическая экспансия разума..... 18

/В. Ю. Ключников/  
Life-технологии – будущее космической техники..... 28



### СОБЫТИЕ

/К. А. Владимиров/  
Технологии воздушного старта..... 44

/Н. Л. Бурцева/  
Авария ракеты-носителя «Союз-ФГ»: как это было..... 46

/Н. Л. Бурцева/  
Спаси космонавтов: как действует система аварийного спасения..... 52

/С. В. Дмитрюк/  
Высший пилотаж в небе Геленджика..... 58

/С. В. Дмитрюк/  
Слово ветерана..... 64



### ВОЗДУШНО-КОСМИЧЕСКАЯ ОБОРОНА

/А. Г. Лузан/  
Новые концепции структуры и боевого применения войск ПВО  
сухопутных войск – требование времени..... 66



### НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

/А. В. Багров, В. А. Леонов/  
Создание космодрома на Луне методом наплавления реголита на монолитную поверхность..... 78

/А. О. Майборода/  
Lundust – орбитальный экскаватор для лунных старателей..... 84

/Н. Л. Бурцева/  
Космический биопринтер: перезагрузка..... 94



### ИСТОРИЯ

/М. Н. Фалилеев/  
«Судьба довела меня до подножия ракеты»..... 98

/В. П. Михайлов/  
9000 метров до жизни..... 106



### ПРОИЗВОДСТВО

/Л. А. Гесс, Л. В. Фокеева/  
Праздник памяти..... 116

# ДАЙДЖЕСТ НОВОСТЕЙ АСГАРДИИ



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

**1.** 24 июня в Вене прошла первая очная сессия парламентариев Асгардии.

**2.** 25 июня в летнем дворце австрийских императоров Хофбург состоялась инаугурация главы нации. Основатель первого в мире космического государства Игорь Ашурбейли принял присягу и официально вступил в должность.



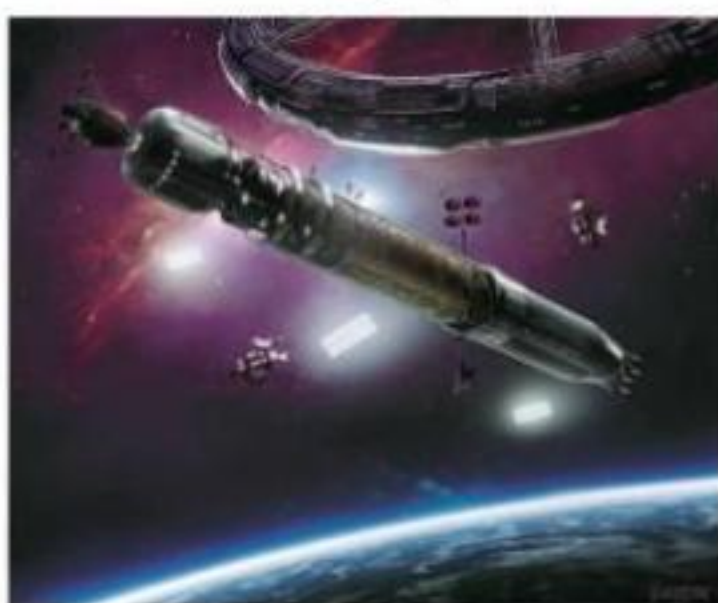
Сегодня спутник находится на околоземной орбите на удалении 500 км от Земли и движется со скоростью 7-8 км/с, то есть в день делает примерно 16 оборотов вокруг Земли. «Асгардия-1» пробудет в космосе около 4-6 лет.

**6.** Асгардия заняла 170-е место в мире по количеству населения. Сейчас граждан Асгардии больше, чем, к примеру, граждан Вануату и Самоа. Более 277 тысяч человек приняли Конституцию Асгардии. Всего за несколько недель осени количество граждан выросло на 5000 человек, подняв Асгардию на 170-ю строчку в рейтинге самых населенных стран. В рейтинге Асгардия чуть отстает от таких стран, как Исландия, Багамские острова и Мальта.

**7.** На своей первой цифровой сессии в октябре парламент Асгардии подавляющим большинством голосов утвердил годовую плату за гражданство в размере 100 евро. Это решение открывает ворота для начала экономической, политической и научной деятельности и воплощения цели, поставленной главой нации Игорем Ашурбейли: колонизация Луны на постоянной основе к 2043 году.

## ВОСЕМЬ ГЛАВНЫХ СОБЫТИЙ АСГАРДИИ В 2018

**3.** 12 октября 2018 года исполнилось два года со дня основания первого в мире космического государства.



Этот спутник подготовит место для своего последователя – «Асгардии-2», который станет продолжением символического дома Асгардии в космосе. Любой резидент Асгардии может отправить свои данные на спутник «Асгардия-1» (текст или файл до 100 кб).

**5.** 26-28 октября в Ницце (Франция) с успехом прошел Первый экономический форум Асгардии. На сайте [asgardia.space](http://asgardia.space) опубликован меморандум по его итогам.



**4.** 12 ноября 2018 отмечалась первая годовщина со дня запуска спутника «Асгардия-1», содержащего Конституцию Асгардии, государственные символы и иные документы, данные об асгардианских гражданах, а также файлы, присланные самими асгардианцами. Год назад цифровое космическое королевство Асгардия обрело полноценный космический статус и суверенную территорию.



**8.** На официальном сайте Асгардии опубликован указ № 27 о национальной валюте Асгардии. Глава нации Игорь Ашурбейли объявил о начале конкурса. Резиденты Асгардии выберут 12 земных валют, которые составят мультивалютную корзину, к которой будет привязан курс солара (основной валюты Асгардии).

## ПРИНЯТ МЕМОРАНДУМ ПО ИТОГАМ ЭКОНОМИЧЕСКОГО ФОРУМА АСГАРДИИ



Первый экономический форум Асгардии



**26-28** октября в Ницце состоялся Первый экономический форум Асгардии. По его итогам принят меморандум. Официальный документ опубликован на сайте [asgardia.space](http://asgardia.space).

Форум был проведен по инициативе главы первой космической нации Игоря Ашурбейли.

26-28 октября на Лазурном берегу собрались экономисты, финансисты, специалисты в области построения систем денежного обращения, криптовалют, инвестиционных инструментов – представители профессионального сообщества из Австрии, Бельгии, США, Великобритании, Германии, России, Дании, ЮАР, Нидерландов, Турции, Индии и других стран.

Открывая форум, глава нации в своем вступительном слове выделил основные направления для построения экономики Асгардии и ее валютной системы. Игорь Ашурбейли подчеркнул, что конкретные решения и подходы к созданию экономической системы Асгардии должны быть выработаны в процессе коллек-

тивного творчества, с участием профессионалов и всех заинтересованных асгардианцев, в короткий период до очередной цифровой сессии парламента Асгардии. Другие докладчики представили проекты моделей финансовой системы Асгардии и ее экономики, модели платежных систем, осветили вопросы создания сбалансированной финансово-экономической экосистемы Асгардии.



### ПРИНЯТЫ СЛЕДУЮЩИЕ РЕШЕНИЯ:

- Опубликовать тезисы докладов и экспертных обсуждений в очередном номере космического журнала ROOM.
- Подготовить выступление представителя Асгардии на Всемирном экономическом форуме в Давосе.
- Подготовить и внести установленным порядком на рассмотрение парламентом Асгардии проект закона о национальной валюте Асгардии в месячный срок.



## ИГОРЬ АШУРБЕЙЛИ РАССКАЗАЛ О СОСТАВЛЯЮЩИХ ЭКОНОМИКИ АСГАРДИИ

**Н**а Первом экономическом форуме Асгардии глава нации обозначил свое видение экономики первого космического государства.

– В первую очередь хочу поблагодарить всех вас за то, что вы нашли возможность прилететь из разных стран мира для участия в сегодняшнем мероприятии, – приветствовал участников форума Игорь Ашурбейли, – это первый в истории Асгардии экономический форум. Я впервые вкратце озвучу основные постулаты моего личного макровидения экономической системы Асгардии в целом и ее валют в частности.

Экономика имеет идеологическую и финансовую составляющие. Идеологическая составляющая экономики Асгардии стоит на двух ногах.

Первая. В современном земном мире право собственности на деньги принадлежит государствам, а граждане – лишь заложники ничем не обеспеченных фиатных или цифровых денег. В Асгардии собственниками денежной системы должны стать граждане. Государство лишь посредник, комиссионер и гарант транзакций денег.

Вторая. Ни в одном земном государстве граждане не являются бенефициарами профицита государственного бюджета. Зато всегда несут тяготы его дефицита. В Асгардии каждый гражданин должен быть участником распределения прибыли государства.



*Лембит Опик, Игорь Ашурбейли и Михаил Спокойный*

**Финансовая составляющая экономики Асгардии** опирается на две ее национальные валюты.

Первая – солар, «солнечная валюта». Солнце светит всем на Земле. Поэтому и солар должен стать универсальной платежной валютой Асгардии, конвертируемой на биржах во все, не только твердые, валюты, существующие в земных странах, а также в легитимные криптовалюты.

Вторая – лунар, «лунная эксклюзивная валюта». Только для граждан Асгардии – 2% населения Земли. Лунар является их внутренним финансовым и валютным активом, подтверждающим гражданство Асгардии. Он может, как и любой актив, быть предметом обмена, продажи, залога, дарения, наследования и прочее. Также котируется на биржах.

Специально не говорю подробнее, так как мне очень важно в рамках этой общей стратегии дать возможность сотворчества в создании экономической системы Асгардии всем асгардианцам.

## ПЕРВАЯ В МИРЕ ЦИФРОВАЯ СЕССИЯ ПАРЛАМЕНТА АСГАРДИИ

Онлайн-конференция депутатов последовала после первой очной сессии парламента, состоявшейся 24 июня 2018 года в Вене накануне инаугурации главы государства. Осенняя сессия длилась три дня – с 10 по 12 октября.

Свое приветствие парламентариям направил глава нации Игорь Ашурбейли. Он отметил уникальность события:

«Уважаемые члены парламента Асгардии и все асгардианцы! Поздравляю вас с успешным завершением нашей первой цифровой парламентской сессии. Задумайтесь, это была также и первая цифровая сессия в истории парламентаризма всех земных государств. Мы – пионеры!»

В видеозаседаниях приняли участие более 100 членов парламента из более чем 30 стран мира. Сессия проходила на английском языке с переводом на испанский и русский.

Парламентарии обсудили ряд поправок к законам, а также бюджет на 2019 год. Председатели 12 парламентских комитетов рассказали о своем видении дальнейшей работы по возглавляемым ими направлениям.

Парламент Асгардии одобрил уплату гражданского взноса в размере 100 евро ежегодно: принята поправка к Закону о гражданстве.

Закон «О гражданстве» – один из первых законов космического государства. Впервые закон обсуждался депутатами на первой сессии парламента в Вене 24 июня 2018 года и был принят с несколькими поправками.



Второе заседание  
парламента Асгардии.  
11 октября 2018 года  
(4 октября 0002 года)



Первое заседание  
парламента Асгардии.  
10 октября 2018 года  
(3 октября 0002 года)

9 сентября 2018 года в декрете 23 глава нации Игорь Ашурбейли официально согласовал закон «О гражданстве», указав, что одна поправка будет предложена к обсуждению на осенней сессии парламента. Согласно этой поправке в период с 2018 по 2019 год включительно годовая сумма сбора за гражданство устанавливается в размере 100 евро. В октябре 2018 года на первой в мире цифровой сессии после успешного голосования парламент Асгардии принял эту поправку.



*Поздравляю с успешным  
завершением нашей  
первой цифровой  
парламентской сессии.  
Задумайтесь, это была  
также и первая цифровая  
сессия в истории  
парламентаризма всех  
земных государств.*

***Мы – пионеры!***

# ISS: 20 YEARS IN ORBIT

**Natalia L. BURTSEVA,**  
Video Content Creation & Promotion Chief Specialist,  
RSC "Energia", Korolev, Russia,  
[natalya.burtseva@rsce.ru](mailto:natalya.burtseva@rsce.ru)



# МКС: 20 ЛЕТ НА ОРБИТЕ

**Наталья Леонидовна БУРЦЕВА,**  
главный специалист по созданию  
и продвижению видеоконтента  
ПАО «РКК «Энергия», Королёв, Россия,  
[natalya.burtseva@rsce.ru](mailto:natalya.burtseva@rsce.ru)

**ABSTRACT** | On 20th November 1998 Russia set the first element of the International Space Station – the "Zarya" functional cargo block – into orbit, and on 10th December people could set foot on the station for the first time. This year humanity celebrates the 20th anniversary of its space home.

**Keywords:** International Space Station, global project, space, orbit

**АННОТАЦИЯ** | 20 ноября 1998 года Россия вывела на орбиту первый элемент Международной космической станции – функционально-грузовой блок «Заря», а уже 10 декабря на станцию впервые ступили люди. В этом году человечество отмечает 20-летие своего дома в космосе.

**Ключевые слова:** Международная космическая станция, глобальный проект, космос, орбита



**ПОДНИМИ  
ГОЛОВУ!!**





**Владимир ПУТИН,**  
**президент Российской Федерации:**

– Запущенная на орбиту в 1998 году Международная космическая станция объединила передовые достижения инженерно-технической мысли и перспективные технологии наиболее развитых стран – России, США, ведущих европейских держав – членов Европейского космического агентства, Канады и Японии. Она стала по-настоящему глобальным проектом и убедительно доказала, что, несмотря на политические противоречия, экономические трудности и социальные перемены, мы можем эффективно и слаженно трудиться, преодолевать сложности и находить компромиссы.

С удовлетворением отмечу, что за прошедшие годы был приобретен уникальный опыт сотрудничества при строительстве станции, подготовке и деятельности международных экипажей, в согласовании широкого спектра вопросов, связанных с безопасностью и надежностью ее эксплуатации. На МКС побывали представители 18 государств, которые провели целый ряд исследований, имеющих большое значение для развития космонавтики, ключевых отраслей мировой экономики, науки, медицины.

Сегодня для того, чтобы идти вперед, необходимо в полной мере использовать научно-технологический потенциал МКС для реализации новых масштабных научно-исследовательских программ изучения и освоения космического пространства. Особенно – дальнего космоса и пилотируемой космонавтики.

Желаю вам плодотворной работы!



**Дмитрий РОГОЗИН,**  
**генеральный директор Государственной корпорации  
по космической деятельности «Роскосмос»:**

– 20 лет назад началась история МКС – Международной космической станции, которую без всякого преувеличения можно назвать восьмым чудом света, ибо она таковым и является – глобальным, самым крупным и амбициозным научным и техническим международным проектом, участниками которого стали ученые, инженеры и специалисты 18 государств.

20 лет – это немалый срок. В одиночку реализовывать такие проекты сложно. А вместе – веселее и эффективнее с любой точки зрения, в том числе с технологической и финансовой. Ученым и конструкторам пришлось затратить много сил и применить большую настойчивость для реализации этого проекта.

Что такое Международная космическая станция сегодня? Это 14 состыкованных воедино модулей. Семь собраны в США, пять – российские, один европейский и один японский.

Вместе с солнечными батареями размер станции составляет половину Красной площади. И сейчас на орбите всем этим хозяйством управляют три человека.

За 20 лет на станции отработали 57 международных экспедиций. Это 231 космонавт из 18 стран мира. Были проведены сотни исследований Земли и космоса, Солнечной системы, эксперименты по изучению физико-химических процессов в условиях космоса; эксперименты в области медицины и космических биотехнологий. Научную ценность этой работы трудно переоценить.

Необходимо отметить существенный вклад в формирование программ научно-прикладных исследований и экспериментов научного сообщества стран-участников МКС, в том числе Российской академии наук, в первую очередь Института космических исследований и Института медико-биологических проблем.

20 лет работы станции показали, что, несмотря на все противоречия и происки недоброжелателей, экономические сложности и социальные перемены, специалисты множества государств, объединенные одной мирной задачей, могут работать, делиться опытом, преодолевать сложности и находить компромиссы. А главное – все участники проекта показали свою готовность к взаимопомощи при решении задач самого высокого уровня сложности.



**Роберт КАБАНА,**  
*астронавт, участник первой миссии по строительству МКС:*

– Для меня станция – это огромная инженерная работа. Огромное инженерное сооружение на большом расстоянии от Земли и грандиозная научная лаборатория. Это место, где мы работаем вместе: Россия, Америка, Япония, Канада и другие страны. МКС – это шаг на пути изучения Луны и Марса. И это феноменально.

## 420 тонн – ТАКОВ ВЕС МЕЖДУНАРОДНОЙ КОСМИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ



**Сергей КРИКАЛЕВ,**  
*космонавт, Герой Советского Союза, Герой Российской Федерации, член первого экипажа МКС:*

– 20 лет назад люки МКС открыли дорогу в многолетнее международное сотрудничество. И каждый раз с открытия этих люков начинается новый его этап.

Со временем все больше осознаешь значимость некоторых событий, действий, мыслей. Когда 10 декабря 1998 года Роберт Кабана и я впервые вошли внутрь станции, для нас это было обыденным – просто работа. Сейчас, по прошествии 20 лет, понимаешь, что тогда мы начали грандиозный беспрецедентный проект.

Хотя мы и тогда уже понимали, что станция – это начало пути, который должен однажды привести нас к освоению новых пространств за пределами земной орбиты.



**Сергей ПРОКОПЬЕВ,**  
*летчик-космонавт, бортинженер 56–57 экспедиции на МКС:*

– МКС на данный момент является собой ярчайший пример торжества научной мысли в сочетании с непревзойденным уровнем международного взаимодействия. Основная миссия станции – проведение научных экспериментов, наблюдение за Землей.

МКС определяет основные требования к нашей профессии. И на МКС люди постепенно учатся сразу многим профессиям. Космонавт сегодня – это и руки ученых, и сам ученый, и инженер, и врач, и тренер.



**Александр КАЛЕРИ,**  
*летчик-космонавт, Герой Российской Федерации:*

– МКС создавалась на опыте «Мира». При проектировании станции был задан срок летной эксплуатации 15 лет. Так что 20 лет на орбите – это много. 15-летний опыт «Мира» уже пройден, сейчас мы нарабатываем новый, идем неизвестной дорогой, причем успешно.

МКС предоставляет уникальную возможность взглянуть на наш мир и на самих себя со стороны, а это очень полезно, это помогает человеку обрести зрелость. Нам, землянам, для взросления, для перехода в другое качество, нужен взгляд со стороны. И пилотируемые космические полеты дают такую возможность.

**57** МЕЖДУНАРОДНЫХ ЭКСПЕДИЦИЙ  
УЖЕ СОСТОЯЛОСЬ НА МЕЖДУНАРОДНОЙ  
КОСМИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ

**420–450** км  
НАД ЗЕМЛЕЙ – ВЫСОТА ПОЛЕТА **МКС**

**15** ВОСХОДОВ  
И ЗАКАТОВ В СУТКИ  
КОСМОНАВТЫ  
ВСТРЕЧАЮТ НА  
**МКС**



**Денис АФАНАСЬЕВ,**  
инженер по испытаниям первой  
категории, оператор СА,  
технологический космонавт  
ЗАО ЗЭМ «РКК «Энергия»:

– МКС в первую очередь – это показатель развития человечества на данный момент. Показатель сотрудничества между странами, потому что в космосе нет конфликтных ситуаций, здесь у нас существует реальное партнерство.

Для многих, очень многих людей МКС – это воплощение мечты человечества о космосе.



**Александр МИСУРКИН,**  
летчик-космонавт,  
Герой Российской Федерации:

– МКС – это наш научный орбитальный дом, где мы решаем глобальные задачи: выполняем эксперименты для того, чтобы сделать следующий шаг в космос.

МКС – это ступенька к лунной станции. И когда лунная станция появится, я очень надеюсь принять участие в этой программе.



**Алексей ОВЧИННИН,**  
летчик-космонавт,  
Герой Российской Федерации:

– За 20 лет на борту МКС было выполнено огромное количество различных экспериментов. И сама станция – тоже своего рода эксперимент.

У каждого космонавта есть свой любимый эксперимент на борту. Для меня это – «Перемещение жидкости», совместное американо-российское исследование. Его целью было изучить влияние факторов космического полета на организм человека, чтобы затем применить эти знания для длительных экспедиций к Луне и Марсу.

Так что МКС помогает человечеству приблизиться к другим планетам.

**14** СОСТЫКОВАННЫХ ВОЕДИНО МОДУЛЕЙ –  
ТАКОВА НЫНЕШНЯЯ КОНФИГУРАЦИЯ **МКС**

**1 15 000** РАЗ **МКС** ОБЛЕТЕЛА ЗЕМЛЮ  
ЗА 20 ЛЕТ, ПРЕОДОЛЕВ РАССТОЯНИЕ В **4** МИЛЛИАРДА  
**860** МИЛЛИОНОВ КИЛОМЕТРОВ



**Олег КОНОНЕНКО,**  
космонавт, Герой Российской Федерации:

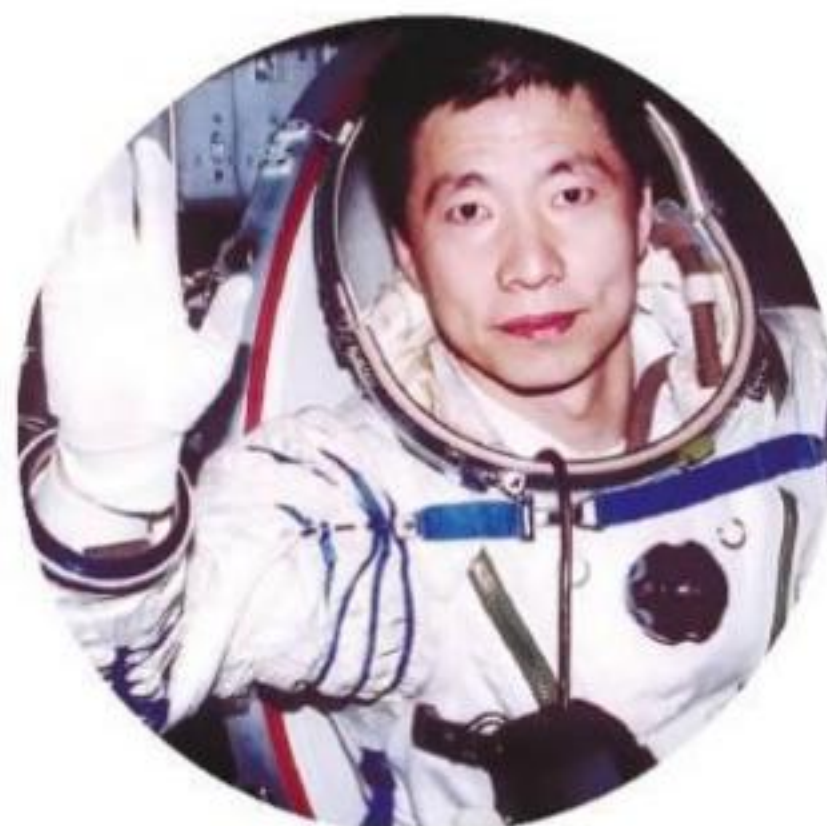
– Только ради вида, открывающегося из иллюминаторов МКС, стоит слетать на орбиту. Не говоря уже об уникальной возможности испытать на себе отсутствие гравитации и выйти в открытый космос. Все это становится возможным благодаря существованию Международной космической станции.



**Коити ВАКАТА,**  
астронавт JAXA – японского космического агентства:

– МКС – внеземной дом человека, объединяющий его представителей со всего мира. Для каждого из нас это очень важное место, откуда мы можем изучать нашу планету. Каждый эксперимент на станции – шаг к исследованию дальнего космоса.

Мы еще даже не до конца осознаем возможности и ценность орбитальной станции, возможности жизни там – вдали от Земли.



**Ян ЛИВЭЙ,**  
китайский космонавт:

– МКС – это яркий пример международного сотрудничества. Благодаря станции разные государства Земли объединяют миссии и исследуют космос. Мне бы очень хотелось, чтобы как можно больше стран участвовало в подобных проектах. Только в сотрудничестве, в обмене опытом можно развивать грандиозные проекты.

Китай тоже планирует сделать огромный шаг в этом направлении – построить свою станцию к 2022 году.

**28 000** КМ/ЧАС –  
СКОРОСТЬ **МКС**

**400** ЭКСПЕРИМЕНТОВ  
БЫЛО ПРОВЕДЕНО НА **МКС**  
ЗА 20 ЛЕТ ЕЕ СУЩЕСТВОВАНИЯ

© Бурцева Н.Л., 2018



**История статьи:**

Поступила в редакцию: 22.11.2018

Принята к публикации: 24.11.2018

**Модератор:** Дмитриук С. В.

**Конфликт интересов:** отсутствует

**Для цитирования:**

Бурцева Н. Л. МКС: 20 лет на орбите  
// Воздушно-космическая сфера. 2018.  
№4(97). С. 12–16

# SPACE EXPANSION OF THE MIND

**Andrey V. KOLESNIKOV,**

*Leading Researcher, Centre of Philosophical-Methodological and Interdisciplinary Research, the Institute of Philosophy of the National Academy of Sciences of Belarus, Cand. Sci. (Philosophy), docent, Minsk, Belarus, [andr61@mail.ru](mailto:andr61@mail.ru)*

**ABSTRACT** | One of the most important aims of the Earth civilization is the resettlement of mankind in the galaxy and the expansion of the Earth mind to space. Besides, human-created culture can be the unique and the most valuable phenomenon of the universe. The mission of mankind is to maintain and enrich this culture, and this is unrealizable without penetration into deep space.

However, interstellar distances are so great that the transport of people and all the necessary resources even to the stellar systems closest to the Sun is impossible.

The article focuses on such a variant of space expansion as the transfer of human genomes and embryos attended by the consciousness- and intelligence-endowed machines to a targeted planet with the following education of newborns by nanorobots. The possibility of reproduction, education and parenting the natural way is also implied.

**Keywords:** *nanotechnologies, nanoscaled objects, exoplanets, cyberincubation*

# КОСМИЧЕСКАЯ ЭКСПАНСИЯ РАЗУМА



**Андрей Витальевич КОЛЕСНИКОВ,**  
ведущий научный сотрудник Центра философско-методологических  
и междисциплинарных исследований Института философии НАН  
Беларуси, кандидат философских наук, доцент, Минск, Беларусь,  
[andr61@mail.ru](mailto:andr61@mail.ru)

**АННОТАЦИЯ** | Расселение человечества по галактике и экспансия земного разума в космос является одной из важнейших стратегических задач земной цивилизации. Кроме того, культура, созданная человечеством, может быть уникальным и ценнейшим феноменом Вселенной. Миссия человечества – сохранить и приумножить ее, а без проникновения в дальний космос это неосуществимо.

Однако космические межзвездные расстояния таковы, что делают технически невозможной задачу транспортировки людей и необходимых для их жизнедеятельности ресурсов на планеты даже ближайших к Солнцу звездных систем.

В статье рассматривается такой вариант решения задачи космической экспансии как перемещение на целевую планету геномов или эмбрионов человека в сопровождении машин, наделенных сознанием и интеллектом, с последующим воспитанием и развитием родившихся людей нанороботами и предполагаемой возможностью дальнейшего размножения, образования и воспитания естественным путем.

**Ключевые слова:** нанотехнологии, наноразмерные объекты, экзопланеты, киберинкубация

## О ПЕРСПЕКТИВАХ ВЫЖИВАНИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА И ПЕРЕСЕЛЕНИИ НА ДРУГИЕ ПЛАНЕТЫ

Белорусский ученый академик Олег Глебович Пенязьков, выступая на 31-м конгрессе Ассоциации участников космических полетов, проходившем в Минске с 9 по 15 сентября 2018 года, эмоционально отмечал, что он часто ищет причину – почему и для чего нужно заниматься исследованием космоса? По его словам, для себя он нашел главный смысл этих усилий в том, чтобы обеспечить будущее цивилизации: чтобы циклы воспроизводства культуры, развития разума и познания не прерывались...

Выживет ли человечество в более или менее отдаленной исторической перспективе? Вопрос не праздный, так как в значительной степени определяет жизненную философию людей, в том числе и ныне живущих. Если человечество обречено и в скором будущем исчезнет, стоит ли посвящать свою жизнь науке или культуре? Может быть, лучше любым способом набить карман и праздновать отпущенный срок, ни о чем не заботясь? Например, авторы документального фильма

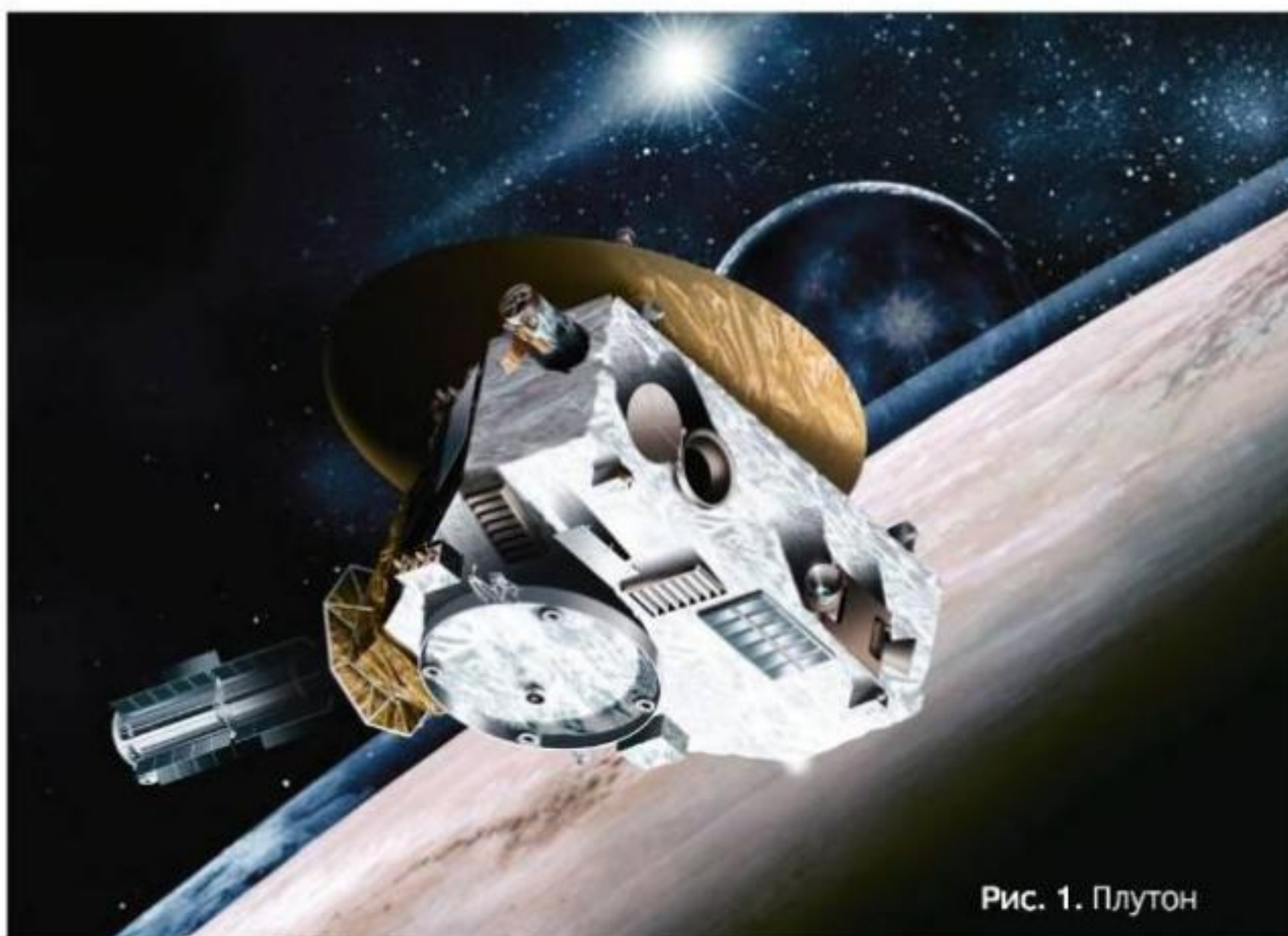


Рис. 1. Плутон

«Дикое будущее», повествующего о путях развития жизни на Земле через несколько миллионов лет, убеждены, что человечество бесследно исчезнет с лица планеты, и жизнь будет развиваться своим путем. К сожалению, данная точка зрения имеет под собой определенные научные основания.

Симптомы возможного конца света уже вполне различимы. Это истощение природных ресурсов, деградация биосферы, глобальное потепление, продовольствен-

ный кризис, дефицит пресной воды, перенаселенные мегаполисы, в которых становится все труднее жить, рост числа и интенсивности военных конфликтов за контроль над истощающимися запасами нефти.

В качестве альтернативы гибели в мире широко обсуждается концепция устойчивого развития, основывающаяся на системной оптимизации и комплексной рационализации взаимоотношений природы и человека, использова-



Рис. 2. Юпитер может скрывать огромные запасы воды

РАНО ИЛИ ПОЗДНО ПО ЧИСТОЙ ТЕОРИИ ВЕРОЯТНОСТИ ПРОИЗОЙДЕТ ОДНА ИЗ КОСМИЧЕСКИХ КАТАСТРОФ, КОТОРЫЕ УЖЕ СЛУЧАЛИСЬ В ИСТОРИИ ЗЕМЛИ. ГАММА-ВСПЫШКА СВЕРХНОВОЙ, ПАДЕНИЕ КОМЕТЫ ИЛИ АСТЕРОИДА МОЖЕТ ПРИВЕСТИ К УНИЧТОЖЕНИЮ ЗНАЧИТЕЛЬНОЙ ЧАСТИ НАСЕЛЕНИЯ. СМОЖЕТ ЛИ НЕМНОГОЧИСЛЕННОЕ, ОГРАНИЧЕННОЕ ВО ВСЕХ РЕСУРСАХ ЧЕЛОВЕЧЕСТВО АДАПТИРОВАТЬСЯ К ИЗМЕНИВШИМСЯ ОБСТОЯТЕЛЬСТВАМ?



Рис. 3. Воздушные потоки окутывают Землю

нии возобновляемых источников энергии, на разумной регуляции потребления и численности населения, отказе от интенсивного индустриального развития. Безусловно, переход на принципы устойчивого развития является необходимым условием выживания человечества. Однако в перспективах более отдаленных он не решает проблему обеспечения будущего нашей цивилизации. Во-первых, ресурсы планеты, даже при условии сколь угодно рационального потребления, по неумолимой логике природы исчерпаемы. Во-вторых, рано или поздно по чистой теории вероятности произойдет одна из космических катастроф, которые уже случались в истории Земли. Гамма-вспышка сверхновой, падение кометы или астероида с вероятностью, близкой к единице, приведет к уничтожению если не всего населения планеты, то, по крайней мере, значительной его части. Сможет ли немногочисленное, экономящее на всем человечество будущего адаптироваться к изменившимся обстоятельствам? Для этого потребуются невероятное количество дефицитной энергии, а также циклопиче-

ские машины, которые могла бы создать лишь столь же циклопическая индустрия. Результатом любого из упомянутых сценариев или их взаимной комбинации будет тихое или скачкообразное угасание цивилизации, утрата контроля над планетой, постепенное забвение накопленных знаний и разрушение культуры.

