

# ЗА НАУКУ

SAPERE AUDE!

ВЫХОДИТ С 1958 ГОДА

№1 (1965) 2021 ГОД

ПОКОРЯЯ  
КОСМОС



PIVGF

МИШЕНЬ  
КОНТРОЛЯ

РОСКОСМОС  
РОССИЯ  
ЭНЕРГМАШИН

Ю.А. ГАГАРИН

СТАРТОВЫЙ  
ОПЕР



## ОТ РЕДАКЦИИ

Три года назад мы сделали журналы «Дальний космос» и «Шаги в космос», в которых постарались осветить все самое важное по теме освоения космического пространства. Казалось бы, прошло совсем немного времени, но как многое успело произойти. Запущена на орбиту уникальная астрофизическая обсерватория «Спектр-РГ», на Марсе благополучно сели марсоходы «Perseverance» и «Чжучжун», на последней стадии подготовки находится «ЕхоMars». Роскосмос провел успешный запуск ракеты-носителя тяжелого класса «Ангара-А5». Во всех этих проектах и еще во многих — все здесь просто невозможно перечислить — принимают участие сотрудники и выпускники Физтеха. О работе некоторых из них мы рассказываем в номере.

В этом году россияне с гордостью вспоминают первопроходца космического пространства Юрия Гагарина. Юбилей — это возможность переосмыслить влияние событий не только на ход истории, но и на жизнь конкретных людей. Как — узнаете из наших материалов. Мы также обсудили этичность колонизации других планет Солнечной системы и узнали, о чем думают и мечтают сегодняшние студенты, когда речь идет о космосе. И, конечно, мы продолжаем смотреть в будущее, ожидая новых открытий в науках, связанных с космическим пространством.

Корабль «Юрий Алексеевич Гагарин» в составе МКС.  
© Роскосмос

# СОДЕРЖАНИЕ

## НОВОСТИ

- 4 **Новости науки**
- 6 **Новости вуза**
- 8 **МФТИ в СМИ**

## МИНИ-ИНТЕРВЬЮ

- 12 **Космос как предчувствие**

## ГЛАВНОЕ

- 14 **Без заправки до Плутона**  
Настоящее и ближайшее будущее ракетных технологий
- 18 **Гипертяга**  
Реальны ли двигатели на «новой физике»
- 20 **Интегральный ответ**  
Новая микросхема для спутников и программный комплекс «Интеграл Д»
- 22 **Связь на любых координатах**  
Абонентский терминал для спутниковой системы

- 25 **Улыбайтесь, вас снимает МКС**  
Уникальный гиперспектрометр для зондирования Земли

## ИНФОГРАФИКА

- 28 **Эволюция марсоходов**

## КОЛОНКА

- 30 **Николай Горькавый: Зачем нам марсианские города?**

## ИНФОГРАФИКА

- 34 **ЭкзоМарс**

## АКТУАЛЬНО

- 36 **Лунные города**
- 42 **Неземная уборка**
- 47 **Экспедиция исследующая, или право имеем**  
О проблемах права и этики колонизации космоса

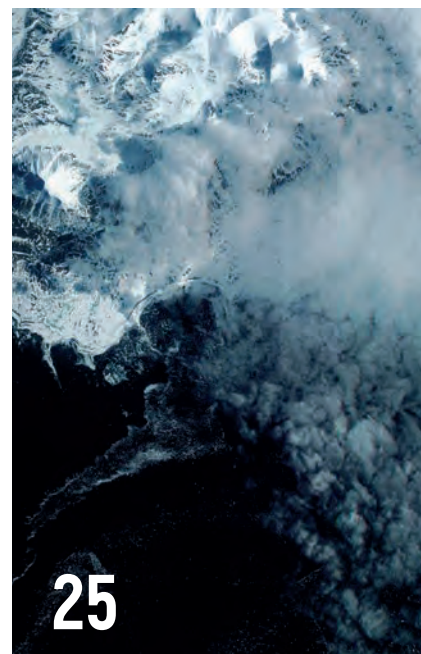
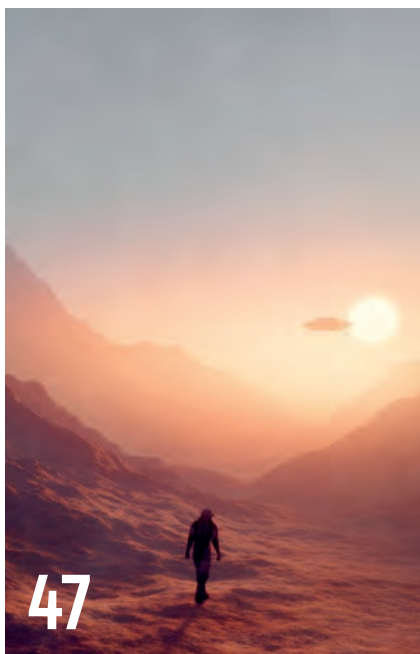
- 52 **Здоровье в полете**  
Вопросы космической медицины

## В ТРЕНДЕ

- 58 **Рэй Брэдбери и ракетное двигателестроение**
- 60 **Ф – значит ФАКИ**
- 62 **S7 разрабатывает**
- 67 **Служба доставки в ближней Солнечной системе**
- 70 **Открыть галактику и обучить марсоход**  
Гражданская наука изучает космическое пространство

## ИНТЕРВЬЮ

- 72 **Космические паруса**  
Николай Севастьянов, заслуженный конструктор РФ
- 78 **Своя дорога**  
Космонавт Юрий Батурин



## №1 (1965) 2021 ГОД

Главный редактор  
Татьяна Небольсина

Арт-директор  
Владимир Кремлёв

Фотограф  
Наталья Арефьева

Инфографика  
Елизавета Егорова

Корреспонденты  
Александра Литвинчук, Сергей Пичугин, Александр Хохлов, Мария Осетрова, Мария Гефен, Варвара Кравцова, Вячеслав Мещеринов, Анастасия Медведева, Елизавета Чернышёва, Елизавета Егорова, Алёна Акимова

Корректор  
Юлия Болдырева

Ректор МФТИ  
Николай Кудрявцев

Проректор по научной работе  
Виталий Баган

e-mail и сайт редакции:  
zn@phystech.edu  
zanauku.mipt.ru

Подписано в печать  
25.05.2021

Тираж 999 экз.

Отпечатано в типографии  
«Сити Принт».  
г. Москва, ул. Докукина, 10/41

Перепечатка материалов  
невозможна без письменного  
разрешения редакции журнала.

Мнения и высказывания, опубликованные в материалах журнала «За науку», могут не совпадать с позицией редакции.



## BACKGROUND

80 Правила жизни от Дмитрия Побединского

## COMMUNITY

82 60 лет вперед  
Победители конкурса  
по заглядыванию в будущее

## РАЗБОР ПОЛЕТОВ

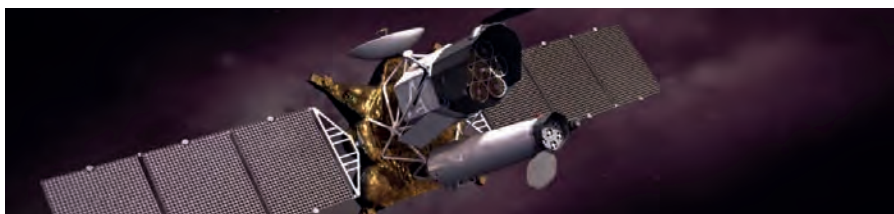
84 Как фантасты покоряют космос

## ФОТОХРОНИКА

90 Жизнь вуза через объектив

## ВЗГЛЯД В БУДУЩЕЕ

92 Послание потомкам

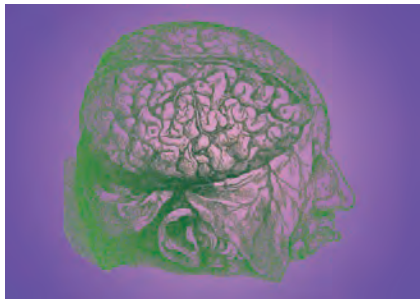


Научный космический аппарат «Спектр-Рентген-Гамма» («Спектр-РГ») — рентгеновская обсерватория. Ее миссия — создание карты видимой Вселенной в рентгеновском диапазоне электромагнитного излучения, на которой будут отмечены все крупные скопления галактик. Спутник создан в АО «НПО им. Лавочкина», а научная программа разработана в Институте космических исследований РАН. Запуск осуществлен 13 июля 2019 года.

На борту работают два рентгеновских телескопа: российский ART-XC имени М. Н. Павлинского и телескоп eROSITA, созданный в Германии. За 15 месяцев практически непрерывной работы по сканированию неба детекторы телескопа зарегистрировали около миллиарда рентгеновских фотонов.

На обложке: Карта всего неба СРГ/eROSITA © М. Гильфанов, Е. Чуразов (от ИКИ РАН), Н. Brunner, J. Sanders (от МПЕ). Карта построена телескопом eROSITA в рентгеновских лучах.

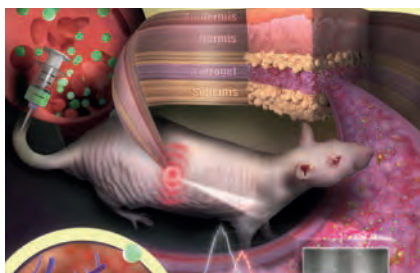
## ПОТЕНЦИАЛ ЗОМБИ



© U.S. National Library of Medicine

Сотрудники нескольких исследовательских центров США, координируемые Университетом Иллинойса в Чикаго, выяснили, что в коре человеческого мозга экспрессия некоторых генов сохраняется и повышается в течение 24 часов после смерти. Ранее такие особенности наблюдались в коре мозга только животных и рыб. Исследование показало, что функции генов мозга, отвечающие за базовые клеточные процессы, продолжают быть активными на протяжении суток после смерти. Эти результаты могут использоваться для академического посмертного изучения тканей мозга, а также в судебно-медицинской экспертизе.

## ПОДКОЖНОЕ ЧИПИРОВАНИЕ



© Nanobiotechnology Group, JGU

## МАРСИАНИН – 2021

Новый марсоход NASA был отправлен для поиска признаков жизни в прошлом, сбора образцов грунта и горных пород. Perseverance также исследует, возможно ли отправить первых людей на Марс. Марсоход укомплектован уникальным оборудованием: расположенный на нем дрон Ingenuity сумел подняться на высоту три метра и продержаться в воздухе 40 секунд, став первым в истории вертолетом на Марсе. Он будет использоваться для разведки поверхности при



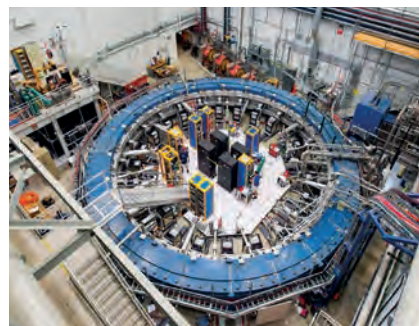
© NASA

прокладке маршрута марсохода. Экспериментальный прибор MOXIE, также установленный на марсоходе, позволил совершить прорыв и впервые преобразовать часть атмосферы Марса, богатой углекислым газом, в кислород.

## с 1960 года ЧЕЛОВЕЧЕСТВО ПРЕОБРАЗОВАЛО ПЯТУЮ ЧАСТЬ СУШИ

Ученые из Университета Гутенберга (JGU) в Майнце, Германия, продемонстрировали прототип датчика для измерения веществ в крови «не больше монеты и тоньше миллиметра». Датчик использует модифицированные наночастицы из золота, погруженные в биосовместимый гидрогель. В него после имплантации датчика под кожу и врастают капилляры, которые позволяют фиксировать состояние состава крови. Этот датчик был успешно испытан на лабораторных животных.

## АНОМАЛЬНЫЕ МЮОНЫ



© Reidar Hahn, Fermilab

В результате эксперимента Muon g-2 ученые из Национальной ускорительной лаборатории им. Энрико Ферми, США, измерили аномальный магнитный момент мюонов и подтвердили несовершенство Стандартной модели квантовой механики. Вероятно, вскоре будут открыты новые фундаментальные частицы. На сегодня завершена обработка только шести процентов всей информации, которые должен собрать Muon g-2.

## СЪЕДОБНАЯ ПЛЕНКА



© УрФУ

Ученые из Университетов Шри Венкатешвары и Шри Падмавати Махила Висвавидялаям (Тирупати, Индия), Уральского федерального университета и Института органического синтеза УрО РАН создали три вида пищевых пленок, безопасных для человека и природы и способных растворяться в воде.

Исследователи использовали альгинат натрия — природный полимер из морских водорослей — в качестве основы и сшили его молекулы природным антиоксидантом — феруловой кислотой. Новая упаковка может создаваться производителями пищевых продуктов — для этого не требуется специального оборудования.

## ПРАРОДИТЕЛЬ КЛЕТОК



## НОВАЯ «ЧЕРНАЯ МОЛНИЯ»

Специалисты Института теплофизики Сибирского отделения РАН приступили к созданию аэромобиля с циклическими двигателями. Первые полеты запланированы на 2022 год. Планируется, что «Циклокар» сможет поднимать 600 килограммов или шесть человек, будучи 6,2 метра в длину и 6 метров в ширину. Максимально возможная скорость — 250 км/ч, а дальность полета — 500 км. Летящая машина сможет садиться на наклонную поверхность — до 30 градусов — и причаливать



© ФПИ

к вертикальным поверхностям. Управлять аппаратом можно будет из кабины, через гаджет по Интернету или из наземного пункта управления.

## РЕВОЛЮЦИЯ В ДНК-ИССЛЕДОВАНИЯХ



© phys.org

Ученые из Центра геогенетики Фонда Лундбек при Копенгагенском университете (Дания) и Кембриджского университета (Великобритания) доказали, что можно исследовать уже исчезнувшие виды живых существ на основе почвы, в которой остались следы их жизнедеятельности. Ранее считалось, что обязательно необходимы останки животных. Выводы были сделаны на основе секвенирования фрагментов ДНК из испражнений вымерших медведей, а затем сравнения их с геномами других медведей. Метод может быть использован для исследования и других видов.

Исследователи из Йельского университета и клиники Майо, США, создали метод восстановления клеточной родословной человека до первых моментов развития. Ученые выяснили, что прародитель большинства клеток в человеческом организме появляется после первого деления зиготы. Выводы были сделаны на

основе исследований искусственно выращенных стволовых клеток: секвенирования и сравнения их геномов. Ученым удалось сформировать родословную клеток от зародыша до третьего деления. Уже сейчас можно создавать клеточную родословную на других стадиях или для других живых организмов.



### МФТИ – обладатель статуса федеральной инновационной площадки

Министерство науки и высшего образования присудило МФТИ статус федеральной инновационной площадки. В рамках данной программы на Физтехе будет реализован проект «Университетский HR – инновационные технологии и цифровые возможности». Цель – создание экосистемы цифровых HR-сервисов, развитие человеческого капитала университета и распространение разработанного инструментария между вузами.



### На базе МФТИ откроется лаборатория программируемых функциональных материалов Константина Новосёлова

Лаборатория нобелевского лауреата Константина Новосёлова станет первым проектом Центра изучения мозга и сознания. Деятельность лаборатории будет направлена на разработку инструментов для изучения мозга, таких как сверхчувствительные сенсоры на основе «умных» материалов, перспективные интерфейсы между компьютером и человеком, а также создание технологических основ для будущих нейроморфных процессоров.

### МФТИ и Московская школа программистов стали сотрудничать

Сотрудничество позволит потенциальным абитуриентам познакомиться с МФТИ на мастер-классах и лекциях от преподавателей и исследователей с Физтеха, узнать об актуальных направлениях научной работы в области Computer Science и принять участие в исследованиях. Планируется создание научной группы под руководством ученых из МФТИ на базе отделения МШП в Физтехпарке. Школа программистов

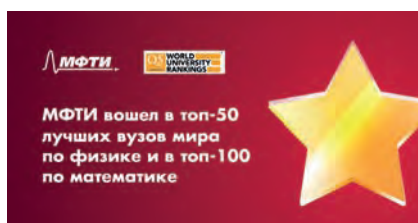
совместно с МФТИ разработает и запустит онлайн-курс по решению олимпиадных задач и подготовке к олимпиаде ФПМИ и создаст очное олимпиадное отделение для учеников МШП на базе Физтеха.



### В МФТИ откроется новая Физтех-школа

Физтех-школа бизнеса высоких технологий открывает в новом учебном году магистерскую программу, адресованную специалистам, имеющим высокий уровень технического, ИТ-,

инженерного или естественно-научного образования, но желающим нарастить свои компетенции в области экономики, менеджмента и технологического предпринимательства. В качестве стратегического партнера и базовой организации новой Физтех-школы выступает «Сбер». Руководить Школой будет Мария Сигова, ректор Международного банковского института. Набор начнется с 18 июня. В 2021 году бюджетного приема на новую программу не предусмотрено, но 50 лучших магистрантов, успешно прошедших вступительные испытания, будут обеспечены образовательными грантами.



### МФТИ вошел в 50 лучших вузов мира по физике и 100 лучших по математике

Аналитическое агентство QS Quacquarelli Symonds опубликовало результаты рейтинга лучших университетов мира по направлениям

подготовки QS World University Rankings by Subject 2021. Всего МФТИ представлен в трех из пяти направлений, исключая гуманитарные. При этом по направлению «Естественные науки» (Natural Sciences) вуз занял 66-ю позицию в мировом рейтинге и 2-е место среди российских вузов, в «Инженерных науках и технологиях» (Engineering and Technology) – 186-е место в мире, 5-е место в России, а в направлении «Науки о живом и медицина», в предмете «Биологические науки» (Biological Sciences) – позицию 301–350 и 4-е место в РФ.





### МФТИ провел физнеделю в «Сириусе»

С 22 по 27 февраля физики из МФТИ провели физическую неделю в рамках февральской естественно-научной программы в образовательном центре «Сириус» в городе Сочи. Общая цель всей программы — познакомить школьников с теми методами и подходами физики, химии и биологии, которые применяются в исследованиях на стыке наук.



### МФТИ и ВТБ откроют совместную лабораторию

Ректор МФТИ Николай Кудрявцев и заместитель президента-председателя правления ВТБ Вадим Кулик подписали соглашение о создании лаборатории «Машинное обучение в банковских технологиях». Первыми проектами лаборатории станут прикладные разработки приложений и сервисов распознавания речи для улучшения клиентской поддержки ВТБ. Еще одним направлением совместной работы будут исследования в области определения психоэмоционального состояния персонала банка с помощью нейросетей. Кроме того, ВТБ и МФТИ будут разрабатывать математические модели для повышения эффективности работы банка, а также технологии для бизнес-партнеров ВТБ. Лаборатория открывается на базе Физтех-школы прикладной математики и информатики.