Более радикальным решением, способным обеспечить не только временное выживание, но и дальнейшее прогрессивное развитие, является расселение человечества на другие планеты. Одним из первых озвучил эту идею гениальный мыслитель, провидец, провинциальный учитель из Калуги К. Э. Циолковский. Он писал: «На всех планетах неизбежно жизнь начинается самозарождением, но на некоторых (немногих) она оказывается впереди в быстроте и удачливости, достигает высшей степени сознания, технического могущества и расселяется по окрестным планетным системам или по всему Млечному пути» [1]. Эта же идея, но облеченная в яркую художественную форму, высказывалась выдающимся советским писателем-фантастом и ученым И. Ефремовым. В фи-

нале своего знаменитого романа «Туманность Андромеды» он отправил героев в безвозвратную экспедицию к планетам далекой системы зеленой звезды Ахернар с целью изучения возможности их колонизации. «Достигнув ее планет, мы выдвинемся далеко в космос. И мы выдвинемся не на маленьком мирке искусственного сооружения, а на крепкой базе больших планет, просторных для организации удобной жизни, могучей техники» [2], – так формулировалась цель полета.

Современные ученые относятся к будущему переселению неоднозначно. Существует мнение, что овладевшая умами человечества идея Циолковского исключительно вредна, так как является безусловной иллюзией, которая оправдывает интенсивную эксплуатацию природы ложным тезисом вроде «неважно, все равно скоро переселимся».

Скепсис в отношении планов заселения иных планет имеет под собой и определенные научные основания. Проблема межзвездных перелетов выглядит легко решаемой лишь на страницах фантастических произведений. Фантастическая литература сформировала

стереотип будущего освоения космоса, когда многочисленные космические корабли бороздят вселенную вдоль и поперек, свободно перемещаясь от одной звездной системы к другой. На самом деле на пути технической реализации межзвездных перелетов встают фундаментальные и труднопреодолимые ограничения.

Звездолеты будущего в большинстве случаев представляются в научно-фантастических произведениях чем-то вроде усовершенствованной и выведенной в космос атомной подводной лодки. Аппарат такого типа в лучшем случае окажется способным донести горстку ослабленных неспособностью, скудным питанием, искусственным светом и кислородом путешественников лишь до самых близких звезд. На корабль необходимо будет погрузить огромный запас ресурсов жизнеобеспечения экипажа на очень длительный срок. Внутри корабля потребуются создать искусственную замкнутую биосферу, что само по себе проблематично, как показал эксперимент «Биосфера-2». Экипаж должен быть серьезно защищен от убийственных факторов открытого космоса – холода, излучения, метеоритов. Путешествие наверняка обойдется очень дорого. Несколько более привлекательной, но также весьма фантастичной выглядит идея использовать в качестве основы для многолетнего космического путешествия некоторым образом

обустроенный астероид. В этом случае путешественники во время долгого пути пользовались бы более обширным жизненным пространством, имели бы пусть минимальную, но гравитацию, а также сферу приложения усилий в форме трудовой деятельности по благоустройству своей маленькой планеты. Что касается других фантастических идей, типа мгновенной телепортации в любую точку Вселенной, это очевидная иллюзия.

И все же освоение и заселение иных планет – единственный путь прогрессивного развития нашей, возможно уникальной, цивилизации. Стремление к экспансии, к завоеванию новых жизненных пространств имманентно присуще жизни, и особенно – жизни разумной. Если отказаться от идеи всемогущества разума и бесконечности познания, это будет началом конца человеческой цивилизации. Она утратит стержень, основной смысл и суть своего существования.

С учетом некоторых тенденций развития современных – прежде всего информационных – технологий перспектива может выглядеть не столь безнадежно. Прежде всего, никуда не следует лететь наугад. Убедиться в наличии перспективных планет у той или иной звезды необходимо непосредственно с Земли, или, точнее, с ее орбиты. Орбитальные телескопы – мощные инструменты получения информации о далеких космических объектах. Уже первый опыт в этом направлении оказался удачным и обнадеживающим. Орбитальный телескоп «Хаббл» смог разглядеть в дальнем и ближнем космосе такие детали, о которых земная астрономия не могла и мечтать. А ведь это был лишь первый подобный прибор. Запущенный в 2009 году орбитальный телескоп «Кеплер» специально предназначен для поиска экзопланет. За годы существования им были открыты тысячи кандидатов в экзопланеты. Таким образом, можно заключить,

что планетные системы во Вселенной – это скорее норма, чем исключение.

Резервы совершенствования этой техники явно не исчерпаны. Орбитальные телескопы в будущем наверняка окажутся способны добывать еще больше информации. Не исключено, что, в конечном счете, они позволят рассмотреть планеты других звезд, а также произвести надежные измерения их массы и химического состава. На основании полученных с орбитальных телескопов данных реальным будет построение точных прогнозов условий на их поверхности.

Следующим этапом исследования перспективных экзопланет должны стать экспедиции автоматических зондов. Компьютерам и роботам не нужны воздух, пища, вода, тепло, жизненное пространство и гравитация. Поэтому такие экспедиции существенно дешевле и безопаснее. Нужен лишь надежный и долговременный источник энергии, например атомный реактор.

Существует проблема двигателя, который мог бы разогнать аппарат до приемлемой для межзвездных путешествий скорости. Сегодня вполне реализуемые проекты двигателей, пригодных для межзвездных перелетов, уже существуют [3]. Например, однажды по каналу Discovery промелькнули кадры опытов американского изобретателя Лейка Мирабо, который на полигоне в Нью-Мексико довольно высоко запускает особой формы экспериментальный летательный аппарат при помощи мощного наземного лазера, списанного после неудачных «звездных войн» Рейгана. Сама идея использования лазера кажется интересной и перспективной. Остается вопрос о том, как передать собранную информацию на землю. Контейнер или капсулу с результатами исследований необходимо каким-то образом отправить в обратный путь или послать в виде мощного электромагнитного сигнала.

---

ПРИ ПОМОЩИ ЗАПУЩЕННОГО В 2009 ГОДУ ОРБИТАЛЬНОГО ТЕЛЕСКОПА «КЕПЛЕР» БЫЛИ ОТКРЫТЫ ТЫСЯЧИ КАНДИДАТОВ В ЭКЗОПЛАНЕТЫ. ЭТО ПОЗВОЛЯЕТ ПРЕДПОЛОЖИТЬ, ЧТО ПЛАНЕТНЫЕ СИСТЕМЫ ВО ВСЕЛЕННОЙ – СКОРЕЕ НОРМА, ЧЕМ ИСКЛЮЧЕНИЕ.

---

НАНОРАЗМЕРНЫЕ ИСКУССТВЕННЫЕ ОБЪЕКТЫ СЛОЖНО СОЗДАВАТЬ ПУТЕМ ВНЕШНЕГО МАНИПУЛИРОВАНИЯ ДЕТАЛЯМИ. НАИБОЛЕЕ ПЕРСПЕКТИВНЫМИ В ЭТОМ СМЫСЛЕ ПРЕДСТАВЛЯЮТСЯ САМООРГАНИЗАЦИОННЫЕ МЕХАНИЗМЫ И ПРОЦЕССЫ САМОСБОРКИ СТРУКТУР ИЗ ВЗАИМОДЕЙСТВУЮЩИХ МЕЖДУ СОБОЙ МОЛЕКУЛЯРНЫХ ЧАСТИЦ – ДЕТАЛИ МАШИН ДОЛЖНЫ РАСТИ ПОДОБНО КРИСТАЛЛАМ.

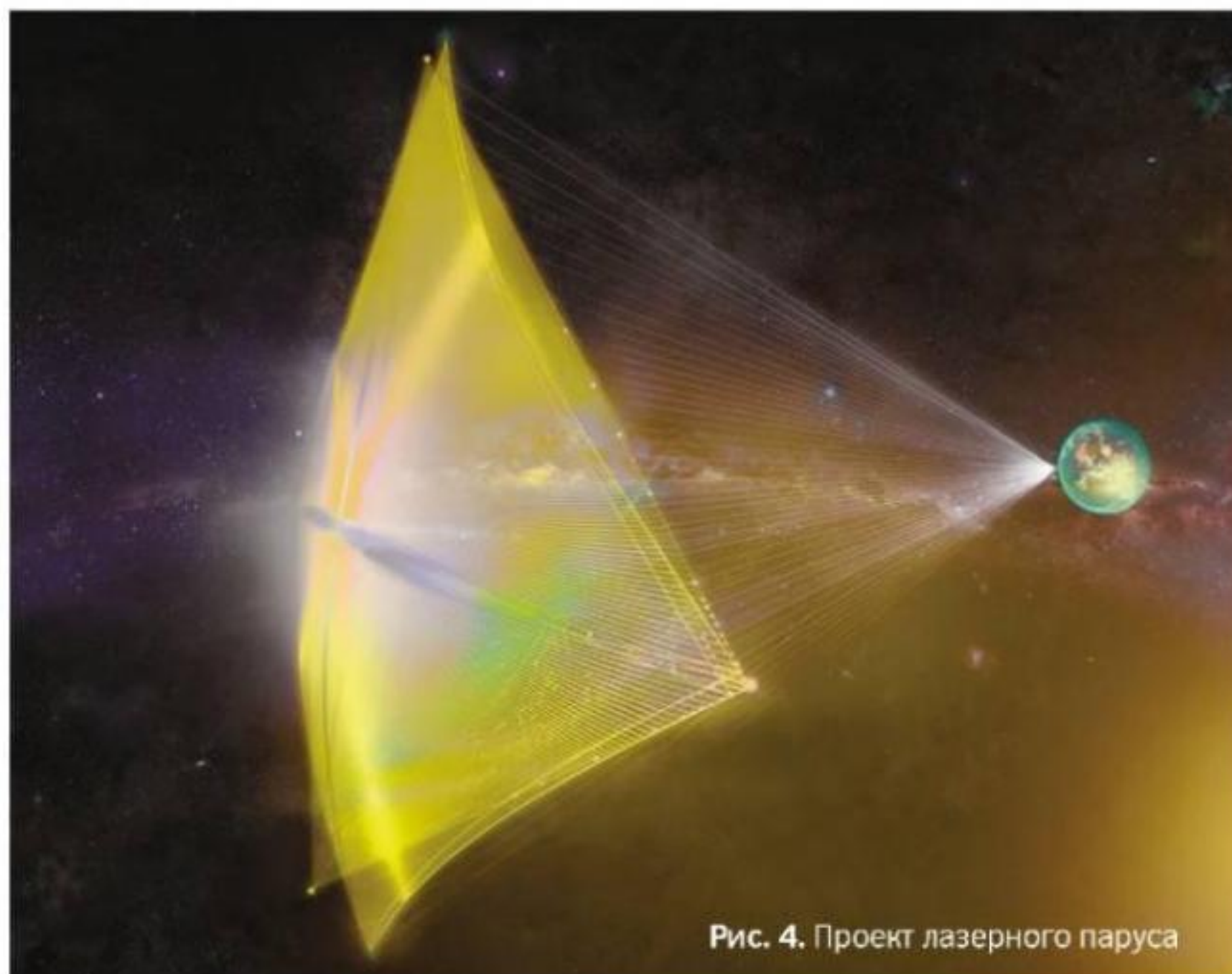


Рис. 4. Проект лазерного паруса

Некоторое время назад был анонсирован проект Breakthrough Starshot, который совместно представили российский бизнесмен Юрий Мильнер и знаменитый британский ученый Стивен Хокинг. Суть проекта состояла в том, чтобы отправить к ближайшей звезде – альфе Центавра – малые роботизированные нанокапсулы. Для осуществления этой миссии планировалось использовать световые лазерные паруса (рис. 4).

При всей несомненной сложности перечисленных задач проблема полета автоматического зонда или группы зондов к одной из ближайших звезд не выглядит совсем безнадежной, особенно с учетом миниатюризации компьютеров и роботизированных устройств, а также бурного развития нанотехнологий. Десант нанороботов теоретически может подготовить на целевой планете некий первичный отправной пункт для ее дальнейшего освоения.

Допустим, что нам повезло, и мы обнаружили замечательную земноподобную планету. Автоматические станции передали на Зем-

лю данные о составе пригодной для дыхания атмосферы, а также фотографии манящих пустынных пляжей на берегу ласкового моря под прозрачным, нежно-голубым небом. Но что же дальше? Как обеспечить доставку на планету людей – первых колонистов? Мы уже сказали выше о том, что задача эта на несколько порядков сложнее, чем доставка роботов. Более того, в прямой постановке она представляется почти неразрешимой. В таком случае, может быть, и не стоит обрекать живых людей лететь сквозь темную бездну на протяжении значительной части или вообще всей их жизни?

На автоматические зонды следующей экспедиции необходимо погрузить замороженные эмбрионы или неоплодотворенные яйцеклетки и сперматозоиды или даже просто ДНК – то есть не самих людей, а информацию о них. В нерожденном состоянии они проделают многолетнее путешествие к новому миру. Автоматы доставят их в пункт назначения, где и начнется киберинкубация. Вместе с эмбрионами людей следует взять

с собой штаммы различных микроорганизмов, семена культурных растений, зародыши животных – будущих источников белковой пищи. Также можно предположить, что на целевой планете уже будет существовать органическая жизнь, которая сможет обеспечить колонистов местным питанием.

Пройдя фазу внутриутробного развития в кибернетическом инкубаторе (подобные эксперименты уже ведутся: на рис. 5 изображена искусственная матка, предназначенная для развития недоношенных телят), первые колонисты родятся уже в новом мире. Далее под надзором и под защитой роботов им предстоит расти и обучаться. Разумеется, с собой необходимо взять записанные на емкие носители знания и культуру, накопленные человечеством за тысячелетия земного развития.

Рождение первых колонистов – самая трудная, критическая фаза всей операции. Дальше дело пойдет легче. Первичная человеческая микропопуляция уже способна к естественному размножению и созидательной деятельности.

ИДЕЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ПО ВСЕЛЕННОЙ В ВИДЕ ЭМБРИОНАЛЬНЫХ ОПЛОДОТВОРЕННЫХ КЛЕТОК ИЛИ ГЕНОМОВ ИМЕЕТ ЛОГИЧЕСКОЕ ОПРАВДАНИЕ В ТОМ, ЧТО ОБЕСПЕЧИТЬ УСЛОВИЯ ДЛЯ ПОДДЕРЖАНИЯ В НЕОБХОДИМОМ СТАТИЧНОМ СОСТОЯНИИ ОБЪЕКТОВ МАЛОГО ИЛИ МИКРОСКОПИЧЕСКОГО ОБЪЕМА НЕСРАВНЕННО ПРОЩЕ, ЧЕМ ОБЕСПЕЧИТЬ ИХ ДЛЯ БОЛЬШОГО, СЛОЖНОГО И ВСЕСТОРОННЕ УЯЗВИМОГО РЕЗЕРВУАРА С ЖИВЫМИ ЛЮДЬМИ.



Рис. 5. Искусственная матка

В дальнейшем следует присылать с Земли (или программно генерировать на месте) свежую генетическую информацию, так как необходимо избежать вредного влияния инбридинга (близкородственного скрещивания).

Теоретически можно вообразить себе и еще более простую схему. Если на планете X существуют все необходимые химические элементы, из которых состоим мы (а это вполне реалистичное предположение), то теоретически реальные живые замороженные гены можно и не везти через космические дали. В этом случае роботы, предварительно доставленные на место назначения, должны развернуть приемное устройство, которое будет получать генетические коды колонистов в виде цифрового сигнала с Земли и синтезировать ДНК по полученным информационным матрицам непосредственно из местных первичных химических компонентов. Затем синтезированные приемным устройством геномы будут передаваться в киберинкубатор, где пройдут все необходимые предродовые фазы эмбриогенеза. А далее по уже описанной схеме – рождение из чрева робота-матки, вос-

питание и развитие под наблюдением роботов-нянек и учителей. На рис. 6 представлен вариант картины первой фазы заселения подходящей экзопланеты.

Современной науке относительно точно известно, как и где хранится информация о телесных структурах человеческих существ, но практически ничего не известно о том, что является материальным носителем «я» личности. Мы пока не знаем, где спрятана наша субъектность и почему «я» это «я» [4]. Возможно, когда-нибудь это станет известно, и «я» можно будет записывать на носитель в виде кода, а потом имплантировать в новую телесную оболочку [5]. В этом случае у отобранных на Земле колонистов можно оцифровать их личности, загрузить в корабль вместе с клонами их ДНК или передать посредством электромагнитного сигнала то и другое, а затем уже на планете X совместить и воссоздать те же личности в их «родной» телесной оболочке. То есть людей нужно вначале оцифровать, затем передать информацию по каналу связи, и в итоге «распечатать» в конечном пункте назначения.

С. В. Кричевский, анализируя перспективы экспансии разумной

жизни во Вселенную, выдвигает гипотезу живого универсального разумного существа, состоящего из сознания и тела-трансформера [6]. В сочетании с идеей расселения в нерожденном состоянии это может оказаться жизнеспособным целевым концептом освоения дальнего космоса.

Описанные идеи могут показаться фантастическими и невероятными, однако базируются на определенных научных предпосылках. Может быть, сегодня они и представляются утопическими, но вполне могут внести скромный вклад в расширение представлений о возможных путях решения проблемы расселения человечества по Вселенной. Ибо «очевидно, что жить на Земле становится все труднее, и оптимальным выходом для людей является поиск вариантов по переселению на другие планеты, в противном случае я сомневаюсь в том, что наша цивилизация сохранится», как считал крупнейший современный астрофизик Стивен Хокинг. Разум – это самое ценное и удивительное, что есть во Вселенной. Мы, его носители, должны сделать все, чтобы сохранить и преумножить это великое изобретение природы. Как писал

К. Э. Циолковский: «Что же могущественнее разума! Если же он сильнее всего, то он все победит».

## ЖИВЫЕ МАШИНЫ В ПРОЦЕССЕ ОСВОЕНИЯ ВСЕЛЕННОЙ

Компьютеры радикально изменили нашу жизнь. Хотя если разобраться, пока это весьма примитивные дискретные автоматы, которые могут лишь осуществлять вычисления по заданной программе. Тем не менее они оказали колоссальное влияние на развитие науки. Благодаря компьютерам радикально изменились наши взгляды на природу. Благодаря их вычислительной мощи возникли теория хаоса, фрактальная геометрия, новая нелинейная динамика. Сложился целый комплекс идей, который в русскоязычной литературе объединяется термином «синергетика» (в англоязычной традиции более прижилось понятие complexity). По сути, родилось новое понимание природы. Компьютеры, наконец, позволили человечеству осуществить еще один гранди-

озный рывок в своем развитии, а именно выйти в космос и приступить к исследованию и освоению Вселенной.

Освоение Вселенной – магистральный путь, главная задача и миссия человечества. К. Э. Циолковский первым внятно и убедительно сформулировал и обосновал эту важнейшую основополагающую стратегическую задачу. В настоящее время его идеи об использовании реактивных приборов для исследования мировых пространств воплотились в реальность. Однако до истинного масштабного освоения космоса, заселения тел Солнечной системы, а тем более экзопланет в других звездных системах по-прежнему далеко. Основной преградой на этом пути сейчас является уже не столько недостижимость объектов Солнечной системы, сколько враждебность условий существования и жизнедеятельности биологических структур и систем в космическом пространстве, а также на доступных нам в настоящее время планетах. В перспективе самой труднопреодолимой преградой для освоения далеких, но, возможно,

чрезвычайно привлекательных миров иных звезд могут стать межзвездные расстояния и время, требующееся на их преодоление. Не менее сложной задачей может оказаться поддержание жизни в маленьких искусственных мирах в течение перелетов, которые могут длиться столетиями. На одну такую экспедицию могут потребоваться ресурсы, которые попросту неоткуда будет взять.

Мной уже высказывалась гипотетическая возможность преодоления межзвездных расстояний в эмбриональном состоянии. Идея путешествовать через Вселенную в виде замороженных эмбриональных оплодотворенных клеток или даже просто геномов может показаться фантастической или даже безумной. Но она имеет определенное логическое оправдание в том, что обеспечить условия для поддержания в необходимом статичном состоянии малого, по сути микроскопического объема несравненно проще, чем перемещать сквозь космическую бездну огромный, сложный и очень уязвимый резервуар с живыми людьми. Конечно, при расселении геномов



Рис. 6. Начальная фаза заселения планеты другой звездной системы

ПРИ НАЛИЧИИ НА ПЛАНЕТЕ X ВСЕХ НЕОБХОДИМЫХ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ, ИЗ КОТОРЫХ СОСТОИТ ЧЕЛОВЕК, ЖИВЫЕ ГЕНЫ МОЖНО НЕ ПЕРЕМЕЩАТЬ В КОСМОС. В ЭТОМ СЛУЧАЕ РОБОТЫ, ПРЕДВАРИТЕЛЬНО ДОСТАВЛЕННЫЕ НА МЕСТО НАЗНАЧЕНИЯ, ДОЛЖНЫ РАЗВЕРНУТЬ ПРИЕМНОЕ УСТРОЙСТВО, КОТОРОЕ БУДЕТ ПОЛУЧАТЬ ГЕНЕТИЧЕСКИЕ КОДЫ КОЛОНИСТОВ В ВИДЕ ЦИФРОВОГО СИГНАЛА С ЗЕМЛИ, И СИНТЕЗИРОВАТЬ ДНК ПО ПОЛУЧЕННЫМ ИНФОРМАЦИОННЫМ МАТРИЦАМ НЕПОСРЕДСТВЕННО ИЗ МЕСТНЫХ ХИМИЧЕСКИХ КОМПОНЕНТОВ.

по Вселенной необходимо тем или иным способом решить колоссально сложную задачу «распечатки» готовых людей в конце путешествия.

Тут возникает глубокий философский вопрос. С одной стороны, все живое стремится размножить и распространить свой генетический материал. Это явление Ричард Докинз называл «эгоистичный ген». С другой стороны, для людей, высокоорганизованных живых организмов, обладающих разумом, зачастую оказывается более важным размножить и оставить будущим поколениям свои мысли – плоды работы их мозга, культурный след. Таким образом, что мы будем считать заселением и освоением Вселенной: распространение генов или носителей духа и очагов разума?

Но можно ли отрывать одно от другого? Рискнем высказать предположение, что можно. Природа нашего «я» так же материальна, как и энергия, приводящая в движение детали машины. «Я» – это то же самое электричество. Спонтанный, самоподдерживаемый квазихаотический электрический процесс в структурах мозга и нервных волокнах, по сути, и есть наше «я». Вопрос о природе «я» научно познаваем. А если это верно, то такого рода уникальные спонтанные электрические процессы можно будет воссоздавать искусственно в сложных фрактальных наноструктурах. Такая машина осознает себя как «я», как личность [7]. Наделенные разумом машины могут стать необходимым элементом и техническим средством будущего освоения Вселенной.

На современном уровне развития техники нам доступна для непосредственного исследования космическими аппаратами лишь Солнечная система. Однако важнейшим стратегическим приоритетом человечества все же является исследование и освоение дальнего космоса, иных звездных миров галактики. В этом, соб-

ственно, состояла главная пророческая идея К. Э. Циолковского. Но доставить живых людей на реактивных приборах к иным, даже ближайшим звездным мирам вряд ли удастся. Иное дело наноразмерные объекты – наследственный материал и наномашин. Это дает основания задуматься о концепции колонизации иных миров путем транспортировки через межзвездное пространство не «готовых» живых организмов, а как уже отмечалось ранее, лишь наследственного материала с последующей «распечаткой» биологических объектов непосредственно на месте назначения.

Особая роль в этой схеме должна принадлежать машинам, на которые ляжет основная функция первичного исследования и освоения места прибытия, а также последующей инкубации и выращивания земных организмов в условиях иной планеты. Но возможно ли создать такие машины? Некоторые соображения, основанные на мыслительных моделях, а также анализе современных технических достижений, особенно в области нанотехнологий, дают определенные основания для оптимизма.

Прежде всего, для осуществления каких-либо значимых действий, а тем более масштабных преобразований на иной планете, заброшенные туда наноразмерные машины должны обладать способностью к самостоятельному размножению [8]. Проблема самовоспроизводящихся автоматов ставилась в свое время еще Джоном фон Нейманом. При упоминании о самовоспроизводящихся машинах не следует непременно представлять себе робот-манипулятор, который каким-то образом вытаскивает и собирает свои собственные детали, производя из них свои копии. Такой робот должен хорошо знать свое собственное устройство. Однако живые организмы способны самовоспроизводиться, вовсе не зная, как они устроены. Это становится возмож-

ным благодаря молекулярной самоорганизации, а также принципу построения живых организмов из самоподобных блоков по рекурсивным алгоритмам. Упрощенно говоря, построение организма осуществляется путем многократного повторения одной и той же процедуры, запускающей саму себя на разных масштабных уровнях и с несколько различными значениями управляющих параметров. Последнее обстоятельство приводит к тому, что воспроизводимая этой процедурой по сути одна и та же структурная деталь в зависимости от масштаба и места положения способна модифицироваться и принимать внешне и функционально различные формы. Таковы, например, ствол, ветви, листья и цветы на дереве. Данный принцип был озвучен еще Гете в его трактатах о метаморфозе растений и животных, а впоследствии получил развитие в современной фрактальной геометрии.

Наноразмерные искусственные объекты весьма сложно создавать на основе традиционных технологических подходов, то есть путем внешнего манипулирования деталями при помощи рук или специальных манипуляторов. Здесь на первое место выступают самоорганизационные механизмы и процессы самосборки структур из взаимодействующих между собой молекулярных частиц. Таким образом, детали саморазмножающихся машин должны расти как бы сами собой подобно кристаллам. При этом структурная организация их тел должна основываться на фрактальных формах и строиться рекурсивно. Процесс должен инициироваться некими микроструктурными факторами, определяющими его характер и дальнейшее течение, а в итоге – приводить к образованию «на концах ветвей» тех же самых микроструктурных факторов, «семян» или инициаторов следующего поколения.

Принципиально, что структурные элементы в процессе онто-

генеза отдельного объекта, а также являющиеся итогом этого развития иницирующие элементы следующего поколения способны претерпевать модификации. Речь идет о наличии изменчивости в популяции. Размножающиеся наномашинки могут иметь различную форму, подобно снежинкам, и, следовательно, различный функционал. Изменчивость же делает возможной и даже неизбежной их приспособительную эволюцию на основе естественного отбора.

\*\*\*

Масштабы Вселенной таковы, что путешествовать по ней в течение нескольких лет, месяцев или даже часов, как это показывается в фантастических фильмах или романах, не получится.

Количество переходит в качество, и с некоторого момента межзвездные расстояния становятся непреодолимы при помощи реактивных приборов с живыми пассажирами на борту. Между тем, экспансия – естественное свойство жизни, а тем более жизни разумной. Поэтому, вероятно, единственным способом завоевания Вселенной человечеством в межзвездных масштабах является путь минимизации перемещаемого материала и отказа от непосредственного перелета живых биологических носителей разума. Информация, гены и машины будут расселяться по Вселенной. Важным представляется как раз то, что при данном варианте развития событий есть шанс на продление периода эволюции разума и культуры, заложенной земным человечеством. А это, в конечном счете, и есть самое главное.

## Литература

1. Циолковский К.Э. Космическая философия // Циолковский К.Э. Сборник. М.: Сфера, 2004. 496 с.
2. Ефремов И.А. Туманность Андромеды. М.: Патриот, 1991. 272 с.
3. Моисеев И. Двигатели для межзвездных перелетов // Российский космос. 2007. № 10. С. 72–77.
4. Колесников А.В. О природе «я» и думающих машинах // Полигнозис. 2000. №4. С. 138–140.
5. Колесников А. (2007). Можно ли одушевлять машины и записывать «Я» на DVD // Компьютерные вести. 15 февр. С. 11.
6. Кричевский С.В. Космическое будущее человека и человечества: проблемы и перспективы // Философия науки. 2013. №9. С. 39–40.
7. Колесников А.В. Одушевленные машины // Белорусская мысль. 2014. №9. С. 94–99.
8. Колесников А.В. Эволюция машин: новый виток // Белорусская мысль. 2016. № 7. С. 96–102.

## References

1. Tsiolkovsky K.E. Kosmicheskaya filisofiya, in: K.E. Tsiolkovsky, Sbornik. Moscow: Sfera, 2004. 496 p.
2. Efremov I.A. Tumannost' Andromedy. Moscow: Patriot, 1991. 272 p.
3. Moiseev I. Dvigateli dlya mezhzvezdnyh pereletov, Rossiyskiy kosmos, 2007, no. 10, pp. 72-77.
4. Kolesnikov A.V. O prirode "ya" i dumayushchikh mashinakh, Polignozis, 2000, no. №4, pp. 138-140.
5. Kolesnikov A. Mozhno li odushevlyat' mashiny i zapisyvat' "Ya" na DVD. Komp'yuternye vesti. 15.02.2007.
6. Krichevsky S.V. Kosmicheskoe budushchee cheloveka i chelovechestva: problemy i perspektivy, Filosofiya nauki, 2013, no. 9, pp. 39-40.
7. Kolesnikov A.V. Odushevlennye mashiny, Belorusskaya mysl', 2014, no. 9, pp. 94-99.
8. Kolesnikov A.V. Evolyutsiya mashin: novyy vitok, Belorusskaya mysl', 2016, no. 7, pp. 96-102.

© Колесников А.В., 2018

### История статьи:

Поступила в редакцию: 28.09.2018

Принята к публикации: 23.10.2018

Модератор: Плетнер К. В.

Конфликт интересов: отсутствует

**Для цитирования:** Колесников А.В. Космическая экспансия разума // Воздушно-космическая сфера. 2018. №4(97). С. 18–27.



# LIFE-TECHNOLOGIES — THE FUTURE OF SPACE TECHNOLOGY

**Valery Y. KLYUSHNIKOV**,  
Dr. Sci. (Tech), Senior Fellow, Chief Researcher, FSUE  
"Central Research Institute of Machine Building",  
ROSCOSMOS, Moscow, Russia,  
[wkli50@yandex.ru](mailto:wkli50@yandex.ru)

**ABSTRACT** | The author analyzes how bionic principles (life-technologies) can be realized in the context of the creation of the future space technology. These principles are based on the achievements of traditional life sciences as well as of emerging sciences, such as non-organic biochemistry and synthetic biology.

**Keywords:** *bionics, space technology, super-adaptation, the trends of engineering systems development, regeneration, reconfiguration*

# LIFE-ТЕХНОЛОГИИ — БУДУЩЕЕ КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ



**Валерий Юрьевич КЛЮШНИКОВ,**  
доктор технических наук, старший научный  
сотрудник, главный научный сотрудник ФГУП  
«Центральный научно-исследовательский институт  
машиностроения», Роскосмос, Москва, Россия,  
[wkli59@yandex.ru](mailto:wkli59@yandex.ru)

**АННОТАЦИЯ** В статье анализируются возможные направления реализации бионических принципов (life-технологий) при создании космической техники будущего. Данные принципы основаны на достижениях как традиционных наук о жизни, так и формирующихся в настоящее время неорганической биохимии и синтетической биологии.

**Ключевые слова:** бионика, космическая техника, суперадаптация, закономерности развития технических систем, регенерация, реконфигурация

## ВВЕДЕНИЕ

На всем протяжении существования цивилизации человек часто пытался заимствовать у живой природы идеи своего технологического развития. В начале 1960-х годов появилась новая наука – бионика, являющаяся пограничной между биологией и техникой и решающая инженерные задачи на основе моделирования структуры и жизнедеятельности организмов. В последнее время входят в обиход термины «природоподобные технологии» (синоним – life-технологии), «зеленые технологии» и даже «зеленая экономика».

Человечество находится на пороге перехода к новому, шестому технологическому укладу, ключевыми факторами которого станут биотехнологии, нанотехнологии, когнитивные технологии, робототехника, материалы с заранее заданными свойствами и т. д.

Однако на первый план все же выходят биотехнологии, поскольку именно они, по аналогии, например, с кибернетикой в 50–60-е годы прошлого века, вполне могут стать интегральной областью, объединяющей в себе различные аспекты других отраслей науки и технологии, включая и нанотехнологии, и робототехнику, и когнитивные технологии, и многие другие направления. Наконец, следует учесть исключительные коммерческие перспективы внедрения новых биотехнологий, обусловленные, прежде всего, потребностями медицины.

Таким образом, технологический уклад определяет некий «коридор», в котором развитие технологий, в частности биотехнологий, пойдет наиболее быстрыми темпами. В этой связи можно прогнозировать второе дыхание бионики как нау-

ки, в том числе и в области космической техники. Анализ некоторых особенностей живых организмов на новом уровне технологического развития мог бы дать новый импульс и подсказать новые направления развития космической техники, а также технологические предпосылки реализации таких направлений.

Космическая техника, как и ряд некоторых других типов технических систем, достигла уровня сложности, сопоставимого по некоторым показателям со сложностью биологических систем. Можно провести соответствие между структурными уровнями организации и свойствами биологической и технической систем. И в том, и в другом случае можно выделить 5 уровней структурной организации и 10 основных свойств (рис. 1).

Разумеется, содержательная сложность перечисленных свойств биосистем пока что не идет ни в какое сравнение со сложностью свойств технических систем.

Если попытаться спрогнозировать требования к космическим кораблям середины-конца XXI века, предназначенным для исследования и освоения дальних планет Солнечной системы, то можно прийти к выводу, что, прежде всего, необходимо радикально изменить подход к обеспечению надежности и автономности космической техники. Помимо этого, желательно перемещаться в пространстве с как можно большей скоростью при минимальных затратах энергии. И наконец, необходимо обеспечить условия для безопасного и достаточно комфортного пребывания экипажа в космическом корабле в течение длительного времени.

## 1. ВОЗМОЖНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ LIFE-ТЕХНОЛОГИЙ В КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКЕ

### 1.1. НАДЕЖНОСТЬ И АВТОНОМНОСТЬ КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ

Подход к обеспечению надежности и автономности космической техники может быть радикально изменен на основе воспроизводства свойства суперадаптации, присущего биологическим системам (в определенной области характеристик внешней среды).

Суперадаптация в биологических системах обеспечивается за счет практически всех основных свойств живых объектов и заключается:

– в возможности выполнять целевую функцию в условиях меняющихся внешних условий и воздействий, в том числе экстремальных;

– в способности элементов (составных частей) системы взаимно адаптироваться к изменению состояния друг друга, вызванному воздействием внешних или внутренних факторов, и автоматически устранять повреждения (регенерация).

В соответствии с этой классификацией различают внешний и внутренний контуры суперадаптации.

В максимальной степени обеспечить возможность выполнения целевой функции в условиях меняющихся внешних воздействий, в том числе экстремальных, способен биологический объект, обладающий интеллектом или развитыми инстинктами (по сути, инстинкты – зачатки интеллекта).

Что касается регенерации и репарации, то следует обратить внимание на то, что система физиологической регенерации в биологических объектах является механизмом обеспечения «штатного» функционирования

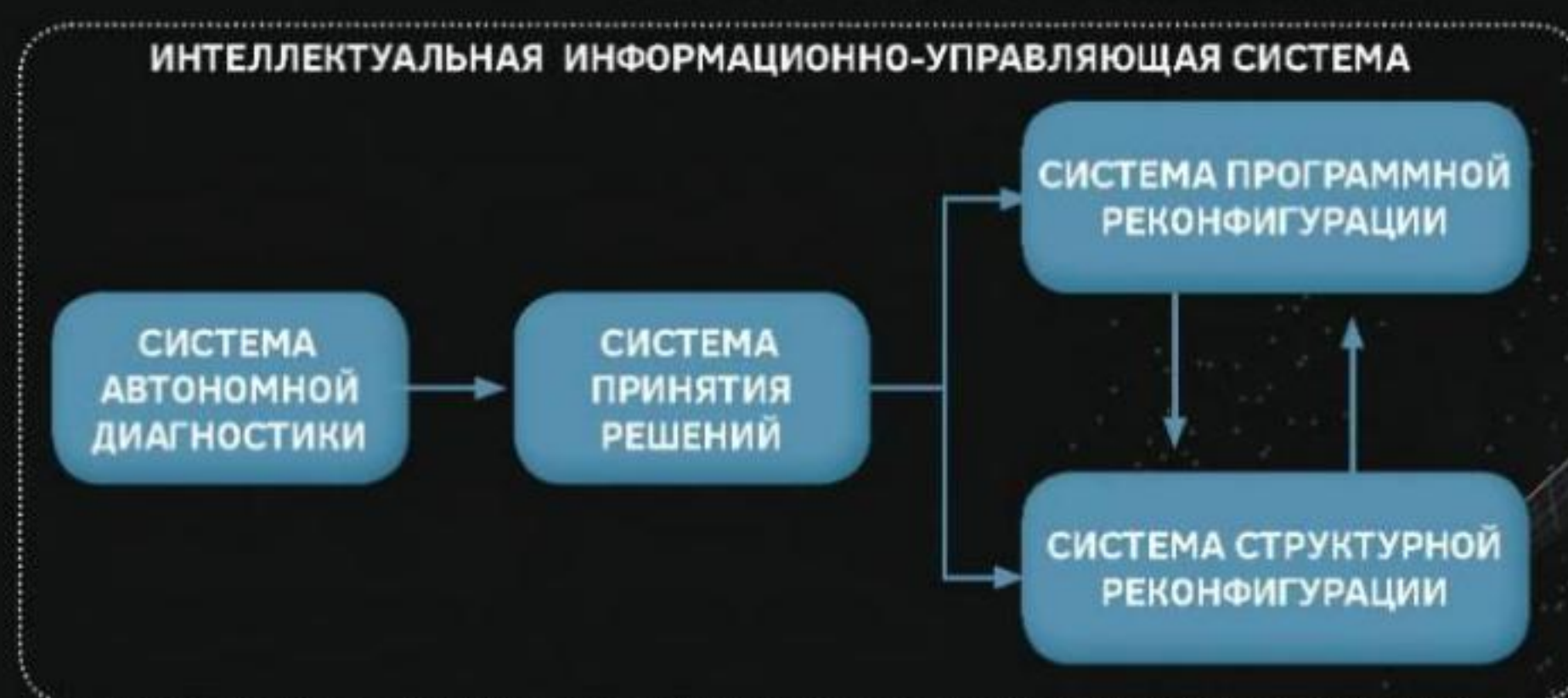
**РИС. 1. СООТВЕТСТВИЕ МЕЖДУ СТРУКТУРНЫМИ УРОВНЯМИ ОРГАНИЗАЦИИ И СВОЙСТВАМИ БИОЛОГИЧЕСКОЙ И ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМ**

| Структурные уровни живой материи | Структурные уровни технической системы                        |
|----------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| Молекулярно-генетический         | Микро-, наноструктура конструкционных материалов              |
| Клеточный                        | Электронная компонентная база, электромеханические компоненты |
| Онтогенетический (организменный) | Приборы, системы и агрегаты                                   |
| Популяционно-видовой             | Изделия (ракета-носитель, космический аппарат и т. д.)        |
| Биосферный (биогеоценотический)  | Ракетно-космическая техника                                   |

**СООТВЕТСТВИЕ МЕЖДУ СВОЙСТВАМИ ИЗДЕЛИЯ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ И СВОЙСТВАМИ БИОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

| Свойства живого                     | Краткая характеристика аналогичного свойства в космической системе                                                                                                                                                                                            |
|-------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Единство структурной организации | Электронная компонентная база, электромеханические компоненты, приборы, агрегаты, системы – унифицированные структурные единицы изделия космической техники                                                                                                   |
| 2. Дискретность и целостность       | Изделие КТ состоит из взаимодействующих элементов, систем и агрегатов, образующих единое целое                                                                                                                                                                |
| 3. Метаболизм                       | Изделие КТ состоит из взаимосвязанных процессов потребления, преобразования и диссипации различных видов энергии (в настоящее время – химической, электрической, механической и ядерной)                                                                      |
| 4. Саморегуляция                    | Сохранение относительного постоянства внутренней среды изделий КТ – температуры и газового состава                                                                                                                                                            |
| 5. Открытость                       | Поддержание постоянного обмена веществом и энергией между внутренней и внешней средой изделия КТ, техническое обслуживание КА в полете                                                                                                                        |
| 6. Размножение                      | Обеспечивает непрерывность существования и преемственность модификаций и новых изделий. В будущем возможна реализация репликации автоматических КА                                                                                                            |
| 7. Наследственность и изменчивость  | Поддержание относительного постоянства элементарной базы, переход на новую технологическую базу при изменении технологического уклада                                                                                                                         |
| 8. Рост и развитие                  | В широком смысле – появление новых изделий. В узком смысле – изменение конструкции изделия в полете (например, за счет стыковки новых систем)                                                                                                                 |
| 9. Раздражимость и движение         | Реагирование на команды бортового и наземного комплексов управления                                                                                                                                                                                           |
| 10. Ритмичность                     | Многолетние, годовые, сезонные, месячные, суточные ритмы – как приспособление к меняющимся условиям среды (разворот солнечных батарей за Солнцем, изменение угловой ориентации изделия КТ для съемки, включение целевой аппаратуры, коррекция орбиты и т. д.) |

**РИС. 2. ВНЕШНИЙ КОНТУР АДАПТАЦИИ КА К ИЗМЕНЕНИЮ УСЛОВИЙ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ, ВКЛЮЧАЯ ОТКАЗЫ БОРТОВЫХ СИСТЕМ**



биообъекта. Этот механизм направлен на своевременную «замену» отдельных износившихся (но не отказавших!) элементов (смена клеток крови, эпидермиса), обновление клеточных оргanelл и т. д. В то время как репаративную регенерацию можно было бы назвать механизмом ликвидации так называемых аварийных ситуаций (например, структурных повреждений после действия патогенных факторов и даже внешних физических воздействий).

В настоящее время в АО «РКЦ „Прогресс“», вне зависимости от бионических принципов, сформулированы общие подходы к реализации частных свойств жизнеспособности космических аппаратов (КА) [1]. В данном случае легко видеть, что, например, неуязвимость бортовых систем и отказоустойчивость – свойство, аналогичное гомеостазу живых объектов. Адаптивность бортовых систем (БС) к отказам компонентов близка к физиологической регенерации в биообъектах, а восстанавливаемость состояний работоспособности КА при отказах БС – к репаративной регенерации.

Тем не менее, реализация описанных в [2] принципов – еще не суперадаптация. Не выделены явно внешний и внутренний контуры адаптации (хотя нужно признать, что это сложно сделать корректно). Устойчивость к отказам и адаптация к нештатным ситуациям реализуются в основном за счет различных видов избыточности. Пока еще низка автономность КА и т. д.

В основу построения внешнего контура адаптации может быть положена способность системы к структурной и программной реконфигурации и автономному принятию решений на основе результатов автономной

диагностики с использованием средств искусственного интеллекта (рис. 2).

В настоящее время используют два способа структурной реконфигурации бортовой аппаратуры КА [2]:

- многоуровневая реконфигурация электронной аппаратуры, построенной по технологии программируемых логических интегральных схем (ПЛИС); ПЛИС, благодаря своей гибкой структуре, позволяют осуществлять оперативную реконфигурацию (перепрошивку) внутренней архитектуры в процессе функционирования;

- динамическая перестройка поля однородной вычислительной системы (ОВС) в процессе решения задач управления КА; ОВС представляет собой регулярную структуру – геометрически правильную решетку, в каждом узле которой находится ячейка, выполняющая простейшие вычислительные и коммутационные функции. В ОВС реализована полная децентрализация управления, преобразования и хранения информации.

Сама идея реконфигурируемой системы подразумевает в некоторой степени автономность каждой вычислительной ячейки (ВЯ), в которой должна храниться информация обо всех других ВЯ регенеративной системы, для того, чтобы в процессе реконфигурации не образовались связи с ранее вышедшими из строя элементами.

Непосредственно в орбитальном полете может быть осуществлена также реконфигурация бортового программного обеспечения (рис. 3).

Дальнейшим шагом в развитии подходов к обеспечению свойств суперадаптации космической техники может стать внедрение

реконфигурируемых эволюционных аппаратных систем [3].

В основе эволюционных систем лежат эволюционные алгоритмы, реализующие методологию поиска решений для получения оптимальной архитектуры бортовых систем. В качестве аппаратной платформы при создании эволюционных систем могут выступать реконфигурируемые устройства на ПЛИС или поля ОВС.

Внутренний контур адаптации должен иметь возможности по восстановлению различных отказавших функциональных систем (рис. 4). Так, например, уже сейчас проводятся экспериментальные исследования возможностей так называемых интеллектуальных материалов контролировать внешние воздействия на элементы конструкции технических систем и изменять свои физические параметры под воздействием внешних управляющих сигналов. Результаты таких исследований могут быть использованы для создания систем регенерации элементов конструкции в космической технике. Ведутся работы также в области систем восстановления отказавших интегральных схем и поврежденных электронных плат (рис. 4) [4].

Радикально решить проблему регенерации отказавших и даже разрушенных элементов конструкции изделий космической техники в полете позволят аддитивные технологии. Сегодня такие технологии лишь в начале пути. Однако уже сейчас просматриваются обнадёживающие технические решения и концепты. Так, например, НАСА развивает аддитивные технологии в направлении их „гибридизации“ с обычной сваркой, технологии переработки мусора в космосе в сырьё для 3D-принтеров и т. д. [5, 6].

РИС. 3. СИСТЕМА РЕКОНФИГУРАЦИИ БОРТОВОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

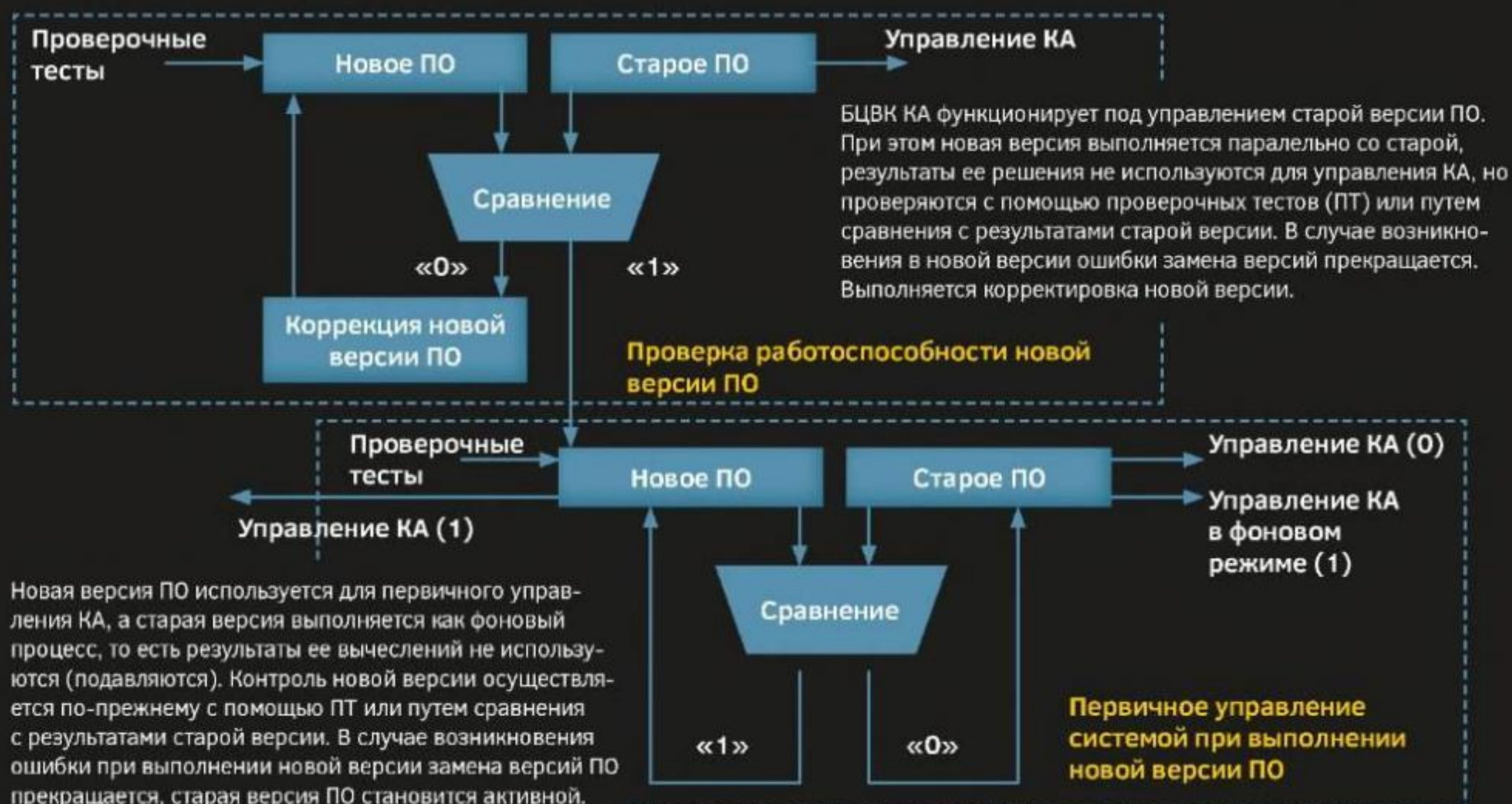
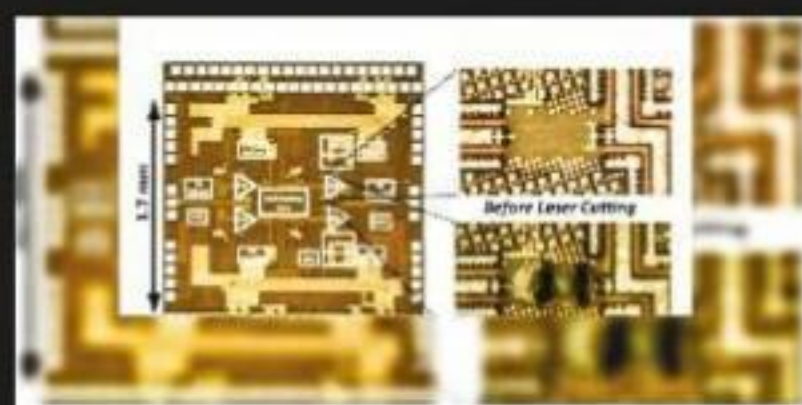
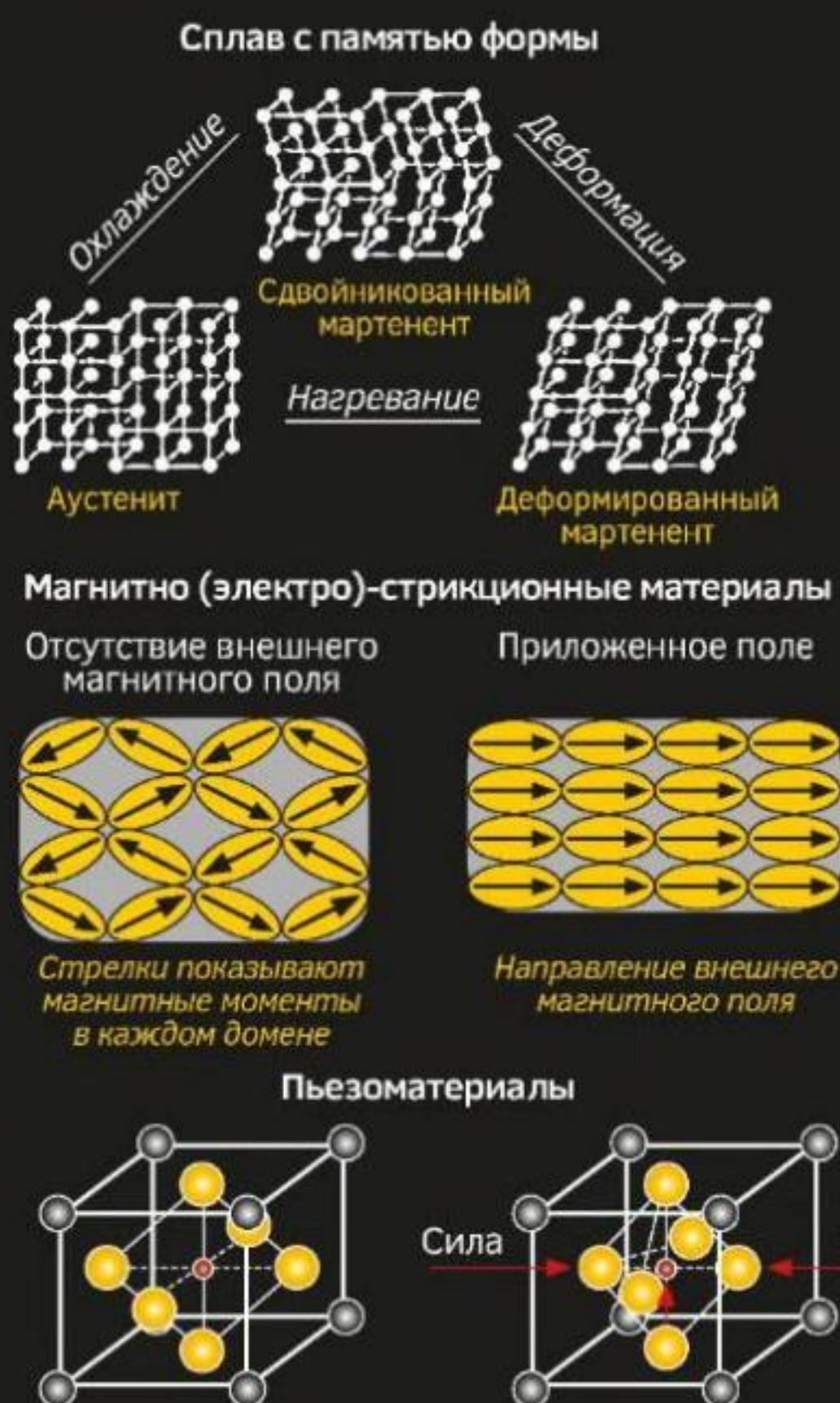
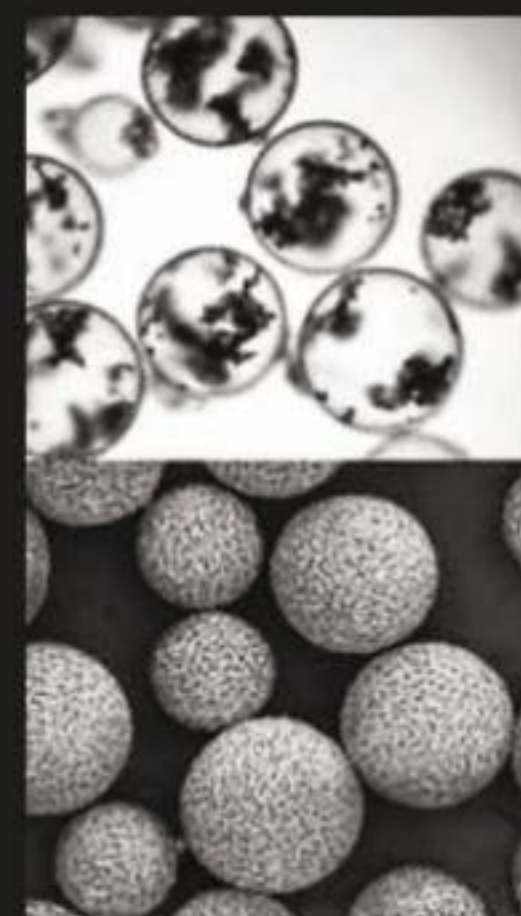


РИС. 4. ВНУТРЕННИЙ КОНТУР АДАПТАЦИИ: РЕГЕНЕРАЦИЯ ЭЛЕКТРОЦЕПЕЙ И КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ



Самовосстанавливающаяся интегральная схема (отделение инженерии и прикладной науки Калифорнийского технологического института), работающая аналогично иммунной системе человека. Чип способен определить и устранить практически любой отказ (от неисправности схемы электропитания до полного отказа транзистора). Интегральная схема в каждой ситуации отказа строит уникальный алгоритм восстановления, ориентируясь на текущую совокупность сигналов датчиков температуры, потребляемой мощности и силы тока.



Самовосстанавливающаяся электронная плата (Университет Иллинойса). Самовосстановление при нарушении целостности платы в результате механического воздействия происходит за счет разрыва капсул, наполненных нанотрубками с проводящими свойствами.

- Свинец
- Кислород
- Титан или цирконий

ТАК КАК В НАНОЯЧЕЙКАХ  
РЕАЛИЗОВАН АНАЛОГ МЕХАНИЗМА  
СОХРАНЕНИЯ ДОЛГОВЕЧНОСТИ  
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ РАСТЕНИЙ,  
ОНИ МОГУТ СТАТЬ ОСНОВОЙ  
ДОЛГОВЕЧНЫХ БАТАРЕЙ.

## 1.2. СНАБЖЕНИЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЕЙ В КОСМОСЕ

В длительных космических полетах, в частности, на большом расстоянии от Солнца, будут необходимы надежные, эффективные и компактные системы электроснабжения.

В основу построения таких систем могут быть положены принципы фотосинтеза зеленых растений. Группа исследователей из четырех университетов и институтов США использовала натуральные фотосинтетические реакционные центры для построения фотоэлектрохимических комплексов нанометрового масштаба [7].

В наноячейках реализован аналог механизма сохранения долговечности энергетических систем растений: циклический процесс „...самосборка→разрушение→самосборка...“ фотоэлектрических панелей нанометрового поперечника из фосфолипидов (компонентов клеточных мембран), углеродных нанотрубок и поверхностно активных веществ (ПАВ). При подключении контактов к наноячейкам они отдают часть электронов в сеть. В перспективе эти наноячейки могут стать основой долговечных батарей.

Возможно, перспективным направлением создания бионических систем энергоснабжения в космосе может явиться исследование феномена биотрансмутации – низкоэнергетических ядерных реакций, происходя-

щих в живых растениях (гипотеза, [8]). Можно предположить, что понимание механизмов биотрансмутации позволит биологическим путем получать, например, актиний-227 (сегодня стоимость актиния-227 составляет миллионы долларов за грамм). Преимущества этого изотопа перед другими – в экологической чистоте и высоком удельном энерговыделении (14,5 Вт/г). Актиний-227 был бы незаменим для создания бортовых термоэлектрических генераторов.

## 1.3. ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ НА БОРТУ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Говоря о суперадаптации в космической технике, нельзя не упомянуть исследования в области нейрофизиологии, в частности, феноменов интеллекта и сознания. Именно интеллект лежит в основе высокой автономности КА и адаптации к условиям меняющейся операционной обстановки, а также к внешним воздействиям, в том числе экстремальным.

В последние годы получило известность теоретическое и экспериментальное обоснование механизмов сознания под руководством члена-корреспондента РАН Константина Владимировича Анохина (Курчатовский НБИКС-центр). К.В. Анохиным предложено исследовать не все без исключения связи между нейронами, а только такие их совокупности, активация которых соответствует единицам когнитивного (познавательного) опыта [9]. В рамках этой новой концепции постулируется, что феномен мышления и сознания порождается синхронной работой нейронных ансамблей (рис. 6).

Результаты исследований К.В. Анохина могут быть использованы при создании нового поколения распределенных бортовых вычислительных (интеллектуальных) систем, способных как решать традиционные

задачи управления движением и работой бортовых систем космических аппаратов, так и служить экспертной и информационно-справочной системой поддержки экипажа пилотируемого корабля.

Перспективным направлением исследований проблемы сознания являются также работы в области роевого интеллекта. Роевой интеллект представляет собой многоагентную систему с самоорганизующимся поведением, которое интегрально является квазиразумным. В живой природе такого рода интеллектом обладают муравейники, рои пчел, стаи рыб. Именно принципы роевого интеллекта, по-видимому, будут лежать в основе автономной системы управления кластером (роем) КА, позволяющей решать задачи оптимального распределения целевой функции кластера между отдельными КА и согласованного управления ее реализацией.

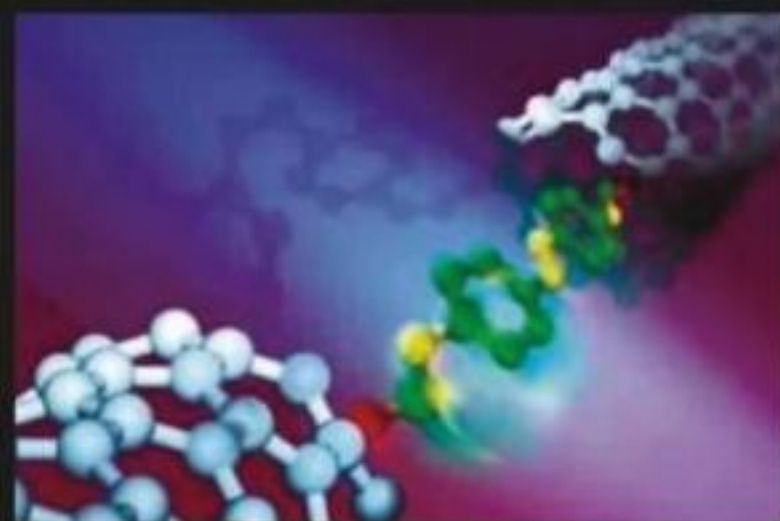
## 1.4. ИНЕРЦИАЛЬНЫЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ДАТЧИКИ

У всех представителей животного мира, ведущих подвижный образ жизни, выявлены инерциальные измерители [10]. Все они имеют принципиально одинаковое устройство (рис. 7), хотя различия в условиях существования, скоростях движения и способах перемещения привели к возникновению множества разновидностей миниатюрных, высокочувствительных инерциальных сенсоров.

Наиболее высокой информативности и степени совершенства инерциальные органы достигли у теплокровных (птиц и млекопитающих), в организмах которых поддерживается постоянная температура.

Инерциальные биодатчики ускорений позвоночных сосредоточены в едином комплексе – вестибулярном аппарате, который включает в себя два комплекта

РИС. 5. ВНУТРЕННИЙ КОНТУР АДАПТАЦИИ - РЕГЕНЕРАЦИИ СИСТЕМ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ



Солнечные батареи, работающие по принципу фотосинтеза у растений: имитируется механизм молекулы растения, в котором светочувствительные молекулы постоянно сами себя воспроизводят (Группа ученых под руководством Майкла Страно (Michael Strano) из Массачусетского технологического института (MIT). США).

#### Работа фотосинтеза

##### УГЛЕКИСЛЫЙ ГАЗ

Углекислый газ поставляет углерод, чтобы построить углеводы

##### ВОДА

Вода легко поглощается водными растениями

Пигменты, такие как хлорофилл, используются как ловушка для энергии солнечного света, с целью дальнейшего фотосинтеза

##### ГЛЮКОЗА

Глюкоза, произведенная в процессе фотосинтеза

##### КИСЛОРОД

Кислород выделяется в качестве побочного продукта

Углерод, кислород, водород, углекислый газ и вода «перестраиваются» внутри клеток растений

#### ИДЕАЛИЗИРОВАННАЯ СХЕМА «ЖИВОЙ» СОЛНЕЧНОЙ ЯЧЕЙКИ



– реакционные центры



– углеродные нанотрубки, собирающие ток от фотосинтетических белков



– липидные диски



– общий электрод

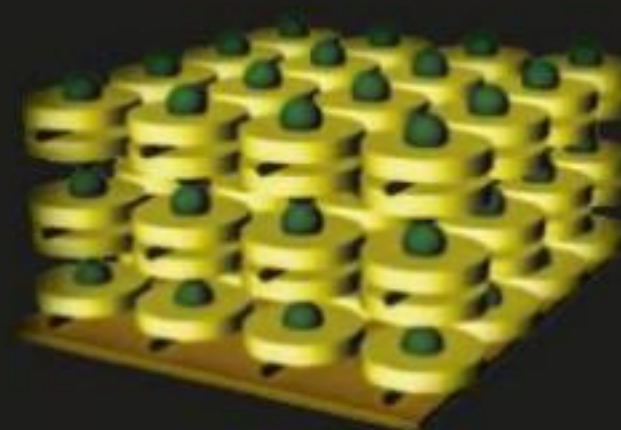
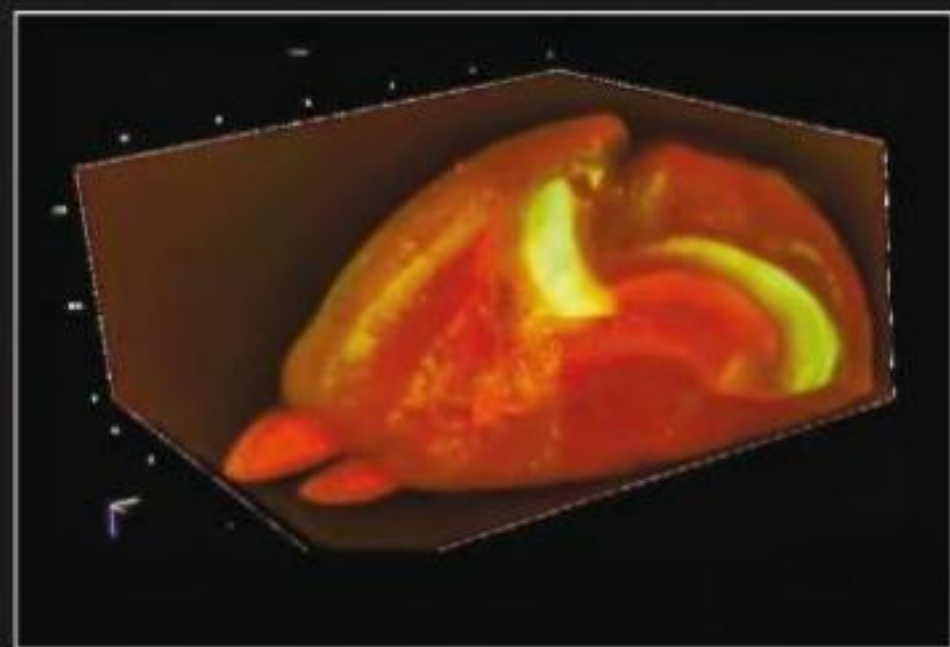


РИС. 6. СЕТЕВАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ РАЗУМА

| № | УТВЕРЖДЕНИЯ      | ПРИНЦИПЫ                                                                                                                                                     | ПОНЯТИЯ  |
|---|------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| 1 | Разум гранулярен | Разум обладает зернистой структурой и состоит из когов – элементарных единиц опыта, кодирующих соотношение целого организма с теми или иными аспектами мира. | КОГ      |
| 2 | Разум увязан     | Элементы разума – коги – имеют между собой устойчивые связи – коммы, по которым осуществляются их коммуникации.                                              | КОММ     |
| 3 | Разум целостен   | Коги и коммы образуют сеть – когнитом. Когнитом является субстратом субъективного опыта организма, опосредующего его отношения со средой.                    | КОГНИТОМ |

Феномен мышления и сознания порождается синхронной работой огромных, но все же небольших по сравнению с полным объемом, распределенных сетей нейронов – нейронных ансамблей.

#### Проект «Прозрачный мозг»



Визуализация детальной нейронной сети целого мозга мыши с клеточным разрешением

##### Гены



##### Нейроны



##### Коги

Любой разум – это сеть

инерциальных биодатчиков (левый и правый), разнесенных на некоторую базу и повернутых зеркально-симметрично относительно центра головы.

Вестибулярные органы чувств имеют весьма высокие характеристики точности, надежности и информативности, в то же время их масса, габаритные размеры и энергопотребление на несколько порядков меньше, чем у технических аналогов.

### 1.5. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭРГОНОМИЧНОСТИ ПИЛОТИРУЕМЫХ КОСМИЧЕСКИХ КОРАБЛЕЙ И БЕЗОПАСНОСТИ ЭКИПАЖА

Следует отметить, что космос является для человека крайне враждебной средой, несущей, помимо тех опасностей, о которых мы имеем представление, и неизвестные угрозы. Сверхдальние пилотируемые полеты могут потребовать решения проблем производства пищи, свободного пространства на корабле для эффективной работы и полноценного отдыха космонавтов и других задач жизнеобеспечения.

Безопасность экипажа и высокая эргономичность пилотируемых космических кораблей будущего может быть достигнута путем новых конструкторских решений, в том числе основанных на бионических принципах. Прежде всего, следует иметь в виду замкнутые биологические системы жизнеобеспечения, а также и гибернацию или анабиоз (рис. 7).

Замкнутая биологическая система жизнеобеспечения (БСОЖ) представляет собой аналог природной экологической системы. Без БСОЖ невозможны длительные автономные полеты в дальний космос. Существующие СОЖ, например на станциях серии «Салют» и «Мир», на Международной космической станции, нельзя назвать

замкнутыми и биологическими, поскольку периодически при помощи грузовых космических кораблей осуществляется доставка на станцию не только ракетного топлива, но и продуктов питания, медицинских препаратов и других расходных материалов. В лучшем случае существующие СОЖ могут быть замкнутыми по отдельным циклам, например, по воде.