### «Ростсельмаш» и МФТИ подписали соглашение о сотрудничестве

В рамках совместной работы планируется разработка инновационных систем для локализации сельскохозяйственной техники и проект по диагностике работы агромашиной для раннего выявления и предупреждения поломок. Для МФТИ заключение соглашения о сотрудничестве с компанией «Ростсельмаш» — очередной шаг в развитии научных лабораторий при создании условий для наращивания исследовательских компетенций у студентов.



### Первые командные игры дронов

Соревнования были организованы лабораторией перспективных систем управления МФТИ, Физтех-школой аэрокосмических технологий, Онлайн-университетом Skillbox и Школой беспилотной авиации UAVProf. Мероприятие прошло при поддержке Фонда целевого капитала МФТИ. Заявки на участие подали школьники и студенты из России, Беларуси, Казахстана, Киргизии, Индии и Египта. Всего в соревновании приняли участие 69 команд общей численностью 165 человек. Соревнования проводились в режиме онлайн в реалтайм-симуляторе на цифровых двойниках реальных моделей квадрокоптеров. Три команды-победителя разделили между собой призовой фонд в размере 500 000 рублей.

## ПОБЕДЫ И КОНКУРСЫ

### Рейтинг THE Emerging Economies University Rankings 2021

МФТИ: 11-е место в мировом зачете и 2-е — среди российских вузов.

### Премия ESRF «Молодой ученый года»

Обладатель: Валентин Борщевский, заместитель заведующего лабораторией перспективных исследований мембранных белков МФТИ.

### Премия Research Excellence Award Russia 2021

Обладатель: Василий Голубев, выпускник МФТИ, старший научный сотрудник лаборатории прикладной вычислительной геофизики МФТИ.

### Конкурс Dialogue: Russian News Clustering and Headline Selection – Clustering

Победитель: Леонид Пугачев, сотрудник лаборатории нейронных систем и глубокого обучения МФТИ в команде с Алимом Адельшиным — студентом, проходящим стажировку в лаборатории в рамках Science Club.

### Премия Правительства Москвы

Лауреаты: молодые ученые МФТИ Александр Гасников, Павел Двуреченский и Дмитрий Свинцов.

## ПОБЕДЫ И КОНКУРСЫ

**Первая премия во Всероссийском конкурсе научно-исследовательских работ «Технологии искусственного интеллекта военного, двойного и специального назначения»**

**Победители:** ведущие сотрудники лаборатории волновых процессов и систем управления МФТИ — Дмитрий Шишков, Михаил Зарипов и Алексей Старостенко под руководством заведующего лабораторией Романа Горбачева.

**Всероссийский студенческий турнир физиков**

**Победители:** сборная «√!» (студенты из МФТИ и МГУ).

**Конкурс президентской программы РФ**

**Победители:** три проекта от ученых МФТИ Георгия Федорова, Николая Борисова и Дмитрия Свинцова.

**Медаль Макса Планка**

**Обладатель:** Александр Поляков, выпускник МФТИ, главный научный сотрудник Института теоретической физики им. Л. Д. Ландау.

**Премия фонда Ганса Эггенбергера для молодых ученых**

**Лауреат:** Максим Карпов, выпускник МФТИ, исследователь в Федеральной политехнической школе Лозанны.

# СМИ О НАС

## Forbes

**Окончившие Физтех бизнесмены запустили эндаумент для помощи студентам**

Выпускники МФТИ, среди которых бизнесмены из списка Forbes и участники рейтинга «30 до 30», запустили фонд целевого капитала для покрытия базовых потребностей студентов. На деньги, собранные фондом, планируется обеспечить учащихся Физтеха бесплатным интернетом, питанием и другими условиями.

## CNews

**Замминистра экономического развития Оксана Тарасенко в интервью CNews – о развитии искусственного интеллекта в России**

CNews: Какие достижения российских разработчиков по искусственному интеллекту, на ваш взгляд, заслуживают внимания в международном масштабе?

Оксана Тарасенко: Я считаю, что главное достижение России — это сами разработчики, их таланты и высочайшая компетенция. Например, команда МФТИ с проектом iPavlov стала одной из десяти команд, вышедших в полуфинал престижного международного конкурса в области ИИ Alexa Prize Socialbot Grand Challenge.

## Коммерсантъ®

**Темные тайны и светлые стороны двумерного мира**

Ведущие российские ученые в области фотоники и двумерных материалов из МФТИ вместе с коллегами из Швеции и Италии определили оптические свойства двумерного полупроводника толщиной в единичный слой атомов молибдена и серы и обнаружили «темный» экситон, который ранее никому не удавалось наблюдать экспериментально. Данный переход позволяет определять даже небольшие количества органических веществ, что делает его привлекательным для создания биосенсоров.

## Популярная Механика

**Физики МФТИ приблизили создание квантового компьютера в России**

В лаборатории искусственных квантовых систем МФТИ впервые в России создана квантовая интегральная схема на основе пяти сверхпроводниковых кубитов. Она приближает создание полномасштабных универсальных квантовых процессоров и симуляторов. Эту полностью управляемую многокубитную квантовую схему можно считать прототипом квантового процессора, каких в мире пока совсем немного.



## Бывший министр образования возглавит МФТИ

Дмитрий Ливанов сменил на этой должности члена-корреспондента РАН Николая Кудрявцева, который руководит МФТИ с 1997 года. В прошлом году Кудрявцеву исполнилось 70 лет.<...>Как заявили в ве-

домстве, период, предшествующий вступлению Ливанова в должность, «должен обеспечить преемственность научного и организационного руководства вузом».<...> Николай Кудрявцев заявил, что уважает опыт Ливанова в качестве министра, а некоторые инициативы, которые он продвигал, были развиты в МФТИ. «Он прошел непростой путь — «с низов» до больших высот, при этом сочетает в себе научные и управленческие компетенции», — отметил ректор



## МГУ, МФТИ и СПбГУ стали лучшими вузами России в естественно-математической сфере

На положение вузов в списках агентства RAEX влияли три фак-

тора — востребованность выпускников на рынке труда, качество образования и научные результаты. «В новые рейтинги включены российские вузы, которые лучше всего готовят «технарей». Публикуемые списки, несомненно, заинтересуют работодателей, испытывающих потребность в обновлении кадрового состава», — отметил генеральный директор рейтингового агентства Дмитрий Гришанков



Российская Газета  
**RG.RU**

## МФТИ запускает шесть новых онлайн-курсов

Получить топовое техническое образование, не выходя из дома? Легко. Так, недавно на платформе массового онлайн-образования Coursera Московский физико-технический институт вместе с партнерами запустил шесть новых образовательных курсов. А всего их теперь больше 80, и почти полмиллиона слушателей. <...> Среди новых курсов — введение в Microsoft Power BI, один из самых популярных инструментов бизнес-аналитики в мире. Курс Competitive Programming for Beginners — англоязычная версия сверхпопулярного курса МФТИ «Быстрый старт в спортивное программирование», собравшего уже более 13 тысяч слушателей и признанного лучшим в области программирования по версии EdCrunch.

# Forbes

## Quantum Tunneling Opens New Paths Of Exploration In Wireless Communications

Recently, scientists from three international universities — Moscow Institute of Physics and Technology (MIPT), Moscow Pedagogical State University and the University of

Manchester — created a highly-sensitive terahertz detector. The teams created the «detector based on the effect of quantum-mechanical tunneling in graphene.» What this means is that, while we have come to believe that the most advanced wireless communication methods are driven by 5G networks, this discovery, in fact, makes it possible

to surpass the 5G connectivity capabilities and step away from traditional semiconductors and superconductors used for communication transfer. This graphene detector has brought forth the possibility of applications «in wireless communications, security systems, radio astronomy, and medical diagnostics.»



# **12 АПРЕЛЯ 1961**

**60 лет назад Юрий Гагарин первым совершил орбитальный полет вокруг Земли. 108 минут, за которые он на корабле «Восток» облетел планету, изменили жизнь каждого человека. Мечта в одночасье стала реальностью. Путь для исследования космического пространства на благо всего человечества был открыт. Тысячи людей после этого связали свою профессию с космосом.**

# КОСМОС КАК ПРЕДЧУВСТВИЕ

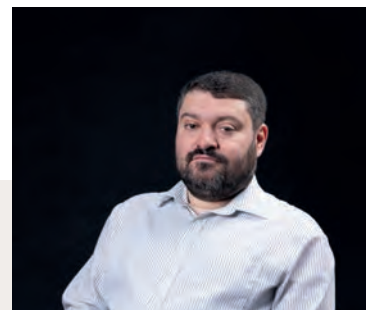
Беседовала Варвара Кравцова



**Николай Кудрявцев,**  
ректор МФТИ

Не могу сказать, что космос повлиял на выбор моей профессии, но моя профессия так или иначе связывала меня с космосом. Конечно, в 60-е годы каждый мечтал стать либо космонавтом, либо физиком. Но в жизни всегда есть события, которые ее кардинально меняют, и такое событие произошло со мной в октябре 1966 года, когда на последней странице «Комсомольской правды» я обнаружил информацию о Физтехе. Меня привлекла фраза о том, что вуз готовит ученых и инженеров по новым направлениям исследований, а студенты проходят практику в научных и исследовательских организациях. Я загорелся этой идеей и решил посвятить свою жизнь именно физике. Потом, уже работая на Физтехе, я аккредитовал и запустил установку для моделирования набе-

гающего потока для возвращаемых аппаратов для программы «Буран». На такой космический корабль максимальные тепловые нагрузки приходится на высоте около 75 км. В то время никто не понимал, как точно рассчитать тепловую нагрузку при посадке, потому что атмосфера разрежена, ударная волна разбивает молекулы на атомы, и такая активная смесь проникает до поверхности аппарата. Примерно половина теплового потока на космический аппарат идет от рекомбинации атомов на поверхность. Поэтому, подбирая покрытия толщиной всего в пару сотен микрон, которые не дают атомам рекомбинировать на поверхности, можно кардинально, на тонны снизить вес тепловой защиты. Покрытия делали другие, а мы их испытывали в разных режимах, штатных и нештатных, на основе чего и был осуществлен их отбор для практических применений.



**Андрей Райгородский,**  
директор Физтех-школы прикладной математики и информатики (ФПМИ)

Хотя в детстве я не мечтал стать космонавтом, сам космос всегда мне был интересен. Началось все с рассказов моего дедушки, он был непосредственно связан с космосом и работал в Химках, в НПО им. С. А. Лавочкина. Долгие годы он участвовал в научных проектах, в том числе в разработке луноходов, и рассказывал мне про вычисления траекторий космических аппаратов. Позже, уже учась в старших классах школы, я любил читать разного рода литературу, связанную с астрофизикой, мне была близка романтика огромных чисел и сложных космогонических теорий. Забавно, что в итоге я стал специалистом в комбинаторике и теории графов, которые далеки от математики, используемой для исследования космоса. Однако главное, что математиком я стал и верю, что космос сыграл в этом весьма позитивную роль.

**60-Е ГОДЫ – ВРЕМЯ ПЕРВЫХ ПОЛЕТОВ В КОСМОС, ТОГДА ЕЩЕ СОВЕРШЕННО НЕИЗВЕДАННЫЙ, МАНЯЩИЙ СВОИМИ ЗАГАДКАМИ. ВРЕМЯ ТРИУМФА И ГОРДОСТИ. МЫ СПРОСИЛИ РУКОВОДИТЕЛЕЙ И УЧЕНЫХ ФИЗТЕХА, ВЫБРАВ РАЗНЫЕ ПОКОЛЕНИЯ, СПЕЦИАЛИЗАЦИИ И ТОЧКИ ЗРЕНИЯ, О ТОМ, ЧТО ДЛЯ НИХ ЗНАЧИТ КОСМОС, С ЧЕМ АССОЦИИРУЕТСЯ КОСМИЧЕСКАЯ РОМАНТИКА 60-Х И ВОЗНИКАЛО ЛИ КОГДА-ТО ЖЕЛАНИЕ САМИМ БЫТЬ КОСМОНАВТАМИ. ДЕЛИМСЯ ОТВЕТАМИ С ВАМИ!**



**Марина Невская,**  
проректор по международной работе МФТИ

Я, как многие советские дети, мечтала полететь в космос. Для нас каждый космический полет был огромным событием. Мы знали всех космонавтов по имени и неудачные миссии, а тем более гибель героев переживали всей страной. Мы мечтали о встрече с инопланетянами и путешествиях к звездам. Моя мечта о космосе серьезно повлияла на круг чтения и дальнейшую самореализацию. В нашей семье был абсолютный культ научной фантастики. Любовь к этим книгам подтолкнула меня к изучению иностранных языков, и позже я перечитала своих любимых авторов на языке оригинала, а с Рэем Брэдбери мне даже удалось поработать вместе над переводом одного из его рассказов.



**Елена Нохрина,**  
заместитель заведующего лабораторией фундаментальных и прикладных исследований релятивистских объектов Вселенной

Космос манил меня с детства. Еще в школе я нашла в семейной библиотеке книгу Иосифа Шкловского «Вселенная, жизнь, разум», позже я столкнулась с великолепной книгой Карла Сагана «Космос», и меня больше всего заинтересовало исследование планет. В книге просто потрясающе описаны все миссии и аппараты, которые в то время направляли люди к далеким планетам. Очень подробно рассказано о миссиях на Венеру, где только СССР сумел высадить своей научный десант. Аппарат в условиях высочайшей температуры передал на Землю только одну фотографию и сразу расплавился. Захватывали и полеты на Марс: подробно описаны все попытки и досадные ошибки,

которые не позволили советской миссии высадиться на Красной планете: была заранее разработана программа посадки, но на Марсе началась буря, и аппарат не смог сесть. Американцы учли наши ошибки и включили в программу посадки возможность полета по орбите планеты в ожидании более комфортных условий. В итоге на Марсе был проведен тест на изменение химического состава газа в пробирке с марсианской почвой, что могло быть признаком жизнедеятельности бактерий. Но впоследствии выяснилось, что это всего лишь химически активная глина, которая есть и на Земле. Именно эти решения произвели настолько сильное впечатление, что я мечтала стать инженером. В итоге я поступила на Физтех, на кафедру проблем физики и астрофизики, где занимались не практикой, а теорией, но космическая направленность осталась — мой юношеский порыв меня не обманул.

# БЕЗ ЗАПРАВКИ ДО ПЛУТОНА

*Владимир Сергеев*



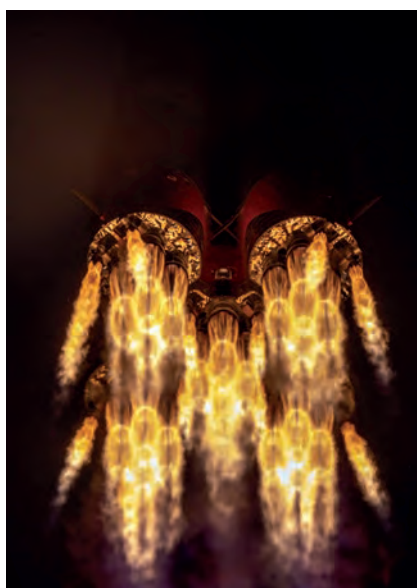


## РАКЕТНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, С ПОМОЩЬЮ КОТОРЫХ МЫ ЛЕТАЕМ СЕГОДНЯ В КОСМОС, ДОСТИГЛИ СВОЕГО ПРЕДЕЛА. СТОИТ ЛИ МАСШТАБИРОВАТЬ ИХ, ЧТОБЫ, НАПРЯГАЯ ВСЕ СИЛЫ И ТЕРПЯ НЕУДОБСТВА, РАСШИРЯТЬ СВОЕ ПРИСУТСТВИЕ В КОСМОСЕ? ИЛИ ЛУЧШЕ КОПИТЬ ЗНАНИЯ И ЖДАТЬ ПОЯВЛЕНИЯ «НОВОЙ ФИЗИКИ», КОТОРАЯ ОТКРОЕТ БЫСТРУЮ И УДОБНУЮ ДОРОГУ В ГЛУБОКИЙ КОСМОС, А ЧЕЛОВЕЧЕСТВО ПОВЗРОСЛЕЕТ НАСТОЛЬКО, ЧТОБЫ ЗАНИМАТЬСЯ КОСМОСОМ СООБЩА?

### ПОЛЕТЫ ЗА СЧЕТ ХИМИИ И ФИЗИКИ

Не только выход из гравитационного поля Земли, но и все перелеты к Луне, а в будущем — к ближайшим планетам осуществляются и будут осуществляться с помощью жидкостных ракетных двигателей, использующих химическую энергию топлива. В качестве топлива в них используются такие композиции, как «кислород — керосин», «кислород — водород», «кислород — метан», азотный тетраоксид и несимметричный диметилгидразин, а также другие. Наиболее эффективной и отработанной в России топливной парой является «жидкий кислород и керосин», обладающая высокой плотностью и необходимыми термодинамическими характеристиками, позволившими создать целую плеяду высоконадежных ракетных двигателей. Относительно новым является использование метана в качестве ракетного горючего. Выделение энергии на единицу топлива при сгорании метана ниже, чем у кислород-водородной системы, но выше, чем при сгорании керосина. При этом энергетические характеристики ракет на метане и керосине близки ввиду низкой плотности метана по сравнению с керосином

(примерно вдвое), что приводит к росту сухой массы баков ракеты. «Мы считаем, что метановая система больше подходит для создания многоразовых двигателей благодаря упрощению межпусковой обработки внутренних полостей двигателей», — говорит генеральный директор Исследовательского центра им. М. В. Келдыша Владимир Кошляков. По его словам, в центре разработана концепция метанового двигателя, и чертежи переданы в конструкторское бюро для изготовления прототипа.



Запуск ракетных двигателей.  
© Роскосмос

Уже не один десяток лет для энергообеспечения спутников и пилотируемых космических кораблей используется эффективное, но при этом весьма токсичное топливо — гидразин. Он сильно ядовит, так что заправлять его приходится в защитном скафандре. Поэтому популярным направлением разработок стал поиск «зеленого» ракетного топлива на замену гидразину.

### Относительно новым является использование метана в качестве ракетного горючего

Хотя потенциал ракет на базе жидкостных двигателей выработан практически полностью, летать на них придется еще лет 20–30. Повысить их транспортную эффективность может концепция использования ресурсов на месте (ISRU, in situ resource utilization), которую продвигают NASA и Илон Маск. Предлагается заправлять ракету в один конец, а потом вырабатывать топливо на обратный путь из местных ресурсов (например, добытая вода расщепляется на кислород и водород, а водород связывается с местным углеродом в метан). Опора на местные



Заправка компонентами топлива разгонного блока. © Роскосмос

ресурсы — еще одна причина, по которой перспективные ракеты SpaceX оснащаются метановыми двигателями.