Первая масштабная попытка натурального моделирования процессов, происходящих в естественных экосистемах Земли, была неудачной. В 1984–1991 годах в американской пустыне Аризона проводился масштабный эксперимент по созданию искусственной замкнутой среды обитания, получивший название «Биосфера-2» (подразумевалось, что «Биосферой-1» является наша планета Земля) [11].

Под закрытый купол площадью 1,27 га и объемом 203760 м<sup>3</sup> поместили более 3000 видов растений и животных, смоделировали семь биомов (лес, саванна, пустыня, болото, океан с коралловым рифом, сельскохозяйственные угодья). Планировалось, что восемь человек проживут под куполом два года.

Однако через 15 месяцев после закрытия изолирующей оболочки эксперимент были вынуждены прекратить, поскольку:

- уровень кислорода упал до критического;
- вымерло 18 из 25 помещенных под купол видов позвоночных;
- вымерло большинство насекомых;
- возникли серьезные проблемы с загрязнением воды и воздуха и регулированием температуры.

Очевидно, реализация искусственной экосистемы в меньших объемах вызовет еще больше трудностей.

Из всех искусственных БСОЖ, созданных в мире до настоящего времени, наибольших успехов удалось добиться в экспери-

менте БИОС-3. В автономном режиме обеспечивалась жизнь трех человек в течение шести месяцев за счет замыкания цикла по воде и газу почти на 100%, пище – более чем на 50% [12].

Самый серьезный недостаток замкнутых БСОЖ, который необходимо будет преодолеть в будущем, – их низкий энергетический КПД и, как следствие, значительные размеры и масса.

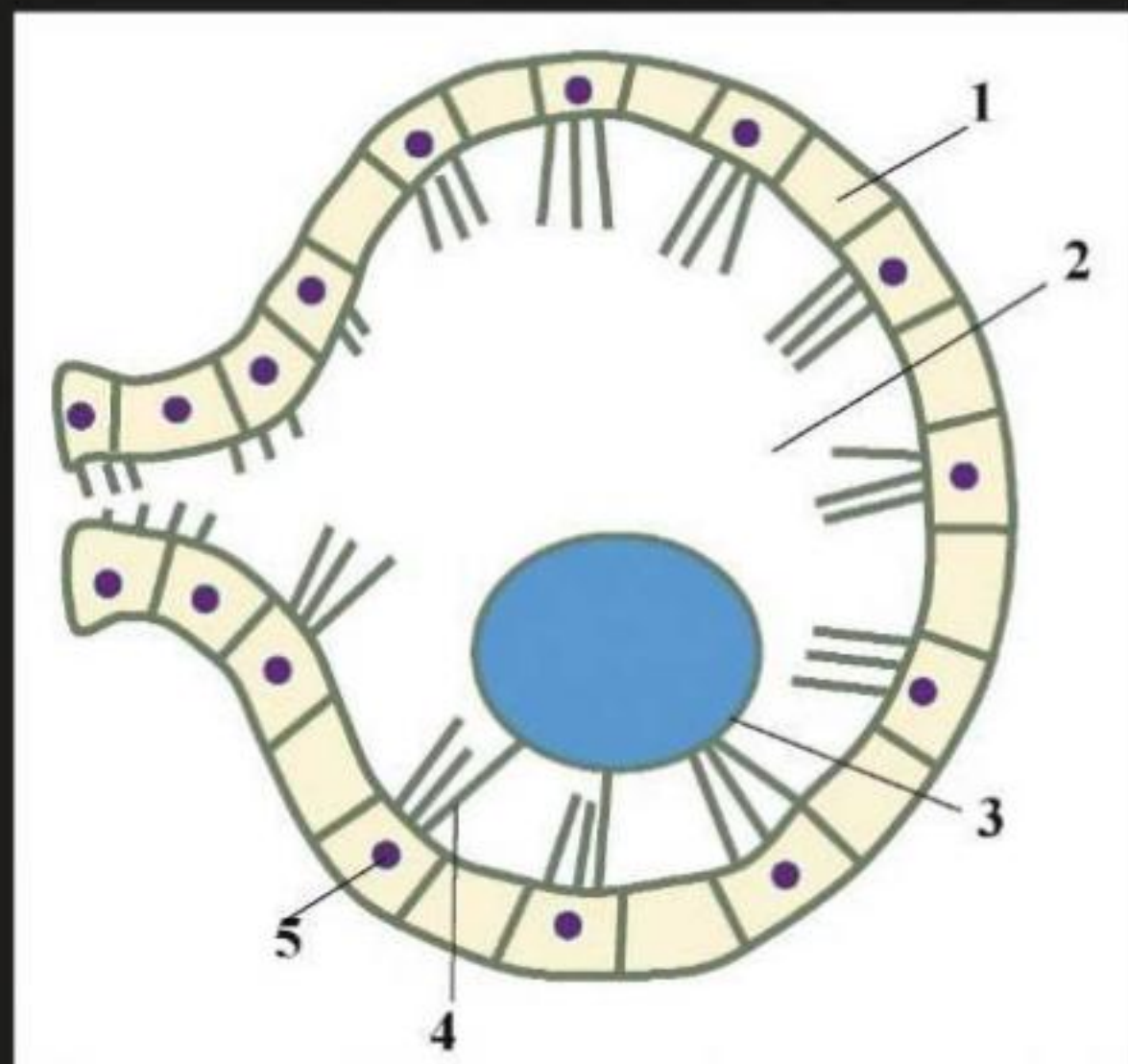
Для реализации амбициозных планов по освоению дальнего космоса, по пилотируемым полетам к астероидам и другим планетам предстоит решить множество проблем, в числе которых чрезвычайно большая потребная масса экспедиционного корабля и, соответственно, высокая стоимость подобных космических экспедиций. Одним из направлений решения такой проблемы может стать погружение экипажа в глубокий сон – в идеале в анабиоз или гибернацию (рис. 8).

Гибернация – это замедление жизнедеятельности человека путем блокировки нейроэндокринных механизмов терморегуляции. Анабиоз по сравнению с гибернацией сопровождается более глубоким подавлением жизнедеятельности. Живые организмы, впадающие в анабиоз, могут терять от половины до трех четвертей заключенной в тканях воды. Для человека это критично, и проблема его погружения в анабиоз до сих пор не решена, в отличие от гибернации. Состояние гибернации же достигается понижением температуры в интервале от 31,6°C до 33,8°C.

Расчеты показывают, что введение экипажа марсианской экспедиции в состояние глубокого сна позволит сократить общую массу корабля с 400 до 220 тонн за счет того, что можно в пять раз уменьшить необходимое пространство для экипажа, а также в три раза – количество грузов, необходимых для обеспечения жизнедеятельности [13].

## РИС. 7. ОБОБЩЕННАЯ СХЕМА ИНЕРЦИАЛЬНОГО БИОДАТЧИКА БЕСПОЗВОНОЧНЫХ ЖИВОТНЫХ:

1 – пузырек; 2 – студенистая жидкость; 3 – тяжелые частицы (у одноклеточных – несколько кристаллических конкреций, у моллюсков – известковые шарики, у ракообразных – песчинка, заимствованная из окружающей среды); 4 – упругие ворсинки; 5 – нервные элементы



## РИС. 8. ГИБЕРНАЦИЯ И АНАБИОЗ

Гибернация – искусственно созданное состояние замедленной жизнедеятельности организма у теплокровных животных, в том числе и человека, напоминающее состояние животного в период зимней спячки, которое достигается при помощи нейроплегических средств, блокирующих нейро-эндокринные механизмы терморегуляции.

### Система жизнеобеспечения



### Космическая гибернация

Анабиоз – временное замедление или прекращение жизненных процессов в организме под воздействием внешних или внутренних факторов. При этом дыхание, сердцебиение и другие жизненные процессы замедлены настолько, что могут быть обнаружены только с помощью специальной аппаратуры.



### Предельная степень обратимого обезвоживания разных организмов

| Объект                          | Обезвоживание, % |
|---------------------------------|------------------|
| Коловратки, тихоходки, нематоды | 100              |
| Кольчатые черви                 | 75               |
| Насекомые                       | 12-26            |
| Амфибии                         | 33-47            |
| Пресмыкающиеся                  | 14               |
| Мышь                            | 34               |
| Человек                         | 10               |

ВВЕДЕНИЕ ЭКИПАЖА МАРСИАНСКОЙ ЭКСПЕДИЦИИ В СОСТОЯНИЕ ГЛУБОКОГО СНА ПОЗВОЛИТ СОКРАТИТЬ ОБЩУЮ МАССУ КОРАБЛЯ С 400 ДО 220 ТОНН И, СЛЕДОВАТЕЛЬНО, В ПЯТЬ РАЗ УМЕНЬШИТЬ НЕОБХОДИМОЕ ПРОСТРАНСТВО ДЛЯ ЭКИПАЖА, А ТАКЖЕ В ТРИ РАЗА – КОЛИЧЕСТВО ГРУЗОВ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ.

## 2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ БАЗА РЕАЛИЗАЦИИ КОСМИЧЕСКИХ LIFE-ТЕХНОЛОГИЙ

### 2.1. АНАЛОГИ БИОЛОГИЧЕСКИХ СТРУКТУР

Реализуя бионические принципы при создании космической техники будущего, можно идти двумя путями:

- копирования биологических структур;
- создания биоморфных систем из материалов, более устойчивых к факторам космического пространства и иных планет, чем органические компоненты живых объектов, на соответствующей элементной базе.

Доступная в настоящее время элементная компонентная база уже позволяет достичь технологической плотности, необходимой для создания, к примеру, искусственного (электронного) мозга (рис. 9) [14].

Технологической основой создания искусственного мозга может послужить нейроморфный чип (рис. 10).

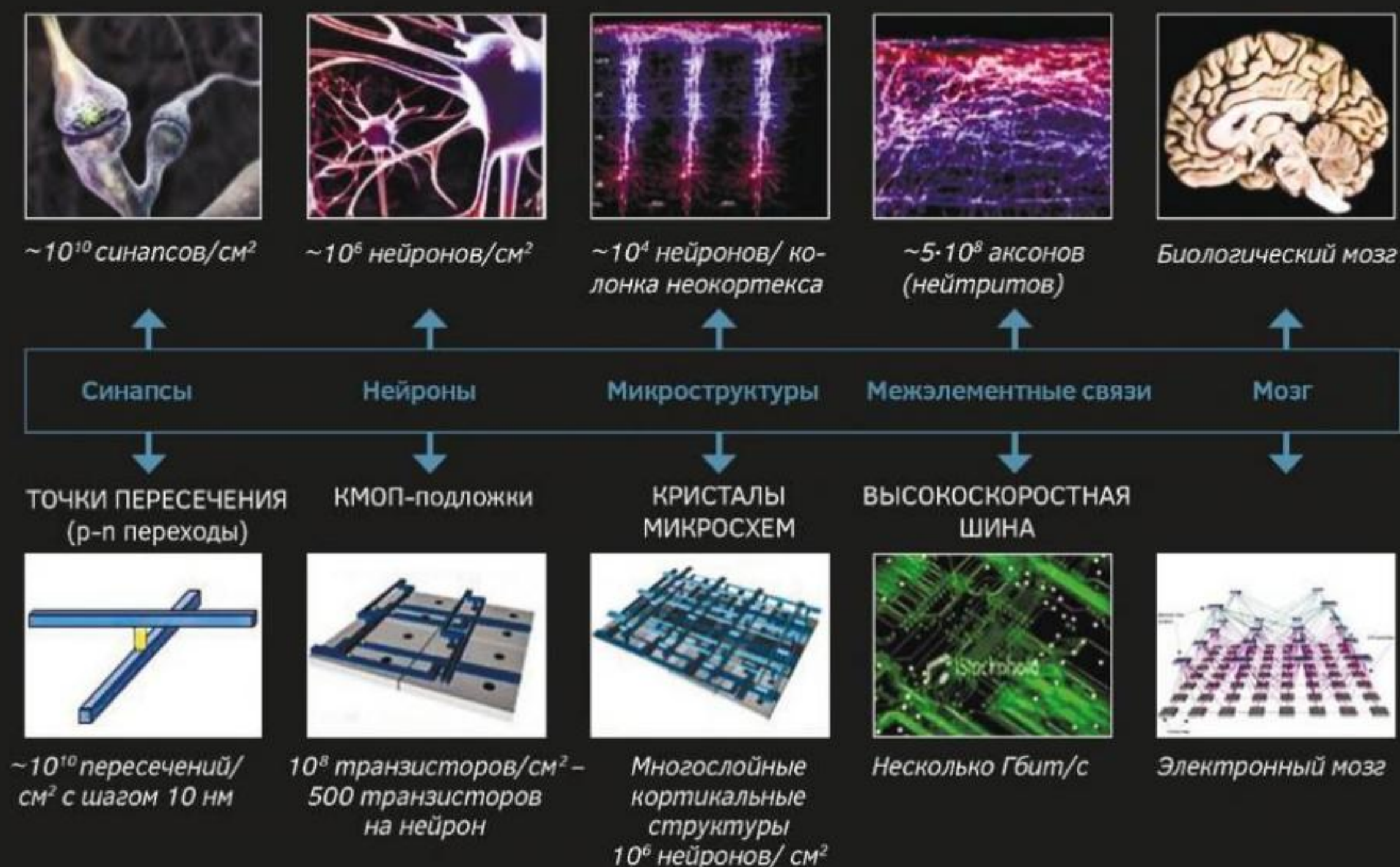
Основной компонентой нейроморфного чипа является синапс или система передачи возбуждения от нейрона к нейрону. В США и КНР ведется разработка трехмерного электронного синапса, потребляющего ультрамалые количества электроэнергии [19]. Основа разработки – материалы с переключаемым сопротивлением на основе оксида гафния.

### 2.2. СОЗДАНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ БИОЛОГИЧЕСКИХ СТРУКТУР НА НОВЫХ ПРИНЦИПАХ

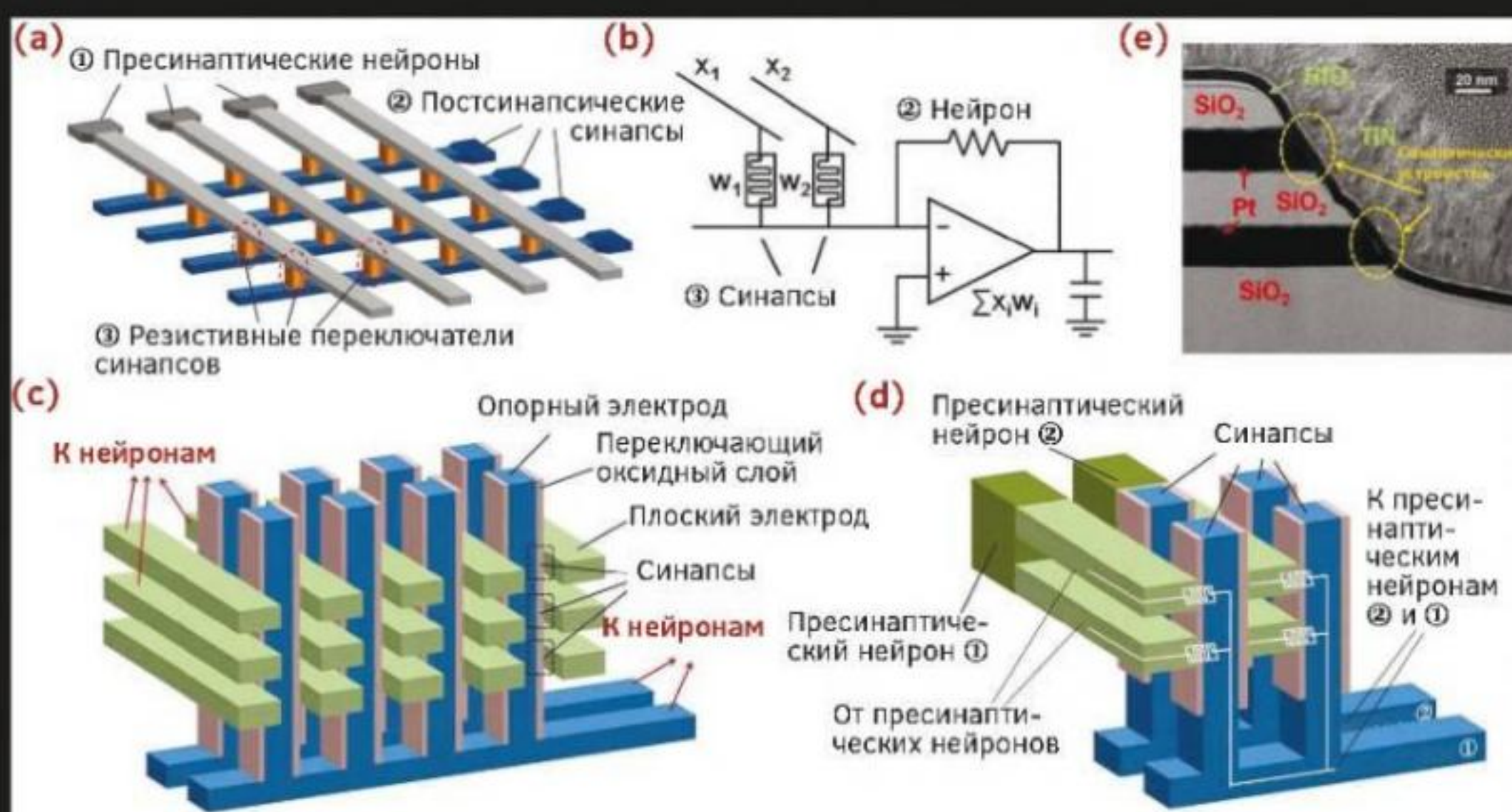
Великий физик, лауреат Нобелевской премии Л. Д. Ландау утверждал: «Метод важнее открытия, ибо правильный метод

исследования приведет к новым еще более ценным открытиям...» То есть в идеале мы должны стремиться овладеть «методом» природы, позволяющим творить новые материальные живые/квазживые объекты. В этой связи гораздо более перспективен путь ориентации на «природоподобные» технологии без прямого их копирования: более продуктивен перенос общих принципов функционирования живых объектов на существующую (альтернативную) компонентную базу. К примеру, нейроморфный чип на существующей полупроводниковой элементной базе будет работать на порядки быстрее биологического аналога [14, 15]. Воздушный винт (самолетный) в природе также не встречается, а полноценный машущий полет по образцу полета птиц до сих пор не реализован и т. д.

РИС. 9. ЭЛЕМЕНТЫ БИОЛОГИЧЕСКОГО МОЗГА И ИХ ИСКУССТВЕННЫЕ АНАЛОГИ



## РИС. 10. НЕЙРОМОРФНЫЙ ЧИП – ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОСНОВА ПОСТРОЕНИЯ ИСКУССТВЕННОГО (ЭЛЕКТРОННОГО) МОЗГА [19]



а) Обычный 2D-массив для электрической нейросети, где каждый синапс находится на пересечении проводящих линий пренеурона и постнейрона.  
 б) Электрическая схема концепта с синапсами на основе устройства с переключаемым сопротивлением (resistive switching device).  
 в) Максимально компактная схема расположения синапсов (high-density application).  
 г) Схема расположения синапсов для вычислений с максимальной точностью (high-accuracy computation).  
 е) ТЕМ-изображение поперечного среза электрического синапса.

## РИС. 11. АЛЬТЕРНАТИВНАЯ БИОХИМИЧЕСКАЯ ОСНОВА ЖИВЫХ ОБЪЕКТОВ

| Элемент (соединение) органической жизни | Альтернативный элемент (соединение) неорганической жизни | Возможные свойства альтернативных биохимических соединений                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-----------------------------------------|----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Углерод+Водород                         | Кремний+Кислород                                         | Атомы кремния имеют большую массу и радиус, чем атомы углерода, они сложнее, образуют двойную или тройную ковалентную связь, что может помешать образованию биополимеров. Соединения кремния не могут быть настолько разнообразны, как соединения углерода. Силиконы – полимеры, включающие цепочки чередующихся атомов кремния и кислорода, более жаропрочны. Роль универсального растворителя должна играть не вода, а серная кислота. |
|                                         | Азот+Фосфор                                              | В комплексе с азотом возможно образование более сложных ковалентных связей, что делает возможным возникновение большого разнообразия молекул, включая кольцевые структуры. Некоторые этапы цикла на основе фосфора и азота являются энергодефицитными.                                                                                                                                                                                   |
|                                         | Азот+Бор                                                 | На основе комбинации бора с азотом невозможно создать разнообразие химических реакций, сравнимое с известным в химии углеродом.                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Фосфор                                  | Мышьяк                                                   | Мышьяк, будучи встроен в структуру ДНК и РНК, является «слабым звеном», так как формируемые им химические связи легко рвутся из-за высокой реакционной способности атома мышьяка (при комнатной температуре). Однако при низких температурах биологическая молекула с мышьяком достаточно стабильна.                                                                                                                                     |
| Вода                                    | Аммиак                                                   | При давлении в 1 атм. находится в жидком состоянии при температурах от -78 до -33 °С. По ряду свойств напоминает воду, но при замерзании твердый аммиак не всплывает вверх, а тонет (в отличие от водного льда).                                                                                                                                                                                                                         |
|                                         | Фтороводород                                             | Способен к образованию межмолекулярных водородных связей. Высокая реакционная способность, в частности, с диоксидом кремния и алюмосиликатами.                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|                                         | Цианистый водород                                        | Соединение термодинамически неустойчиво. Довольно быстро осмолается, особенно в присутствии катализаторов (кислот, оснований, глины и др.). Иногда разложение протекает со взрывом.                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Кислород                                | Сера                                                     | Серная кислота при давлении в 1 атм. замерзает при +10 °С и кипит при +290°С, хорошо растворяет различные вещества.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |

В последние годы выяснилось, что аналоги биомакромолекул могут быть построены не только на основе углерод-водородных полимеров, фосфора, воды и кислорода (рис. 11). Например, углерод-водородные соединения (алканы) могут быть заменены на кремний-водородные (силаны). Соединения кремния будут стабильнее углеродных молекул в среде серной кислоты, которая имеет некоторые преимущества перед водой благодаря увеличенному в несколько раз интервалу существования в жидкой форме и т.д. [16].

Таким образом, открываются перспективы создания исследовательских и промышленных биороботов, максимально адаптированных для работы в агрессивной среде планет Солнечной системы и их спутников.

Наконец получены первые результаты создания искусственной жизни – как физически, так и в форме компьютерных моделей (в качестве направления работ по искусственному интеллекту, рис. 12) [17].

В 2010 году американскому генетику Крейгу Вентеру впервые удалось „пересадить“ синтезированную ДНК из одной бактерии *Mycoplasma mycoides* в другую бактерию того же рода *Mycoplasma capricolum*. После пересадки ДНК *Mycoplasma capricolum* благополучно размножалась, приобретая характеристики бактерии донора ДНК. Бактерия получила имя *Mycoplasma laboratorium* или Синтия (то есть синтетическая) и использовалась для ликвидации последствий разлива нефти в Мексиканском заливе.

Однако затем синтетическая бактерия мутировала, приобрела способность существовать на любом белковом субстрате и превратилась в одну из самых страшных угроз здоровью и жизни населения побережья Мексиканского залива США [18].

Если попытаться заглянуть в далекое будущее, можно предположить, что со временем появятся такие результаты конвергенции биологических и технических систем, как бионические („живые“) космические корабли. Идея биокорабля достаточно популярна в научно-фантастических произведениях и в компьютерных играх (рис. 13).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, могут быть сделаны следующие выводы:

1. В ближайшей перспективе целесообразно исследовать возможности реализации в космической технике принципов построения и функционирования биологических систем на существующей компонентной базе с целью создания:

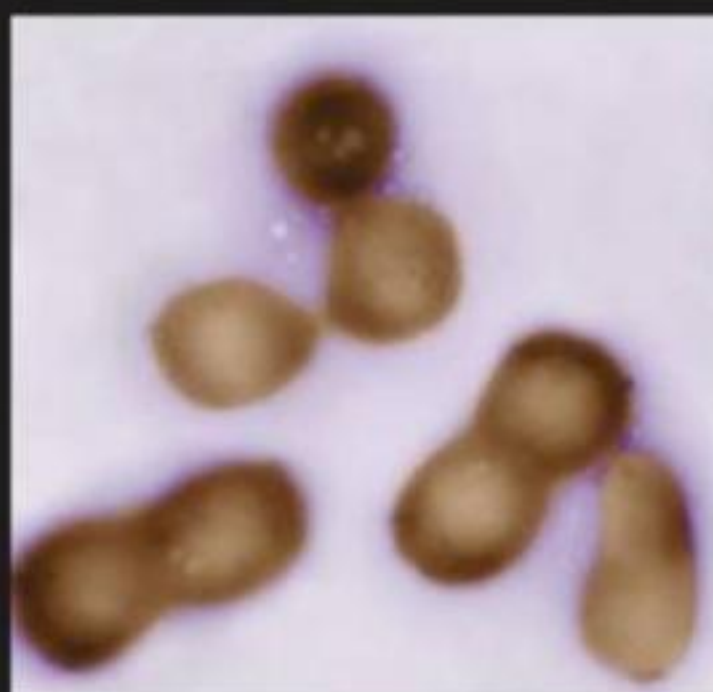
– суперадаптивных изделий космической техники, обладающих, в том числе способностью к регенерации силовых конструкций, оболочек, элементов, агрегатов и систем;

– микроминиатюрных датчиков систем управления летательных аппаратов с высокими характеристиками точности, надежности и информативности, имитирующих принципы работы биологических навигационных датчиков;

– интеллектуальных автономных систем управления и поддержки принятия решений в нестандартных ситуациях, имитирующих работу головного мозга и нервной системы человека и т.д.

2. На более отдаленную перспективу может быть поставлена задача исследования возможностей создания изделий космической техники, отдельных приборов, агрегатов и элементной базы на основе неорганических (синтетических) живых структур, устойчивых к экстремальным внешним воздействиям, обладающих повышенной жизнеспособностью, включая способность к регенерации, а также возможностью репликации.

## РИС. 12. СОЗДАНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ ЖИВЫХ ОБЪЕКТОВ



Синтезированная *Mycoplasma mycoides* JCVI 1.0 под электронным микроскопом

Крейгу Вентеру (Университет штата Нью-Йорк в Буффало, США) в 2010 году удалось «пересадить» синтезированную ДНК из одной бактерии *Mycoplasma mycoides* в другую бактерию того же рода *Mycoplasma capricolum*. После пересадки ДНК *Mycoplasma capricolum* благополучно размножалась, приобретая характеристики бактерии донора ДНК. Бактерия получила имя Синтия (JCVI-syn 1.0). Использовалась для ликвидации последствий разлива нефти в Мексиканском заливе. Однако затем мутировала и стала способна существовать на любом белковом субстрате.

### Проекты создания и исследования цифровой синтетической жизни

| Проект              | Авторы                                                                        | Описание                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ascape              | Центр исследования социальных и экономических явлений, институт Брукинса, США | Java-среда моделирования и анализа поведения групп автономных агентов. Обновлялась в 2000 году.                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| DDLab               | Андрей Вьюнш, компания Discrete Dynamics Lab                                  | Система создания клеточных автоматов с многомерной логикой, использующая технологию случайных логических сетей. Обновлена в декабре 2004 года.                                                                                                                                                                                                                         |
| Framsticks          | Группа польских энтузиастов                                                   | Мощная система трехмерного моделирования, имитирующая эволюцию особей в мире, напоминающем земной. При этом корректно реализованы понятия генотипа, физического организма, мозга и неовой системы (нейронные модели), цепочки восприятия (среда – рецепторы – мозг – эффекторы – среда) и общей экосистемы. Обновлена в августе 2004 года.                             |
| Ant Farm, Ant World | Роберто Матурана, Испания; Бен Бланделл, Великобритания                       | Симуляторы поведения муравьев Ant Farm – одни из лучших в этом классе по наглядности. Его коллега Ant World более сложный и менее красивый, но содержит немало надстроечных параметров и средств анализа.                                                                                                                                                              |
| Evolutionz          | Дмитрий Марикианис, Филипп Канэл, Канада                                      | Трехмерная модель среды, в которой искусственные насекомые, управляемые нейронными сетями, конкурируют за пищевые ресурсы. Позволяет проводить эксперименты по созданию стабильной экосистемы путем манипулирования различными параметрами. За счет сложности среды каждый сеанс работы формирует уникальный мир и позволяет изучать оригинальные стратегии выживания. |

## РИС. 13. БИОНИЧЕСКИЕ КОСМИЧЕСКИЕ КОРАБЛИ (ИЗ ФАНТАСТИЧЕСКИХ ПРОИЗВЕДЕНИЙ)



ТАРДИС («Доктор Кто») – живой корабль для перемещения в пространстве и времени. Его не строят, а выращивают.



Моя (сериал *Faescap*) – разумный транспортный корабль из расы левифанов.

Биокорабль, живой корабль – тип космического корабля в научной фантастике, часто описывается как звездолет. Биокорабли отличаются от большинства космических аппаратов тем, что частично или полностью состоят из биологических материалов. Биокораблям приписывают способность регенерировать или заживать повреждения. Некоторые биокорабли обладают интеллектом или даже разумны, некоторые являются живыми организмами. Как и большинство органических форм жизни, многие биокорабли имеют большое количество мертвых материалов, таких как кости или хитин у животных, или даже искусственные компоненты. (Википедия)



## Литература

1. Ахметов Р.Н., Макаров В.П., Соллогуб А.В. Байпасность как атрибут живучести автоматических космических аппаратов в аномальных полетных ситуациях // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета. Самара, 2015. Т. 14. № 4. С. 17–37.
2. Ахметов Р.Н., Макаров В.П., Соллогуб А.В. Особенности обеспечения целевой эффективности космических аппаратов зондирования Земли на основе методов рефакторинга и обратной инженерии // Онтология проектирования. 2012. № 4. С. 7–17.
3. Бегляров В.В., Береза А.Н., Ляшов М.В. Аналитический обзор реконфигурируемых гибридных эволюционных аппаратных систем // Известия Южного федерального университета. Технические науки. Таганрог, 2009. Выпуск № 12. Том 101. С. 27–32.
4. Савкин Л.В. Регенеративные электронные системы в космических системах и комплексах // Вестник кибернетики. 2015. № 2 (18). С. 3–32.
5. Andersson, J.-O., Helander, T., Höglund, L., Shi, P. & Sundman, B. Thermo-Calc & DICTRA, computational tools for materials science. Calphad, 2002, vol. 26, no. 2, pp. 273–312.
6. Чумаков Д.М. Перспективы использования аддитивных технологий при создании авиационной и ракетно-космической техники // Труды МАИ. 2014. Выпуск 78. URL: <http://www.mai.ru/science/trudy/> (Дата обращения: 13.01.2017).
7. Солнечные панели, работающие на принципе фотосинтеза [Электронный ресурс] // Проект Заряд, 2018. URL: <http://zaryad.com/2012/04/09/solnechnyye-paneli-rabotayushhie-na-printsipe-fotosinteza/> (Дата обращения: 13.01.2018).
8. Высоцкий В.И., Корнилова А.А. Трансмутация радионуклидов в биологических системах – реанимация фантазии алхимии или лабораторная реальность? // Радиоэлектроника. Наносистемы. Информационные технологии. 2014. Выпуск 1. Том 6. С. 99–109.
9. Анохин К.В. Когнитом: сетевое расширение теории функциональных систем [Электронный ресурс] // Современные проблемы системной регуляции физиологических функций. Материалы конференции. М.: ФГБНУ «НИИИФ им. П.К. Анохина», 2015. С. 3–5. URL: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=529073> (Дата обращения: 13.01.2018).
10. Селезнев В.П., Селезнева Н.В. Навигационная бионика. М.: Машиностроение, 1987. 256 с.
11. Allen, J. Me and the biospheres: a memoir by the inventor of Biosphere-2. Synergetic Press, Santa Fe, 2008. 308 p.
12. Тернистый путь замкнутых биологических систем жизнеобеспечения [Электронный ресурс] // AfterShock, 2018. URL: <https://aftershock.news/?q=node/299518&full> (Дата обращения: 01.10.2018).
13. Torpor Inducing Transfer Habitat For Human Stasis To Mars. Grant Number NNX13AP82G. Prepared by John E. Bradford, Douglas Talk. 11 May 2014. Version 1.0. 73 p.
14. Have you heard of SyNAPSE? [Электронный ресурс] // 21st Century Tech Blog, 2018. URL: <https://www.21stcentech.com/heard-synapse/> (Дата обращения: 30.09.2018).
15. Bin Gao, Yingjie Bi and all. Ultra-Low-Energy Three-Dimensional Oxide-Based Electronic Synapses for Implementation of Robust High-Accuracy Neuromorphic Computation Systems // ACS Nano, 2014, no. 8 (7), pp. 6998–7004.
16. Синтетическая биология – применение и угрозы [Электронный ресурс] // Наука за рубежом. 2014. № 36. URL: [http://www.issras.ru/global\\_science\\_review/](http://www.issras.ru/global_science_review/) (Дата обращения: 13.01.2018).
17. Топунов А.Ф., Шумаев К.Б. Альтернативная биохимия и распространенность жизни // Бюллетень специальной астрофизической обсерватории РАН, 2007. Вып. 60–61. С. 106–110.
18. Алехин М.Д., Клабуков И.Д., Мусиенко С.В. Нанобиотехнологии в перспективных космических экспериментах. Конференция серии «Будущее индустрии»: Living AeroSpace 2012/Москва, 2012. 30 с.