Помимо химических, есть электроракетные двигатели (ЭРД), преобразующие электрическую энергию в кинетическую. Так, Центр Келдыша делает двигательные установки, в которых используется эффект Холла, а также ионные двигатели. Последний тип представляет собой ускоритель частиц, в котором процессы ионизации и ускорения разделены. Рабочим телом служит инертный газ (ксенон или аргон), который ионизируется в электромагнитном поле и с высокой скоростью истекает из сопла. В 10 раз быстрее, чем истекает окисленный водород, метан или керосин. Ионный двигатель может работать очень долго, рабочее тело расходует экономно, но удельная тяга у него слабенькая (несколько десятков миллиньютонов на киловатт прилагаемой мощности; у холловского двигателя тяга немного выше). Если химическая ракета довозит полезную нагрузку до Луны за трое суток, то ионный двигатель будет тянуть два месяца. Зато вместо 5 тонн «химии» требуется всего 200 килограммов

ксенона. Поэтому ионные и холловские двигатели используются для космических аппаратов, которым некуда спешить. Например, геостационарные спутники, живущие 15 лет, можно двигать на их конечную орбиту месяцами. «Наш ионный двигатель ИД-200 КР, предназначенный для коррекции геостационарных орбит, — отмечает Владимир Кошлаков, — за год непрерывной работы израсходует около 70 кг ксенона». На аппарате Dawn, недавно завершившем исследование Цереры, помимо гидразиновых, стояли ионные двигатели с запасом ксенона 425 килограммов, которого хватило на 11 лет.

**Ионный двигатель может работать очень долго, рабочее тело расходует экономно, но удельная тяга у него слабенькая**

Электроракетные двигатели, чтобы работать маршевыми движками межпланетных кораблей, должны иметь мегаваттную мощность. Получить ее, по всей видимости, можно в сильноточных ЭРД на

жидкометаллическом ракетном топливе (висмут, литий, калий, цезий). Такие двигатели должны развивать тягу до 20–30 ньютонов и обеспечивать скорость истечения 20–30 км/с. В 1975 году подобный двигатель, работающий на калии, был испытан в СССР на спутнике «Космос-728» (его электрическая мощность составила 3 кВт, а скорость истечения — около 30 км/с). Можно ожидать, что в ближайшем будущем интерес к разработке сильноточных ЭРД возобновится. А вот интерес к космической ядерной энергетике уже возродился.

## МИРНЫЙ КОСМИЧЕСКИЙ АТОМ

«На мой взгляд, у ядерной энергетики в космосе альтернативы нет, — утверждает Владимир Кошлаков. — Химические двигатели работают сотни секунд; электроракетные на основе солнечных батарей эффективны вблизи Солнца. Далеко от Солнца может работать только ядерный реактор. Поэтому этой темой сейчас занимается весь мир».

Работы по использованию ядерной энергии в космосе велись во многих странах, но только в СССР ядерные энергоустановки были успешно использованы более чем на 30 космических аппаратах в 70–80-х годах XX века. Правда, в 1989 году на ядерные реакторы в космосе был наложен мораторий, и все работы по ним были свернуты. Однако потребность в принципиально новых космических кораблях никуда не исчезла, и в 2009 году в России совершили новый подход к космическому атомному снаряду. Головной организацией в координации проекта по созданию транспортно-энергетического модуля на базе ядерной энергодвигательной установки мегаваттного класса стал Центр Келдыша. Эскизный проект был утвержден в 2012 году, а к 2018-му успешно завершились испытания наземного прототипа установки с использованием тепловых имитаторов ядерного реакто-

ра. На предприятиях-партнерах был испытан ряд составных частей прототипа установки, в том числе система преобразования энергии, турбогенераторы, теплообменные аппараты, средства сброса низкопотенциального тепла в космос и электроракетные двигатели. Головной исполнитель по «атомной» части — Научно-исследовательский и конструкторский институт энерготехники (НИКИЭТ) имени Н. А. Доллежаля — разработал компактный ядерный реактор. В конце 2020 года российский ядерный космический проект двинулся дальше. Роскосмос подписал с КБ «Арсенал» контракт на 4,2 млрд рублей на разработку аванпроекта по созданию космического буксира — опытно-конструк-

торскую работу «Нуклон» (корабль назвали «Зевс»). На нем планируется летать не только на Луну, но также на Венеру и Юпитер. «Нуклон» является логичным развитием проекта транспортно-энергетического модуля и, в соответствии с принятыми решениями, наследует весь комплекс полученных научных, технологических и проектно-конструкторских результатов. По словам научного руководителя Института космических исследований РАН Льва Зеленого, речь идет об автоматическом аппарате, который сможет облететь Солнечную систему не за 40 лет, как американский «Вояджер», а гораздо быстрее. Но сроки опять сдвинулись: следующая плановая дата запуска российского «ядерного буксира» — 2030 год.

**Если мы хотим долететь до Марса не за 7–8 месяцев без обратного билета, а за два-три, да еще и вернуться обратно, нужен космический корабль на ядерной тяге**

Работы по созданию космических средств с использованием ядерной энергии ведутся в США, европейских странах и Китайской Народной Республике. Благодаря прорывным работам Россия имеет на сегодня существенные преимущества в этой ключевой области развития космонавтики.



# «ГИПЕРТЯГА»

Игорь Пичугин

## РАСШИРЕНИЕ КОСМИЧЕСКОЙ ЭКСПАНСИИ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА НА ДАЛЬНИЕ И ОСОБЕННО МЕЖЗВЕЗДНЫЕ РУБЕЖИ ТРЕБУЕТ ПРОРЫВА В «НОВУЮ ФИЗИКУ».

**В** 1965 году фантаст и футуролог Артур Кларк в своей книге «Черты будущего» писал: «Будем откровенны: ракета — малоцелесообразное средство транспорта... Мы обязательно должны найти способ потише, почище и понадежнее». В таблицу с предсказаниями основных путей развития науки и техники до 2100 года он поместил на период 2050–60 гг. появление некоей «гипертяги», связанной с возможностью управляемого «искривления времени и пространства». Первое теоретическое обоснование «гипертяги» появилось в 1994 году. Физик-теоретик Мигель Алькубьерре, посмотревшись сериала «Звездный путь», нашел решение гравитационных уравнений Эйнштейна для конфигурации, которую называют «пузырь Алькубьерре». Если космический корабль может создавать перед собой сгущение пространства-времени, а

позади — разрежение, это позволит ему перемещаться вместе с таким пузырем даже со сверхсветовыми скоростями относительно внешнего наблюдателя. Варп-двигатель, как его стали называть, не противоречит общей теории относительности (которая, впрочем, не учитывает квантовую гравитацию), кроме того, согласно инфляционной модели Вселенной, такое расширение пространства-времени уже происходило сразу после Большого взрыва. Проблема в том, что двигатель должен состоять из вещества с отрицательной плотностью энергии, про которое ничего достоверно не известно, хотя на современном этапе считается, что Вселенная на 95% состоит как раз из такой «темной» материи и энергии.

**Варп-двигатель не противоречит общей теории относительности**

Это принципиальное ограничение недавно было снято. Сначала в 2020 году Эрик Ленц из Геттингенского университета предложил использовать в качестве варп-пузыря солитоны из классической электронной плазмы, подчиняющейся уравнениям Максвелла и Эйнштейна. В теории все должно работать, вот только масса, которую необходимо преобразовать в энергию для создания такого солитона, по оценкам Ленца, составляет несколько масс Юпитера. К тому же непонятно, можно ли выжить внутри солитона и как остановить его в нужной точке. Затем Алексей Бобрик и Джанни Мартир из Нью-Йоркской лаборатории прикладной физики перспективных двигателей «разрешили» варп-двигателю состоять из обычной барионной материи, но только для субсветовых скоростей. Их статья вышла в мартовском номере журнала *Classical and*



Ученые NASA в сотрудничестве с художником создали реалистичные концепции того, как может выглядеть звездолет с варп-двигателем



«Невозможный» двигатель EmDrive легко сделать, но очень трудно обосновать его работу

Quantum Gravity за этот год. Авторы распространили идею двигателя Алькубьерре на более широкий класс искажений пространства-времени, чем изначально предлагал ученый. И оказалось, что субсветовые варп-двигатели допускают не только отрицательную, но и положительную плотность энергии. Авторы пишут: «Варп-двигатели оказываются гораздо более простыми и менее таинственными объектами, чем может показаться по изучению популярных источников, посвященных работе Алькубьерре».

## ТАЙНА МЕДНОГО ВЕДРА

Неудивительно, что идеи Алькубьерре не дают покоя ученым, журналистам и просто «болельщикам». В 2015 году NASA даже пришлось опровергать слухи о практической разработке варп-двигателя. На самом деле инженеры маленькой (всего пять человек) лаборатории NASA Eagleworks протестировали в вакууме электромагнитный двигатель EmDrive и даже измерили его тягу на уровне 1 мН/кВт. Этот удивительный «невозможный» двигатель сделать как раз легко: нужно соединить волноводом магнетрон из микроволновки с медным «ведром»-резонатором. Но вот как он работает и за счет чего в закрытом резонаторе без всякого топлива и реактивной струи возникает тяга, никто внятно объяснить не может. Невозможность EmDrive связана с формальным нарушением закона

сохранения импульса, но вдруг это и есть долгожданная «новая физика»? Поэтому опыты с EmDrive ставили и NASA, и китайцы, и европейцы. Но, похоже, новой физики в нем все-таки нет: недавние эксперименты в Дрезденском технологическом университете с тщательным учетом всех паразитных эффектов показали, что результаты измерения тяги были ложными.

## ВЕРОЯТНОСТЬ РАВНА НУЛЮ?

Математическая разработка варп-двигателя не прекращается: так, в прошлом году руководитель лаборатории Eagleworks Гарольд Уайт представил доклад, в котором показал, как не потеряться в пространстве и времени во время прыжка. Для этого нужно не останавливаться перед формированием варп-пузыря а наоборот разгоняться в нужном направлении.

И все же колоссальный объем энергии, которая нужна для искривления окружающего корабль пространства-времени, оставляет идею варп-двигателя в области хоть и вполне научной, но фантастики. Даже Мигель Алькубьерре в интервью газете «New York Times» признал, что с каждым днем его скепсис по отношению к сверхсветовым полетам растет: «Пожалуй, это все-таки невозможно. А если и возможно, то идея воплотится в жизнь не раньше, чем через

## КСТАТИ

Идея двигателя, работающего без топлива, легко монетизируется. Под нее британский инженер Майк Маккаллох из Плимутского университета получил грант в \$1,3 млн от DARPA.

Маккаллох, не раз пытавшийся объяснить принцип работы EmDrive, придумал теорию квантовой инерции и теперь пытается создать прототип двигателя, работающего за счет взаимодействия с гипотетическим излучением Унру.

В следующем году грант закончится, но, видимо, он не будет последним.

несколько столетий». Еще категоричнее высказался физик-теоретик Шон Кэрролл из Калифорнийского технологического института, критикуя в 2018 году излишне оптимистичный и голословный отчет DARPA о возможности создания варп-систем в ближайшем будущем: «Вероятность, что кто-то реализует продукт на основе идеи варп-двигателя в ближайшее тысячелетие, равна нулю».

Точно так же во второй половине 1930-х видные ученые рецензировали идею космических полетов — как неосуществимую в принципе. И аналогия со считавшимся невозможным полетом на аппаратах тяжелее воздуха представлялась им ошибочной. Эти исторические примеры говорят только об одном: даже идеи, бесспорно неосуществимые при современном или предвидимом уровне техники, могут стать вполне реальными в результате прорывных научных открытий. Тем более это справедливо для космоса, который, как выразился Артур Кларк, бесконечен и неисчерпаем, поэтому его нельзя «победить» — его следует беспрестанно осваивать.



**Сергей Негодяев,  
директор  
Физтех-школы  
аэрокосмических  
технологий МФТИ:**

“ ”

На совещаниях по космической программе мы часто слышали, что нет отечественных микросхем и это очень усложняет разработку современных космических аппаратов и их группировок. Так вот, сейчас можно сказать: микросхемы есть! На Физтехе их научились делать. Создание топологии микросхем — это деятельность на грани между искусством и ремеслом. Как спроектировать микросхему так, чтобы она потребляла мало тока? Чтобы в нее было интегрировано большое количество памяти? Чтобы при высокой частоте она не уступала зарубежным процессорам? Нужно из миллиона возможных решений выбрать то единственное, которое принесет успех. Вот это и делают наши ребята. На небольшом проекте мы показали, что в России есть инженеры высшего класса, способные решать сложнейшие задачи. И математические модели тоже наши. В истории нашей Школы было несколько таких прорывов, когда мы брались за задачи настолько сложные, что никто не верил в успех. А мы справлялись.

# ИНТЕГРАЛЬНЫЙ ОТВЕТ

Татьяна Небольсина

*Большинство современных технологий практического использования космоса требуют мультидисциплинарных подходов, и Физтех обеспечивает их. Сотрудники и выпускники Физтех-школы аэрокосмических технологий (ФАКТ) участвуют в проектах ГЛОНАСС, Superjet-100 и МКС. Они работают над новыми гиперзвуковыми летательными аппаратами, глобальными системами связи и дистанционного зондирования Земли (в частности над «Сферой»), современными моделями климата. На Физтехе используют технологии высокопроизводительного математического моделирования, машинного обучения и сквозного цифрового проектирования.*

## НАША МИКРОСХЕМА

Со времен Королёва Физтех тесно сотрудничает со всеми головными институтами и предприятиями отечественной космической отрасли. Одна из последних разработок Физтеха — топология микросхемы по программе импортозамещения — была сделана совместно с инженерами «Российских космических систем». Главный конструктор проекта — Иван Филатов, доцент кафедры радиотехники и систем управления. Изделие сейчас производится в Зеленограде на «Микроне», одном из ведущих предприятий микроэлектронной промышленности России. Пробная партия прошла испытания, в ходе которых кремниевый кристалл показал соответствие всем предъявленным требованиям. В частности была продемонстрирована устой-

чивость микросхемы к космической радиации и температуре. Сейчас та же группа разрабатывает следующее микроэлектронное изделие для наших орбитальных группировок.

## УПРАВЛЕНИЕ ДЛЯ ТЫСЯЧ СПУТНИКОВ

В 2020 году был завершён первый этап совместного проекта ФАКТ и Фонда перспективных исследований «Интеграл-Д», в рамках которого успешно протестирован первый российский программный комплекс для проектирования многоспутниковых космических систем. По завершении проекта, которое запланировано на 2022 год, программный комплекс позволит проектировать группировки, состоящие из нескольких тысяч космических аппаратов. Уже сейчас для подобных группи-



ровок есть множество задач — таких, как дистанционное зондирование Земли. Например, в Сибири горит лес, и необходимо как можно быстрее получить фотографии тех участков леса, которые уже горят, и тех, которые могут вскоре загореться. Как спутники должны между собой распределить эту задачу, чтобы максимально оперативно получить и передать нужную информацию? На каких орбитах должны находиться аппараты? Какие требования должны быть к ним предъявлены? Вот на эти вопросы и отвечает программный комплекс «Интеграл Д». Сегодня для того, чтобы запустить в космос один или несколько аппаратов, формируется специальная команда инженеров. Они, конечно, пользуются вычислительными пакетами, но проблема в том, что эти пакеты, как правило, не связаны между собой. Одни рассчитывают баллистику, другие — маршрути-

зацию данных, третьи — тепловой баланс аппарата. Но в лаборатории моделирования механических систем и процессов все такие пакеты объединили в общую систему принятия решений для генеральных конструкторов и инженеров. Руководитель лаборатории Наталья Завьялова рассказывает: «Когда мы начали изучать тему, то обнаружили, что алгоритмы, например расчета орбитальной динамики, не развивались с конца 1980-х годов. И авторы тех методов оставили в своих алгоритмах ряд нерешенных проблем. Поэтому нам пришлось найти свое решение, которое, в частности, позволяет проводить расчеты гораздо быстрее. Даже для большого количества космических аппаратов у нас расчеты производятся в невиданном прежде темпе. А если расчеты делаются быстро, значит, их можно проводить много и осуществлять оптимизацию вычислительных процессов».



**Наталья Завьялова,  
заведующий  
лабораторией  
моделирования  
механических систем  
и процессов МФТИ:**

“ ”

В целом слово-символ «Интеграл» отражает нашу текущую деятельность — объединение различных сущностей. Физика, математика, моделирование...

А также систематизация и визуализация результатов. Реализация столь масштабного проекта, как программный комплекс для проектирования многоспутниковых космических систем, требует немалых усилий. Но чем крупнее проект, тем значительней результаты. На данный момент мы успешно закончили первый этап и провели тестовые расчеты перспективных группировок.

# СВЯЗЬ НА ЛЮБЫХ КООРДИНАТАХ

*Мария Гефен*

*В мире продолжается значительный рост информационных потоков. Мы наблюдаем это физически — в развитии интернета, телевидения, видеоконференций и видеоигр, в совершенствовании контроля на промышленных объектах и средств безопасности. Важную роль играют новые технические средства формирования, доставки и приема информационных потоков. Среди них особое место занимают космические спутниковые системы, которые позволяют передавать информацию в любую точку мира.*



Терминал спутниковой связи, установленный на корабле «Норникеля»



**В** настоящее время есть ряд перспективных проектов систем глобальной спутниковой связи. Это в первую очередь проекты в рамках программы «Сфера», а также системы OneWeb и Starlink. Глобальные спутниковые системы призваны обеспечить стационарных и подвижных абонентов всем спектром телекоммуникационных услуг, включая интернет, телефонию и видеоконференции, в самых «глухих» местах на планете.

Если говорить о российской программе «Сфера», это всеобъемлющий проект, который включает в себя создание ряда инновационных спутниковых систем, в числе которых система высокоорбитальной спутниковой связи «Экспресс-РВ», система передачи данных для интернета вещей «Марафон IoT» и система широкополосного доступа в интернет «Скиф». Планируется, что программа будет реализована к 2028–2030 гг., и к этому времени российская спутниковая группировка будет увеличена на несколько сотен спутников-ретрансляторов.

## ВКЛАД ФИЗТЕХА

МФТИ также принимает активное участие в развитии технологий спутниковой связи — Центр технологий беспроводной связи, входящий в состав ЦК НТИ по направлению ИИ, занимается разработкой абонентских терминалов. В первую очередь это терминал «Физтех Телеком-60» — малоапертурный, с раскрытием зеркала 60 см. Он предназначен для организации связи на подвижных объектах — морских и речных судах, поездах, для предоставления любых услуг связи: доступа в интернет, видеоконференций, служебного трафика. На крыше корпуса «Физтех.Арктика» создана тест-зона для отработки сетевых настроек, где уже расположены два терминала, а на техническом этаже организован пул каналобразующего оборудования. Кроме того, терминалы установлены на шести судах «Норникеля» для организации каналов связи на маршрутах «Мурманск — Роттердам» и «Мурманск — Архангельск — Дудинка» вдоль Северного морского пути.