## References

1. Akhmetov R. N., Makarov V. P., Sollogub A. V. Baypasnost' kak atribut zhivuchesti avtomaticheskikh kosmicheskikh apparatov v anomal'nykh poletnykh situatsiyakh // Vestnik Samarskogo gosudarstvennogo aerokosmicheskogo universiteta, 2015, vol. 14, no. 4, pp. 17–37.
2. Akhmetov R. N., Makarov V. P., Sollogub A. V. Osobennosti obespecheniya tselevoy effektivnosti kosmicheskikh apparatov zondirovaniya Zemli na osnove metodov refaktoringa i obratnoy inzhenerii. Ontologiya proektirovaniya, 2012, no. 4, pp. 7–17.
3. Beglyarov V. V., Bereza A. N., Lyashov M. V. Analiticheskiy obzor rekonfiguriruemyykh gibridnykh evolyutsionnykh apparatnykh sistem. Izvestiya Yuzhnogo federal'nogo universiteta. Tekhnicheskie nauki. Taganrog, 2009, iss. 12, vol. 101, pp. 27–32.
4. Savkin L. V. Regenerativnye elektronnye sistemy v kosmicheskikh sistemakh i kompleksakh. Vestnik kibernetiki, 2015, no. 2 (18), pp. 3–32.
5. Andersson, J.-O., Helander, T., Höglund, L., Shi, P. & Sundman, B. Thermo-Calc & DICTRA, computational tools for materials science. Calphad, 2002, vol. 26, no. 2, pp. 273–312.
6. Chumakov D. M. Perspektivy ispol'zovaniya additivnykh tekhnologiy pri sozdaniy aviat-sionnoy i raketno-kosmicheskoy tekhniki. Trudy MAI, 2014, iss. 78. Available at: <http://www.mai.ru/science/trudy/> (Retrieval date: 13.01.2017).
7. Solnechnye paneli, rabotayushchie na printsipe fotosinteza. Available at: <http://zaryad.com/2012/04/09/solnechnyie-paneli-rabotayushhie-na-printsipe-fotosinteza/> (Retrieval date: 13.01.2018).
8. Vysotskiy V. I., Kornilova A. A. Transmutatsiya radionuklidov v biologicheskikh sistemakh – reanimatsiya fantazii alkhimii ili laboratornaya real'nost'? Radioelektronika. Nanosistemy. Informatsionnye tekhnologii. 2014, iss. 1, vol. 6, pp. 99–109.
9. Anokhin K. V. Kognitom: setevoe rasshirenie teorii funktsional'nykh system. Sovremennye problemy sistemnoy regulyatsii fiziologicheskikh funktsiy. Moscow: FGBNU «NIINF im. P. K. Anokhina», 2015, pp. 3–5. Available at: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=529073/> (Retrieval date: 13.01.2018).
10. Seleznev V. P., Selezneva N. V. Navigatsionnaya bionika. Moscow: Mashinostroyeniye, 1987. 256 p.
11. Allen, J. Me and the biospheres: a memoir by the inventor of Biosphere-2. Synergetic Press, Santa Fe, 2008. 308 p.
12. Ternistyy put' zamknutykh biologicheskikh sistem zhizneobespecheniya. Available at: <https://aftershock.news/?q=node/299518&full> (Retrieval date: 01.10.2018).
13. Torpor Inducing Transfer Habitat For Human Stasis To Mars. Grant Number NNX13A-P82G. Prepared by John E. Bradford, Douglas Talk. 11 May 2014. Version 1.0. 73 p.
14. Have you heard of SyNAPSE? Available at: <https://www.21stcentech.com/heard-synapse/> (Retrieval date: 30.09.2018).
15. Bin Gao, Yingjie Bi and all. Ultra-Low-Energy Three-Dimensional Oxide-Based Electronic Synapses for Implementation of Robust High-Accuracy Neuromorphic Computation Systems // ACS Nano, 2014, no. 8 (7), pp. 6998–7004.
16. Sinteticheskaya biologiya – primeneniye i ugrozy. Nauka za rubezhom, 2014, no. 36. Available at: [http://www.issras.ru/global\\_science\\_review/](http://www.issras.ru/global_science_review/) (Retrieval date: 13.01.2018).
17. Topunov A. F., Shumayev K. B. Al'ternativnaya biokhimiya i rasprostranennost' zhizni. Byulleten' spetsial'noy astrofizicheskoy observatorii RAN, 2007, iss. 60–61, pp. 106–110.
18. Alekhin M. D., Klabukov I. D., Musienko S. V. Nanobiotekhnologii v perspektivnykh kosmicheskikh eksperimentakh. Budushchee industrii, Living AeroSpace 2012/Moscow, 2012, 30 p.

© Ключников В. Ю., 2018

### История статьи:

Поступила в редакцию: 03.10.2018

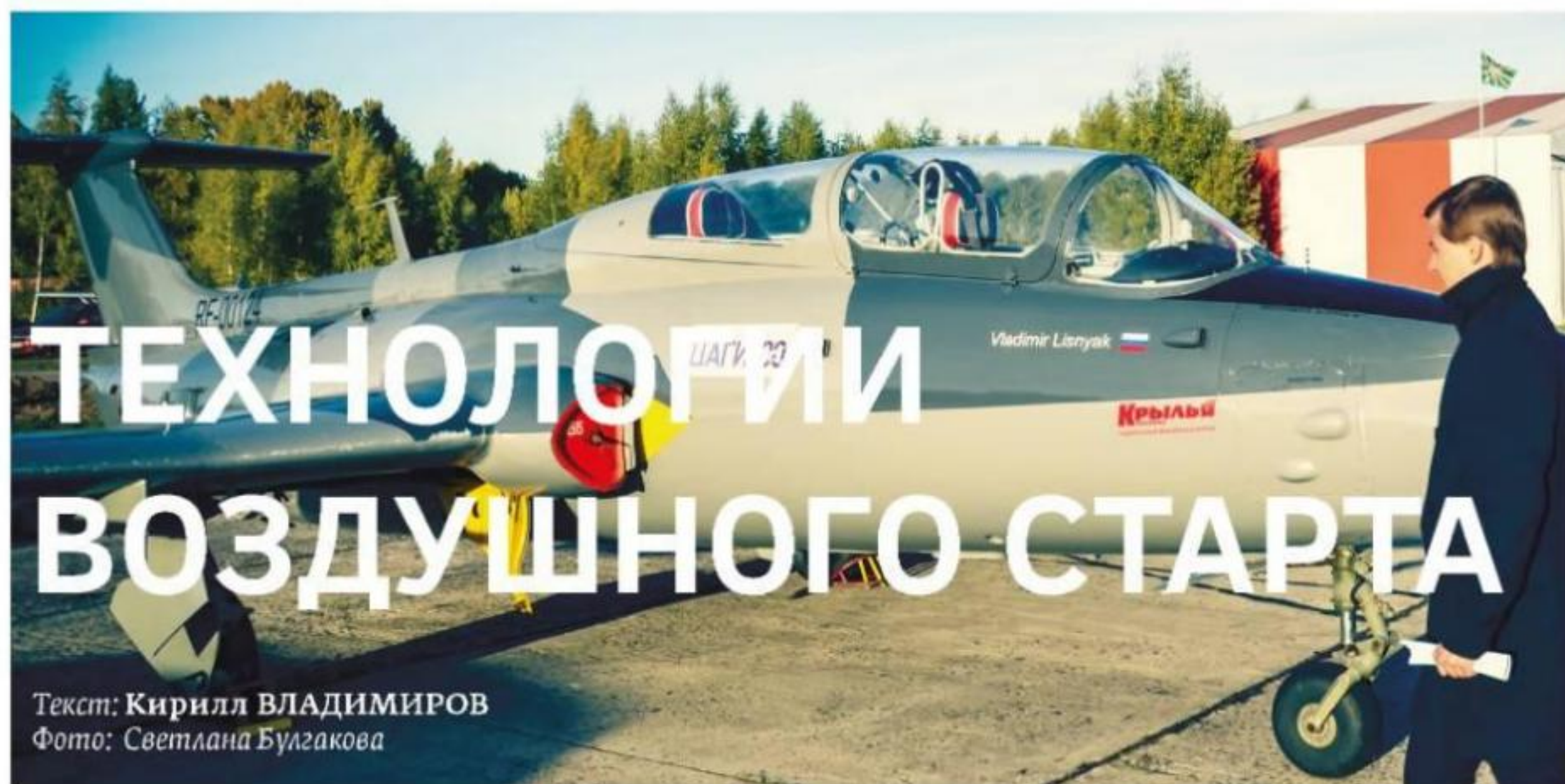
Принята к публикации: 29.10.2018

Модератор: Гесс Л. А.

Конфликт интересов: отсутствует

### Для цитирования:

Ключников В. Ю. LIFE-технологии – будущее космической техники // Воздушно-космическая сфера. 2018. №4(97). С. 28–43.



Текст: Кирилл ВЛАДИМИРОВ  
Фото: Светлана Булгакова

5 октября на аэродроме Орешково в Калужской области фондом «Наше небо» при участии ФГУП «ЦАГИ» и при поддержке АСК «Альбатрос Аэро» проведена молодежная научно-практическая конференция, участники которой презентовали технологию воздушного старта космической ракеты, призванную облегчить и ускорить дальнейшее освоение человеком ближнего космического пространства. Мероприятие было приурочено к 100-летию ЦАГИ и к 30-летию юбилею успешного испытательного двухвиткового орбитального полета крылатого космического корабля «Буран».

**Воздушный старт – начало новой космической эпохи. На земле Циолковского представили аэрокосмические технологии нового поколения.**



Главной темой конференции стало обсуждение концепции надежной технологии воздушного старта малой полезной нагрузки с опорой на крылья или аэростатическую силу.

В качестве потенциальных носителей выступающими были предложены сверхзвуковые и перспективные высотные гиперзвуковые самолеты-разгонщики, дозвуковые транспортные самолеты семейства Ил, а также высотные дирижабли. Докладчики разошлись в оценках допустимой на сегодняшний день орбитальной массы полезной нагрузки, а также экономичного географического местоположения точки запуска. Однако все выступавшие сошлись в том, что наиболее оптимальной для реализации технологии воздушного старта является высота до 40 километров.

Докладчики также подчеркнули, что преимуществом технологии воздушного старта перед традиционной моделью запуска ракеты-носителя с земли является уменьшение гравитации и аэродинамического сопротивления атмосферы, что, в свою очередь, позволит увеличить эффективность и скорость ракеты-носителя.



На конференции присутствовали представители ФГУП «ЦАГИ», предприятий аэрокосмической отрасли, представители научного сообщества, а также молодые ученые, студенты и аспиранты. Представители молодежи с энтузиазмом восприняли открывшееся поле деятельности и выразили готовность включиться в реализацию прорывного проекта доступного орбитального будущего. По итогам конференции было принято решение сформировать совместную рабочую группу для дальнейшей отработки технологии на готовой элементной базе, а также для проведения ее испытаний.

## **Журнал «ВКС» – инфоспонсор научно-практической конференции, посвященной технологии воздушного старта ракеты.**

Предполагается, что первые бросковые испытания моделей состоятся в конце весны 2019 года на подмосковном аэродроме, а в роли носителя ракеты выступят самолеты семейства Ил.

Стоит отметить, что аэродром Орешково является уникальной точкой, находящейся на траектории, именуемой космическим меридианом, который берет начало в наукограде Королёве и проходит через такие столичные площадки, как ВДНХ, Российская академия наук, площадь Гагарина, Институт космических исследований РАН и город Калуга – место проживания Константина Циолковского.



# THE FAILURE OF “SOYUZ-FG” LAUNCH VEHICLE: HOW IT WAS

**ABSTRACT** | 11 November 2018 the first crash in the history of modern-day Russia's manned cosmonautics took place. “Soyuz-FG” launch vehicle didn't set into orbit “Soyuz MS-10” spacecraft which was to carry the new crew to the ISS. It was the launch escape system (LES) which let the cosmonauts to get out of the off-normal emergency situation. This system separated the lander from the spacecraft, so that the crew managed to land safely.

**Keywords:** *the International Space Station, Baikonur Cosmodrome, “Soyuz-FG” launch vehicle, “Soyuz MS-10” spacecraft, Aleksey Ovchinin, Nick Hague, launch escape system*

Natalia L. BURTSEVA,  
Video Content Creation & Promotion Chief Specialist,  
RSC “Energia”, Korolev, Russia,  
[natalya.burtseva@rsce.ru](mailto:natalya.burtseva@rsce.ru)



# АВАРИЯ РАКЕТЫ-НОСИТЕЛЯ «СОЮЗ-ФГ»: КАК ЭТО БЫЛО



Наталья Леонидовна БУРЦЕВА,  
главный специалист по созданию  
и продвижению видеоконтента  
ПАО «РКК «Энергия», Королёв, Россия,  
[natalya.burtseva@rsce.ru](mailto:natalya.burtseva@rsce.ru)

**АННОТАЦИЯ** | 11 октября 2018 года произошла первая в истории современной России авария в пилотируемой космонавтике. Ракета-носитель «Союз-ФГ» не вывела на орбиту космический корабль «Союз МС-10», который должен был доставить на МКС новый экипаж. Выйти из нештатной аварийной ситуации космонавтам позволила система аварийного спасения (САС). Она отделила спускаемый аппарат от космического корабля, благодаря чему экипажу удалось благополучно приземлиться.

**Ключевые слова:** Международная космическая станция, космодром Байконур, ракета-носитель «Союз-ФГ», космический корабль «Союз МС-10», Алексей Овчинин, Ник Хейг, система аварийного спасения





**Алексей ОВЧИННИН,**  
космонавт, Герой Российской Федерации,  
комментирует случившееся:

- После отделения первой ступени произошла авария ракеты-носителя. Мы сразу почувствовали толчок, сработала система аварийного спасения. На тот момент двигательная установка САС была уже отстрелена, и в работу вступила система, которая отстрелила головной обтекатель вместе со спускаемым аппаратом, где находился экипаж. Приземлялись по баллистическому спуску – по баллистической траектории.

Едва осознав, что полет не состоится, мы начали действовать в соответствии с ситуацией. В бортовой документации расписано, как экипаж должен работать на этом этапе.

Посадка, на мой взгляд, прошла несколько жестче, чем после моего первого полета. Это зависит от местности, от скорости ветра на данный момент.

*САС – система аварийного спасения. Ее главная задача – обезопасить экипаж космического корабля на активном участке полета. Система работает до самого выведения корабля на орбиту и даже в космосе, если не была произведена стыковка с орбитальной станцией.*

*«Быстро мы долетели...» – так прокомментировал экспедицию космического корабля «Союз МС-10» командир экипажа Алексей Овчинин. О нештатной ситуации, случившейся 11 октября 2018 года после запуска с Байконура, рассказывают непосредственные участники событий – люди, проявившие необыкновенный героизм.*

Более серьезной нештатной ситуации в моей жизни, пожалуй, не было, хотя, конечно, случалось всякое и во время летной работы. Тот опыт, который я приобрел, будучи летчиком, знания, полученные в Звездном городке и во время первого полета, мне очень помогли. Все виды подготовок направлены на то, чтобы в сложной ситуации космонавт не замыкался, чтобы он мог комментировать все свои действия. Это и позволило мне не растеряться.





**Переговоры экипажа в момент аварии:**

- Авария носителя, авария носителя, 2 минуты 45 секунд.
- Авария носителя. Есть БС – баллистический спуск.
- По ощущениям находимся в невесомости.
- Головной обтекатель сошел у нас. Самочувствие экипажа хорошее.
- Какие будут рекомендации?
- Да, разделение прошло.
- Пошла перегрузка. Сейчас пойдет.
- Время 11:46. Перегрузка 6,7.
- Ощущается вращение. Перегрузка падает.
- Притянуть ремни.
- Быстро мы долетели...



**Ник ХЕЙГ,**  
астронавт НАСА, член экипажа,  
продолжает:

- Я готовился к этому полету много лет, в том числе на тренировках в Звездном городке, где с нами отрабатывали все возможные ситуации, включая перегрузку и нештатную посадку.

В тот день все мое внимание было приковано к командиру нашего экипажа Алексею и к системам космического корабля. Когда появился сигнал от системы аварийного спасения, Алексей был спокоен, и я понял, что все будет хорошо.

Нас очень сильно затрясло – буквально болтало из стороны в сторону. Как я понял, система спасения очень быстро отвела нас от ракеты.

Я пытался наблюдать за панелями. На панели управления светился индикатор, извещающий о том, что произошла авария. Нас трясло, и в глазах у меня стояла размытая картинка об отказе ракеты-носителя. Именно в тот момент я осознал, что мы не попадем на орбиту сегодня.

Я вспомнил американские горки – много движения в разные стороны. Правда, на сей раз было совсем не весело.

Перегрузка случилась довольно сильная, но кратковременная. Система спасения срабатывает мгновенно. Как только появляется намек на какую-либо неисправность ракеты, система сразу же старается увести корабль от носителя. И она спасла наши жизни.

*«Мы не попадем на орбиту сегодня!»*

Болтанка закончилось, и мы приступили к выполнению нашей новой миссии: безопасно вернуться на Землю. Я должен был постоянно контролировать высоту, глядя в иллюминатор, потому что для Алексея на тот момент это было недоступно.



У корабля



**Сергей Крикалев, летчик-космонавт, Герой СССР и Российской Федерации:**

- По окончании работы первой ступени произошло соприкосновение одного из блоков с центральным, что привело к разрушению элементов второй системы. Скорость набрали относительно небольшую. Перегрузка была 6,7 G – подобные отрабатываются на тренировках экипажа.

## НОВЫЙ ПЛАН ЗАПУСКОВ РАКЕТЫ «СОЮЗ» ТАКОВ:

– Запуск РН «Союз» с КК «Прогресс» – 16 ноября 2018 г.

– Запуск РН «Союз» с КК «Союз МС-11» – 3 декабря 2018 г.

Экипаж КК «Союз МС-11»: Олег Кононенко, командир, космонавт Роскосмоса, Давид Сен-Жак, астронавт канадского космического агентства, Энн Макклейн, астронавт НАСА.



Спускаемый аппарат после посадки

Удивительно, насколько быстро к нам прибыли спасатели, просто невероятно. Еще до приземления нам передавали информацию, что нас наблюдают. Посадка произошла под Джезказганом, в 450 км от Байконура. Нас там не ждали, но спасатели-парашютисты добрались очень быстро.

Да, я должен был быть уже в космосе, на орбите. Более того, я уже мог бы совершить выход в открытый космос. Но понимаю, что жизнь дала мне уникальный шанс, который нельзя игнорировать. Сейчас я в отличной форме. И когда понадобится – готов к новому полету.

### Что дальше?

Ситуацию расследовала специальная государственная комиссия Роскосмоса. Было принято решение приостановить все пилотируемые пуски к Международной космической станции, которые сейчас проводятся только с космодрома Байконур и только на российских «Союзах».

© Бурцева Н. Л., 2018

#### История статьи:

Поступила в редакцию: 24.10.2018

Принята к публикации: 15.11.2018

Модератор: Гесс Л. А.

Конфликт интересов: отсутствует

#### Для цитирования:

Бурцева Н. Л. Авария ракеты-носителя «Союз-ФГ»: как это было // Воздушно-космическая сфера. 2018. №4(97). С. 46-51.

# TO SAVE COSMONAUTS:

HOW THE LAUNCH  
ESCAPE SYSTEM  
OPERATES

# СПАСТИ КОСМОНАВТОВ:

КАК ДЕЙСТВУЕТ  
СИСТЕМА АВАРИЙНОГО  
СПАСЕНИЯ



**Natalia L. BURTSEVA,**  
Video Content Creation & Promotion Chief  
Specialist, RSC "Energia", Korolev, Russia,  
[natalya.burtseva@rsce.ru](mailto:natalya.burtseva@rsce.ru)

**Наталья Леонидовна БУРЦЕВА,**  
главный специалист по созданию  
и продвижению видеоконтента  
ПАО «РКК «Энергия», Королёв, Россия,  
[natalya.burtseva@rsce.ru](mailto:natalya.burtseva@rsce.ru)

**ABSTRACT** | The paper deals with the history of the LES, its present-day composition as well as with the investigation conducted after "Soyuz MS-10" spacecraft launch failure, when the launch escape system was ejected for the first time over the past 35 years.

**Keywords:** "Soyuz-FG" launch vehicle, "Soyuz MS-10" spacecraft, space acceleration, launch escape system

**АННОТАЦИЯ** | В статье рассказывается об истории САС, ее современном устройстве, а также о расследовании, проведенном после неудачного запуска корабля «Союз МС-10», когда система аварийного спасения сработала впервые за последние 35 лет.

**Ключевые слова:** ракета-носитель «Союз-ФГ», космический корабль «Союз МС-10», космическая перегрузка, система аварийного спасения

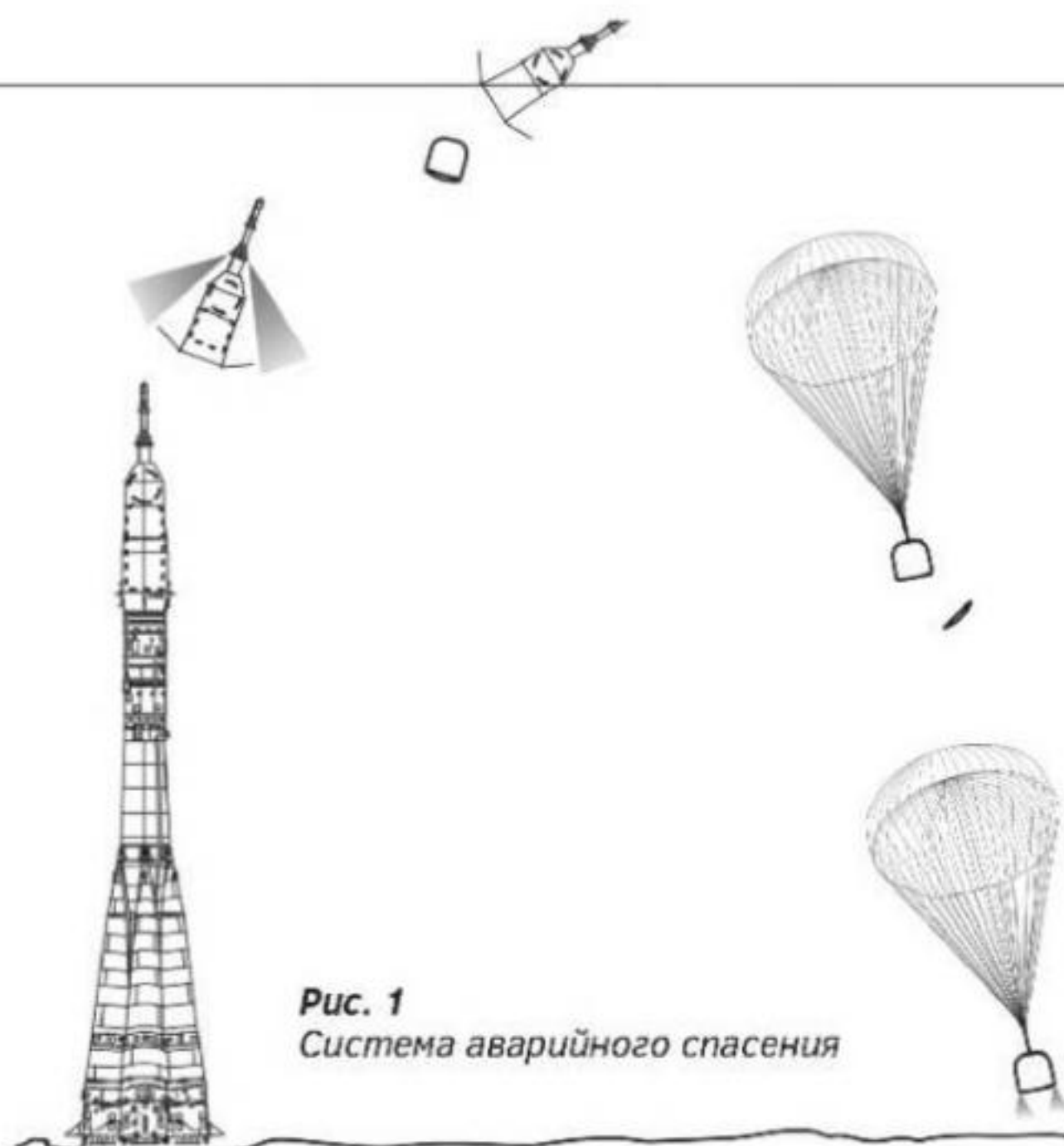


Рис. 1  
Система аварийного спасения

Много десятилетий «Союзы» оснащаются системой аварийного спасения. Но в начале космической эры такой системы на наших кораблях не было. И космонавты первых «Востоков» очень рисковали на старте.

## «Или грудь в крестах, или голова в кустах»

**Из воспоминаний Павла ПОПОВИЧА, летчика-космонавта, дважды Героя Советского Союза:**

«На кораблях „Восток“ не было системы спасения. Так что полеты проходили под девизом: „Или грудь в крестах, или голова в кустах“».

С 1966 года САС устанавливалась почти на всех ракетах. С ее помощью спасали не только космонавтов, но и научную аппаратуру. Грузовые корабли «Прогресс» до недавнего времени тоже были оборудованы спасательной двигательной установкой. Даже легендарная «царь-ракета» Н-1, которую создавали для освоения Луны, на всех испытаниях имела систему аварийного спасения.



**Из воспоминаний Алексея ЛЕОНОВА, летчика-космонавта, дважды Героя Советского Союза:**

«Старт. Ночью это было, вижу – молния прошла. Это сработала корабельная САС, она увела полезную нагрузку в сторону. Старт Н-1 с катапультной корабелью Л-3 – это было, конечно, впечатление необыкновенное».

На американских челноках не было такой надежной системы аварийного спасения, как на «Союзах». В аварийной ситуации «Шаттл» должен был приземлиться на любом запасном аэродроме. Но при взрыве топливных баков трагедия была неизбежна. Так случилось с «Челленджером» в 1986 году в небе над Флоридой.



## Где и как размещается САС

Система аварийного спасения размещается на головном обтекателе ракеты «Союз». Она стыкуется к кораблю в момент общей сборки ракеты. Очень тонкая операция, ведь САС – это 800 кг пороха, практически ракета в ракете.

Самый сложный этап работы – стыковка САС с ракетой. Все, как на хирургическом столе, и даже серьезнее.

При нештатной ситуации на старте САС за считанные секунды выдергивает кабину с экипажем, поднимает ее на высоту, отводит от места старта и на раскрывшихся парашютах опускает на землю.



Рис. 2

Конфигурация уводимой части головного блока с двигательной установкой системы аварийного спасения менялась в зависимости от модификаций

## Могучая рука САС, или Три несостоявшихся полета в истории отечественной космонавтики

### СОСТАВ СИСТЕМЫ АВАРИЙНОГО СПАСЕНИЯ:

Помимо двигательной установки системы аварийного спасения (ДУ САС):

- автоматика САС (блоки автоматики, программно-временное устройство, блоки питания, гиросприбор, бортовая кабельная сеть);
- двигатели головного обтекателя (РДГ);
- механизмы и агрегаты САС, размещаемые на головном обтекателе (решетчатые стабилизаторы, ложементы, верхние опоры, механизмы аварийного стыка, противопожарная система, средства отделения блистера оптического визира).



### Сергей Крикалев, летчик-космонавт, Герой СССР и Российской Федерации, рассказывает:

«Система аварийного спасения за историю отечественной космонавтики задействовалась несколько раз на разных этапах полета. И 11 октября 2018 года, при аварии ракеты-носителя „Союз-ФГ“, мы в очередной раз убедились в том, что эта система находится в режиме готовности и срабатывает четко.

Свое боевое крещение САС получила в 1975 году, когда возвращался экипаж Лазарева и Макарова, при завершении работы второй ступени. Скорость тогда была гораздо выше, чем у „Союза МС-10“, и экипаж сел с большими перегрузками».

# СИСТЕМА АВАРИЙНОГО СПАСЕНИЯ

Рис. 3

РАБОТА АВТОМАТИКИ СИСТЕМЫ АВАРИЙНОГО СПАСЕНИЯ (САС)  
ЭКИПАЖА ТРАНСПОРТНОГО ПИЛОТИРУЕМОГО КОРАБЛЯ «СОЮЗ МС-10»  
В АВАРИЙНОЙ СИТУАЦИИ 11 ОКТЯБРЯ 2018 ГОДА ПРИ ЗАПУСКЕ НА  
РАКЕТЕ-НОСИТЕЛЕ (РН) «СОЮЗ-ФГ»



## 5 апреля 1975 года

Корабль «Союз-18-1» стартовал с космодрома Байконур и должен был доставить на орбитальную станцию «Салют-4» космонавтов Василия Лазарева и Олега Макарова. Во время включения третьей ступени произошла авария ракеты-носителя «Союз» на высоте 192 км.

На 261-й секунде полета по программе должно было произойти отделение второй ступени ракеты, однако этого не случилось, ракету стало раскачивать. Из-за отказа третьей ступени полет завершился в аварийном режиме. Сработала система аварийного спасения, отстрелившая возвращаемый аппарат.

Во время спуска экипаж испытал пиковую перегрузку – около 20,6 G. Несмотря на это, космонавты не пострадали. После этого происшествия Олег Макаров слетал в космос еще дважды.

**Сергей Крикалев:**

«В следующий раз система аварийного спасения сработала в 1983 году, когда ракета стояла готовой к старту. Экипаж: Титов – Стрекалов».



## 26 сентября 1983 года

Космический корабль «Союз Т-10-1» должен был доставить третью основную экспедицию к орбитальной станции «Салют-7». За 48 секунд до старта произошло возгорание топлива ракеты-носителя.

Тогда команду на отстрел системы аварийного спасения давала наземная служба. Стреляющему (так называют специалиста, отдающего команду на старт) Алексею Шумилину хватило двух секунд, чтобы включить САС.

Через 5 минут 13 секунд полета по баллистической траектории спускаемый аппарат приземлился примерно в четырех километрах от стартового комплекса. Члены экипажа Геннадий Стрекалов и Владимир Титов были спасены.



**Владимир ТИТОВ,  
летчик-космонавт,  
Герой Советского Союза:**

«Представьте себе маленького щенка, упавшего в реку. Его хватает сильная рука и вырывает из воды. Фактически то же самое произошло со мной и Геннадием Стрекаловым. Эта спасительная рука вытащила нас из самого пекла.

Мы тогда точно понимали, что система аварийного спасения надежна на 100 процентов. Но все происходит очень быстро, при любой нештатной ситуации космонавты сразу понимают: что-то идет не так. И каждый думает: „Только не со мной!“»

После 1983 года САС доработали, теперь она выглядит иначе. На Земле систему испытывали в разных режимах, имитируя аварию ракеты на старте и на этапе полета; и в составе корабля, и под обтекателем. Отстреливали с земли, проверяя, достаточно ли у САС сил, чтобы набрать высоту для раскрытия парашюта у аппарата.

11 октября 2018 года САС была вновь задействована – для спасения экипажа «Союз МС-10» Алексея Овчинина и Никита Хейга. После отделения первой ступени произошла авария ракеты-носителя. Но космонавты благополучно вернулись на Землю.

Сейчас спускаемый аппарат, в котором приземлились Овчинин и Хейг, находится в РКК «Энергия». Специалисты изучают его, занимаются расшифровкой телеметрии по итогам баллистического спуска. Расшифровка покажет, по какой траектории снижался спускаемый аппарат и какие перегрузки испытывал при этом экипаж.

## Отчет комиссии о пуске 11 октября 2018 года

Пуск был произведен 11 октября 2018 года в расчетное время 11:40:15. Сброс ДУ САС прошел штатно. Разделение первой ступени ракеты-носителя – без замечаний. Все системы функционировали штатно. Особенности до 120 секунды не выявлены. В процессе отделения боковых блоков от центрального блока (блока А) на 118-й секунде вследствие неоткрытия крышки реактивного сопла увода блока окислителя одного из боковых блоков (блок Д) зарегистрирован неотход носовой части блока Д от блока А. В результате блок Д вначале скользил опорным конусом по обратному конусу блока А, а затем ударил по баку горючего, что привело к его разгерметизации и впоследствии к взрыву. Зарегистрированные возмущения привели к потере стабилизации и формированию команды на аварийное отключение двигателей на 121-й секунде и, как следствие, к аварийному прекращению полета.

Задачи на пуск не выполнены. При падении ракеты космического назначения жертв и разрушений нет.

Система аварийного спасения сработала в соответствии с заложенной логикой. Экипаж действовал в соответствии с бортовой инструкцией и указаниями Центра управления полетами. Экипаж спасен, состояние здоровья членов экипажа удовлетворительное.



Поисковые мероприятия выполнены, завершаются согласованные мероприятия с казахстанскими специалистами по экологическому обеспечению мест падения фрагментов ракеты-носителя, организованы работы по их дальнейшей утилизации.

Причина аварии: неоткрытие крышки реактивного сопла увода бака окислителя блока Д из-за деформации штока датчика контакта разделения, допущенной при сборке пакета на космодроме Байконур. Подтверждено документально.

### Схема работы САС в аварийной ситуации

При срабатывании САС верхняя часть ракеты, в которой находится экипаж, отделяется от остальной конструкции и очень быстро отлетает вверх и в сторону. Для резкого разгона используются твердотопливные ускорители – блок ТТУ, его видно на схеме слева (рис. 3).

Нижнее кольцо больших круглых дюз – основной двигатель САС, который спасает космонавтов. Верхнее кольцо с маленькими соплами используется, когда ракета набирает высоту и скорость, достаточные для спасения экипажа штатными средствами космического корабля. Тогда штанга САС отстреливается и уводится этими маленькими двигателями в сторону от поднимающейся все выше и выше ракеты.

---

© Бурцева Н. Л., 2018

#### История статьи:

Поступила в редакцию: 22.10.2018

Принята к публикации: 11.11.2018

Модератор: Гесс Л. А.

Конфликт интересов: отсутствует

#### Для цитирования:

Бурцева Н. Л. Спасти космонавтов: как действует система аварийного спасения // Воздушно-космическая сфера. 2018. №4(97). С. 52-57.

# THE CREATION OF A LUNAR COSMODROME BY THE METHOD OF REGOLITH FUSING ON A MONOLITHIC SURFACE

Alexander V. BAGROV,

PhD, Dr. Sci. (Astronomy), leading scientist, Institute of Astronomy of the RAS, Moscow, Russia, leading engineer, Lavochkin Association, Moscow, Russia, [abagrov@inasan.ru](mailto:abagrov@inasan.ru)

Vladislav A. LEONOV,

Cand. Sci. (Physics and Mathematics), research scientist, Institute of Astronomy of the RAS, Moscow, Russia, [leonov@inasan.ru](mailto:leonov@inasan.ru)

**ABSTRACT** The trajectory of soft lunar landing is strictly vertical, therefore the place of landing can be minimal in size. At the surface of the Moon the jet stream of brake engines blows off lunar dust which forms a cloud around the place of landing. All particles of lunar dust have sharp sides and have abrasive properties. Brought in habitable volume (e.g. on space suits or wearable objects), dust becomes dangerous to cosmonauts' health. In order to minimize dust pollution during lunar landing the creation of a dustless monolithic platform (cosmodrome) is suggested. The cosmodrome of  $100 \times 100$  meters in size with a monolithic basalt covering 0.1 m thick can be constructed by one solar-powered automated building 3D-printer in 250 lunar days.

**Keywords:** Moon, regolith, lunar dust, space navigation, cosmodrome, building 3D-printer



# СОЗДАНИЕ КОСМОДРОМА НА ЛУНЕ МЕТОДОМ НАПЛАВЛЕНИЯ РЕГОЛИТА НА МОНОЛИТНУЮ ПОВЕРХНОСТЬ



**Александр Викторович БАГРОВ,**  
доктор физико-математических наук, ведущий научный  
сотрудник Института астрономии РАН, Москва, Россия,  
ведущий инженер АО «НПО Лавочкина», Москва, Россия,  
[abagrov@inasan.ru](mailto:abagrov@inasan.ru).



**Владислав Александрович ЛЕОНОВ,**  
кандидат физико-математических наук, научный  
сотрудник Института астрономии РАН, Москва, Россия,  
[leonov@inasan.ru](mailto:leonov@inasan.ru).

**АННОТАЦИЯ** | Мягкая посадка на поверхность Луны осуществляется строго по вертикальной траектории, поэтому место посадки может иметь минимальный размер. Непосредственно у поверхности Луны реактивная струя тормозных двигателей сдувает лунную пыль, которая образует облако вокруг места посадки. Все частицы лунной пыли имеют острые грани и обладают абразивными свойствами. Занесенная в обитаемый объем на скафандрах или носимых предметах, пыль становится опасной для здоровья космонавтов. Для минимизации пылеобразования при посадке аппаратов на Луну предлагается создание беспылевой монокристаллической площадки (космодрома). Космодром размером 100×100 м с толщиной монокристаллического базальтового покрытия 0,1 м может быть построен одним автоматизированным строительным 3D-принтером на солнечной энергии за 250 лунных дней.

**Ключевые слова:** Луна, реголит, лунная пыль, навигация в космосе, космодром, строительный 3D-принтер

**В**се планы России и других стран по освоению ресурсов Луны предусматривают создание на ее поверхности постоянных баз и периодические (или постоянные) пилотируемые экспедиции к ним. В отсутствии атмосферы на Луне мягкая посадка космических аппаратов на лунную поверхность может осуществляться с помощью реактивных двигателей, причем энергетически выгодно, чтобы максимальное торможение аппарата происходило непосредственно перед посадкой. При этом тормозными двигателями неизбежно будут подниматься облака пыли, находящейся на поверхности Луны.

*Типичная пылинка на лунной поверхности состоит из множества спаянных в сложную структуру стекол и микрокристаллов, каждый из которых имеет острые грани, расположенные под разными углами. Подобная пыль субмикронных размеров легко сцепляется даже с самыми гладкими поверхностями, после чего вся поверхность становится абразивной.*

На рис. 1 показаны типичные формы пылинок с лунной поверхности [2]. Каждая пылинка состоит из множества спаянных в сложную структуру стекол и микрокристаллов, причем каждый из них имеет острые грани, расположенные в пылинке под разными углами. Подобная пыль субмикронных размеров легко сцепляется даже с самыми гладкими поверхностями, после чего покрытая пылью поверхность становится абразивной. Всякое трение с нею приводит к интенсивному износу поверхностей.

Кроме того, в отсутствие атмосферы пылинки под действием ионизирующего солнечного излучения легко приобретают и подолгу сохраняют электрический заряд, из-за которого лунная пыль «левитирует» над поверхностью [2]. Левитирующая пыль даже создает нечто вроде «пылевой атмосферы» Луны.

Заряженные пылинки легко прилипают ко всем поверхностям космических аппаратов. Астронавты НАСА, перемещаясь по поверхности Луны, неоднократно падали, из-за чего их скафандры оказывались изрядно перепачканы лунной пылью (рис. 2).

Во время проведения первых пилотируемых миссий на Луну свойства вещества лунной поверхности не были известны. В конструкции космических кораблей «Аполлон» не были предусмотрены переходные тамбуры для изоляции кабины с пилотами от загрязнений, которые могли быть принесены в нее на скафандрах после возвращения астронавтов с экскурсий по поверхности Луны. Хотя астронавты пытались по возможности очистить свои скафандры, они занесли лунную пыль в посадочный модуль. Оказавшись в кабине, пыль загрязнила в ней воздух и через дыхательные пути попала в организмы космонавтов, последствия чего были весьма неприятными. Все астронавты жаловались на жжение в горле, кожный зуд и головные боли. Характер токсичного воздействия лунной пыли на человеческий организм пока не полностью изучен, но совершенно ясно, что борьба с нею будет сложной задачей при организации будущих экспедиций к Луне.

Проблему усложняет, помимо прочего, и крайне высокая проникающая способность малоразмерных лунных пылинок. Частицы пыли были обнаружены даже во внутренних частях скафандров, внутри всех приборов лунных аппаратов. В движущихся частях аппаратуры лунная пыль приводила к интенсивному износу трущихся поверхностей и к сокращению срока службы приборов. Герметичность контейнеров для образцов, соприкасавшихся с лунной пылью, была нарушена.

Все это создает сложно решаемую проблему защиты аппаратуры, скафандров и обитаемых помещений от опасной лунной пыли.

Одним из эффективных методов предотвращения попадания пыли в обитаемые помещения лунной станции представляется создание обеспыленных площадок (космодромов) на осваиваемых территориях. Если на поверхности Луны будет устроена площадка, не содержащая пыли, то для астронавтов, прилунившихся на эту площадку, будут созданы условия с минимальными возможностями контактов с пылью.

Предлагается использовать пленочные сферические зеркала-концентраторы для фокусировки солнечного излучения на лунной поверхности [4]. В фокусе зеркала температура превысит 1500 градусов, при которой плавится лунный реголит. Если использовать зеркало диаметром 4 м, то собираемое им излучение позволит плавить 10 г реголита в секунду. На этом принципе возможно создание солнечного строительного 3D-принтера, в котором материал лунных пород будет переплавляться в монолитную структуру заданной формы. Обязательное и необходимое условие – полное расплавление реголита. В литературе встречается много публикаций с опи-

санием аналогов солнечного строительного 3D-принтера, в которых сфокусированный солнечный луч нагревает приготовленный материал и обеспечивает его спекание в прочную структуру [5, 6]. Такой вариант строительного принтера для лунных условий непригоден.

Лунный реголит, по своей природе имеющий свойства базальтов, имеет принципиально низкую теплопроводность. Слой реголита, нагреваемый лучистым притоком энергии, будет расплавляться только на поверхности, что приведет к спеканию материала, то есть к соединению частиц реголита получившимся расплавом на небольшую глубину.

На рис. 3 показан результат прогрева пучком сфокусированного солнечного света слоя имитатора лунного реголита. Слой оплавился только на поверхности, образовав пористую структуру. После того как с оплавленного образца удалили неспаявшиеся частицы реголита, стало видно, что спеченный образец малоприспособен для строительства лунного космодрома. Мало того, что пористый материал сильно уступает по прочности монолитному, его неровная поверхность способна скорее накапливать в порах пыль, чем очищаться от нее.

Мы же предлагаем использовать солнечный строительный 3D-принтер, в котором производится не спекание, а плавление реголита. Для этого реголит нужно насыпать в зону плавления по мере его сплавления с подложкой. Пятно разогрева можно перемещать по строящейся поверхности, обеспечивая постепенное формирование монолитной структуры любой формы и любого размера [7]. Аналогом такого режима наплавления можно считать обычную дуговую сварку, в которой расплав сварочного электрода наплавляется на подложку в выбранной точке. Получившаяся поверхность будет слегка волнистой, но гладкой.

Космодром на Луне может иметь небольшие размеры. Режим мягкой посадки обеспечивается вертикальным спуском космического аппарата при нулевых значениях боковых скоростей и полным гашением вертикальной скорости непосредственно перед касанием поверхности. Реактивная струя из двигателей посадки будет сдувать в разные стороны накопившуюся на космодроме пыль, обеспечивая обеспыливание посадочной площадки. Точность посадки при соответствующем навигационном обеспечении может быть очень высокой. Компания SpaceX (США) отработала режим автоматического спуска первой ступени ракеты-носителя Falcon 9 на площадку диаметром 61 м [8]. Необходимую точность навигации на Луне обеспечит проведение российских миссий «Луна-25» и «Луна-26» [9], но и она может быть значитель-

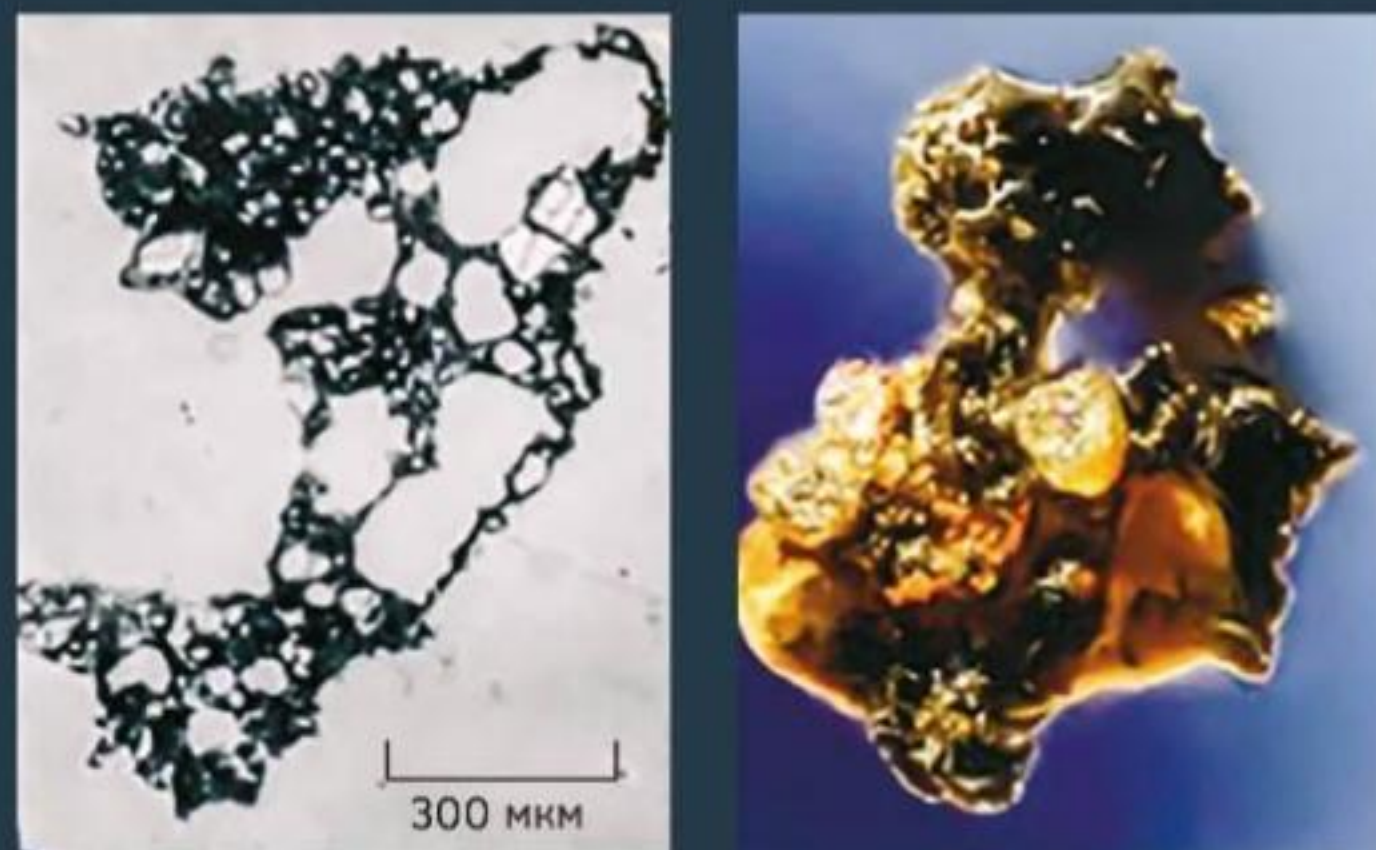


Рис. 1. Частицы лунной пыли, состоящие из агглютината – пористого стекла с вкраплениями частиц силикатной породы и железа. Справа – образец, привезенный в июле 1969 года astronautами космического корабля «Аполлон-11»



Рис. 2. Астронавт Юджин Сернан (командир корабля «Аполлон-17») в кабине посадочного модуля сразу по возвращении с прогулки по поверхности Луны. Видны пятна пыли на его теле и на нижнем белье. Декабрь 1972 г. Фото NASA

но улучшена, если лунный космодром дополнить посадочными маяками.

Анализ космических снимков лунной поверхности в местах посадок автоматической станции Surveyor 3 и пилотируемого корабля Apollo-11 показывает, что струи газов из посадочных двигателей этих аппаратов выдули лунную пыль из круга радиусом порядка 300 м [10]. Это подтверждается и прямыми оценками запыленности аппарата Surveyor 3 пылью, сдутой при посадке Apollo-11. Поэтому при посадке аппаратов в любом месте площадки 100×100 м можно не сомневаться, что посадочные двигатели полностью очистят от пыли всю площадку.

На поверхности Луны слой реголита в среднем имеет толщину от 5 до 70 см, причем рыхлым является только самый верхний слой толщиной 1–2 см, а ниже он плотный и его частицы связаны между собой диффузионной «вакуумной сваркой». Прочность поверхностного слоя реголита оказалась достаточной, чтобы посадочные лапы спускаемых аппаратов не погружались в грунт глубже, чем на несколько сантиметров. Поэтому для строительства космодрома на Луне достаточно выровнять поверхность, а сверху наплавить на нее 3D-принтером 10-сантиметровый слой переплавленного материала, уже не содержащего пылевых частиц, или создать слой спеченного грунта на выровненной поверхности и уже на него наплавить монолитный базальтовый слой [2]. За двухнедельный лунный день один солнечный 3D-принтер переработает

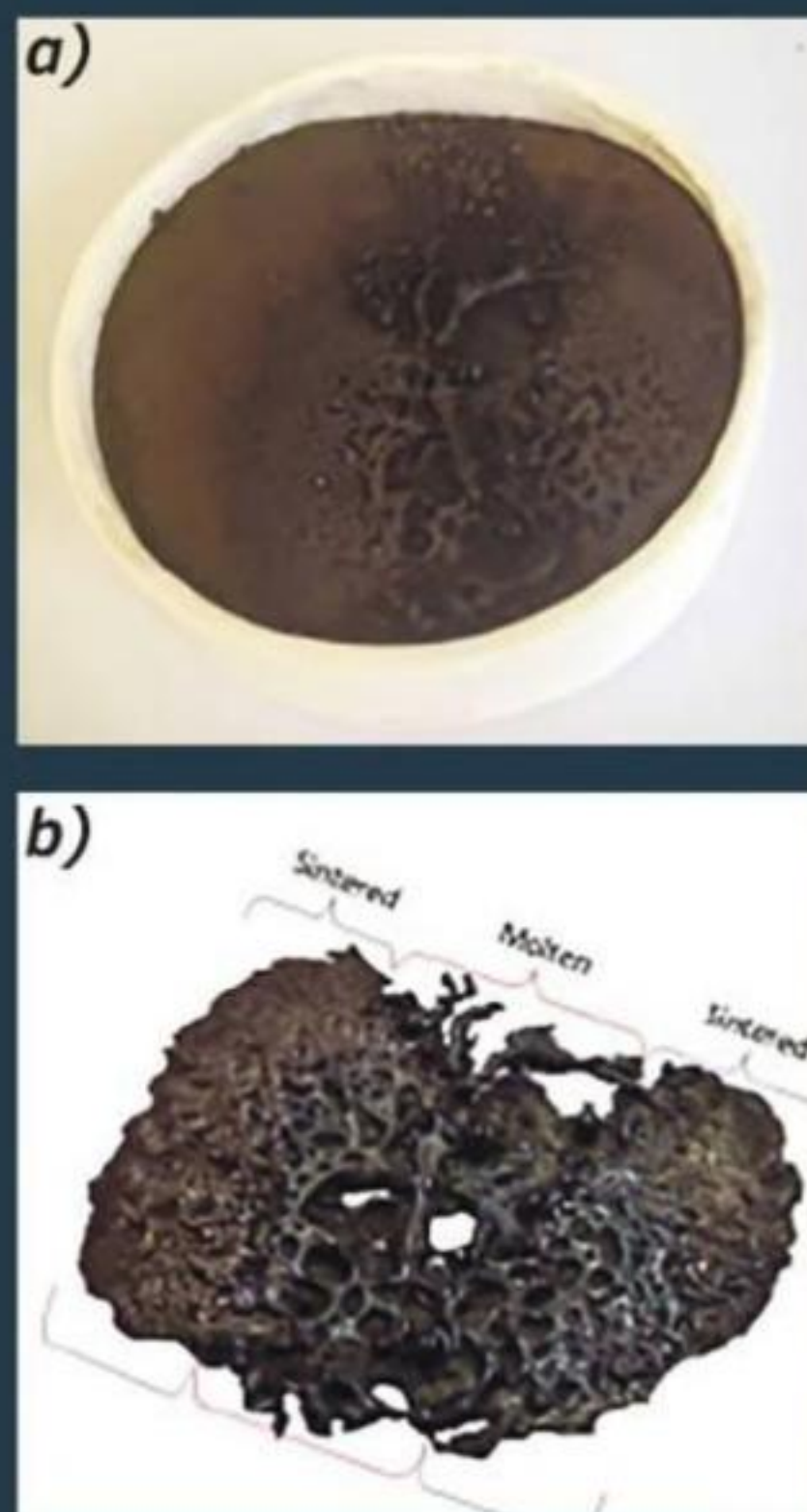


Рис. 3. Прогретый сфокусированным пучком солнечного света слой реголитовой засыпки (а) и очищенный от неспаянных частиц спеченный образец (b)

В солнечном строительном 3D-принтере производится не спекание, а плавление реголита. Аналогом такого режима нагрева можно считать обычную дуговую сварку, в которой расплав сварочного электрода наплавляется на подложку в выбранной точке.



Рис. 4. Концепция строительного 3D-принтера на солнечной энергии

12 тонн реголита. Этого достаточно для формирования 50 м<sup>2</sup> прочного покрытия. При обеспечении точности навигации на поверхности Луны 10 метров [3], полноценный космодром может иметь размер 100х100 м. Такой космодром можно построить с помощью четырех 3D-принтеров за 50 месяцев, то есть еще до осуществления пилотируемой экспедиции.

Автоматический солнечный 3D-принтер с пленочными зеркалами может иметь очень малую массу (не более 400–500 кг). Возможно, средства для борьбы с лунной пылью в рабочих помещениях лунной станции потребуют большей массы, чем солнечный 3D-принтер, поэтому формирование космодрома на Луне выглядит перспективным решением.

## Литература



1. Кузнецов И. А., Захаров А. В., Дольников Г. Г., Ляш А. Н., Афонин В. В., Попель С. И., Шашкова И. А., Борисов Н. Д. Лунная пыль: свойства и методы исследований // Вестник «НПО имени С. А. Лавочкина». 2016. № 4. С. 20–32.
2. Сайт Astromaterials Acquisition and Curation Office (NASA, США) [Электронный ресурс]. URL: <http://curator.jsc.nasa.gov/education/LPETSS/Regolith.cfm> (Дата обращения: 15.10.2018).
3. Попель С. И., Голубь А. П., Лисин Е. А., Извекова Ю. Н., Атаманюк Б. Г., Дольников Г. Г., Захаров А. В., Зеленый Л. М. Удары высокоскоростных метеороидов и отрыв пылевых частиц от поверхности луны // Письма в Журнал экспериментальной и теоретической физики. 2016. Т. 103. № 9. С. 641–646.
4. Багров А. В., Нестерин И. М., Пичхадзе К. М., Сысоев В. К., Юдин А. Д. Анализ методов строительства конструкций лунных станций // Вестник «НПО имени С. А. Лавочкина». 2014. № 4. С. 75–80.
5. Багров А. В., Сысоев А. К., Сысоев В. К., Юдин А. Д. Моделирование спекания имитаторов лунного грунта солнечным излучением // Письма о материалах. 2017. Т. 7. Вып. 2. С. 130–132.
6. Meurisse A., Makaya A., Willsch C., Sperl M. (2018). Solar 3D printing of lunar regolith. *Acta Astronautica*. 152. Pp. 800–810. DOI: 10.1016/j.actaastro.2018.06.063
7. Багров А. В., Леонов В. А., Сысоев В. К. О возможности строительства обитаемых помещений на Луне до проведения пилотируемой миссии // Материалы XI Международной научно-практической конференции «Пилотируемые полеты в космос», Звездный городок, 10–12 ноября 2015 года. Звездный городок: НИИ «ЦПК имени Ю. А. Гагарина», 2015. С. 13–14.
8. Посадочная зона 1 [Электронный ресурс]//Википедия – свободная

- энциклопедия. URL: [http://wikipedia.green/Посадочная\\_зона\\_1](http://wikipedia.green/Посадочная_зона_1) (Дата обращения: 15.10.2018).
9. Багров А. В., Дмитриев А. О., Леонов В. А., Юдин А. Д., Москатинев И. В., Сысоев В. К. Оптическая система глобального позиционирования для Луны // Актуальные вопросы проектирования автоматических космических аппаратов для фундаментальных и прикладных научных исследований (выпуск 2)/Сост. В. В. Ефанов. Химки: НПО им. С. А. Лавочкина, 2017. С. 86–91.
  10. Кайдаш В. Г., Шкуратов Ю. Г. Нарушения структуры лунной поверхности, вызванные космическими аппаратами // Астрономический вестник. 2012. Том 46. № 2. С. 119–130.

## References

1. Kuznecov I. A., Zaharov A. V., Dol'nikov G. G., Ljash A. N., Afonin V. V., Popel' S. I., Shashkova I. A., Borisov N. D. Lunnaja pyl': svojstva i metody issledovanij. *Vestnik «NPO imeni S. A. Lavochkina»*, 2016, no. 4, pp. 20–32.
2. Astromaterials Acquisition and Curation Office (NASA, USA). Available at: <http://curator.jsc.nasa.gov/education/LPETSS/Regolith.cfm> (Retrieval date: 15.10.2018).
3. Popel' S. I., Golub' A. P., Lisin E. A., Izvekova Ju. N., Atamanjuk B. G., Dol'nikov G. G., Zaharov A. V., Zelenyj L. M. Udry vysokoskorostnyh meteoroidov i otryv pylevyh chastic ot poverhnosti lunny. *Pis'ma v Zhurnal jeksperimental'noj i teoreticheskoj fiziki*, 2016, vol. 103, no. 9, pp. 641–646. DOI: 10.1134/S002136401609006X
4. Bagrov A. V., Nesterin I. M., Pichhadze K. M., Sysoev V. K., Judin A. D. Analiz metodov stroitel'stva konstrukcij lunnyh stancij. *Vestnik «NPO imeni S. A. Lavochkina»*, 2014, no. 4, pp. 75–80.
5. Bagrov A. V., Sysoev A. K., Sysoev V. K., Judin A. D. Modelirovanie spekanija imitatorov lunnogo grunta solnechnym izlucheniem. *Pis'ma o materialah*, 2017, vol. 7, iss. 2, pp.

130–132. DOI:10.22226/2410-3535-2017-2-130-132

6. Meurisse A., Makaya A., Willsch C., Sperl M. (2018). Solar 3D printing of lunar regolith. *Acta Astronautica*. 152. Pp. 800–810. DOI: 10.1016/j.actaastro.2018.06.063
7. Bagrov A. V., Leonov V. A., Sysoev V. K. O vozmozhnosti stroitel'stva obitaemyh pomeshhenij na Lune do provedenija pilotiruemoj missii. *Proceedings of the International XI Conference "Manned Flights to the Space" (Zvezdnyj Gorodok, 10–12 November 2015)*. Zvezdnyj Gorodok, Gagarin Research&Test Cosmonaut Training Center, 2015, pp. 13–14.
8. Posadochnaja zona 1. Available at: [http://wikipedia.green/Posadochnaja\\_zona\\_1](http://wikipedia.green/Posadochnaja_zona_1) (Retrieval date: 15.10.2018).
9. Bagrov A. V., Dmitriev A. O., Leonov V. A., Judin A. D., Moskatinev I. V., Sysoev V. K. Opticheskaja sistema global'nogo pozicionirovanija dlja Luny. Aktual'nye voprosy proektirovanija avtomaticheskikh kosmicheskikh apparatov dlja fundamental'nyh i prikladnyh nauchnyh issledovanij (iss. 2). Ed. by V. V. Efanov. Khimki, Izdatel Lavochkin Association, 2017, pp. 86–91.
10. Kajdash V. G., Shkuratov Ju. G. Narushenija struktury lunnoj poverhnosti, vyzvannye kosmicheskimi apparatami. *Astronomicheskiy vestnik*, 2012, vol. 46, no. 2, pp. 119–130.

© Багров А. В., Леонов В. А., 2018

## История статьи:

Поступила в редакцию: 17.10.2018  
Принята к публикации: 05.11.2018

Модератор: Плетнер К. В.

Конфликт интересов: отсутствует

## Для цитирования:

Багров А. В., Леонов В. А., Создание космодрома на Луне методом наплавления реголита на монолитную поверхность // Воздушно-космическая сфера. 2018. №4(97). С. 78–83.

# LUNDUST — AN ORBITAL EXCAVATOR FOR LUNAR PROSPECTORS

**Alexander O. MAYBORODA,**  
CEO, LLC "AVANTA-Consulting"  
Research Company, Rostov-on-Don, Russia,  
[mayboro@gmail.com](mailto:mayboro@gmail.com)

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

**ABSTRACT** | The paper deals with regolith remote excavation that means nonstop mining and delivery of lunar soil (regolith). Lundust system can mine regolith and accumulate it on orbit without help from transport&mining infrastructure on the Moon. This provides for development of space industry and commercialization of cosmonautics. Lundust system begins to produce marketable oxygen and construction materials from regolith as soon as a moon satellite is put into orbit.

**Keywords:** Lunar Orbital Station, LOP-G, space tether system, regolith propellant, space 3D-printers, space industry, high-speed penetration, impulse lasers, laser plasma



# LUNDUST — ОРБИТАЛЬНЫЙ ЭКСКАВАТОР ДЛЯ ЛУННЫХ СТАРАТЕЛЕЙ



Александр Олегович МАЙБОРОДА,  
директор научно-исследовательской компании  
ООО «АВАНТА-Консалтинг», Ростов-на-Дону, Россия,  
[maiboro@gmail.com](mailto:maiboro@gmail.com)

Графика рисунков – Дмитрий Анисимов  
Автор рисунков – Александр Майборода

**АННОТАЦИЯ** | Рассматривается дистанционная экскавация лунного грунта – беспосадочный способ добычи и доставки реголита на окололунную орбитальную станцию. Система Lundust способна добывать и аккумулировать на орбите реголит без помощи транспортно-добывающей инфраструктуры на поверхности Луны, что способствует развитию космической промышленности и коммерциализации космонавтики. С первого часа вывода на орбиту спутника Луны система Lundust начинает производить из реголита товарные кислород и конструкционные материалы.

**Ключевые слова:** лунная орбитальная станция, LOP-G, космическая тросовая система, ракетное топливо из реголита, космические 3D-принтеры, космическая промышленность, высокоскоростное проникание, импульсные лазеры, лазерная плазма

## ВВЕДЕНИЕ

Лунный реголит – ценное сырье для космической промышленности. Он содержит кислород, кремний, железо, алюминий, титан, магний, кальций. В практически значимых количествах присутствуют никель и кобальт, другие ценные металлы, включая редкоземельные [1]. Кислород и ракетное топливо, произведенные из реголита, могли бы значительно способствовать снижению затрат на работу лунной орбитальной станции LOP-C. Необработанный реголит – это также и готовый материал для экранов противорадиационной защиты лунной станции. Желательная толщина таких экранов должна быть 2 метра и больше, что исключает доставку экранов с Земли. Металлы, выделенные из реголита, многократно удешевят дальнейшее развертывание станции – космические 3D-принтеры из полученных материалов напечатают новые блоки станции и многообразное оборудование.

Разложение реголита на кислород, кремний и металлы возможно освоенными земной промышленностью методами, которые основаны на восстановлении окислов действием фтора, хлора, углерода или водорода. Лунный кислород сократит расходы на посещение Луны: для заправки лендера – многоразового взлетно-посадочного модуля компании Lockheed Martin – требуется 40 тонн кислородно-водородного топлива [2]. Требуемая масса кислорода – 35 тонн – может быть произведена из 100 тонн реголита и депонирована. Технологии долговременного хранения криогенного топлива разрабатываются многими компаниями.

Переработка реголита может производиться как на лунной базе, так и на орбитальной станции. Второй вариант перспективнее – проектировщики лунной промышленности рассчитали, что переработку реголита во многих случаях выгодно производить не на поверхности Луны, а в орбитальных перерабатывающих центрах: помимо такого преимущества, как отсутствие ночных простоев, это предполагает многократное уменьшение стоимости доставки оборудования для переработки сырья [3, 4]. Однако это требует радикального сокращения затрат на экспорт лунного сырья – в настоящее время без производства лунного топлива доставка сырья с Луны на окололунную орбитальную станцию в 10–20 раз дороже доставки грузов с Земли.

## АНАЛОГИ И ПРОТОТИПЫ ДИСТАНЦИОННОЙ ЭКСКАВАЦИИ РЕГОЛИТА

Задача по организации переработки реголита без открытия базы на поверхности имеет решение – система экскавации лунного грунта может быть создана только при использовании оборудования на окололунной орбите. Природным аналогом экскавации является образование разряженного пылевого облака вокруг Луны в результате постоянного обстрела ее поверхности микрометеоритами. При достаточной плотности облака его частицы можно было бы аккумулировать искусственным спутником Луны, например, при помощи поглощающего экрана, подобного ловушке кометной пыли на космическом аппарате Stardust. Однако низкая плотность пылевого облака делает такой процесс невозможным для промышленного использования.

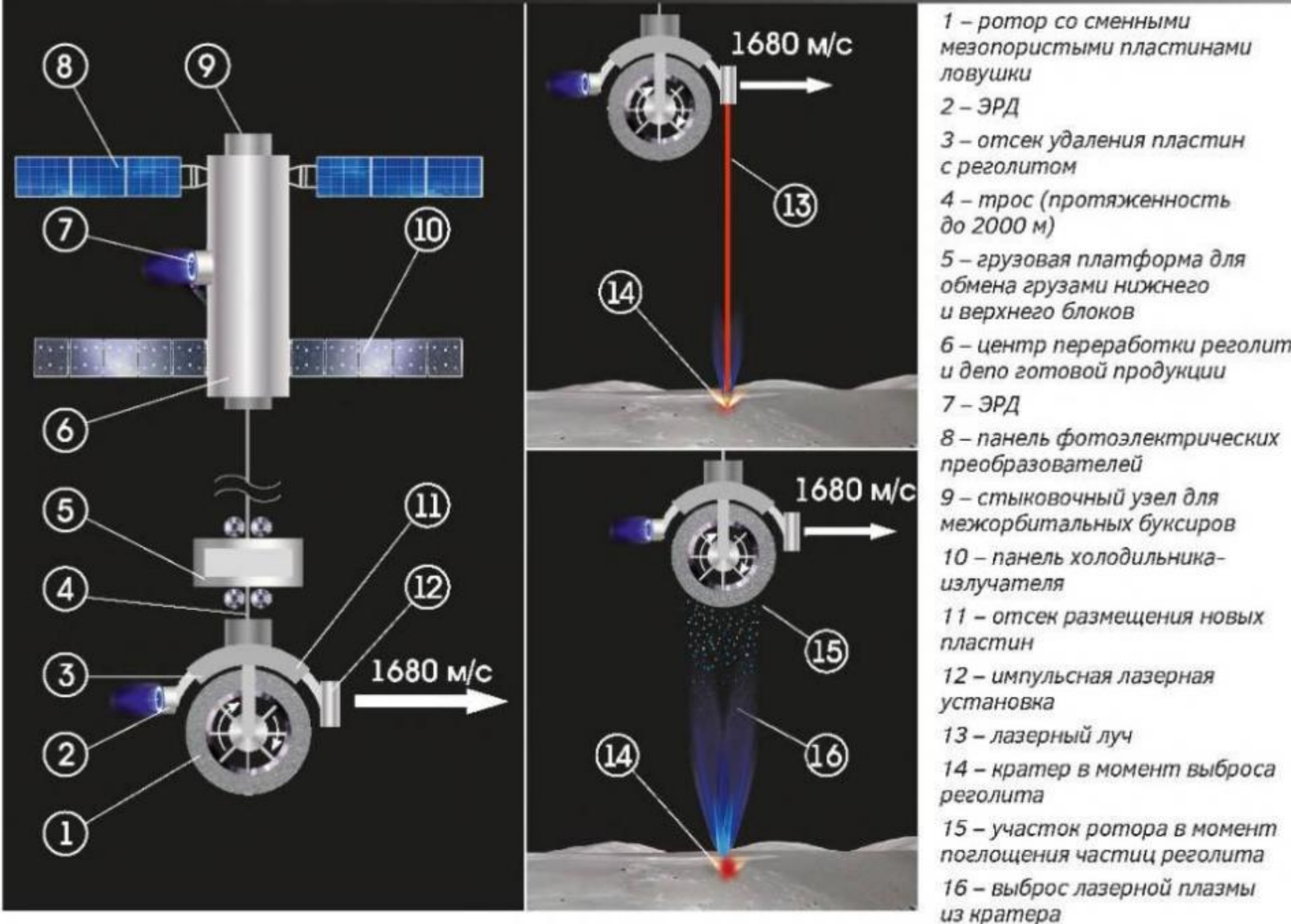
Вместе с тем, на Луне неоднократно были апробированы способы выброса пыли вверх за счет ударов искусственных тел. Апробирован был и пролет космического аппарата (КА) сквозь

искусственное облако пыли с анализом ее частиц. В рамках космической программы Lunar Precursor Robotic Program на поверхность Луны в районе кратера Кабеус сброшен разгонный блок Centaur. В результате падения выброшено газо-пылевое облако. КА LCROSS пролетел сквозь выброшенное облако, анализируя вещество, поднятое со дна кратера. Масса ступени Centaur составляла 2200 килограммов, скорость удара – около 2,5 км/с. Взрыв мощностью около полутора тонн в тротиловом эквиваленте должен был выбросить из кратера 350 тонн пыли [5, с. 8]. На каждый килограмм массы ударника, согласно расчетам, приходится пылевой выброс массой 160 килограммов. Фактический выброс был оценен в 300 тонн.

При данных соотношениях затрат и отдачи можно говорить о возможности промышленного использования дистанционной экскавации реголита ударным способом. Такая добывающая система имеет все основания именоваться орбитальным экскаватором.