**Олег Графодатский,**  
исполнительный  
директор НИЦ  
технологий  
беспроводной связи:

“ ”

Мы участвуем в создании много-спутниковой низкоорбитальной системы «Марафон IoT» в рамках «Сферы». Это система низкоорбитальных недорогих спутников, которые предназначены исключительно для интернета вещей. Они стоят дешево и обеспечивают канал передачи данных со скоростью несколько битов в секунду. А на Земле можно, например, расставить датчики температуры, вибрации и другие — где угодно по территории земного шара — и оперативно получать с них информацию. Есть датчики, которые вместе с модемом стоят порядка 400 рублей и могут с батареей работать до 10 лет. Они могут контролировать пожары, выбросы, перемещение животных, землетрясения. Или это может быть система «Кнопка жизни» — датчик, который сообщит о проблеме у определенного человека с определенной геолокацией, если на «кнопку» нажать.



Терминал на вагоне поезда «Санкт-Петербург — Мурманск»



Тест-зона на крыше корпуса «Физтех.Арктика»

На каждом судне стоят по два терминала, по обе стороны от мачты, чтобы избежать проблем с затенением. Оборудование исправно работает при малых углах места и выдерживает качку. Важным достижением является то, что предоставляются именно услуги связи: сервисным контрактом занимается специально созданная спинофф-компания МФТИ — оператор спутниковой связи «Физтех Телеком».

Недавно завершилось тестирование терминалов на поездах по маршруту «Санкт-Петербург — Мурманск» совместно с ОАО «РЖД». Как и ожидалось, вибрации на поездах отличаются от морской качки, поэтому гиросtabilизированную платформу потребуется доработать, чтобы всегда был устойчивый канал связи.

## ГУМАНИТАРНАЯ «СФЕРА»

Важной мотивацией для программы «Сфера» стала очевидная неравномерность в доступности услуг связи по всей России. Вдали от городов сотовая связь может быть просто недоступна из-за отсутствия инфраструктуры, что создает проблемы — особенно остро они проявились в 2020 году во время эпидемии коронавируса, когда хорошее интернет-соединение и связь стали жизненно необходимы. Баланс можно восстановить благодаря интеграции спутниковой и сотовой связи.

«Сфера» также представляет интерес для общественных и волонтерских организаций, таких как поисково-спасательный отряд «Лиза Алерт». Например, разрабатывается датчик, встраиваемый в одежду, часы и чехлы на телефон для поиска и спасения людей в глобальном

масштабе. Для его применения нужна соответствующая система, и Физтех принимает участие в этой разработке.

Отличительной особенностью программы «Сфера» в целом является то, что спутниковая связь станет доступной подавляющему У Физтеха есть и проекты для «Умного города». С помощью телекоммуникационных систем, видеонаблюдения, сбора информации с различного вида датчиков интернета вещей сотрудники Центра технологий беспроводной связи планируют создать систему контроля обстановки в городе и получения соответствующих сервисов для горожан. Жители будут меньше ходить по офисам, чтобы получить услуги, а сотрудники служб, которые контролируют энергетику, чистоту и безопасность, будут получать информацию и запросы в автоматическом режиме.

# УЛЫБАЙТЕСЬ, ВАС СНИМАЕТ МКС

**ДИСТАНЦИОННОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ ЗЕМЛИ – ОДНА ИЗ САМЫХ БУРНО РАЗВИВАЮЩИХСЯ СЕЙЧАС КОСМИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ. ПОЛУЧАЕМЫЕ С ПОМОЩЬЮ НЕЕ ДАННЫЕ НЕОБХОДИМЫ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ, ЛЕСОВОДСТВЕ, ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ. ОНИ ПОЗВОЛЯЮТ ВЕСТИ МОНИТОРИНГ РАЗЛИВОВ НЕФТИ, ОПАСНЫХ ПРИРОДНЫХ ЯВЛЕНИЙ, ПРОГНОЗИРОВАТЬ ПОГОДУ И МНОГОЕ ДРУГОЕ.**

*Елизавета Егорова*



**Сергей Негодяев,  
директор  
Физтех-школы  
аэрокосмических  
технологий МФТИ:**

## “ ”

Для получения информации о Земле можно черно-белые фотографии с орбиты делать, а можно — цветные или еще гораздо более детальные в смысле цветовых оттенков. Такая аппаратура называется гиперспектральной. Информативность фотографий поверхности планеты многократно повышается и позволяет делать более детальные предсказания. Где можно ожидать пожара? Где засухой? Это огромная область человеческой деятельности: рынки дистанционного зондирования Земли развиваются сейчас очень интенсивно. И для этого нужны приборы, основанные на современных технологиях.

**Н**аблюдение за Землей из космоса дает возможность решить огромное количество важнейших прикладных и научных задач. Вести такое наблюдение позволяет аппаратура дистанционного зондирования Земли, установленная на специальных спутниках. Для разработки подобных приборов в МФТИ в 2015 году создана лаборатория космической оптико-электронной аппаратуры «ЭЛФОКС».

Один из первых проектов лаборатории — многоканальный гиперспектральный комплекс, предназначенный для съемки наземных объектов в видимом и инфракрасном диапазонах спектра. В проекте наряду с МФТИ участвует давний партнер института — АО «НПО «Лептон», возглавляемое выпускником Физтеха Олегом Казанцевым. За короткое время ученым удалось пройти путь от эскизного проектирования до комплексных испытаний на макете МКС, которые запланированы на ближайшее лето. По словам заведующего лабораторией Сергея Шибанова, при таком темпе ведения работ есть все основания надеяться, что уже в декабре 2021 года первый для МКС

отечественный гиперспектрометр займет место на девятом иллюминаторе российского сегмента станции. МФТИ получил возможность использовать МКС в качестве лаборатории для отработки новых решений для аппаратуры дистанционного зондирования Земли в реальных условиях эксплуатации.

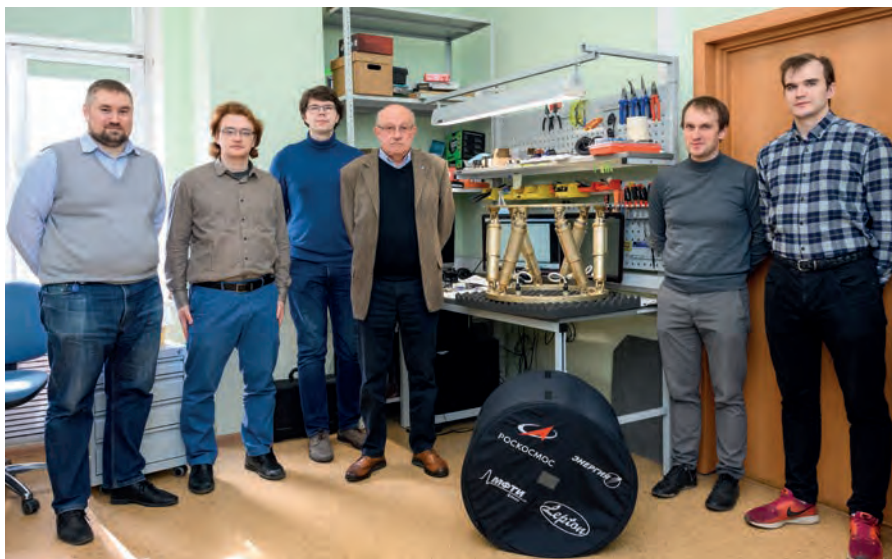
## БОЛЬШЕ СПЕКТРОВ

Цифровые камеры, скажем, камеры наших смартфонов фотографируют в трех цветах — красном, зеленом и синем. Именно такой состав цветов соответствует человеческому восприятию. Если сравнить фотоинформацию с книгой, то получится буклет из трех страниц. Однако бабочкам, чьи глаза содержат пять видов светочувствительных клеток, вряд ли понравится качество такого изображения.

Чем больше составляющих используется при разложении спектра, тем больше информации можно извлечь из получаемых изображений. При гиперспектральной съемке излучение регистрируется в большом числе узких спектральных зон (каналов) — не только в видимой области, но и в инфракрасном



Иллюминационный кронштейн



Коллектив, принимающий участие в разработке

диапазоне. Мы получаем уже не буклет, а книгу объемом с «Войну и мир», где каждая длина волны представлена страницей. Объединяя различные страницы, можно на новом уровне решать задачи классификации и определения свойств исследуемых объектов. «Гиперспектральную информацию можно условно сравнить с электронным микроскопом, позволяющим проникнуть в тонкую структуру объекта. Например, если с помощью классической видовой информации можно в идеале получить изображение листа дерева, то с помощью гиперспектрометра можно понять тип и структуру этого листа, степень его поражения», — рассказывает Сергей Шибанов. Благодаря своим характеристикам и возможностям гиперспектрометр может не просто показать границы лесных массивов, а сообщить информацию о составе пород деревьев в лесу. Однако большое количество спектральных каналов приводит к увеличению объема получаемой информации и ее избыточности. Последняя возникает из-за малого различия между данными соседних каналов, поэтому необходимо в рамках каждой тематической задачи выделять каналы, данные с которых несут наиболее важную информацию и подлежат последующей обработке.

## УСТАНОВКА НА МКС

Гиперспектрометр состоит из трех основных частей: производящего съемку аппаратного модуля, кронштейна для крепления на иллюминатор МКС и программного обеспечения для управления научной аппаратурой. Последние два элемента были разработаны в МФТИ, а аппаратный модуль — в компании «Лептон».

Для спутников дистанционного зондирования в основном выбираются солнечно-синхронные орбиты, на которых угол освещения земной поверхности приблизительно одинаков на всех проходах спутника. Орбита МКС не обладает такими свойствами, поэтому на ней возрастает ожидаемое время сбора информации — так называемый показатель оперативности. Этот показатель — важная характеристика систем дистанционного зондирования. Он дает представление о вероятности выполнения задачи за определенное время и, соответственно, о целесообразности ее включения в полетное задание. Для повышения оперативности в будущем ученые предлагают как использование космических аппаратов на солнечно-синхронных орбитах, так и увеличение космической группировки спутников с гиперспектральной аппаратурой.



## Сергей Шибанов, заведующий лабораторией «ЭЛФОКС»:

“ ”

Мы устанавливаем наш прибор на МКС не потому, что она хороша как носитель. Напротив, ее расположение неоптимально для решения задач дистанционного зондирования. Но зато мы можем испытать заложенные в конструкции гиперспектрометра технические и технологические решения в реальных условиях. В дальнейшем их можно будет применить при создании орбитальной группировки космических аппаратов, оснащенных такого рода оборудованием. Это позволит существенно расширить круг решаемых с помощью наших приборов задач в интересах как российских, так и зарубежных заказчиков.

# ЭВОЛЮЦИЯ МАРСОХОДОВ

## ПрОП-М

- запущен дважды: в 1971 году на борту станций «Марс-2» и «Марс-3» с разницей в 9 дней
- масса 4,5 кг, размер 25 см x 22 см x 4 см
- снабжен подобием лыж
- из-за сильной пылевой бури «Марс-2» разбился при посадке, а «Марс-3» передавал картинку в течение 14 секунд, после чего связь прервалась

## Sojourner, NASA

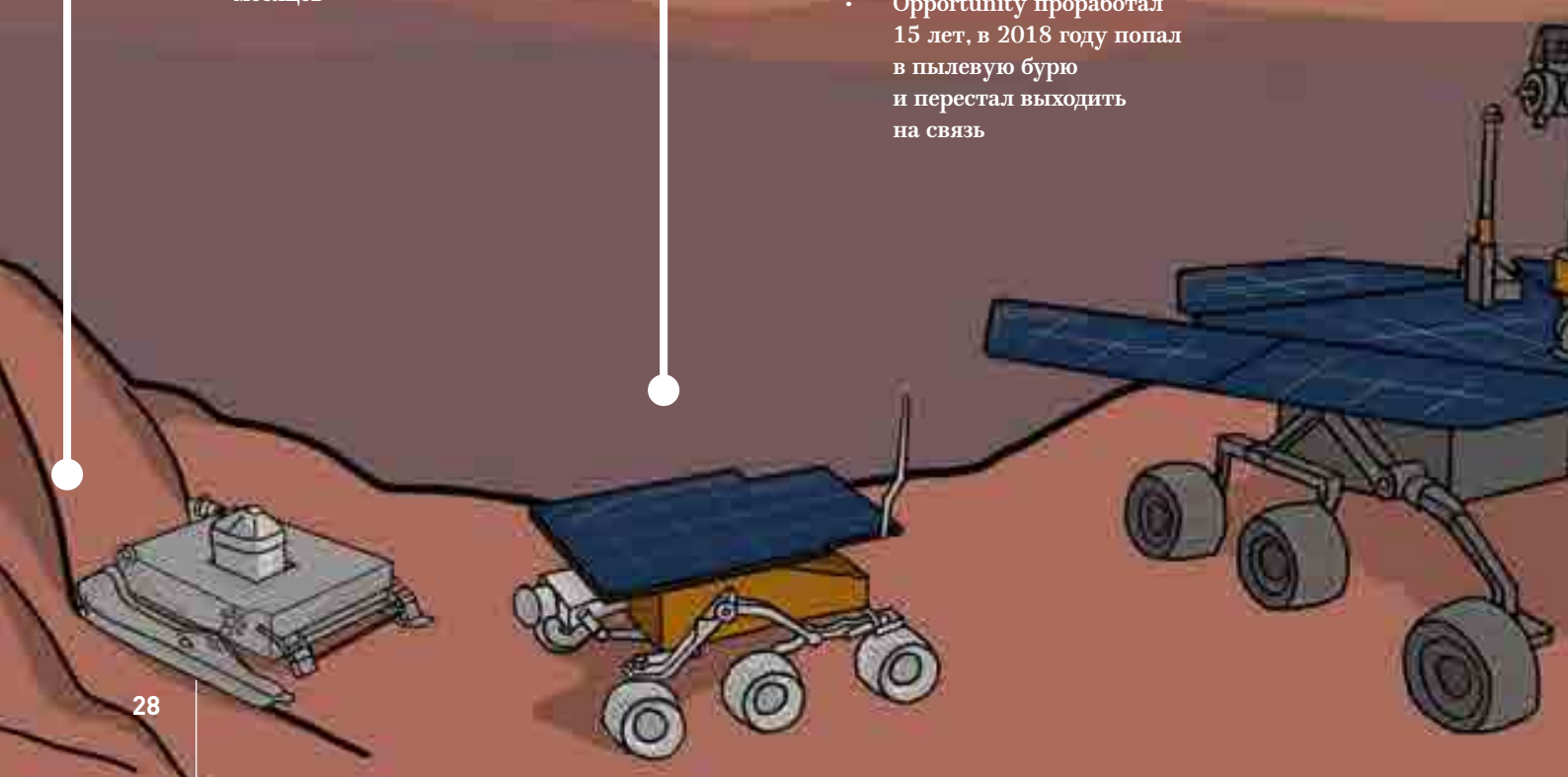
- совершил посадку в 1997 году
- масса 10,5 кг, размер 65 см x 48 см x 30 см
- имел три пары независимых колес, приводимых в действие электрическими двигателями, запитанными от солнечной батареи
- аппарат проработал около трех месяцев

## Curiosity, NASA

- работает на планете с 2012 года
- масса 899 кг, размер 3 м x 2,7 м x 2,2 м
- шесть независимых колес позволяют ему разворачиваться на месте на 360 градусов
- источником питания служит радиоизотопный термоэлектрический генератор
- преодолел 24 км, 26 раз бурил поверхность планеты и исследовал шесть проб грунта

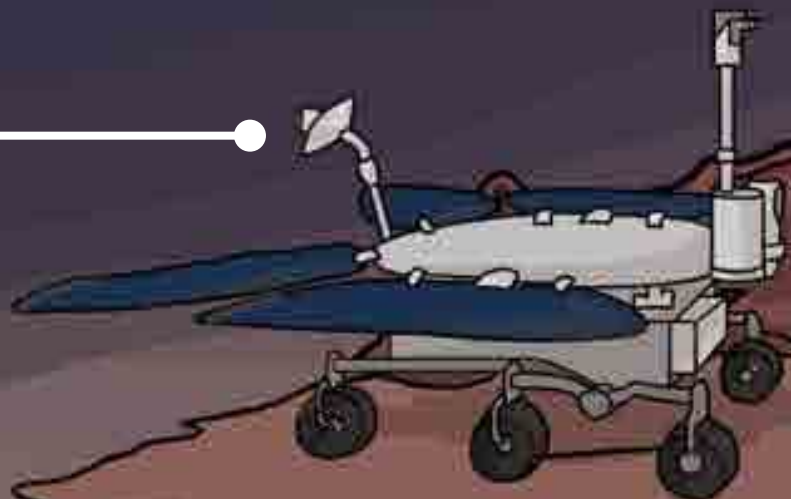
## Spirit & Opportunity, NASA

- марсоходы-близнецы, совершившие посадку в 2004 году на противоположных сторонах планеты
- масса 185 кг, размер 1,6 м x 2,3 м x 1,5 м
- шесть независимых колес
- благоприятный ветер помог солнечным батареям работать эффективнее
- Spirit проработал 6 лет и преодолел расстояние в 7,73 км
- Opportunity проработал 15 лет, в 2018 году попал в пылевую бурю и перестал выходить на связь



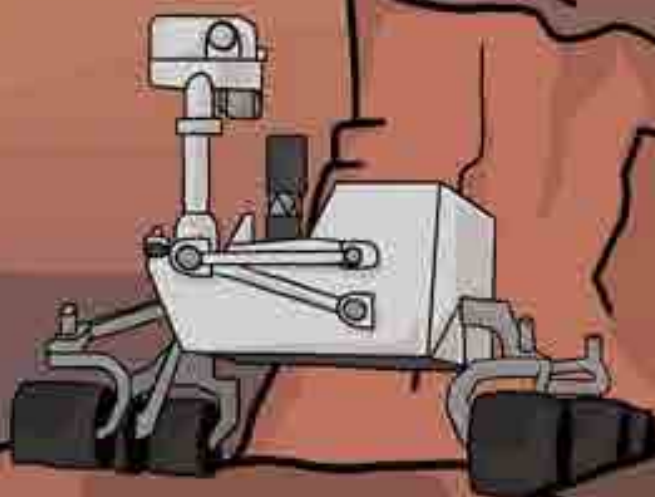
## Чжучжун, Китай

- совершил посадку в мае 2021 года
- масса около 240 кг
- оснащен шестью колесами с питанием от четырех солнечных батарей



## Perseverance, NASA

- совершил посадку в феврале 2021 года
- масса 1025 кг, размер 3 м x 2,7 м x 2,2 м
- имеет пятисуставную роботизированную «руку» длиной 2,1 м, для захвата и анализа геологических образцов с поверхности
- использует радиоизотопный термоэлектрический генератор



---

# ЗАЧЕМ НАМ МАРСИАНСКИЕ ГОРОДА?

---

НИКОЛАЙ ГОРЬКАВЫЙ

---

СОВЕТСКИЙ И РОССИЙСКИЙ АСТРОФИЗИК,  
ПИСАТЕЛЬ, ДОКТОР ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ НАУК.  
СОЗДАЛ ЕДИНУЮ МОДЕЛЬ ОБРАЗОВАНИЯ СПУТНИКОВЫХ  
СИСТЕМ ЮПИТЕРА, САТУРНА И НЕПТУНА, И ОБЪЯСНИЛ  
ПРОИСХОЖДЕНИЕ ОБРАТНЫХ СПУТНИКОВ ПЛАНЕТ-ГИГАНТОВ  
И ОСОБЕННОСТЕЙ КОЛЕЦ НЕПТУНА. В НАСТОЯЩЕЕ ВРЕМЯ  
ЖИВЕТ И РАБОТАЕТ В США, ЯВЛЯЕТСЯ ДИРЕКТОРОМ  
ЧАСТНОГО ГРИНВИЧЕСКОГО НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО  
ИНСТИТУТА (GIST) В ШТАТЕ ВИРДЖИНИЯ.



Фото с марсохода Perseverance, сделано 5 марта 2021 © NASA



## Сегодня все уже понимают, что с изучением планет Солнечной системы прекрасно справляются дешевые и неприхотливые роботы и автоматические станции. Так зачем нам самим стремиться в космос?

**О**твет прост: люди в космосе нужны не для исследования, а для освоения Солнечной системы. Это вопрос выбора глобальной, на многие столетия стратегии развития человечества: или мы навсегда остаемся жить на уютной Земле, рассылая по Солнечной системе роботов и временные экспедиции, или нам удастся распространить свой ареал обитания на всю планетную систему.

Для начала небольшие группы исследователей должны поселиться на других телах Солнечной системы на несколько месяцев (или лет), чтобы решить главные вопросы, на которые роботы ответить не могут:

1. Сможет ли человек жить в космосе?
2. Могут ли космические поселения людей существовать при разумных расходах (минимальной помощи от Земли)?
3. Можно ли сделать космическую экспансию экономически выгодной для земной цивилизации?

Эти три вопроса — ключевые для создания лунных и марсианских городов и перспектив великого космического переселения, о котором мечтают фантасты. При этом разумно будет рассчитывать не на фантастические прорывы вроде нуль-транспортировки и искусственной гравитации, а на современный уровень технологий и на обозримую перспективу их развития.

### СМОЖЕТ ЛИ ЧЕЛОВЕК ВЫЖИТЬ В КОСМОСЕ

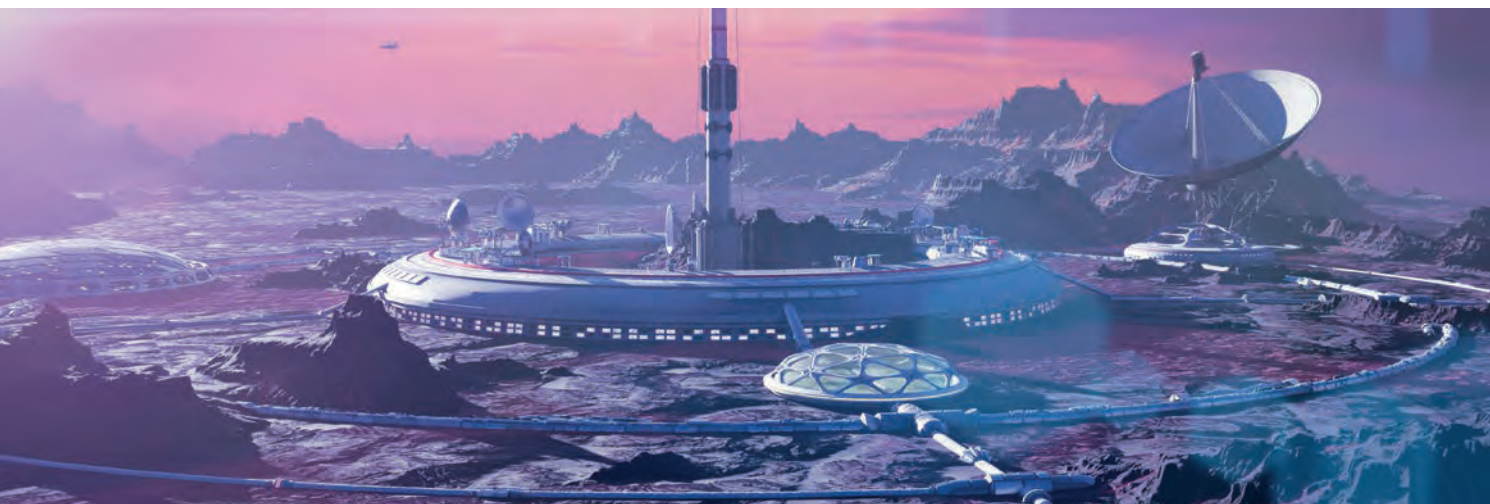
Первый вопрос — самый важный. Если на него будет получен отрицательный ответ, то на идее космической экспансии можно будет поставить крест: человек будет ограничиваться только временным пребыванием в космосе. Теоретически можно защитить человека от радиации, вакуума, низкой температуры, но если он высадился на другую планету, его невозможно защитить от местной гравитации. Человеку комфортна земная сила тяжести, а в полной невесомости космической станции ему трудно прожить даже год: несмотря на тренажеры и таблетки, мышцы слабеют и кости разрушаются. Сейчас неизвестно, как будет чувствовать себя человек при длительной жизни в условиях лунной гравитации (16,5% от земного притяжения) или марсианской силы тяжести (38% от земной).

Если комфортной для нас окажется только гравитация Марса, то шанс на развитие получат лишь марсианские поселения, а остальные тела Солнечной системы станут местом лишь временного пребывания. Но если человек сможет организовать жизнеспособную колонию при лунной гравитации, то это распахнет перспективы не только для городов на Луне, но и для баз на спутниках, которые имеют близкую силу тяжести: на юпитерианских Ио, Европе, Ганимеди и Каллисто, а также на

сатурнианском Титане. Последний, невзирая на значительную удаленность, привлекателен тем, что это единственное тело Солнечной системы (кроме Земли), где человек может ходить без герметичного скафандра, потому что на Титане есть азотная атмосфера, а давление на поверхности лишь в полтора раза больше, чем на Земле. Там очень холодно и нужна кислородная маска, но на Титане человек не будет обречен на ходьбу в надутым пузыре сложной формы и смерть при случайном проколе этого скафандра-пузыря. Вероятнее всего, длительное пребывание человека на других планетах и спутниках потребует развития низкогравитационной медицины, специализированной фармакологии и космических тренажеров. Вопрос о долговременных базах на астероидах, где много ценных металлов, золота и платины, упирается в то, насколько долго человек может выдерживать гравитацию всего в 1-2% от земной (3% на крупнейшем астероиде Церере).

### РАЗУМНЫЕ РАСХОДЫ

Второй вопрос — многогранный, распадающийся на проблему создания дешевых многоразовых ракет-носителей, на технологии постройки космических баз с помощью роботов, а также на развитие технологий космического производства энергии, кислорода, воды, топлива и продуктов. Здесь центральная проблема — деше-



Фантастическая марсианская база. © Istock

*Если окажется, что слабая гравитация продлевает жизнь человека на 20–30 лет, то за перспективу космической экспансии можно будет поручиться*

вые многоразовые ракеты. Сейчас Россия возит космонавтов других стран на орбитальную станцию по восемьдесят миллионов долларов за место. Это примерно две тонны золота за 100 килограммов груза. Понятно, что при таких ценах на космическую транспортировку нет смысла развивать, например, добычу платины на астероидах. До последних лет ситуация выглядела почти безнадежной, пока не появилась частная космонавтика. Государственная космонавтика XXI века характеризуется бюрократией, перестраховкой, неразворотливостью и коррупцией — и, как суммарное следствие, неэффективностью. Частная космонавтика — это прорыв и надежда. Среди космических инвесторов лидирует Илон Маск, компания которого быстро разработала эффективные многоразовые ракеты, заняв значительную долю мирового рынка запусков. SpaceX не только ориентируется на государственные заказы, но и запускает на своих ракетах спутники для глобального интернета. Маск вывел на орбиту уже 1200 спутников (последние 60 из них взлетели 4 марта на носителе, который использовался уже в восьмой раз) и

скоро станет крупным провайдером интернета во всем мире, получив для своей космической программы неиссякаемый источник доходов. Маск обещает запускать огромные ракеты к Марсу и уже вовсю их испытывает. Да, еще не все получается, но он изготавливает и тестирует эти ракеты со скоростью штуки в месяц на собственном космодроме. Конечно, роль государства для частной космонавтики исключительно важна: оно должно дать частнику заказ и заплатить за результат. Если правительство целенаправленно и с умом вкладывает серьезные деньги в космонавтику, то результат получается впечатляющий, как показывает пример Китая, а также Японии и Индии.

## ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ВЫГОДА

Из ответа на третий вопрос будет следовать два варианта развития космических поселений — медленный, с небольшим населением или быстрый, который позволит значительной части землян расселиться в космосе. За счет чего может быть достигнута экономическая выгод-

ность космических поселений?

Сейчас сказать трудно, потому что развитие земной цивилизации блестяще опровергает все предсказания футурологов. В эпоху великих географических открытий стимулом для Колумбов и Магелланов были золото и пряности. Вряд ли полезные ископаемые станут двигателем для великого космического переселения, потому что любую добычу легче вести с помощью роботов.

Возможно, что космический туризм окажется тем фактором, который подтолкнет освоение Солнечной системы. Или перенаселенность, которая сделает привлекательной идею приобретения собственной долины на Марсе. Если окажется, что слабая гравитация продлевает жизнь человека на 20–30 лет, то за перспективу космической экспансии можно будет поручиться: на Луне и Марсе быстро возникнут не

только санатории, но и миллионные города, о чем мечтали Стругацкие и фантасты-романтики 60-х. В тогдашних книгах космонавты бодро ползли по Венере в разорванных скафандрах, отстреливаясь гранатометами от местных монстров. Мой научно-фантастический роман «Астровитянка» — один из немногих, который реалистично описывает возможные поселения людей в Солнечной системе, включая дирижабль в атмосфере Венеры, а также города на Ио и Титане. А в моем новом научно-фантастическом романе «Курьер-619», который выходит как раз к 60-летию полета Юрия Гагарина, герои собираются строить города на Марсе и на Южном лунном полюсе, на гребне кратера Шеклтона — в оптимальном по многим параметрам месте для будущей столицы Луны. Надеюсь, что это предсказание сбудется.

## КСТАТИ

Знаменитый крымский астроном Николай Черных назвал открытый им астероид 4654 именем «Горькавый». Международный астрономический союз (IAU) утвердил это название (4654 Gor'kavuj) в 1997 году.



Иллюстрация посадки марсохода NASA Perseverance на поверхность Марса. © NASA/JPL-Caltech



Биография Николая Горького на сайте NASA



Книги писателя Николая Горького



Сайт Гринвического института науки и технологий (GIST)



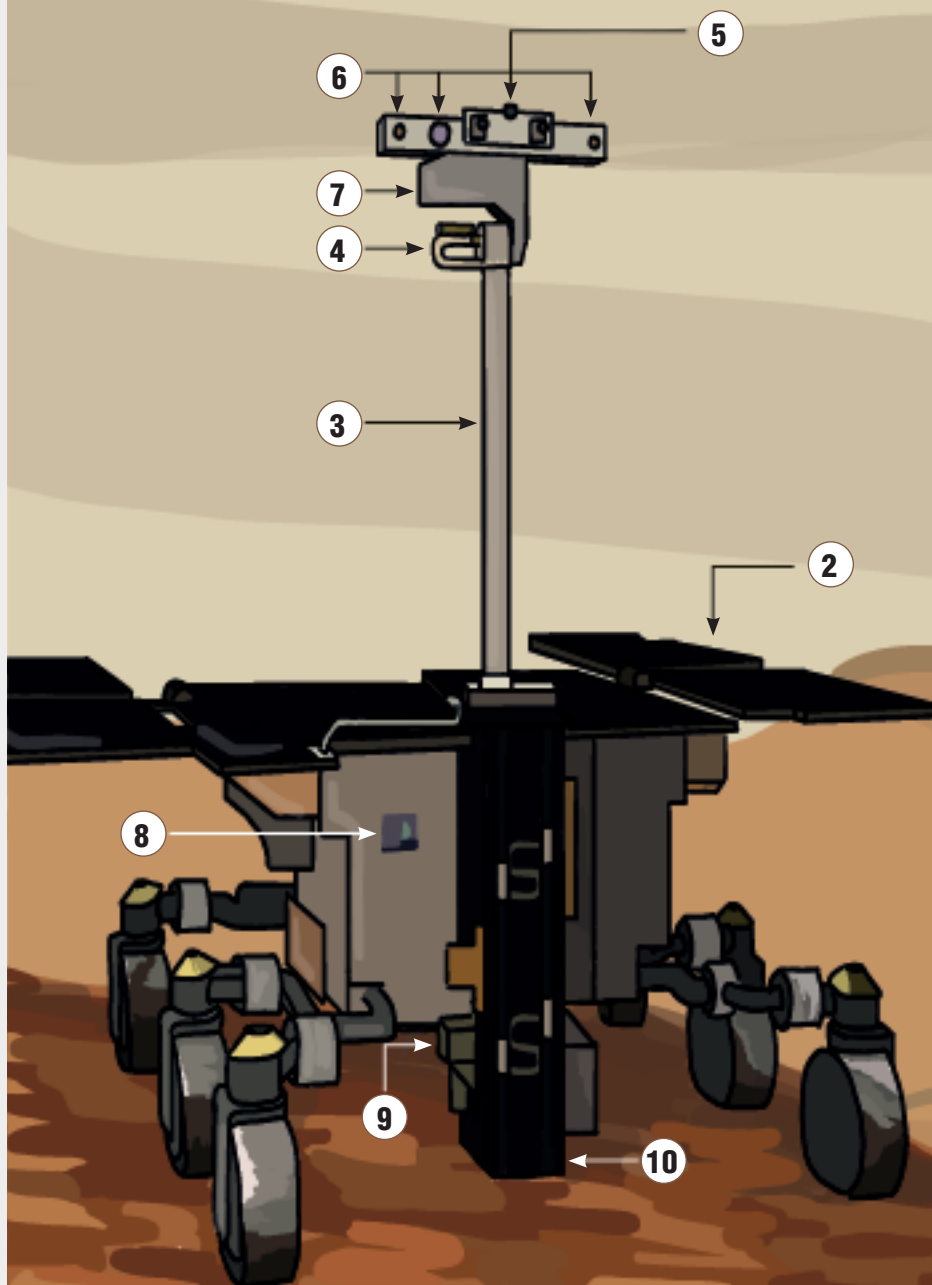
**Александр Родин,**  
руководитель  
лаборатории прикладной  
инфракрасной  
спектроскопии МФТИ:

“ ”

Марсоход «Розалинд Франклин», который доставит на Марс российская посадочная платформа «Казачок», — вторая очередь международного проекта «Экзо-Марс», который успешно реализуется Роскосмосом и Европейским космическим агентством с 2016 года. На предстоящем этапе миссии основной фокус исследований будет на геологии, однако посадочная платформа «Казачок» также сделает важный вклад в изучение атмосферы и климата планеты. Из комплекса приборов «Казачка» хочется особо отметить М-ДЛС — марсианский многоканальный диодно-лазерный спектрометр. В его разработке и создании ключевую роль сыграла лаборатория прикладной инфракрасной спектроскопии МФТИ. Это первый научный прибор, созданный в российском университете, предназначенный для исследования другой планеты. М-ДЛС будет исследовать вариации изотопного состава атмосферы Марса при суточных и сезонных циклах. Полученные данные будут очень важным дополнением к глобальному мониторингу марсианского климата.

# ЭКЗОМАРС

СТАРТ МИССИИ «ЭКЗОМАРС» С КОСМОДРОМА  
БАЙКОНУР ЗАПЛАНИРОВАН НА РАКЕТЕ ПРОТОН-М.  
ЗАПУСК ДОЛЖЕН ПРОИЗОЙТИ  
В РАМКАХ «АСТРОНОМИЧЕСКОГО ОКНА»  
В ПЕРИОД С 20 СЕНТЯБРЯ  
ПО 1 ОКТЯБРЯ 2022 ГОДА.



## 1. Посадочная платформа «Казачок»

Платформа доставит на поверхность планеты марсоход и после его схода начнет работать как автономная научная станция. Главная задача — долговременный мониторинг параметров окружающей среды в месте посадки. Платформа разработана в НПО им. С. А. Лавочкина, основной разработчик научных приборов — Институт космических исследований РАН.