Способ выбивания частиц реголита при помощи ударника и их аккумуляция апробирован космическим аппаратом Hayabusa 2 на астероиде Рюгу – применен выстрел танталовой пулей массой

**Рис. 1.** Компоновка системы Lundust на вертикально стабилизированном тросе



5 граммов [6]. Способ захвата высокоскоростных частиц пыли мезопористой ловушкой апробирован космическим аппаратом Stardust при взятии пробы вещества кометы Вильда-2 с относительной скоростью частиц пыли 6 км/с [7].

Другим перспективным способом является дистанционная экскавация лазерным лучом. В космических исследованиях испарение минералов лазерным излучением для исследовательских целей применяется марсоходом Curiosity [8, 9]. Испарение микропорций марсианских пород возможно на дистанции от 1,3 до 7 метров с плотностью мощности излучения больше 1 ГВт/см<sup>2</sup>. Диаметр пятна излучения на объекте варьируется от 350 мкм при 2 метрах до 550 мкм на расстоянии 7 метров. Импульсный твердотельный лазер (Nd: KGW) был сконструирован таким образом, чтобы выдерживать около двух миллионов выстрелов. Лазер марсохода, таким образом, является прототипом лазерной системы экскавации лун-

ного реголита – дальность действия и рабочий ресурс близки к требуемым. Лазерная абляция материала широко используется в промышленности для пробивки отверстий в металлических и керамических изделиях и может быть адаптирована для извлечения реголита и доставки на борт спутника Луны.

Оба варианта системы – ударно-механическая и импульсно-лазерная – получают общее рабочее наименование – система Lundust (Lunar dust). Название адекватно предмету дистанционной экскавации.

Исходя из минимальных потребностей обеспечения ракетным топливом беспилотных и пилотируемых лендлеров, заправляемых на окололунной орбите, годовую потребность в сырье для получения кислорода можно оценить в 10 и 100 тонн реголита. Из данного количества сырья можно извлечь соответственно до 4 и до 40 тонн кислорода, достаточных для

заправки группы малых автоматических взлетно-посадочных модулей и одного большого пилотируемого. Для извлечения реголита в количестве 10 тонн в год подходит система Lundust с лазерной экскавацией. Для извлечения 100 тонн в год – система с ударной экскавацией.

## ДИЗАЙН СИСТЕМЫ ИМПУЛЬСНО-ЛАЗЕРНОЙ ЭКСКАВАЦИИ

Эффективность большинства лазеров невысока – составляет 10–20%, что требует многократного увеличения мощности бортовых источников энергии по сравнению с уровнем мощности ударно-механической системы экскавации. Однако при этом надежность лазерного способа экскавации выше ударного.

Для абляции реголита и его переноса на искусственный спутник Луны подходит технология импульсного лазерного напыления. Лазерная абляция в глубоком вакууме приводит к образованию узкого факела лазерной плазмы, в составе которой присутствуют не только заряженные и нейтральные частицы, но и твердые микрочастицы материала мишени. Малая ширина луча факела является немаловажным фактором: чем меньше угол разлета, тем выше может находиться спутник с приемным экраном, на котором происходит осаждение продуктов абляции.

Увеличение высоты спутника относительно средней поверхности Луны важно ввиду сокращения маневров изменения высоты при полете над холмистой местностью. Маневрирование КА по высоте с применением тяги реактивных двигателей в данном случае исключается в связи с расходом топлива, превышающим поступ-

ление с поверхности Луны сырья, из которого производится ракетное топливо. Поэтому для маневрирования по высоте должно быть использовано размещение приемно-накопительного экрана на тросе. Основная масса тогда приходится на блок верхней связки. Тросовые системы неоднократно испытывались на орбите и при суборбитальных полетах. Максимальная длина троса, развертываемого в космосе, составляла 20 километров.

Исполнение орбитального накопителя реголита в виде тросовой системы обеспечивает малое время подъема ловушки продуктов абляции для преодоления препятствий. Требуется, однако, и быстрое возвращение ловушки на минимальную высоту. Передачу импульса движения ловушки в сторону поверхности Луны выгодно организовывать при помощи движения сверху вниз по тросу грузовой платформы – платформа отталкивается от верхнего блока тросовой связки и тормозится у нижнего блока, сообщая ему импульс необходимой величины.

Угол разлета продуктов абляции, как правило, не превышает 30°. Это значит, что при высоте перехвата продуктов абляции равной 100 метрам диаметр поглощающего экрана составляет 50 метров. Его площадь – около 2000 м². При таких размерах толщина ловушки должна быть незначительной, так как поток напыляемого вещества составляет  $3,17 \cdot 10^{-4}$  кг/с, что определяется задачей аккумуляции спутником 10 тонн сырья в год. На 1 м² ловушки приходится поток вещества плотностью  $1,6 \cdot 10^{-10}$  кг/с. С достаточным запасом толщина захватывающего экрана составит 0,05 миллиметра, без учета слоя мезопористого покрытия. Экран такой толщины, изготовленный из алюминиевого сплава, имеет массу 270 кг. Реальная масса должна быть больше из-за необходимости придания экрану овальной формы и применения ребер жесткости. Технологически удобно разместить улавливавшие лунную пыль пластины на бесконечной ленте или на роторе – по мере насыщения частицами реголита пластины перемещаются в зону переработки для экстракции и замены на новые улавливающие пластины.

Относительно экрана поток продуктов абляции в горизонтальном направлении имеет скорость около 1680 м/с. Сила торможения при потоке  $3,17 \cdot 10^{-4}$  кг/с составляет 0,53 Н.

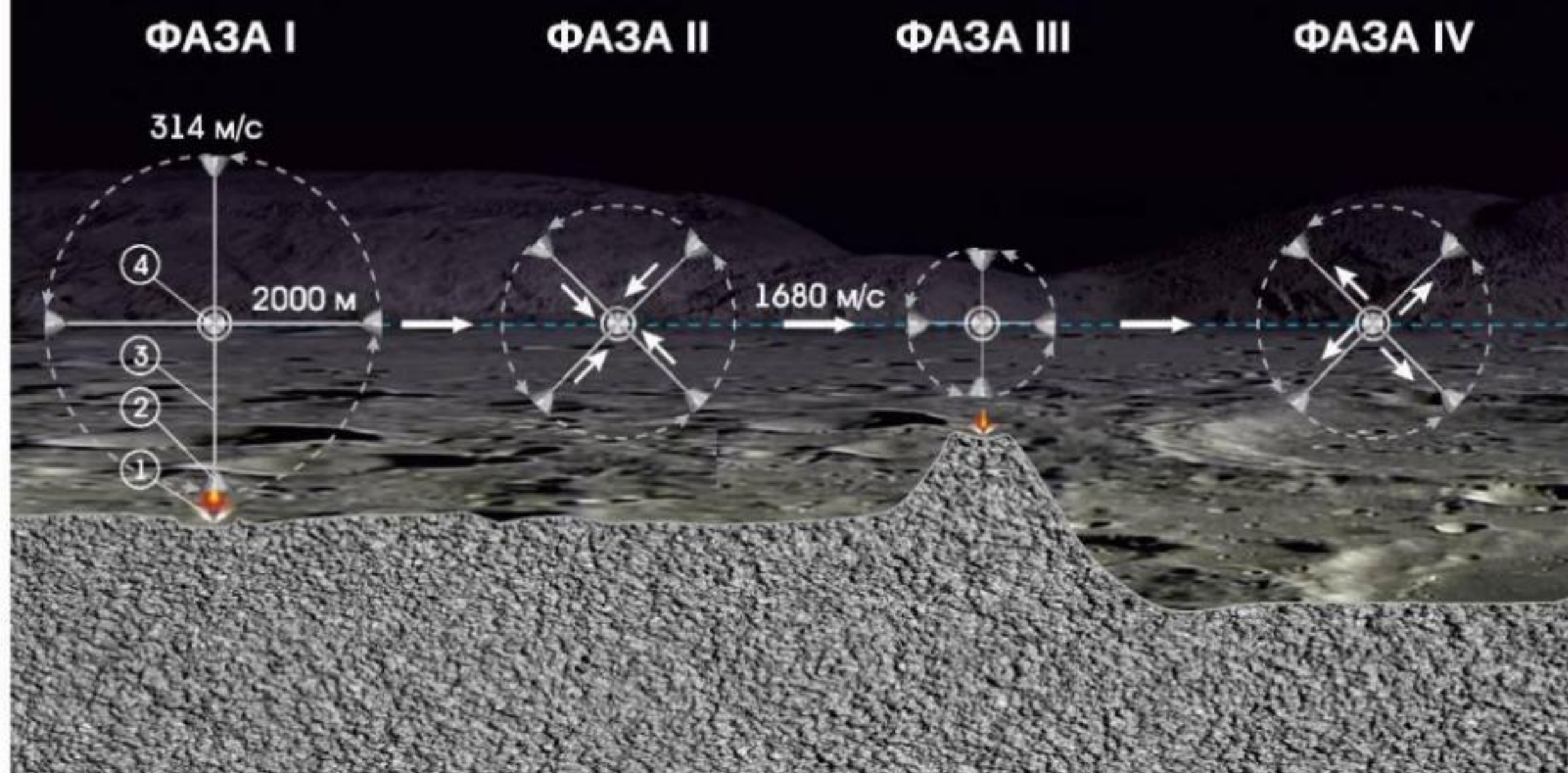
Если принять, что масса потока определяется массой твердых микрочастиц реголита, которые выбрасываются газами незначительной массы, образующимися в результате высокотемпературного разложения части окислов, то вертикальную скорость потока можно условно принять равную половине орбитальной

**Для маневрирования спутника по высоте приемно-накопительный экран должен быть расположен на тросе. Применение тяги реактивных двигателей в данном случае исключено – расход ракетного топлива превышает поступление с поверхности Луны сырья для производства топлива.**

**Рис. 2.** Компоновка и схема работы системы Lundust на тросах с центробежным натяжением

- 1 – выброс реголита в результате действия ударника на поверхность
- 2 – ловушка частиц реголита, выброшенных из кратера (окружная скорость при максимальном диаметре – 314 м/с)
- 3 – трос (максимальная длина – 2000 м)
- 4 – центр переработки реголита и депо хранения продукции (скорость центра масс ~1680 м/с)

- Фаза I – максимальный диаметр, режим экскавации
- Фаза II – уменьшение диаметра
- Фаза III – минимальный диаметр, режим экскавации
- Фаза IV – увеличение диаметра



скорости – 840 м/с. Тогда результирующий вектор скорости потока относительно экрана равен 1878 м/с, в соответствии с расчетом:  $(1680^2 + 840^2)^{0.5}$ . Этот импульс компенсируется силой тяги электроракетного двигателя (ЭРД). Если в качестве рабочего тела ЭРД потребляет 10% вещества, выделяемого из аккумулятированного реголита, то для компенсации тормозного импульса скорость истечения реактивной струи должна быть равна 18783 м/с. Таким образом, при реальном КПД равном 50% на аккумуляцию 10 тонн реголита потребуется ЭРД тягой 0,6 Н с электрической мощностью в 11,2 кВт. С учетом периодического захода орбитального накопителя в теневую зону, где требуется питание ЭРД от аккумулятора, спутник должен иметь удвоенную мощность фотоэлектрических преобразователей – 22,4 кВт.

Энергоснабжение импульсного лазера зависит от многих факторов, которые должны быть определены опытным путем. Если исходить из того, что на термическое разложение 10% оксидов, составляющих реголит (чтобы получить газовый факел, выбрасывающий микрочастицы твердого вещества), требуется удельная мощность 20 МДж/кг, то на килограмм улавливаемого реголита должно расходоваться 2 МДж тепла. В этом случае средняя мощность, подводимая к реголиту лазерным лучом, равна 0,634 кВт. С учетом 10%-го КПД-процесса электрическая мощность, подводимая к лазерной установке, составит 6,34 кВт.

Лазерная экскавация имеет одну особенность – часть оксидов реголита подвергается термическому разложению. При должной регулировке энергетики экскавация реголита будет

сопровождаться производственным процессом по выделению из него металлов и кремния. Часть газообразного кислорода также может аккумулироваться при использовании в мезопористом покрытии материала, который энергично взаимодействует с кислородом. К примеру, таким материалом может быть циркониевая губка. При соответствующем расположении поглощающего экрана легкие и тяжелые элементы будут поглощаться разными частями экрана в результате получения различных скоростей при выбросе из кратера. Таким образом, в основном решается задача сепарации химических элементов, выделяемых из реголита.

В простейшей версии орбитальный накопитель реголита конструктивно представляет собой вертикальную связку двух аппаратов на тросе. Центр масс спутниковой системы Lundust находится на такой высоте, которая при подъеме нижнего конца связки гарантирует пролет над наиболее высокой частью рельефа местности, лежащей под орбитой спутника. Нижняя часть связки проходит на высоте около 100 метров над поверхностью. Высота регулируется соответственно с профилем рельефа. Выбираются трассы с подъемами рельефа в пределах 2000 метров. Из-за невозможности обеспечить минимальную высоту на всех участках полета, в связи с затратами времени на изменение высоты, реголит добывается не по всей трассе. Поскольку в рассматриваемом случае рабочее тело ЭРД поступа-

ет в систему извне без ограничений, возможна постоянная коррекция орбиты, требующаяся из-за неоднородности гравитационного поля Луны на низкой орбите.

В нижней части тросовой связки находятся импульсный лазер и ловушка в виде экрана, поглощающего выбитые частицы реголита. В верхней части связки находятся центр переработки реголита и панели фотоэлектрических преобразователей. Электроракетные двигатели находятся на обеих частях связки. Вариант такой компоновки показан на рис. 1.

## ДИЗАЙН СИСТЕМЫ УДАРНО-МЕХАНИЧЕСКОЙ ЭКСКАВАЦИИ

Эффективность ударно-механической экскавации выше, чем импульсно-лазерной, поэтому ударный вариант лучше подходит для извлечения за один год 100 тонн реголита. Действие ударника на реголит можно оценить, исходя из данных по сбросу на Луну разгонного блока Centaur, согласно которым один килограмм массы ударника вызывает выброс реголита массой до 160 килограмм. В системе Lundust скорость ударника меньше – 1680 м/с плюс или минус некоторая величина. Для такой скорости величина выброса сокращается в два раза – до 80 килограммов на один килограмм массы ударника. Это следует из уравнения связи объема кратера с кинетической энергией ударника согласно работе [10, с. 175]:

$$V_c = kE_p \cdot (1).$$

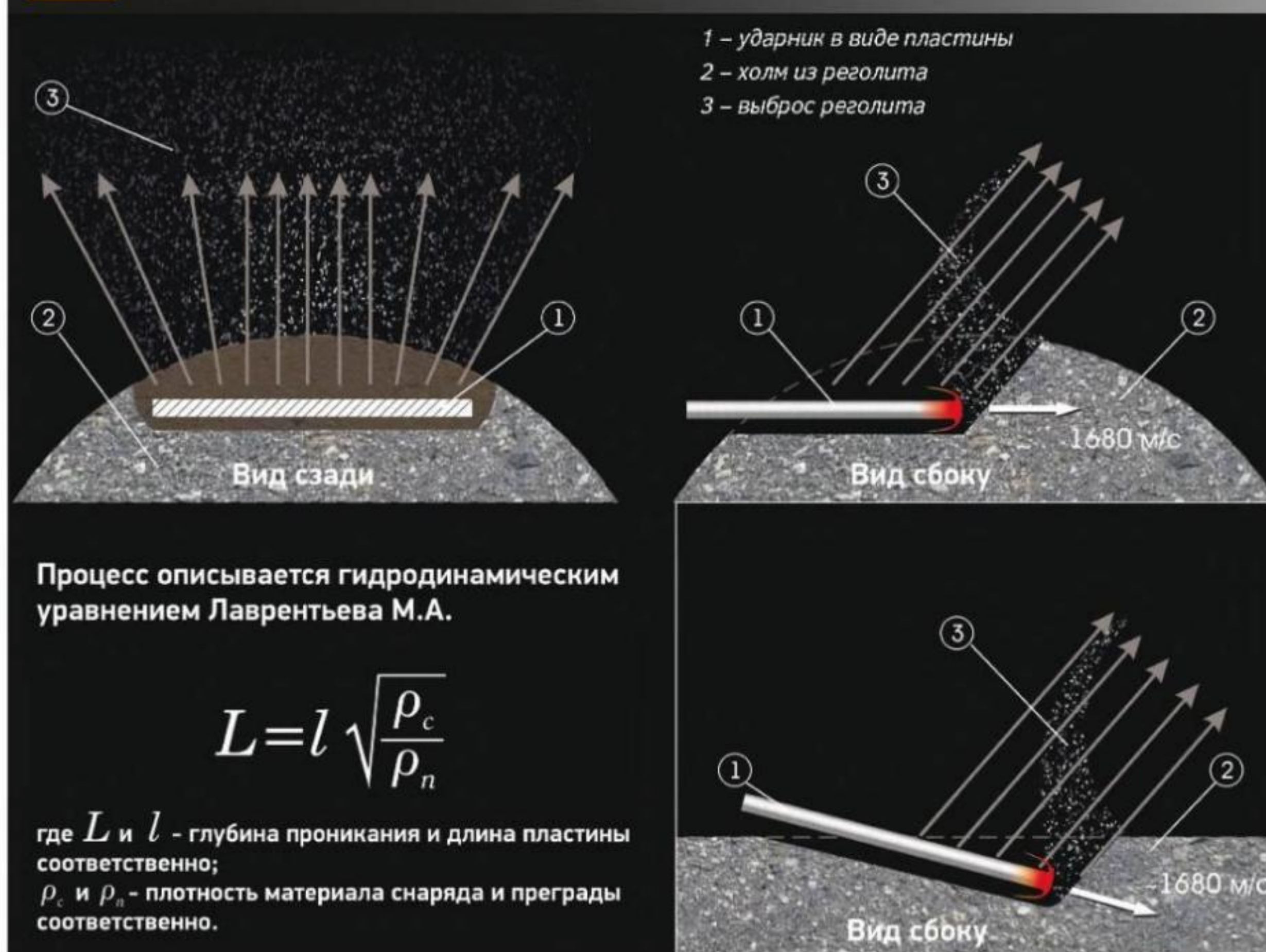
Важным свойством кратерообразования является практически постоянное значение объема кратера  $V_c$ , отнесенного к кинетической энергии снаряда  $E_p$ , для каждой пары материалов снаряда и мишени, имеющих постоянные значения коэффициента пропорциональности  $k$ .

Ударный способ экскавации производится с меньшей частотой, в отличие от лазерного. В связи с этим тросовая система будет подвержена нежелательным колебаниям. Для устранения раскачки требуется придание системе жесткости, что возможно при создании натяжения в тросах центробежным ускорением.

При таком решении требуется размещение блока переработки реголита и хранилища продукции в центре связки, а по краям на концах тросов – размещение накопителей реголита. Тогда при вращении связки создается значительное растягивающее усилие. Одновременно решается задача быстрого изменения радиуса тросов – сокращения и растяжения связки, требуемые рельефом поверхности.

**Технология выделения реголита из материала ловушки предполагает расплавление пластин с захваченными частицами реголита, выделение частиц и приготовление из расплава новых мезопористых пластин. Поэтому основное требование к материалу ловушки высоко-скоростных пылевых частиц – низкая температура плавления и плотность расплава меньшая, чем у реголита.**

**Рис. 3.** Принципиальная схема экскавации реголита пластинчатым ударником



**Возможные параметры вращающейся связки следующие:**

- Общая длина двух тросов – 2000 м;
- радиус описываемой окружности – 1000 м;
- период – 20 с;
- окружная скорость – 314 м/с;
- ускорение на концах связки – 10 g.

При таких параметрах каждые 10 секунд будет происходить забор реголита при расстоянии ловушек накопителей от точек выброса от 1 до 10 м. Возможно преодоление возвышенностей рельефа до 1000 метров.

Преодоление возвышенностей до 2000 метров возможно при соответствующем удлинении связки. При сохранении прежней окружной скорости, чтобы не увеличился интервал между захватами реголита, необходимо добавить

еще пару ловушек, доведя общее количество тросов до четырех. Период прохождения ловушек над поверхностью равен 10-ти секундам. Возможная компоновка такой системы вместе со схемой работы показаны на рис. 2.

Вращение ловушек с окружной скоростью 314 м/с целесообразно использовать для регулярных сбросов ударников на поверхность. Результирующая скорость ударника в этом случае равна 1709 м/с с углом входа в грунт 10,6 °С. Угол разлета частиц реголита из кратера находится в пределах 30°С, что при высоте ловушки над грунтом в 10 метров дает диаметр поглощающего экрана в 5 метров. Ориентировочная масса экрана – 2500 килограммов.

Возможность уменьшить радиальное рассеивание выбрасываемого из кратера реголита за счет использования пластинчатых ударников показана на рис. 3.

Ловушка высокоскоростных пылевых частиц – изделие низкой плотности в форме пластины. Ловушка изготавливается из мезопористых материалов. Перспективны металлические пены высокой кратности на основе натрия, калия, лития ввиду низкой температуры переплавки для повторного использования. Волокнистые материалы на основе металлических нитей из щелочных металлов и эвтектических металлических сплавов также удобны ввиду простоты изготовления и переработки для повторного использования.

Технология выделения реголита из материала ловушки предполагает расплавление пластин с захваченными частицами реголита, выделение частиц и приготовление из расплава новых мезопористых пластин. Низкая температура плавления и плотность расплава меньшая, чем у реголита, – основное требование к материалу ловушки.

При соотношении ударника и выброса равного 1 к 80 масса ударника составляет 0,4 грамма, а масса пылевого выброса из кратера – 31,7 грамма.

Средняя сила торможения ловушки определяет силу тяги ЭРД. При указанных параметрах сила равна 5,4 Н. Удельный импульс ЭРД – 17000 м/с при расходе 10 % от массы аккумулярованного реголита. Рабочее тело – магний и кальций. Содержание магния в реголите 4,6–5,8 %, кальция – 7,9–10,7 %, поэтому при потреблении в ЭРД смешанного рабочего тела обеспечивается гарантированный расход в 1/10 аккумулярованного вещества.

Электрическая мощность ЭРД – 92 кВт, мощность фотоэлектрических преобразователей – 184 кВт.

## ПЕРЕРАБОТКА РЕГОЛИТА

В составе орбитального накопительного комплекса находится перерабатывающий центр – химико-технологический блок. В него поступает сырье, аккумулярованное орбитальным экскаватором.

Реголит обрабатывается фтором в химическом реакторе. Результат обработки – кислород, газообразный фторид кремния и твердые фториды металлов.

Кислород и фторид кремния сепарируются посредством охлаждения до жидкого и твердого состояний. После отделения от кислорода фторид кремния подогревается и разлагается в электролизере (затраты 1 кВт·ч/кг реголита) на фтор и кремний, фтор возвращается в реактор обработки реголита.

Фториды металлов восстанавливаются обработкой жидким калием. Фторид калия разлагается на составляющие в электролизере (затраты 10 кВт·ч/кг реголита), металлы разделяются центробежной сепарацией, кристаллизацией расплава и обработкой СО с образованием карбониллов. Карбонилы сепарируются и разлагаются нагревом на СО и металлы. Моноксид углерода возвращается в реактор.

**Для обработки 1 кг реголита согласно работе [11] требуется:**

- 11 кВт·ч электроэнергии для электролизеров;
- печи с температурой нагрева от 110 °С до 800 °С (с нагревом от Солнца или ядерного реактора);
- холодильная установка с нижним уровнем температур -178 °С.

При расходе реголита 100 т/год потребная мощность электропитания электролизера KF составит ~125 кВт, а электропотребление ожижителя кислорода ~5 кВт.

## ВЫВОДЫ

Система Lundust создает новую ситуацию, при которой производство ракетного топлива из лунного реголита по материальным и временным затратам выгоднее производства топлива из сырья околоземных астероидов. Устранение необходимости доставлять оборудование на поверхность Луны делает запуск добывающе-перерабатывающих комплексов на окололунную орбиту таким же простым, как отправка комплексов к астероидам. При этом если Lundust через полнедели после старта с околоземной орбиты выходит на окололунную орбиту, сразу начинает коммерческое производство кислорода из реголита и генерирует прибыль, то астероидный комплекс от 30 до 100 недель будет совершать перелет от Земли к астероиду. Кроме того, лунное топливо открывает доступ к главному поясу астероидов, который еще труднодоступен. Таким образом, добывающие космические компании получают новый эффективный инструмент развития старательского дела.

## Литература

1. Шевченко В. В. Лунная база. М.: Знание, 1991. 64 с.
2. Timothy Cichana, Stephen A. Baileyb, Adam Burchc, Nickolas W. Kirbyd. Concept for a Crewed Lunar Lander Operating from the Lunar Orbiting Platform-Gateway. 69th International Astronautical Congress (IAC), Bremen, Germany, 1–5 October 2018.
3. Перов В. Д., Стахеев Ю. И. Космические аппараты исследуют Луну (к 20-летию запуска «Луны-1»). М.: Знание, 1979.
4. O'Neill G. K. Space colonies and Energy Supply to the Earth. Science, 1975, vol. 190, pp. 943–947.
5. Lunar Crater Observation and Sensing Satellite (LCROSS): NASA's Mission to Search for Water on the Moon. National Aeronautics and Space Administration. Press kit. June 2009. p.36 [Электронный ресурс]. URL: [https://web.archive.org/web/20091027111849/http://www.nasa.gov/pdf/360020main\\_LRO\\_LCROSS\\_presskit2.pdf](https://web.archive.org/web/20091027111849/http://www.nasa.gov/pdf/360020main_LRO_LCROSS_presskit2.pdf) (Retrieval date: 01.10.2018).
6. Hayabusa-2 – Asteroid Exploration Mission [Электронный ресурс] // Spacecraft & Satellites. Monday, November 19, 2018. URL: <http://spaceflight101.com/spacecraft/hayabusa-2/> (Retrieval date: 02.10.2018).
7. Ideas that Gel. Technology [Электронный ресурс] // NASA. 02.11.2002. URL: <https://www.nasa.gov/vision/earth/technologies/aerogel.html> (Retrieval date: 02.10.2018).
8. S. Maurice, R. C. Wiens, M. Saccoccio et al. The ChemCam Instrument Suite on the Mars Science Laboratory (MSL) Rover: Science Objectives and Mast Unit Description. Space Science Reviews, 2012, vol. 170, iss. 1–4, pp. 95–166. DOI: 10.1007/s11214-012-9912-2
9. Wiens, R. C., Maurice, S., Barraclough, B. et al. The ChemCam Instrument Suite on the Mars Science Laboratory (MSL) Rover: Body Unit and Combined System Tests. Space Science Reviews, 2012, vol. 170, iss. 1–4, pp. 167–227. DOI: 10.1007/s11214-012-9902-4
10. Динамика удара / Пер. с англ. / Зукас Дж. А., Николас Т., Свифт Х. Ф. и др. М: Мир, 1985. 296 с.
11. Еськов Ю. М. Топливо из лунного сырья // Земля и Вселенная. 2001. № 4. С. 55–62.

## References

1. Shevchenko V. V. Lunnaya baza. Moscow, Znanie, 1991. 64 p.
2. Timothy Cichana, Stephen A. Baileyb, Adam Burchc, Nickolas W. Kirbyd. Concept for a Crewed Lunar Lander Operating from the Lunar Orbiting Platform-Gateway. 69th International Astronautical Congress (IAC), Bremen, Germany, 1–5 October 2018.
3. Perov V. D., Stakheev Yu. I. Kosmicheskie apparaty issleduyut Lunu (k 20-letiyu zapuska "Luny-1"). Moscow, Znanie, 1979.
4. O'Neill G. K. Space colonies and Energy Supply to the Earth. Science, 1975, vol. 10, 5 Dec. 1975, pp. 943–947.
5. Lunar Crater Observation and Sensing Satellite (LCROSS): NASA's Mission to Search for Water on the Moon. National Aeronautics and Space Administration. Press kit. June 2009. p.36. Available at: [https://web.archive.org/web/20091027111849/http://www.nasa.gov/pdf/360020main\\_LRO\\_LCROSS\\_presskit2.pdf](https://web.archive.org/web/20091027111849/http://www.nasa.gov/pdf/360020main_LRO_LCROSS_presskit2.pdf) (Retrieval date: 01.10.2018).
6. Hayabusa-2 – Asteroid Exploration Mission. Spacecraft & Satellites. Monday, November 19, 2018. Available at: <http://spaceflight101.com/spacecraft/hayabusa-2/> (Retrieval date: 02.10.2018).
7. Ideas that Gel. Technology. Available at: <https://www.nasa.gov/vision/earth/technologies/aerogel.html> (Retrieval date: 02.10.2018).
8. S. Maurice, R. C. Wiens, M. Saccoccio et al. The ChemCam Instrument Suite on the Mars Science Laboratory (MSL) Rover: Science Objectives and Mast Unit Description. Space Science Reviews, 2012, vol. 170, iss. 1–4, pp. 95–166. DOI: 10.1007/s11214-012-9912-2
9. Wiens, R. C., Maurice, S., Barraclough, B. et al. The ChemCam Instrument Suite on the Mars Science Laboratory (MSL) Rover: Body Unit and Combined System Tests. Space Science Reviews, 2012, vol. 170, iss. 1–4, pp. 167–227. DOI: 10.1007/s11214-012-9902-4
10. Zukas Dzh. A., Nikolas T., Swift Kh. F. et al. Dinamika udara. Moscow, Mir, 1985. 296 p.
11. Eskov Yu. M. Topливо iz lunного сыра. Zemlya i Vselennaya, 2001, no. 4, pp. 55–62.



© Майборода А.О., 2018

### История статьи:

Поступила в редакцию: 09.11.2018

Принята к публикации: 27.11.2018

Модератор: Гесс Л. А.

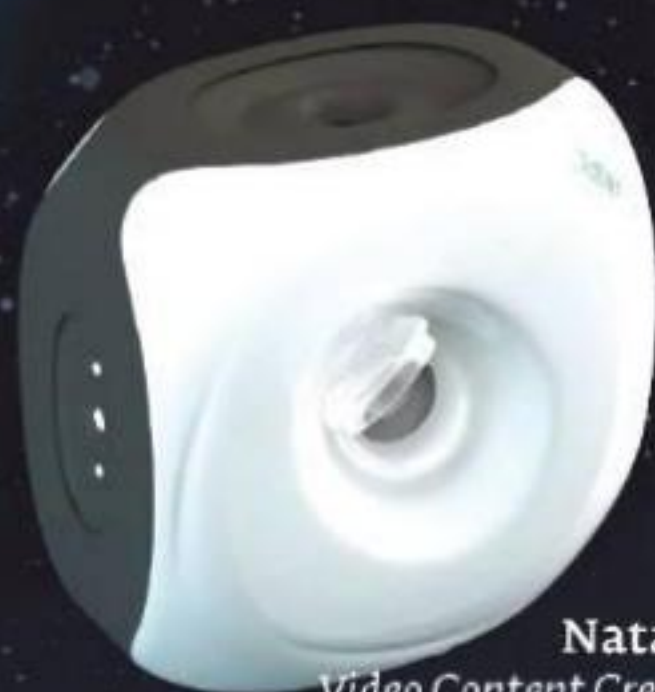
Конфликт интересов: отсутствует

### Для цитирования:

Майборода А.О. Lundust – орбитальный экскаватор для лунных старателей // Воздушно-космическая сфера. 2018 №4(97). С. 84–93.

# SPACE BIOPRINTER: RESET

# КОСМИЧЕСКИЙ БИОПРИНТЕР: ПЕРЕЗАГРУЗКА



**Natalia L. BURTSEVA,**  
Video Content Creation & Promotion Chief  
Specialist, RSC "Energia", Korolev, Russia,  
[natalya.burtseva@rsce.ru](mailto:natalya.burtseva@rsce.ru)



**Наталья Леонидовна БУРЦЕВА,**  
главный специалист по созданию и продвижению  
видеоконтента ПАО «РКК «Энергия», Королёв, Россия,  
[natalya.burtseva@rsce.ru](mailto:natalya.burtseva@rsce.ru)

**ABSTRACT** | In October 2018 a unique experiment related to the problem of zero-gravity biotissue growth was to be carried out. The «3D-bioprinter» developed by Russian scientists and a biomaterial folding were loaded in the «Soyuz MS-10» spacecraft orbital module. But an emergency situation led to the serious deformation of the orbital module and, as a consequence, to the loss of the device. However, the engineers haven't rejected the research program and have produced a new flight printer. The experiment will start shortly after the crew of «Soyuz MS-11» is on the station. The «ASJ» correspondent has talked to the experts and cosmonauts about the details of the experiment.

**Keywords:** *biotechnologies, biomaterial, zero-gravity, «3D-bioprinter» experiment*

**АННОТАЦИЯ** | В октябре 2018 года на МКС должен был начаться уникальный эксперимент по выращиванию биотканей в условиях невесомости. Разработанный российскими учеными «3D-биопринтер» и укладки с биоматериалами были загружены в бытовой отсек космического корабля «Союз МС-10». Но аварийная ситуация привела к серьезной деформации бытового отсека и, как следствие, к потере прибора.

Однако разработчики не свернули научную программу, а произвели новый летный экземпляр принтера. Эксперимент начнется сразу после того, как экипаж «Союза МС-11» окажется на станции. Корреспондент «ВКС» побеседовал со специалистами и космонавтами о подробностях эксперимента.

**Ключевые слова:** *биотехнологии, биоматериал, невесомость, эксперимент «3D-биопринтер»*

**Ученые считают эксперимент «3D-биопринтер» важным шагом на пути к решению проблемы создания донорских органов для человека.**



**Н**а Земле ученые уже могут искусственно выращивать клетки, и даже целые органы животных. К примеру, биотехнологи «напечатали» щитовидную железу мыши.

Невесомость - уникальная среда, которая позволит произвести биоматериал лучшего качества, с большим количеством живых клеток.

Обычно только на подготовку подобного эксперимента уходят многие годы. Специалисты лаборатории 3D Bioprinting Solutions, ракетно-космической корпорации «Энергия», ЦНИИмаш и Центра подготовки космонавтов после 12 месяцев подготовительной работы над проектом рассчитывают реализовать его всего за полтора года.

Следует отметить, что разработанный прибор – это не совсем принтер. Ему больше подошло бы название «биофабрикатор». В устройстве нет ни одной движущейся части, кроме открывающихся крышек видеокамер. Биоматериал здесь не печатается, а выращивается.

«3D-биопринтер» уместается на двух ладонях, а весит около 10 килограмм.

В специальных кюветах разместили клеточные сфероиды и парамагнитическую питательную среду. В условиях невесомости процесс слияния-сра-

щивания клеток будет происходить без гравитационного сдвигания.