Комплекс научной аппаратуры на посадочной платформе:

- ТСПП — камеры для служебной и научной съемки
- БИП — блок электроники для сбора научных данных и управления научной аппаратурой
- МТК (Метеокомплекс) — комплекс датчиков для измерений температуры, давления, ветра, влажности, пыли, освещенности, датчик магнитного поля и микрофон для записи звуков Марса
- ФАСТ — Фурье-спектрометр для атмосферных исследований
- М-ДЛС — многоканальный диодно-лазерный спектрометр для мониторинга химического и изотопного состава атмосферы
- РАТ-М — пассивный радиометр для измерения температуры поверхности до глубины 1 м
- АДРОН-ЭМ — нейтронный и гамма-спектрометр с блоком дозиметрии для исследования распределения воды в поверхностном слое грунта, элементного состава поверхности на глубине 0,5–1 м и дозиметрии
- СЕМ — сейсмометр
- ПК (пылевой комплекс) — изучение пыли вблизи поверхности
- МГАК — газовый хроматограф и масс-спектрометр для измерения малых составляющих атмосферы
- МЕГРЭ — магнитометр
- LARA — радиоэксперимент для исследований внутреннего строения Марса
- НАВИТ — эксперимент по изучению обитаемости Марса, нацеленный на поиск жидкой воды, исследования УФ-излучения и температуры

## Марсоход «Розалинд Франклин»

2. Солнечные батареи
3. Складная выносная штанга
4. Механизм панорамирования и наклона
5. Навигационные камеры
6. PanCam — комплекс камер для панорамной съемки поверхности
7. ИСЕМ — инфракрасный спектрометр для исследования поверхности Марса
8. Окно для доставки образцов
9. CLUPI — комплекс камер для получения снимков высокого разрешения с близкого расстояния
10. Буровая установка с аналитическими приборами, способными исследовать породы на глубине до 2 м, — главное отличие марсохода от предшественников

Внутри корпуса и на задней поверхности находятся:

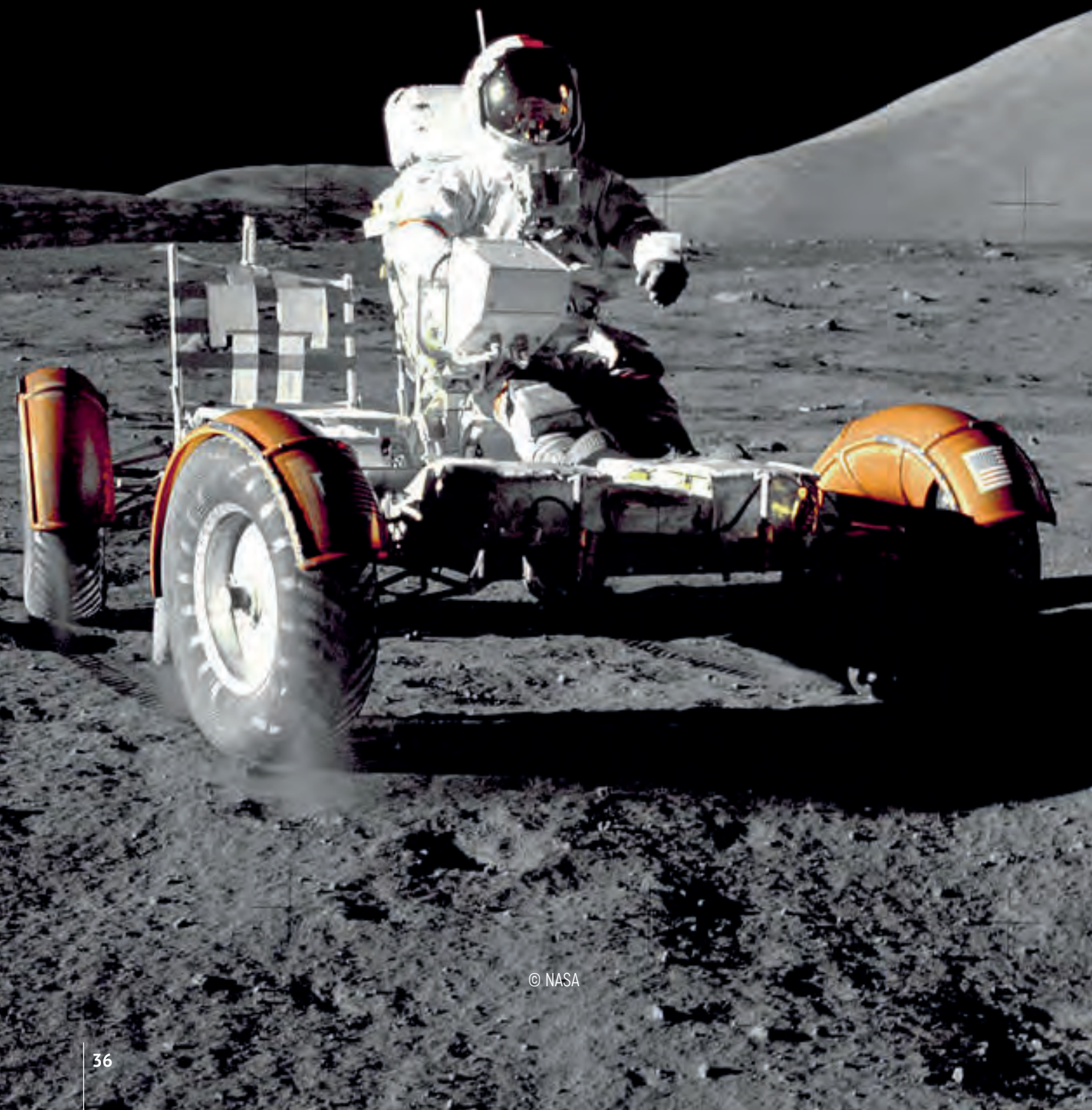
- WISDOM — радар для исследования состава грунта
- Адрон-нейтронный спектрометр для регистрации нейтронного альbedo и поиска водорода и водородсодержащих соединений в грунте
- Ma\_MISS — спектрометрический прибор для исследования состава грунта в месте взятия проб
- MicrOmega — видимый и инфракрасный спектрометр
- RLS — рамановский спектрометр
- МОМА — комплекс масс-спектрометров



# ЛУННЫЕ ГОРОДА

*Александр Хохлов*

*Сотрудничество вместо «космической гонки».*



© NASA

Современные СМИ нередко рисуют образ второй космической лунной гонки в борьбе за ресурсы нашего естественного спутника, которая началась между странами в XXI веке. За пример берется космическая гонка 60-х годов прошлого века, когда амбиции США и СССР привели к соревнованию по созданию сверхтяжелых ракет-носителей и организации полетов автоматических станций и космических кораблей к Луне и на Луну. Тогда обе страны достигли определенных успехов, но только американские астронавты добрались до Луны. Имеющая в своем сердце политические мотивы программа освоения спутника была мимолетной и быстро угасла, на десятилетия остановив границу проникновения человека в космос в тонком слое пространства около Земли. Не сумев договориться о совместном освоении Луны, две сверхдержавы понесли значительные траты, но в итоге остановили полеты на Луну, потеряв большую часть наработанного задела по космической технике. И если США хотя бы получили политические дивиденды, то в СССР засекретили свою попытку отправить людей на спутник и уничтожили ракеты Н1.

## ВОЗВРАЩЕНИЕ

Мировые усилия по освоению Луны сейчас складываются вокруг американской программы «Артемиды», предназначенной для возвращения людей на Луну. Параллельно в США проектируется окололунная посещаемая орбитальная станция Gateway, основная кооперация по этой программе соответствует партнерам по Международной космической станции, за исключением России.

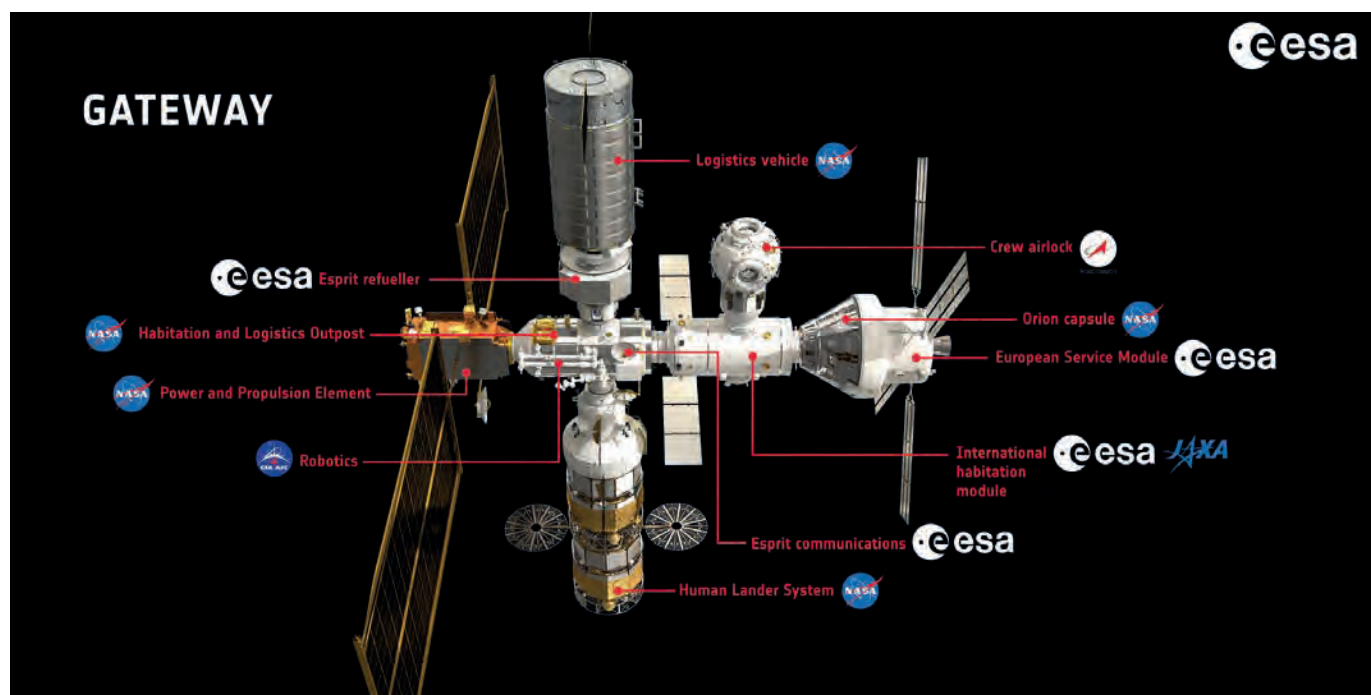
В 2017 между NASA и Роскосмосом было подписано совместное заявление о сотрудничестве в области исследования и освоения дальнего космоса и создания окололунной станции Gateway. Планировалось, что Россия изготовит для орбитальной станции шлюзовую модуль для выходов астронавтов в открытый космос, оснащенный стыковочным узлом для американского корабля «Орион» и российского — «Федерация».

Но к 2020 году переговоры зашли в тупик.

При этом Россия, как и Китай, отказалась подписывать межгосударственное соглашение, устанавливающее принципы использования и изучения Луны среди партнеров

по программе «Артемиды». Этот документ — альтернатива пятому из основных международных космических законов, Соглашению о деятельности государств на Луне и других небесных телах, принятому резолюцией 34/68 Генеральной Ассамблеи ООН от 5 декабря 1979 года. У соглашения, подготовленного Комитетом по использованию космического пространства в мирных целях ООН, оказалась тяжелая судьба. Его подписало всего 22 страны без участия основных космических игроков (США, Китая и России). Долгая юридическая неопределенность была одним из индикаторов неготовности человечества вновь отправиться на Луну, и соглашение «Артемиды» стало важным этапом на этом пути. Разработанные в США принципы по освоению Луны, подписанные странами, непосредственно участвующими в космической деятельности, будут предложены для обсуждения в ООН.

Единственные две страны, способные долететь до Луны, но не вошедшие в проект, который предложили американцы, — Китай и Россия — в итоге подписали меморандум о сотрудничестве в работе на Луне и на ее орбите. Этот документ не пред-



Один из вариантов концепции окололунной посещаемой орбитальной станции Gateway, включающий участие России © ESA

## ДЛЯ СПРАВКИ

Политические амбиции и сейчас являются главными мотивами принятия решений по очень дорогостоящим направлениям деятельности людей, но начать лунную гонку в XXI веке — значит, повторить ошибку начала космической эры. Вполне очевидный разумный подход подсказывает, что Луна, с одной стороны, нам необходима как самый доступный плацдарм для создания внеземной промышленности, если человечество решится стать космической цивилизацией, а с другой — требует огромного количества ресурсов, которое непосильно одному государству даже если его экономика находится на уровне мировых лидеров.

Поэтому в третьем десятилетии XXI века наметился процесс совместного движения к Луне. Представители космических агентств разных стран объединились в международную экспертную группу The International Space Exploration Coordination Group, цель которой — объединить в единую дорожную карту разработки и космические программы партнеров. Подготовленный и регулярно обновляемый публичный отчет не является указанием к действию, но за счет полноты охвата позволяет всем заинтересованным сторонам понять, куда двигаться и с кем сотрудничать, чтобы сделать свой вклад в будущее человечества на Луне. Сейчас в группу входят 26 космических агентств и организаций.

К сожалению, до полного единства еще далеко: представленные в ISECG Россия и Китай действуют достаточно автономно в своих лунных программах.



ISECG



Посадочная станция «Луна-25». © АО «НПО Лавочкина»

усматривает активных действий, но может стать первым шагом к совместным проектам. 24 ноября 2020 года Китай призвал другие страны присоединиться к нему для совместной работы по исследованию Луны.

И хотя мир с точки зрения будущего освоения Луны условно разделился на две основные группы: в одной США и их партнеры, в другой Китай с Россией, — этот процесс нельзя назвать космической гонкой, так как американская лунная программа уже далеко впереди, и ее можно только догонять. Разобравшись с намерениями стран, попробуем заглянуть в будущее освоения Луны.

## ПУТИ К ОСВОЕНИЮ

Партнеры по ISECG выделяют три основных концептуальных фазы действий, которые помогут человечеству в этот раз не просто вернуться на Луну, а закрепиться там навсегда.

Первая фаза: дополнительная разведка автоматическими станциями и серия высадок на Луну людей и робототехнических средств поддержки для отработки необходимых технологий.

Вторая фаза: Создание первой научной обитаемой базы, расширение

мобильности с помощью герметичных колесных вездеходов, продолжение разведки лунных ресурсов и начало создания промышленной инфраструктуры за счет стабильного грузопотока с Земли.

Третья фаза: учитывая, что финансирование государств по освоению Луны ограничено, в завершающей фазе необходимо подготовить всю необходимую инфраструктуру для коммерческой деятельности на Луне, чтобы обеспечить устойчивое развитие лунных поселений и промышленности через экономику. С технической точки зрения первым и важнейшим шагом для этого является создание транспортной системы: сверхтяжелых и тяжелых ракет-носителей, пилотируемых космических кораблей и лунных посадочных модулей для людей, грузов и модулей будущих лунных баз.

На сегодня подобные транспортные системы разрабатываются в двух странах: в США и Китае. В Америке создается две альтернативных системы: одноразовая ракета-носитель Space Launch System с кораблем «Орион» и коммерческим лунным модулем, а также сверхтяжелая ракета, космический корабль и посадочный модуль: три в одном — многоразовый Starship компании SpaceX. Кроме того,



у компании SpaceX есть две ракеты-носителя Falcon 9 и Falcon Heavy, которые будут использоваться для доставки грузов к Луне.

В Китае создаются сверхтяжелая ракета-носитель «Чанчжэн-9» («Великий поход — 9»), пилотируемый корабль и лунный модуль.

Эти транспортные системы позволят американцам доставить своих астронавтов на Луну во второй половине двадцатых годов, а китайцам — к 2030 году. Но подобные космические миссии будут лишь повторением прилунений во время программы «Аполлон». Что же дальше?

В 70–80-е годы в США и СССР прорабатывались различные варианты обитаемых баз на Луне, но потеря интереса к вопросу освоения нашего спутника на многие годы закрыла работы по этой теме. С одной стороны, у специалистов по Луне уже было много данных для обработки, с другой — при ограниченном финансировании на космическую науку выбирались цели с большей научной новизной: автоматические станции к другим планетам Солнечной системы и орбитальные телескопы. А все предложения по созданию пилотируемых баз на Луне не вызывали воодушевления у правительств из-за высокой стоимости и неочевидности какой-либо отдачи.

## ОБИТАЕМЫЕ БАЗЫ

Лишь в начале XXI века специалисты вернулись к вопросу планирования строительства на Луне.

В 2011 году в головной организации России по пилотируемой космонавтике — РКК «Энергия» им. С. П. Королева — была издана книга «Луна — шаг к технологиям освоения Солнечной системы», которая суммировала все проработки прошлого века. В этом издании описано фактически все, что может успеть сделать человечество на Луне за XXI век.

В начале, после разведки автоматическими станциями и серии

высадок людей на Луну, логично строить научную посещаемую базу первого этапа. Например, Россия и Китай рассматривают для этого в первую очередь Южный полюс Луны, где в грунте и в кратерах есть относительно большие запасы воды в виде льда. Скорее всего, США с партнерами при выборе места первой базы также будут рассматривать кратеры с большим содержанием льда в постоянно затененных частях.

Первые обитаемые базы будут состоять из состыкованных герметичных модулей, по своей конструкции близких к тем, что используются для орбитальных станций. Для защиты людей от радиации и микрометеоритов планируется над модулями делать арки с засыпкой реголитом слоем 2–3 метра либо, при наличии строительной техники, делать дополнительные траншеи для размещения в них модулей. Электропитание будет осуществляться от солнечных батарей и небольшого ядерного реактора. Задачи первых баз будут научными и ремонтными: кроме сбора геологических проб,

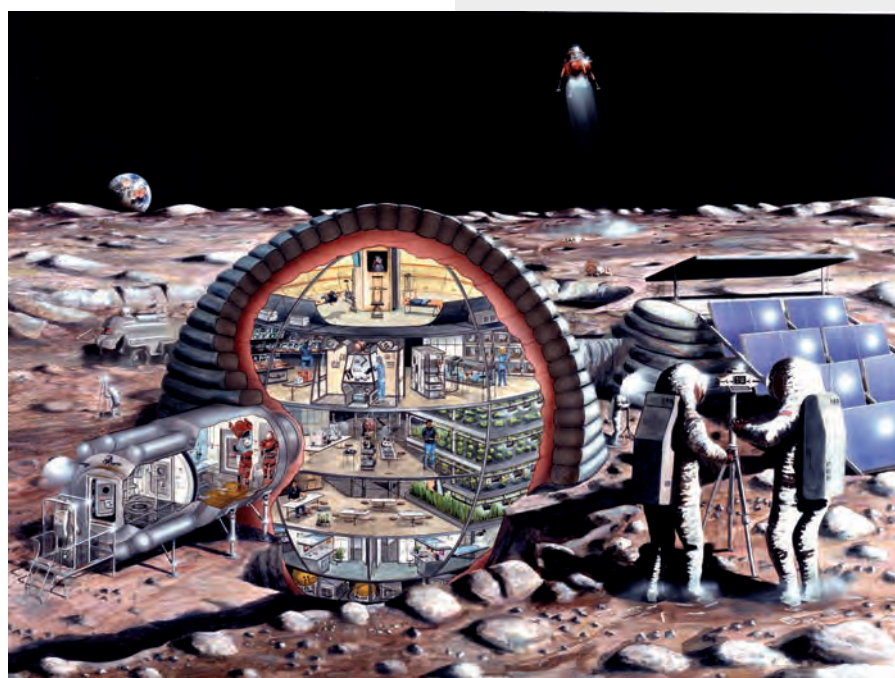
## ДЛЯ СПРАВКИ

Де-юре Луна пока принадлежит всему человечеству, но право на наиболее перспективные районы де-факто будет принадлежать тем странам, которые раньше других разместят на них первые элементы своей космической инфраструктуры.



Книга «Луна — шаг к технологиям освоения Солнечной системы»

Лунная база с надувным модулем. © NASA





Проект лунной базы для четырех человек. Основание разворачивается из трубчатого модуля и надувного купола. Затем над куполом наращиваются слои реголита с помощью 3D-принтера. © ESA

астронавты будут монтировать и дооснащать астрофизическое оборудование. Для передвижения на большие расстояния будет использоваться лунный транспорт с герметичными кабинами. Такие вездеходы разрабатываются в США и Японии (Toyota). Лунные базы первого этапа будут полностью зависеть от поставок с Земли даже при наличии привычных уже для космических станций технических систем регенерации воды и воздуха из продуктов жизнедеятельности людей.

План международной группы ISECG до 2035 года как раз рассматривает начало создания первой такой базы с небольшим экипажем.

Лунные базы второго этапа будут больше, но элементарно близкими к устройству первых станций. Главное отличие — это внедрение замкнутых биорегенеративных систем жизнеобеспечения, где для переработки отходов человека будут использоваться водоросли, а для получения свежей пищи — высшие растения. Подобные системы отработывались в СССР в эксперименте БИОС-3, и эта тема актуальна сейчас в Китае в серии экспериментов «Юэгуань-1» (Лунный дворец).

Экипаж такой базы будет уже

больше, так как его задачи будут расширены созданием промышленной и технологической инфраструктуры. Здесь можно ожидать начала производства топлива из местных ресурсов, чтобы заправлять взлетно-посадочные аппараты. По расчетам специалистов, на это потребуется 30–40 лет от начала строительства на Луне.

Третий этап строительства уже больше похож на фантастику и рассматривается архитекторами и инженерами больше концептуально. По первым планам, это будут крупные поселения-базы в кратерах, так как их стенки будут частично защищать от радиации и астероидов. Кроме того, исследования показали, что размещение жилой зоны в кратере психологически более комфортно, чем на открытой местности. При этом у обитателей базы будет возможность видеть поверхность и выходить в скафандрах наружу.

Вероятно, будут выбираться кратеры и рядом с лавовыми трубками, где возможно размещение складов и производственных помещений. Но вот жилые отсеки, по мнению российских специалистов, не стоит располагать в тоннелях лавовых трубок из-за сложности эвакуации в случае аварии и психологическо-

“ ”

**Юджин Сернан,  
командир «Apollo-17»**

**Я думаю, что пыль, вероятно, является одним из основных ограничителей планируемой работы на Луне.**



След на Луне. © Istock

го дискомфорта обитания там. На этом этапе произойдет переход к развитому производству из местных полезных ископаемых и к самообеспечению лунных поселений, где будут уже десятки и сотни исследователей, ученых, инженеров и врачей. Из-за низкой гравитации все специалисты будут работать вахтовым методом, как сейчас зимовщики в Антарктиде, возвращаясь на Землю через 1–2 года.

Наступит момент, когда космодромы рядом с базами и окололунные станции станут служить не только для обеспечения грузопотока «Земля — Луна», но и для полетов к другим телам Солнечной системы. И вновь, к сожалению, до создания поселений третьего этапа пройдет 50–70 лет от начала работ по освоению Луны.

Сейчас в США формируется профессия космического архитектора, появляются компании, цель которых в разработке концептов интерьеров обитаемых объемов орбитальных станций и городов, лунных и марсианских баз, больших межпланетных кораблей. Во время длительных полетов или вахт на других планетах в замкнутом пространстве или на безжизненных просторах Луны и Марса очень большую роль будут

играть эргономичность и дизайн внутренних помещений и вездеходов. Исследования и тщательная проработка этих вопросов, учитывающая особенности гравитации, помогут поддерживать комфортную жизнь экипажей в сложных условиях изоляции и одиночества.

## СЕДЬМОЙ КОНТИНЕНТ

Ускорить космическое будущее можно несколькими путями. Во-первых, снизить стоимость доставки грузов на Луну. Для этого американская компания SpaceX разрабатывает многоразовую транспортную систему Starship, а в России ведутся работы по созданию многоразового ядерного электроракетного буксира, который будет забирать грузы на низкой околоземной орбите и доставлять на окололунную орбиту. По оценке российских специалистов, при использовании буксира удельная стоимость доставки килограмма груза на поверхность Луны снизилась бы в 2–4 раза.

Во-вторых снизить общечеловеческие затраты на освоение Луны можно специализацией по разработкам, когда, в отличие от

60-х годов прошлого века, каждая страна делает то, что у нее лучше получается и на что есть средства. Сейчас такой подход можно видеть на примере программы «Артемиды» и окололунной орбитальной станции Gateway. Европа строит сервисные модули для американских пилотируемых кораблей «Орион» и участвует в создании модулей станции и лунных посадочных модулей. Кроме того, европейцы разрабатывают технологии по 3D-печати из местных материалов на Луне и собираются отправить на спутник автоматические станции для изучения лавовых трубок. Япония создает удобный колесный транспорт для перемещения по Луне астронавтов и грузовой корабль для полетов к Gateway. Канада сделает роботизированный манипулятор для окололунной станции.

Чем раньше Луна превратится в полигон для всемирного сотрудничества, тем раньше она станет важным форпостом человечества и технологической базой для освоения Солнечной системы. И тогда сбудется мечта одного из соратников Сергея Павловича Королёва — Бориса Евсеевича Чертока: Луна превратится в седьмой континент Земли.

# НЕЗЕМНАЯ УБОРКА

Елизавета Егорова



— Эй, куда вы тащите это кресло?  
— О, я больше не нуждаюсь в его услугах.  
Поэтому мы провожаем его к месту, где  
большая клешня сможет найти его и отвезти  
в волшебные мусорные земли!

«Обычный мультик»

## ОКОЛОЗЕМНЫЕ ОБИТАТЕЛИ

4 октября 1957 года в околоземном пространстве появился первый космический мусор — ракета-носитель космического аппарата «Спутник-1». С тех пор, после запуска первого искусственного спутника Земли, прошло 64 года. За это время на орбиту были запущены десятки тысяч спутников, обеспечивших нас навигацией и связью. Теперь спутники образуют на небе новые созвездия. Но куда пропадают космические аппараты по завершении их миссии? А также ступени ракет-носителей, разгонные блоки, фрагменты, образующиеся при распаде и столкновениях? Все это мы будем называть техногенным космическим мусором. Между тем и до начала эры освоения космоса околоземное пространство не было стерильным: порядка 20 тыс. тонн метеороидов ежегодно входит в атмосферу Земли. Такие объекты, называемые космическим мусором естественного происхождения, пронизывают околоземное пространство, а затем либо покидают его, либо сгорают в атмосфере. И только некоторые из них достигают поверхности Земли. Падение подобных тел на землю может представлять серьезную опасность для человечества.

## МУСОР ВСЕХ СОРТОВ

Более 40% всего техногенного космического мусора — последствия разрушения крупных объектов на околоземных орбитах. При этом, в отличие от космического мусора естественного происхождения, эти объекты надолго сохраняются в околоземном пространстве и угрожают столкновением с действующими космическими аппаратами. Все космические объекты в зависимости от их размера делятся на классы: с 1-го (от 0,1 до 0,25 см) по 8-й (более 20 см). На сегодня защитные оболочки космических аппаратов способны обеспечить защиту лишь от космического мусора первого класса.

В зависимости от размера космического мусора возможны различные последствия столкновений с действующими космическими аппаратами — начиная с серьезных повреждений и заканчивая полным уничтожением. Сейчас в околоземном пространстве насчитывается около 130 млн единиц мелкого космического мусора (1–3 классы), 1 млн среднего (4–6 классы) и 40 тыс. крупного (8 класс). Соответственно, количество объектов, способных вывести космический аппарат из строя, достигает сотен тысяч, а способных нанести серьезные повреждения — миллионов. От столкновений космических объектов каждый год образуется более 30 млн фрагментов первого класса, и только 10% из них сгорает в атмосфере. Среднее число взаимных столкновений также зависит от размеров космических объектов: например, количество столкновений мелких космических объектов в тысячи раз превосходит этот показатель для крупных. И хотя повреждений, наносимых объектами 1–3 классов, возможно избежать применением защитных экранов, не стоит недооценивать этих «малышей». Дело в том, что крупные объекты отслеживаются в системе контроля космического пространства, где особое внимание уделяется области низких орбит (особенно солнечно-синхронных), геостационарным орбитам и орбитам навигационных космических аппаратов. Непрерывное наблюдение позволяет предвидеть опасные сближения с действующими космическими аппаратами и успешно проводить маневры уклонения. Однако с мелкими объектами дело обстоит иначе: мониторинг потоков таких объектов затруднен, и в основном отслеживаются потоки на высотах до 600 км. Отслеживание же отдельных объектов и вовсе невозможно, как и расчет маневров уклонения. Между тем столкновение с мелким космическим мусором может не только повредить чувствительные поверхности таких приборов, как солнечные панели, угольковые отражатели или детекторы столкновений, но и вывести космический аппарат из строя.



**Алексей Васюков,  
сотрудник кафедры  
информатики и  
вычислительной  
математики МФТИ:**

“ ”

Реально сейчас защитные экраны проектируют из расчета на частицу из алюминия диаметром около 1 см на скорости 7–15 км/с. Это вполне реалистичная оценка того, что может прилететь на орбите. Все, что крупнее, — совершенно за гранью того, что можно надежно остановить на современных технологиях.



**Владимир Юфа,  
доцент кафедры  
прикладной  
физики и кафедры  
лазерных систем и  
структурированных  
материалов МФТИ:**

“ ”

С помощью лазерной абляции — испарения вещества с облучаемой поверхности — можно сообщить мусорному объекту некоторый импульс и вызвать его направленное движение. Это годится для изменения орбиты и дальнейшего сжигания объекта в атмосфере. Но для уничтожения объекта в космосе необходим лазер с колоссальным ресурсом и запасом энергии. Выведение такого устройства в космическое пространство будет весьма непростой и дорогостоящей задачей. Понятно, что одного такого устройства не хватит: необходима целая группировка на разных орбитах и в разных точках пространства. Думаю, это задача на ближайшие 10–20 лет.

## КОСМИЧЕСКИЕ ПРОБКИ

Количество объектов космического мусора стремительно растет, что подтверждается многолетними наблюдениями. По данным открытых источников SSA (Space Situational Awareness) и других международных организаций, на текущий момент в околоземном пространстве находятся более 29 тыс. «мертвых» космических аппаратов и выполнивших свою миссию верхних ступеней ракет-носителей и разгонных блоков. Над нашими головами каждую секунду пролетает несколько тысяч тонн металлолома.

Отметим, что космический мусор на низких орбитах за счет трения о воздух снижается и сгорает в нижних слоях атмосферы. Даже МКС, летящая на высоте 400 км, ежедневно теряет в высоте по 100 м. Однако время схода для орбит различных высот сильно отличается: например, если высота орбиты 200 км, то это считанные дни или недели, 600 км — уже несколько лет, а для высот более 800 км этот показатель может достигать веков.

Такой космический мусор может десятилетиями сталкиваться друг с другом, порождая лавинообразный эффект. Это явление называется синдромом Кesslera. Согласно теории, при превышении некоторого критического количества космического мусора его неконтролируемое саморазмножение, даже если прекратить любые запуски, приведет к невозможности дальнейших космических полетов.

Но это чересчур пессимистичный прогноз. Специалисты считают, что такой сценарий не приведет к столь печальным последствиям, а лишь повысит сложность и стоимость планирования будущих миссий из-за необходимости постоянных маневров для уклонения от скопившегося мусора. С точки зрения теории управления такая задача будет равна по сложности маневрированию беспилотного автомобиля в московских пробках.

## ОКОЛОЗЕМНЫЙ КЛИНИНГ

В 2020 году в околоземном пространстве появилось рекордное количество новых спутников: их число составило 1263. «Сейчас мы переходим к более опасной фазе использования околоземного космического пространства в связи с появлением малых спутников, количество которых на орбитах растет со страшной силой. Особую роль здесь играют спутники, обеспечивающие широкополосный доступ в интернет. Это такие спутниковые системы, как Starlink, OneWeb. И если спутники на орбитах ниже 700–600 км по окончании срока службы могут быть сведены в атмосферу, то на высоких орбитах эта задача представляет немалые трудности», — говорит Натан Эйсмонт, ведущий научный сотрудник ИКИ РАН.

Раньше основной составляющей техногенного космического мусора были ракеты-носители. Сейчас же запуски проектируются так, чтобы последняя ступень не входила в околоземное пространство, оставаясь там неуправляемой космической миной, а сгорала в атмосфере. Конечно, подобные меры улучшили ситуацию. Однако космические аппараты не обладают бесконечным сроком годности и по выполнении миссии так или иначе становятся мусором. При этом их распределение по орбитам разных высот неравномерно — соответственно, не существует универсального способа решения проблемы утилизации. На данный момент разделяют пассивные и активные методы решения проблемы. Пассивные предполагают повторное применение отдельных составных частей ракет-носителей. Активные же требуют изменения орбит или разрушения потенциально опасных объектов космического мусора. К активным методам можно отнести перевод завершивших свою миссию аппаратов на орбиты захоронения. Однако при этом увеличивается вероятность столкновений

<b>1 КЛАСС</b> 0,1 – 0,25 см	<b>2 КЛАСС</b> 0,25 – 0,5 см	<b>3 КЛАСС</b> 0,5 – 1 см	<b>4 КЛАСС</b> 1 – 2,5 см	<b>5 КЛАСС</b> 2,5 – 5 см	<b>6 КЛАСС</b> 5 – 10 см	<b>7 КЛАСС</b> 10 – 20 см	<b>8 КЛАСС</b> >20 см

Распределение объектов космического мусора по классам в зависимости от размера. © Елизавета Егорова

объектов космического мусора в областях захоронения. Это означает, что данный метод нельзя считать идеальным способом борьбы с засорением. Кроме того, не следует исключать возможность взрывов космических объектов из-за остатков топлива на борту. И в том, и в другом случае следствием может стать образование многочисленных осколков, способных встать на пути действующих спутников.

Для объектов космического мусора на высотах до 800 км применяются методы схода на более низкую орбиту, чтобы в дальнейшем этот объект сгорел при входе в атмосферу. Для низких околоземных орбит — от 900 до 1500 км — существует возможность удаления крупного космического мусора на орбиты увода с ограниченным сроком существования.

Следует отметить, что все активные

методы, предполагающие изменение орбит, требуют решения весьма сложных задач — из-за необходимости учитывать существование действующих космических аппаратов и орбит захоронения аппаратов с ядерными энергоустановками.

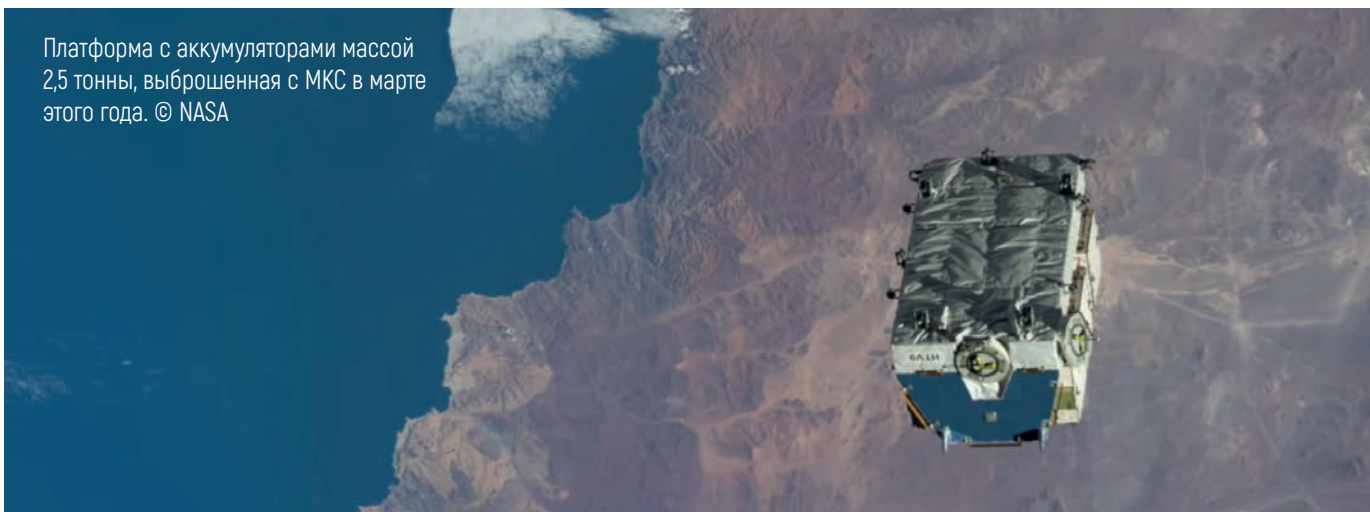
Рассматриваются также идеи создания специальных космических аппаратов для утилизации космического мусора. Но и здесь есть проблемы. Во-первых, из-за неравномерного распределения мусора по орбитам необходимо создание целой космической группировки аппаратов такого типа. Во-вторых, необходимо точное определение орбитальной области осуществления таких операций для снижения вероятности уничтожения действующих космических аппаратов. В-третьих, в связи с различными рисками такая космическая группировка требует постоянного наблюдения

и управления, для чего необходима устойчивая связь. В противном случае эти аппараты утилизации сами рискуют стать объектами космического мусора и не оправдать затраты на их разработку.

## ОТ АСТЕРОИДОВ К МУСОРУ

Ученые сейчас изучают возможность использования удаленного ядерного взрыва для предотвращения столкновения опасных астероидов с Землей. «Существует два возможных варианта стратегии предотвращения столкновения. Стратегия разрушения заключается в применении контактного ядерного заряда для фрагментации астероида на мелкие осколки, которые либо сгорают в атмосфере Земли, либо вообще пролетают мимо нее. В

Платформа с аккумуляторами массой 2,5 тонны, выброшенная с МКС в марте этого года. © NASA



другом варианте предусматривается изменение траектории движения астероида при помощи удаленного ядерного взрыва. Второй вариант имеет как положительные, так и отрицательные перспективы. К положительным относится сохранение целостности астероида, что не вызывает необходимости в дальнейшем отслеживать траектории его больших осколков, падение которых на Землю может вызвать значительные разрушения.

К отрицательным следует отнести то, что воздействие заряда будет относительно слабым по сравнению с контактным взрывом. С учетом скорости движения астероида по его орбите порядка 10–40 км/сек запуск носителя ядерного заряда должен быть осуществлен задолго до предполагаемого момента столкновения», — объясняет доцент кафедры прикладной физики и кафедры лазерных систем и структурированных материалов МФТИ Владимир Юфа.