**Дмитрий СУРИН,**  
**заместитель руководителя НТЦ РКК «Энергия»:**

- Мы рассчитываем, что после завершения первого этапа эксперимента привезем из космоса образцы диаметром два-три миллиметра, только начавшие расти: хрящевую ткань и ткань щитовидной железы. На Земле образцы будут тщательно препарированы и исследованы, чтобы выбрать режим биофабрикации и продвинуться к следующему этапу.

Следующий этап – создание органа, например, щитовидной железы, или части сустава, или целого уха животного. Что именно это будет – время покажет.

С каждым шагом мы будем продвигаться к решению важной проблемы – созданию донорских органов для человека.

Кроме того, мы серьезно говорим о том, чтобы создавать с помощью принтера белковую пищу прямо на борту, то есть буквально растить котлеты в космосе. А это – шаг к созданию замкнутой системы жизнеобеспечения, необходимой для полетов к дальним планетам.

ЦПК имени Ю. А. Гагарина. Тренировка экипажа. Специальный перчаточный бокс. Космонавт Олег Кононенко готовится к проведению эксперимента «3D-биопринтер». В космосе в специальных кюветах он будет выращивать биоткани.



### Как биопринтер будет работать в космосе

**Алексей Овчинин,**  
космонавт, Герой Российской Федерации:

- Я должен был начать этот новый эксперимент, но, к сожалению, мы не долетели до станции. Теперь эта честь выпадет Олегу Кононенко. Он уже готовился к эксперименту как командир дублирующего экипажа.

Биологические и биотехнологические эксперименты проводятся в каждом космическом полете. Но данное исследование – очень ожидаемая и перспективная премьера.

Ученые считают, что в космосе, в невесомости, процесс «производства» клеток и органов будет проще, выращенные ткани получат более правильную структуру, будут лучше работать и быстрее приживаться.

МКС – уникальная лаборатория. Все биологические эксперименты в космосе действительно удаются качественнее, чем на Земле – из-за отсутствия гравитации. Длительная невесомость способствует получению биообразцов с большим процентом жизнеспособных клеток.

Я считаю, что этим надо пользоваться.

**Станислав ПЕТРОВ,**  
инженер-конструктор компании 3D Bioprinting Solutions, один из разработчиков биофабрикатора:

- Сложно создать условия для отправки живых сфероидов, клеток на борт космической станции. При доставке, а особенно при возврате на Землю возникают большие перегрузки. Нестабильные температуры и множество других космических факторов сильно усложняли нам работу при создании системы. Но мы постарались, чтобы наша установка была надежна и максимально проста в управлении.

На орбите космонавты достанут две укладки – сам биопринтер и кюветы с образцами (всего 12 кювет для 6 экспериментов, плюс запасные – на случай, если что-то пойдет не так), разместят их в рабочем модуле МИМ-1, где есть вся необходимая аппаратура, в том числе термостаты. Далее извлекается оборудование, биопринтер устанавливается в космической лаборатории. У него есть специальные крепления типа велкро.

Космонавт нажмет на первый поршень и впрыснет в специальную кювету миллилитр питательной среды с солями парамагнетика. Для

отработки технологии предусмотрена разная концентрация биоматериала: и такая, которая используется на Земле, и такая, которую мы сможем позволить себе только в космосе.

Затем космонавт включит камеры, освещение, установит кювету в принтер. Так начнется процесс сборки клеток.

Как только клетки соберутся в центре, прибор установят в термостат. В течение двух суток будет происходить инкубация при температуре 37°, чтобы клетки окончательно срослись.

Далее космонавт изымет биоматериал из термостата и впрыснет в него фиксатор - параформальдегид, который позволит приостановить рост клеток и сохранить их для изучения.

В планах у разработчиков создать биопринтер большего размера, чтобы и экспонируемых материалов могло быть больше. Рассматривается даже возможность создания отдельного модуля на космической станции, где можно было бы выращивать органы, не повреждая клетки.

После завершения первого эксперимента по выращиванию тканей в условиях отсутствия гравитации на Землю в спускаемом аппарате вернется только укладка с кюветами. Сам биопринтер останется на орбите. Процесс выращивания биоматериала в космосе продолжится. Уникальная среда - невесомость - поможет решению многих земных проблем.



**Олег КОНОНЕНКО,**  
**космонавт, Герой Российской Федерации:**

– Биологические эксперименты на борту МКС – очень важная часть нашей работы. Космонавты служат на орбите глазами и руками ученых. За каждую экспедицию я и мои коллеги выполняем на борту от 10 до 15 таких экспериментов.

Наши усилия направлены на то, чтобы в дальнейшем обеспечить устойчивость человека к влиянию таких факторов, как невесомость, радиация. Это необходимо, если мы хотим и дальше осваивать космическое пространство.

Мы летаем на МКС с единственной целью: проводить исследования и выполнять научные эксперименты.

Сейчас мы провели полный цикл тренировок. Полностью отработаны этапы выполнения эксперимента в космосе. Для нас главное – все сделать по порядку и зафиксировать поведение микрочастиц в невесомости, а далее ученые будут анализировать возможности выращивания тканей в космосе.

**Отсутствие гравитационного сдавливания позволяет производить в космосе биоматериал лучшего качества, нежели на Земле.**



© Бурцева Н. Л., 2018

**История статьи:**

Поступила в редакцию: 27.10.2018

Принята к публикации: 19.11.2018

**Модератор:** Гесс Л. А.

**Конфликт интересов:** отсутствует

**Для цитирования:**

Бурцева Н. Л. Космический биопринтер: перезагрузка // Воздушно-космическая сфера. 2018. №4(97). С. 94-97.



**“DESTINY LED ME  
TO THE LAUNCH  
FACILITY”**

**«СУДЬБА  
ДОВЕЛА МЕНЯ  
ДО ПОДНОЖИЯ  
РАКЕТЫ»**

**Maksim N. FALILEYEV,**  
The Museum of Cosmonautics  
press office specialist, Moscow, Russia,  
[moojaa@mail.ru](mailto:moojaa@mail.ru)



**Максим Николаевич ФАЛИЛЕЕВ,**  
специалист пресс-службы Московского  
музея космонавтики, Москва, Россия,  
[moojaa@mail.ru](mailto:moojaa@mail.ru)

**ABSTRACT** I Cosmonaut-researcher, Cand. Sci (Tech), engineer-colonel, scientist, academician of the Russian Academy of Cosmonautics named after Tsiolkovsky Valentina Leonidovna Ponomareva tells about "women's cosmonaut corps", meetings with Gagarin and her "space career". The article was prepared with support of the Museum of Cosmonautics press relations service.

**Keywords:** *Ponomareva, Tereshkova, Gagarin, Korolev, women in cosmonautics*

**АННОТАЦИЯ** I Космонавт-испытатель, кандидат технических наук, полковник-инженер, ученый, действительный член Российской академии космонавтики имени К. Э. Циолковского Валентина Леонидовна Пономарева рассказывает о женском отряде космонавтов, встречах с Гагариным и о своей «космической карьере». Статья подготовлена при поддержке пресс-службы Московского музея космонавтики.

**Ключевые слова:** *Пономарева, Терешкова, Гагарин, Королёв, женщины в космонавтике*

Этот год – юбилейный для отечественной космонавтики. В начале 1963-го, после первых успешных полетов, Сергей Королёв принял решение о запуске на орбиту первой женщины. Среди претенденток, наряду с Жанной Ёркиной, Татьяной Кузнецовой и Ириной Соловьевой, были и две Валентины – Пономарева и Терешкова. Все девушки соответствовали строжайшим условиям: та, что первой отправится в космос, должна была обязательно заниматься в аэроклубе или быть парашютисткой, возрастом до 30 лет, ростом до 170 см и весом до 70 кг. Уже летом, 16 июня 1963 года в 9:29 с космодрома Байконур стартовал корабль «Восток-6» с женщиной-космонавтом на борту.

Первая и единственная в мире женщина, совершившая космический полет в одиночку, Терешкова за свой подвиг была удостоена множества наград и званий, сделала впоследствии серьезную политическую карьеру. Судьба Валентины Пономаревой, дублера первой космонавтки планеты, сложилась иначе – на орбите она так и не побывала. После закрытия в 1969 году космической женской группы она работала в Центре подготовки космонавтов (ЦПК), где преподавала слушателям динамику космического полета.

На встрече, посвященной 50-летию создания женского отряда, Терешкова произнесла такие слова: «Выбрали тогда нас, пять девочек, молодых, умных, красивых. Прошло с тех пор 50 лет, а мы все еще вместе. Мужиков в нашей жизни

было достаточно – они приходили и уходили. А мы продолжаем быть вместе. Все выдержали, несмотря ни на что».

В сентябре Валентина Пономарева отметила свой 85-й день рождения. В рамках проекта Музея космонавтики корреспондент журнала «ВКС» побеседовал с Валентиной Леонидовной.



Валентина Пономарева, 2018 год  
Фото: Дмитрий Сушко

## **«Я ВСЕГДА СТРЕМИЛАСЬ НА ПЕРЕДНИЙ КРАЙ НАУКИ»**

**– Сколько вам уже приходилось давать интервью? Это сотое, должно быть?**

– Все спрашивают об одном и том же. Уж столько о подготовке рассказано и показано... Но я человек привычный, терпеливый – расскажу.

**– Про подготовку мы обязательно еще поговорим, а откуда у вас появилась страсть к небу?**

– Страсть к небу возникла, когда я начала летать. Но я сама так никогда не формулировала: «страсть». Скорее, любовь к полетам, к летанию! Страсти и не было до тех пор, пока к нам в школу не пришел студент-парашютист и не организовал кружок. Наша женская школа (это было так давно, что обучение еще было отдельным) соседствовала с МАИ, а тогда было принято, чтобы все над всеми, особенно над младшими, шефствовали. При МАИ был аэроклуб, в котором бросали «перворазников» в качестве подготовки к службе в армии. Я тогда училась в 10-м классе, а всего записалось 10–12 десятиклассниц. Зимой мы изучали матчасть тяжелого десантного парашюта ПД-47. Прыгать собирались весной, но все, как обычно, сдвинулось – на лето. И я успела окончить школу, поступить в вуз, но прыжков по-прежнему не было. Нас осталось двое из первоначальной группы, я и моя подруга, Мика Виссинг.

Ожидание тянулось долго, пока в один прекрасный день нам не сказали: «Завтра прыгаем». И вот очень рано мы тихонько ушли из дома, никому ничего не сказав, и поехали на аэродром Крюково, в авиационно-спортивный лагерь МАИ. Студенты всю дорогу пели. Этих песен мы раньше не слышали, но нам понравилось – и они, и вообще дух, который царил на горе парашютов. Прыгнули, в конце концов, на По-2 – надо было выйти на плоскость и натурально с нее свалиться. Было страшно, но ничего, справились. Только я при приземлении ударилась о запасной парашют и разбила губу.

Вернулись мы очень поздно. И когда приехали домой, обнаружили, что родители нас уже с собаками ищут. А у меня было два брата и сестра младшие, они не спали, ждали моего возвращения. Ничего особенного не случилось, тем не ме-

нее, и оба брата, и сестра, когда выросли, тоже занимались парашютным спортом.

**– Значит, это парашютный спорт так повлиял на вас?**

– Так складывалась судьба. Между прочим, ни раньше, ни позже парашютного кружка в нашей школе не было. Но я немного не с того начала. Когда я окончила школу, решила поступать в инженерно-физический институт. Тогда как раз между физиками и лириками шла дискуссия – что важнее: техника или гуманитарные области знаний. Стихи даже были: «Что-то физики в почете, что-то лирики в загоне...» Вот и я считала, что настоящий человек должен быть на переднем крае науки, и поступила в МИФИ.

Первый свой прыжок я совершила уже после того, как поступила в институт. И после этого долгого летнего дня, наполненного разнообразными впечатлениями – и преодоление себя, и сам прыжок, – я решила из МИФИ уходить и идти учиться в МАИ.

Стала требовать, чтобы мне вернули документы. Сначала ходила к декану, он меня все не хотел отпускать, говорил: «Да зачем вам» и «Почему...», мол, всю жизнь будете болт с гайкой чертить. И когда я из дома уходила в институт, каждый раз у нас начиналась дискуссия с отцом, который тоже окончил авиаинститут. Раз два три я ездила и попадала снова на декана, а однажды попала к заместителю, совсем молодому человеку, он посмотрел на меня и тут же распорядился выдать документы. И я была в некотором ошеломлении – за что боролась, на то и напоролась. Отправилась поступать в МАИ. А был уже конец августа, прием документов закончился, но у меня была золотая медаль, поэтому меня приняли. Все-таки, согласитесь, какие-то необычные зигзаги судьбы.

И еще к вопросу о страсти – когда я поступила в институт, хотела записаться в аэроклуб, на летное отделение. В аэроклубе мне сказали, что на летное отделение не принимают, пожалуйста – парашютно-планерный. Но я была максималисткой и сказала «Нет, мне только летный».

Меня не взяли, и тогда – сама себе удивляюсь – я проявила такую настырность! Пошла по всем инстанциям – в комитет комсомола, в партбюро факультета, но мне нигде не хотели помочь.

**Когда я окончила школу, как раз шла дискуссия между физиками и лириками – что важнее: техника или гуманитарные области знаний. Я посчитала, что настоящий человек должен быть на переднем крае науки и поступила в инженерно-физический институт.**



Валентина Пономарева  
со старшим сыном Сашей



С мужем Юрием Анатольевичем

К декану обратилась, говорю – хочу летать. А он: «Пожалуйста, летайте! От Москвы до Владивостока и обратно...» И так я дошла до комитета комсомола института и парткома. Я потом посчитала – пять инстанций! Все посмеивались, считали меня, наверное, чудачкой... Тем не менее мои хождения возымели действие, и меня таки взяли на самолетное отделение. Вот после того я, конечно, заболела самолетами.

## «СТЕСНЯЛАСЬ СКАЗАТЬ, ЧТО БУДУ КОСМОНАВТОМ»

– **Конец 1950-х – начало 1960-х годов – это время наших первых успехов в космосе! Чувствовалась вокруг эта атмосфера?**

– Как будто рука судьбы меня специально направляла... Потому что я среди прочих записалась в кружок высотных полетов. На самом деле это был космический кружок, но тогда слова «космонавтика» в принципе не было. Полеты в космос называли «космические путешествия», «путешествия на другие планеты»: это были годы противостояния, 1957-й и далее. И сначала разрабатывались ракеты, а путешествия к планетам – это так, фантазии, расходовать силы и время на которые в таких обстоятельствах нельзя. Поэтому кружок и маскировался под названием «высотных полетов». А я поступила на двигательный факультет, он назывался тогда «моторный», потому что ракетная специальность появилась позже, уже к старшим курсам. И я опять пошла туда, на передний край.

Кружок вели старшекурсники, которые разрабатывали космическую идею практически нелегально, энтузиастами, но имели связь с фирмой

Королёва. И когда я окончила институт, меня тоже распределили к Королёву в ОКБ-1. Но туда меня не пустила моя семья, потому что я была на последних сроках беременности. Пришлось идти на поклон к старшим друзьям, они переделали направление на Институт прикладной математики, где тоже были увлечены космосом и меня пытались увлечь. Но вся моя душа тогда была отдана аэроклубу и полетам – для космической тематики не было места.

– **Валентина Леонидовна, как же Вы попали в космическую программу?**

– Как будто кто-то снова направил в нужное русло. Эта извилистая дорожка привела в Институт прикладной математики, где мне и было сделано предложение полететь в космос. На новогоднем вечере один из сотрудников института спросил меня: «А ты хочешь полететь в космос?» Я ответила, что, конечно, хочу. Я тогда куда угодно согласилась бы полететь... Но пришла домой и забыла – Новый год ведь, хорошее настроение. И утром даже не вспомнила об этом разговоре. Тогда у нас было два космонавта – Гагарин и Титов, и представить, что тебе вот так, между делом, предлагают попасть в когорту избранных, было совершенно невозможно.

После праздника этот сотрудник заглянул к нам в отдел и сказал: «Валентина, пиши заявление о том, что хочешь в космос». Я всячески отнекивалась, посчитала розыгрышем или шуткой. Но он был тоже очень настырный человек, Всеволод Александрович Егоров, который сейчас имеет мировое имя в небесной механике. А тогда он был просто Севка Егоров, взял за руку и повел в кабинет к Мстиславу Келдышу, директору института. Наверное, с ним была договоренность заранее. Келдыш прочитал мое заявление, похмыкал и говорит: «А поче-

му вам нравится летать?» Я несколько оторопела – ожидала других вопросов – серьезных, деловых, а тут... Подумала немножко и отвечаю: «Не знаю». Келдыш говорит: «Правильно. Этого знать нельзя». Я с ним согласна. И поэтому ответить на ваши вопросы – «Как возникла страсть и почему?» – я не могу.

**– Но в итоге вы согласились полететь в космос? Как вообще появилась эта идея?**

– Идею набрать женщин для полета в космос инициировал Николай Каманин. В то время у американцев была программа «Меркурий», и женщины проходили обследование. Их не собирались отправлять, но посмотреть, способны ли они в принципе, американцы хотели. И социальный заказ на то, чтобы первой женщиной в космосе была советская, был очень настойчив. Все говорили и писали, а Каманин эту идею продвигал.

Когда это началось, стало понятно, что все по-настоящему. Еще интересно: я пришла увольняться с работы к начальнику отдела, и он спросил: «Почему?». Я ответила, что поступаю в школу космонавтов. Он очень удивился: «А что, есть такая школа?» А я стеснялась сказать: тогда и слово-то «космонавт» еще не прижилось...

Когда я уже прошла амбулаторную комиссию, надо было ложиться в госпиталь на обследование и сказать мужу, куда я собираюсь. Несколько дней не могла решиться – если бы он ответил «нет», мне пришлось бы смириться. Я все думала, думала и даже плакала, роняя слезы на сковородку. Ему, видно, надоело на меня смотреть, и он прямо спросил, в чем дело. Тогда я выложила, опасаясь, что он мое решение задробит. Но мы с ним вместе летали в аэроклубе, он тоже болел авиацией. На этой почве, думаю, сложилось понимание, и он разрешил. Я прошла комиссию, сыночка четырехлетнего сдала маме.

После этого меня... призвали в армию! В то время считалось, что кандидат в космонавты может быть только военным летчиком или связанным с летной специальностью. Для женщин потом смягчили, а тогда у меня забрали паспорт и выдали маленькую серенькую солдатскую книжку, где было написано: «рядовой необученный». Нас всех, 12 человек, поселили в двухэтажный фли-

гелек в профилактории – тогда еще Звездного городка не существовало, был ЦПК, служебные здания.

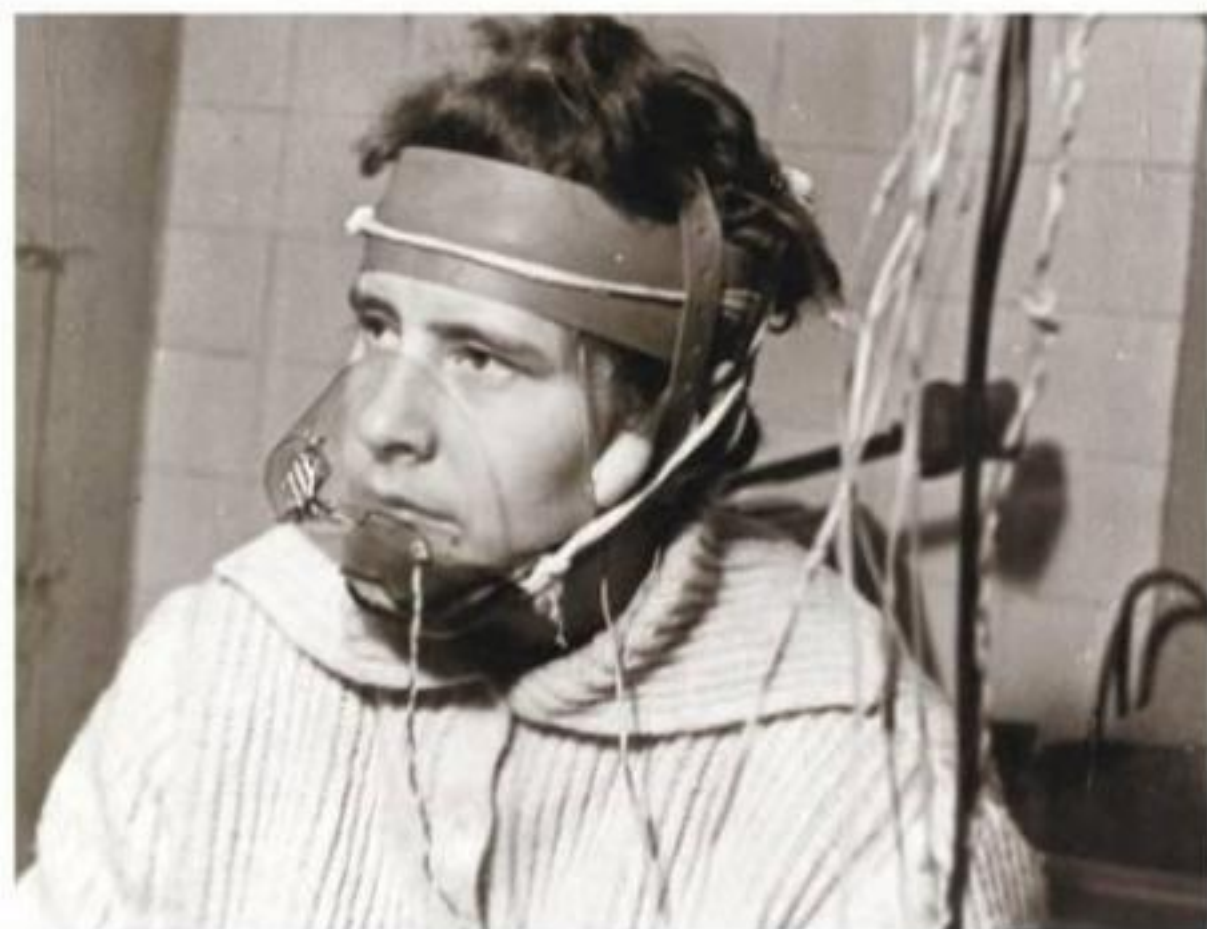
С нами в госпитале проходила комиссию Марина Попович, и она верховодила нами, поскольку была инструктором в аэроклубе, летала и знала больше, чем все остальные. Да и по характеру – лидер. Заставляла нас по утрам крутить головой. Мы выходили, становились в кружок на лестничной площадке и крутили до тех пор, пока нам не становилось нехорошо. А Марина говорила, что после этого нужно есть лимоны (которые вроде бы снимали состояние тошноты). И все, кто нас посещал, родные и близкие, приносили лимоны в авоськах. Их тоже, знаете, есть не очень просто. До сих пор на лимоны даже смотреть не могу. А вечером Марина заставляла нас песни петь. Они оба любили петь, и Марина, и Павел Попович, ее муж-космонавт – внизу в летной столовой стояло пианино. Пели мы: «Заправлены в планшеты...», «И на Марсе будут яблони цвести»... Вот так началась моя космическая жизнь.

**– Знаю, что ваше знакомство с Юрием Гагариным началось не совсем обычно?**

– Первая встреча с ним была в Центре подготовки, 12 апреля, в первую годовщину полета, но это не стало хорошей приметой. Гагарина я увидела утром, когда мы спустились в летнюю столовую, а они приехали завтракать из своих квартир на Чкаловской. Я сидела лицом к двери, когда он вошел. Уж не знаю, что со мной случилось (а я помидор резала, что тоже удивительно – это было 12 апреля, помидоры в Москве в то время так рано не появлялись). Уронила и нож, и помидор, наклонилась поднимать – чуть не перевернула стол. Находилась в таком потрясении, просто «уму нерастяжимо», как говорит Татьяна Кузнецова. Гагарин всем пожелал доброго утра и, конечно, ничего не заметил или сделал вид, что не заметил. А я впала в «расстройство чувств»...

Гагарин относился внимательно к нашей группе. Он был тогда командиром отряда и понимал всю тяжесть подготовки. Это сейчас испытания кажутся не такими трудными, а тогда надо было преодолевать. У меня одна тренировка, помню, была реально на грани издыхания – морская, в скафандрах, и я никак не могла отцепить замок

**После обследования и прохождения амбулаторной комиссии меня призвали в армию: в то время считалось, что кандидатом в космонавты может быть только военный летчик. У меня забрали паспорт и выдали серую солдатскую книжку, где было написано: «рядовой необученный».**



На медицинском обследовании



Валентина Пономарева и Валентина Терешкова на занятиях по радиопеленгации

парашюта. Я просто умирала, когда меня подняли на борт, температура была больше 39 градусов.

Юра обязательно раз в неделю приезжал нас проводить. Однажды нам выдали олимпийские костюмы: синие, шерстяные, с белыми лампасами. Это было что-то! Мы ходили только в них – даже в столовую. Но он нам сделал выволочку и сказал: «В столовую – только в платьях».

Как-то приехал и говорит: «Давайте я свезу вас в ГУМ, в сотую секцию. Если денег нет, дам взаймы». И повез на своей машине. Приехали мы в ГУМ, на втором этаже эта секция. Гагарин шел впереди, очень быстро: его ведь все узнавали, а он стремился, наоборот, не привлекать внимания. И нас пятеро за ним гуськом бежит. Тут я оглянулась – следом, с такими же сосредоточенными лицами – цепочка женщин. Зашли в эту секцию, дверь закрыли, не пустили никого, отсмеялись. Тогда мы, как сказал Гагарин, «прибарахлились»...

Что меня поражает, это его доклады о полете – совершенно спокойные, деловые, как будто ничего особенного и не происходит. Корабль начал вращаться, как Гагарин говорил: «голова-ноги», а он сидел и даже не знал, чем это может закончиться! Тем не менее, спокойно докладывал. Как можно так себя держать и не впасть в уныние! Человек он был необыкновенный, все эпитеты, которые в превосходной степени к нему обращают, вполне заслужены.

И притом – живой, веселый, очень любил пошутить, подначить кого-нибудь. Леонов и Гагарин – вот два человека, что формировали климат в отряде. Оба были весьма до шуток охочие и мастеровитые. Когда мы готовились к полету, он рассказывал, как при его посадке женщина с теленком появилась, как они испугались и убега-

ли, а он кричал «Я свой, советский!». Хотя у него и на шлеме было написано «СССР».

Гагарин был близкий, хоть и великий – но свой. А Сергей Павлович Королёв, конечно, недосягаемый. Я помню, как он на Байконуре говорил и обещал на госкомиссии: «Вы все будете в космосе». Но когда мы приезжали к нему на фирму, он всегда находил время с нами поговорить. И, несмотря на то, что был принципиальным противником женских полетов, Сергей Павлович относился к нам внимательно.

## «ГАГАРИН БЫЛ ПРОТИВ НАШЕГО ПОЛЕТА»

– Почему же из 12 человек в космосе оказалась только Терешкова?

– В начале пути все одинаково считали, что плох тот солдат, который не мечтает стать генералом, и тому подобное... Но, понимаете, практически все мужчины в Звездном считали, что женщине на корабле не место! И когда мы пришли в отряд, это их несколько не обрадовало. Они считали, что это лишнее. Они все были летчики, а мы – девчонки. Хоть и спортсменки авиационные, но все равно – девчонки, тем более молодые, такого же возраста или младше. Я думаю, это профессиональный эгоизм и ничего больше.

Мне как-то передали слова Юрия Гагарина, которые были сказаны им на мандатной комиссии: «Можно рисковать жизнью мужчин, если это требуется для страны. Иногда можно рисковать жизнью холостых девчонок. Хотя и не стоило бы. Но недопустимо рисковать жизнью матери». Тем не менее, они нас приняли в коллектив, опекали, помогали, поскольку такое решение принято – надо его выполнять.

Наша мечта увядала потихоньку. Второй раз подготовка женской группы началась в 1964–1965 году. Тогда Каманин, это мне точно известно, снова преодолел сопротивление Королёва, который никак не хотел соглашаться на включение нас в программу «Восходов». И снова из-за политических мотивов – потому что экипаж уже летал и осуществил выход в открытый космос. Но на женский полет тоже выход в космос планировался, говорилось, что он «прикроет наше отставание и повысит престиж».

И Королёв, и все космонавты были против, несмотря на то, что мы были друзьями. Почему – мы понимали: у американцев в это же время шла успешная и очень короткая программа Gemini, а наш «Союз» все никак не мог сойти со ступеней, разрабатывался и разрабатывался. В Центре подготовки образовалась длинная очередь на полет из космонавтов-мужчин.

А в 1969 году группу расформировали. Может быть, мы и сами зря привлекли к себе внимание – написали письмо в ЦК КПСС, что в Центре есть группа женщин, которая неоднократно прошла весь курс подготовки. «Все готовы к полету, и потому он обойдется недорого, и вместе с тем послужит на славу...». Изящно было сформулировано. А в ЦК подумали и ответили, что они очень ценят наше стремление послужить Отчизне, но в данный момент Отчизна в этом не нуждается... Становилось все очевиднее, что это бесперспективно. И мы постепенно понимали, что наша группа – как чемодан без ручки: нести тяжело, а бросить жалко.

**– За всю историю советской космонавтики на орбиту поднимались всего три женщины. Недавно на МКС побывала россиянка Елена Серова. В НАСА – 47 женщин. Почему такая большая разница?**

– История развития женской пилотируемой космонавтики у американцев и у нас – прямо противоположные. Американские летчицы имели налет в 1000 часов, но и они сначала пробились, как мы, ходили по инстанциям. Посещали высоких чиновников, дошли до президента с требованием включить их в программу полетов, но ничего не добились. То есть чистейшая дискриминация по гендерному признаку. У нас наоборот – решение о полете женщины было принято ЦК КПСС. А потом очень неудачно склады-

вались обстоятельства. «Союз» запаздывал, дискриминация развивалась тоже. Между прочим, Савицкая полетела в космос через 20 лет после Терешковой, Кондакова – через 10 лет после Савицкой... Уже первые три точки дают убывающую геометрическую прогрессию. Я хочу сказать, что американцы не делили своих астронавтов на мужчин и женщин, а делили на специалистов и профессионалов. Да, они не пускали женщин на «Меркурий» и «Джемини», мотивируя это тяжелыми условиями труда, но потом все же запустили на шаттлы.

**– Расскажите о позывном «Чайка», ведь это вы его придумали?**

– Есть много версий позывного Терешковой – что его Королёв придумал или сама Валя. Но это ошибочные версии, а единственно правильная и достоверная – «Чайку» принесла в женский отряд я. Я участвовала в авиапарадах и летала в составе женской пилотажной группы на Тушинском аэродроме. И все эти годы наша группа имела позывной «Чайка»: однажды специально для нас пошили очень симпатичные голубые комбинезоны, и на аэродроме называли «чаечками». Вот этот боевой позывной и пошел в полет.

## «ТЕМ, КТО ХОЧЕТ В КОСМОС, НАДО ГОТОВИТЬСЯ И ЛЕТЕТЬ»

**– Есть ли какое-то разочарование от того, что вы так и не побывали в космосе?**

– Судьба точно вела меня к ракете, но довела только до подножия, а затем решила бросить... Однако я не помню для себя чего-то особо трагического. Как раз в этом же 1969 году Центр подготовки был реорганизован в Научно-испытательный центр, возникли новые направления работы, и мы все нашли себе нишу в новой организации. Это смягчило горечь расставания. У всех появилось дело жизни. У меня – подготовка и отчасти механика. На этапе общекосмической подготовки молодых космонавтов я читала лекции по механике небесного полета и очень этим увлекалась. Работа была обширной и интересной, и я вполне могу вам ответить, что жизнь в профессии удалась.

**История развития женской пилотируемой космонавтики в США и у нас – прямо противоположные. Американцы не делили своих астронавтов на мужчин и женщин, а делили на специалистов и профессионалов.**



Валентина Пономарева и Жанна Ёркина,  
празднование нового, 1963 года



Летчица Валентина Ковалевская (Пономарева)

А потом началась повседневная жизнь, в которую мы постепенно втягивались. Мы ведь в одном доме жили, встречались на разных мероприятиях и просто на лестничных площадках. Ирина пошла в психологию, Жанна работала с тренажерами, а Татьяна занималась противорадиационной защитой. Все по разным зданиям, комнатам и этажам, но на дни рождения обязательно собирались. Даже когда я переехала из Звездного городка, приезжала к ним, и мы отмечали мой День рождения. Со временем встреч естественным образом становилось меньше, а по телефону мы активно общаемся до сих пор.

У нас было что-то вроде девиза... Мы когда-то на космодроме с Ириной, наверное, уже после запуска Терешковой, пели песню: «Спокойно, дружище, спокойно, у нас еще все впереди». Не совсем девиз, скорее лейтмотив. А еще «Болеро», которое мы друг другу напевали, если кто-то предавался унынию. Это означало: «Перестань киснуть, все будет хорошо!» И потом я вам скажу – того, чего добились Валентина Владимировна Терешкова, таких административных высот, ни одна из нас добиться не смогла бы – другой менталитет, другой характер, по-другому построена личность.

**– Что бы вы могли посоветовать тем девушкам, которые сегодня хотели бы попасть в отряд космонавтов?**

– А я таких девушек не знаю. Однажды проводили открытый конкурс у нас и, насколько я помню, девушки и женщины заявок не подавали. Очень простой совет – готовиться! Чтобы пройти медкомиссию, заботиться о здоровье. Готовиться технически, язык требуется, по крайней мере, английский. Потом идти на конкурс, писать заявление. Вот когда Терешкова слетала, была масса заявлений от женщин, желающих в космос!

Мешками ей письма носили! Так выражается желание. А если их не слышно и не видно – значит, не так уж и хотят.

**– Но, может быть, какое-то стандартное пожелание от себя?**

– Простое и самое главное – бодрости, успехов, и чтобы любили Родину. Мне не нравится сегодняшнее потребительское общество. Я, например, слушаю рекламу и понимаю, что людям прививают гедонистический образ жизни! Но зачем? Не это нужно человеку.

Свобода? Я никогда я не была озабочена ею как проблемой. Даже в Советском Союзе, при том, что была цензура. Сейчас везде кричат: «Свободы не хватает!». Но есть «свобода для» и «свобода от». И когда они кричат об этом, они сами не знают, какую свободу имеют в виду.

**– Валентина Леонидовна, большое спасибо за интервью!**

© Фалилеев М.Н., 2018



**История статьи:**

Поступила в редакцию: 17.10.2018

Принята к публикации: 09.11.2018

**Модератор:** Дмитрюк С. В.

**Конфликт интересов:** отсутствует

**Для цитирования:**

Фалилеев М.Н. «Судьба довела меня до подножия ракеты» // Воздушно-космическая сфера. 2018. №4(97). С. 98-105.