Возможно, в будущем подобные технологии можно будет применять для удаления техногенного космического мусора или хотя бы изменения его орбиты. Подводя итоги, в первую очередь следует делать упор на разработку правил, ограничивающих дальнейшее загрязнение околоземного пространства. Его разумное использование позволит предотвратить катастрофическое засорение и дать надежду на дальнейшее освоение космоса человеком.



### **Натан Эйсмонт, ведущий научный сотрудник Института космических исследований РАН:**

“ ”

Конечно, все космические аппараты снабжены двигателями, а значит, по истечении срока службы могут быть сведены в атмосферу. И хотя надежность космических аппаратов сейчас сильно выросла, отказы все равно неизбежны. Получается, что на орбите высотой более 800 км космический аппарат, у которого по какой-то причине отказали системы и двигатели уже не могут быть включены, становится неуправляемым космическим мусором. Объемы этого мусора растут с каждым годом огромными темпами. Согласно действующим в настоящее время

правилам, космический аппарат, прекративший свою работу, должен оставаться в космосе не более 12 лет. То есть его орбита должна быть спланирована таким образом, чтобы даже при полном выходе спутника из строя он сошел с орбиты в течение этого срока. Хороший пример соблюдения этого правила — астрофизическая обсерватория «Интеграл», выведенная на орбиту с помощью российской ракеты-носителя «Протон». Именно к ней впервые было применено планирование операций, предвосхищающих возможные события полного отказа систем (то есть

когда аппарат станет космическим мусором весом в четыре тонны). В результате обсерватория была выведена на промежуточную высокоэллиптическую орбиту, благодаря чему время существования аппарата на ней оказалось гораздо больше требуемых 5,5 лет и составило более 30 лет. По истечении этого срока будет проведен запланированный управляемый сход аппарата с орбиты. Однако работы такого типа требуют значительных ресурсов: не только материальных, но и человеческих. Получается, что убирать космический мусор стоит намного дороже, чем его создавать.



# ЭКСПЕДИЦИЯ ИССЛЕДУЮЩАЯ, ИЛИ ПРАВО ИМЕЕМ

*Алёна Акимова*

ЕСЛИ ОТКРЫТЬ ПОСЛЕДНИЕ НОВОСТИ С КЛЮЧЕВЫМ СЛОВОМ «КОСМОС», ТО КАЖЕТСЯ, ЧТО ГОРОДА НА МАРСЕ – НЕ ЧУДО ИЗ РАССКАЗА ПИСАТЕЛЯ-ФАНТАСТА, А НАША БУДУЩАЯ РЕАЛЬНОСТЬ. НО НЕ ЗАБЫЛИ ЛИ ГОСУДАРСТВА И ЧАСТНЫЕ КОСМИЧЕСКИЕ КОРПОРАЦИИ ОБ ЭТИКЕ И МОРАЛИ В ЭТОЙ ГОНКЕ ЗА КОЛОНИЗАЦИЮ?

**И**стория о том, что человечество начнет осваивать космос для создания колоний, давно используется в фантастике. Сценарии рисуются различные: люди покидают планету по своей воле — из-за стремления использовать потенциал других планет — или вынужденно, потому что Земля уже непригодна для жизни. Вопрос, можем ли мы это сделать технически, уже давно решается государственными и частными космическими корпорациями.

Однако вопрос, имеем ли мы право на такое расселение с точки зрения этики и морали, остается открытым. Некоторые исследователи проводят параллель нынешнего времени с эпохой Великих географических открытий. Вдохновленные идеей новых земель, путешественники были готовы на жертвы ради открытий. А после исследований они успешно налаживали быт вдали от дома. Но зачастую комфортная жизнь колонизаторов и дальнейшее процветание метрополий обеспечивались эксплуатацией колонии и ее жителей. Как нужно действовать, чтобы история не повторилась? Имеет ли человек право на создание «второй Земли», если он не решил проблемы первой? Какие ограничения накладывают международные договоренности? Попробуем разобраться в этих вопросах с точки зрения разных дисциплин вместе с международными экспертами.

## КСТАТИ

Первые предложения о колонизации космоса и небесных тел были выдвинуты еще задолго до первых полетов. Например, в начале XVII века британский священник и полимат Джон Уилкинс рассуждал о заселении Луны в сочинении «Дискуссия о новой планете», а сценарий колонизации искусственного спутника был описан впервые в повести «Кирпичная луна» американского писателя XIX века Эдварда Хейла.

## КОЛОНИЗАЦИЯ УЖЕ НАЧАЛАСЬ?

Европейское космическое агентство готовится исследовать, насколько пещеры на Луне пригодны для жизни, а уже к концу этого десятилетия планируется открыть космический отель Voyager. Илон Маск нам обещает, что в 2025 году человек ступит на Марс. Кажется, новая эпоха освоения космоса уже началась: помимо научных исследований, нынешние миссии направлены на изучение потенциального использования космического пространства и небесных тел. Эти факты могут быть иллюстрацией подхода к космосу как к еще одному средству удовлетворения человеческих потребностей. Такая точка зрения — предмет одного из направлений космической этики. Космическая, или астротэтика начала свое развитие в 1970–1980-х годах как ответвление экологической этики. Наибольшую популярность она приобрела в конце 1990-х вместе с развитием астробиологии и активизацией деятельности Национального управления по аэронавтике и исследованию космического пространства (NASA), а также Европейского космического агентства (ESA). И хотя эксперты этих агентств предпринимали попытки по созданию дорожных карт и декларативных документов по этике освоения космоса, официально они никогда не были приняты.

## ВЗГЛЯД ЕВРОПЕЙЦЕВ

На сегодня у ESA есть три категории документов, определяющих его деятельность. «Конвенция ESA формулирует некоторые фундаментальные принципы, такие как “космическая деятельность только в мирных целях”, которыми мы руководствуемся при исследовании космоса. Затем ESA следует правилам, установленным в международном праве, особенно в международном космическом праве, — комментируют эксперты ESA. — В качестве

второго уровня у нас есть набор национальных правил, то есть национальных космических законов 22 стран-членов, которые прямо или косвенно влияют на ESA. Эти национальные законы о космосе определяют правильное поведение, особенно частных компаний, при осуществлении космической деятельности в стране или от ее имени. Третий уровень касается технических и процедурных стандартов и практик, согласованных агентствами и частным сектором. Эти правила или стандарты имеют большое практическое значение в повседневной деятельности, науке и т. д. Стандарты также служат предварительным условием для международного сотрудничества, поскольку они облегчают техническое взаимодействие». Интересно, что многие эксперты предлагают использовать термины «заселение» и «создание автономных мест обитания» вместо выражения «колонизация космоса». Кроме того, понятие «колонизация» отсутствует в международном праве. «Это слово вызывает сильную негативную реакцию, так как напоминает о порабощении других людей. Но в космосе нет существ, подобных нам, — по крайней мере, в пространстве, которое мы могли бы гипотетически колонизировать в следующие 100 лет», — комментирует Келли Смит, профессор Университета Клемсона, США.

## ЗА ПРЕДЕЛАМИ HUMANI GENERIS

Вопрос колонизации космоса и небесных тел относится не только к праву и философии. В споре активно участвуют и экологи, выступая резко против такого освоения. Основной аргумент закреплён и в международном праве — это Планетная защита, 9 статья «Договора о космосе». Как мы писали ранее, считается, что есть два типа биологического загрязнения: как других планет, так и Земли. На данный момент все космические аппараты



### Потенциал «второй Земли»

проходят обязательную обработку, а некоторые даже уничтожаются, если это невозможно. Но в случае с людьми соблюдение полной стерильности невозможно. Существует несколько точек зрения на экологическую ответственность человека при освоении космоса. Во-первых, эксперты заявляют о том, что человечество уже стало источником необратимых губительных процессов на Земле и не имеет права на подобные действия вне своей планеты. Во-вторых, экологи призывают сначала решить существующие проблемы, а затем уже осваивать внесменные пространства. Они апеллируют также и к общественному мнению, которое, согласно статистике, призывает использовать космические технологии для решения проблем изменения климата, а не отправки людей на Луну или Марс. В-третьих, эксперты предупреждают о неизбежном изменении экосистем других

планет при попытке основать колонии даже в целях научных исследований. А это противоречит принципам экологической этики, которая призывает к ответственному отношению к природе вместо приоритизации удовлетворения потребностей человека. В действительности проекты по изменению экосистем небесных тел предлагались уже несколько раз. Венеру предлагается «охладить», а Марс, наоборот, «разогреть». Последнее теоретически возможно с помощью углекислого газа (CO<sub>2</sub>) — по сути, это могло бы повторить модель развития глобального потепления на Земле, и был бы запущен процесс терраформирования Марса. Для добычи CO<sub>2</sub> на Марсе выдвигались различные идеи: и доставлять микробы с Земли, и взрывать ледяные полярные шапки планеты. Позже ученые доказали, что существующие технологии не смогут сделать из Марса «вторую Землю»,

однако исследования в этой области продолжают. Что касается Венеры, то процесс охлаждения планеты представляется еще более затруднительным. Впрочем, эта планета находится к Земле ближе, чем Марс, а по своим характеристикам больше напоминает «вторую Землю». NASA предложило другое решение — создание летающих городов-колоний. Более того, Исследовательский центр NASA разработал проект космического аппарата, который может быть отправлен на Венеру — High Altitude Venus Operational Concept — HAVOC. Но реально пока никто «вторую Землю» не создал.

### НАЗАД В НАСТОЯЩЕЕ

Разработка подобных планов прямо противоречит принципам этики экологических активистов. Но некоторые эксперты считают, что дискуссия о морали в современном освоении космоса неактуальна.



Кадр из фильма «Прибытие»



«За науку» о международном космическом праве



«Поговорим За науку»: Александр Родин (МФТИ) против Келли Смита (Университет Клемсона, США) в дискуссии об этике колонизации космоса

«Моральные дилеммы обычно соотносятся с живой природой или с культурными артефактами, но что касается космических объектов, они трудно применимы. То есть захотелось нам сделать колонию на Марсе, какие тут могут быть моральные препятствия? Нарушение идентичности марсианской пустыни? Разрушение марсианской экосистемы? Может быть, в каком-то смысле... Но, честно, не уверен, что это проблема. Опять же, добыча ресурсов в необитаемых, непригодных для жизни мирах вряд ли кого-то заденет за живое.

А сценарий «Аватара» очень маловероятен в реальных проектах космической экспансии», — отмечает Иван Карпенко, доцент факультета гуманитарных наук НИУ ВШЭ. Кроме того, в академической дискуссии присутствует мнение, что колонизация космоса — это благородное дело. «Я бы сказал, что освоение и колонизация космоса — это фактически долг: если у нас вообще есть моральные обязательства, одно из них — сохранять жизнь в известном для нас виде. Утверждать

(как это делают некоторые), что мы должны позволить себе вымереть из-за того, что в прошлом плохо себя вели, кажется мне прекрасным примером *reductio ad absurdum*», — отмечает Келли Смит.

Тем не менее защита «внеземной жизни» полностью зависит от порядочности и ответственности космических исследователей. «Правовой защиты для еще не обнаруженной жизни нет. Принята конвенция 1997 года, но в ней есть положения, грубо говоря, о защите нашей планеты от внеземных образцов, которые могут попасть на Землю, — организмов, веществ», — рассказывает Анастасия Маркова, специалист GK Launch services (АО «Главкосмос пусковые услуги»), магистр международного права (Тринити Колледж, Дублин). — На данный момент жизнь, существующая в космическом пространстве, которая активно защищается, — это жизнь космонавтов. Они рассматриваются как посланцы человечества в космос. В случае аварии, бедствия или вынужденной посадки им оказывают всемерную помощь».

## С НЕБЕС НА ЗЕМЛЮ

Сейчас космическое пространство считается достоянием всего человечества, а страны, исследующие космос, обязаны делать это на благо всех государств.

«Если мы говорим о колонизации как о создании поселений, то на данный момент это никак не запрещено. Однако это не подразумевает создания правооснования для присвоения части космического пространства или какого-либо небесного тела, последнее напрямую запрещено», — комментирует Анастасия Маркова.

Тем не менее исследователи сходятся во мнении, что международное космическое право отстает от развития космических технологий — большая часть документов была создана в 1960–70-х годах. Поэтому возможно, что в скором времени будут разработаны какие-то дополнительные соглашения. Тем более, что необходимость в них обуславливается новыми возникающими условиями. Например, если колонизация какого-либо небесного тела действительно начнется, естественным образом возникнет потребность в использовании ресурсов этой планеты. На международном уровне консенсуса по этому вопро-

су нет: одни страны выступают за неприкосновенность ресурсов, как и планет, а некоторые — за их разработку.

«Правила должны адаптироваться к новым событиям, новым открытиям и новым возможностям. В настоящее время мы являемся свидетелями таких новых достижений в освоении космоса. Намного больше частных акторов, исследовательские миссии запускаются гораздо чаще, — комментируют эксперты ESA. — При этом государства, которые участвуют в таких запусках, гораздо более заинтересованы в разработке новых норм. Поиск баланса между необходимостью быстрого реагирования и потребностью в общих согласованных правилах между всеми странами является ключом к устойчивому исследованию космического пространства».

Процесс выработки таких общих принципов осложняется стремлением быть максимально открытыми к идеям, культурам и ценностям всех народов, а также желанием создать универсальную модель будущего существования человечества на других планетах. Что если на них будет найдена жизнь в виде не просто микробов, а даже животных? «Философы обсужда-

ли моральную ценность в течение тысяч лет, не достигнув консенсуса, но, на мой взгляд, нельзя избежать какой-то моральной иерархии.

Если мы примем это, станет ясно, что существа с высочайшей моральной ценностью — это социальные существа, способные рассуждать (в частности, о морали)», — рассуждает Келли Смит.

А что если найденная жизнь окажется более развитой, чем человечество? И если такая цивилизация найдет нас раньше, чем мы ее? ESA подтверждает: на данный момент нет никакого согласованного плана по тому, кто бы в такой теоретически возможной ситуации «представлял» человечество, вел переговоры. «Мы, люди, можем теоретически оказаться в роли “муравейника с зачатками разума” для гипотетической высококоразвитой цивилизации инопланетян, которые, скажем, хотели бы сохранить Землю от полного истощения или использовать для своих личных целей, — говорит Иван Карпенко. — В таком случае будет гуманным с их стороны погрузить всех в контейнер и отвезти куда-нибудь в место попроще, где можно выживать, питаясь искусственной пищей. В резервацию. Ну или зоопарк».

Иллюстрация Большого финала «Кассини» — чтобы соблюсти принцип планетарной защиты, космический аппарат был отправлен в атмосферу Сатурна, где он сгорел после 20 лет работы. @NASA/JPL



# ЗДОРОВЬЕ В ПОЛЕТЕ

*Александра Литвинчук*

*Обещая полет человека на Марс, ученые обсуждают технологическую и гуманитарную стороны этой перспективы. О проблемах же, связанных со здоровьем космонавтов в длительном полете, говорят меньше. Хотя это, вероятно, самое главное, о чем необходимо беспокоиться, планируя марсианскую миссию. Вопросами такого рода занимается наука по имени космическая медицина.*



**К**осмическая медицина изучает возможности поддержания здоровья, обеспечения жизнедеятельности человека в экстремальных условиях космического пространства и потенциальные проблемы на этом пути. Согласно модели SHELL, предложенной в 1970–80-х годах Фрэнком Хокинсом и Элвином Эдвардсом, в космосе человек приспосабливается и взаимодействует со следующими факторами, влияющими в различной мере на его здоровье: фактор Software (нематериальные аспекты работы системы — правила, инструкции, нормы, процедуры на борту космического корабля), фактор Hardware (сам корабль), Environment (среда на корабле: невесомость, воздух, температура, влажность и другое), Liveware (поведение человека в космосе).



Объект в пустыне Мохаве будет построен французской компанией Interstellar Labs для подготовки космонавтов к жизни на Марсе. © Interstellar Labs.

## КРИТЕРИИ ОТБОРА

Космическим полетом принято считать любой полет выше 100 км над уровнем моря. По типу полетов их принято различать следующим образом. Суборбитальные экспедиции, длящиеся несколько часов, где человек находится под воздействием гравитации несколько минут.

Пребывание на малой орбите Земли (200–400 км над уровнем моря — например, МКС. И, наконец, дальние космические экспедиции (полеты на Луну, Марс и другие планеты).

В зависимости от типа полета человек будет подвергаться различным неблагоприятным для здоровья воздействиям (перегрузки, невесомость, радиация), которые могут по-разному влиять на его здоровье. Поэтому существуют строгие критерии отбора астронавтов, чтобы не допустить в космос людей с такими заболеваниями, которые могут обостриться во время экспедиции.

Основные критерии отбора в таком случае:

- 1) отсутствие болезней, приводящих к временной недееспособности (коронарная болезнь сердца, камни в почках, эпилепсия);
- 2) возможность участвовать в экспедициях разного формата (например, наличие астмы может затруднить нахождение в открытом космосе и атмосфере других планет);
- 3) отсутствие хронических заболеваний, которые требуют длительного приема различных медикаментов и осмотра врачей, которые, разумеется, невозможны в космосе. Тем не менее при отборе космических туристов на суборбитальные полеты применяются менее строгие критерии. Например, в 2005 году 60-летний мужчина с легочными и сердечными нарушениями успешно перенес полет в суборбитальном пространстве. А 23-летний пациент с наследственным пороком сердца смог перенести перегрузку в бг без особых последствий.

Подобные данные позволяют надеяться на скорое развитие массового космического туризма.

## НЕГАТИВНОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ

Так каким же негативным воздействиям подвержен человек в космосе?

В первую очередь это невесомость. По различным данным, от 60 до 80% космонавтов испытывают следующие симптомы, связанные с адаптацией к космическому полету: тошнота, рвота, кашель, бледность кожных покровов.

К другим важным нарушениям здоровья можно отнести отток воды из нижних конечностей в сторону головы у космонавтов в условиях невесомости. Эти нарушения приводят к отекам головы и лица и появлению «симптома куриных ног».

Если не применять никаких профилактических мер, то сосуды нижних конечностей, которые детренируются в ходе полета, не смогут справиться с объемом крови, поступающим в них после приземления.

## РАДИАЦИЯ

Более длительное пребывание в космосе (самый продолжительный на сегодня достигнутый срок — 485 дней) может привести к гораздо более серьезным нарушениям здоровья. К существенным последствиям обычно приводят два фактора: радиация и длительное нахождение в состоянии невесомости.

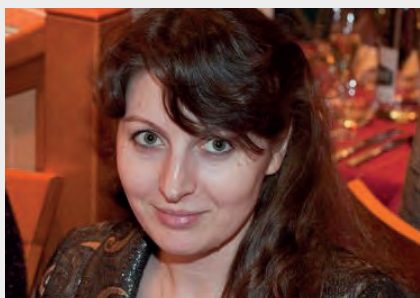
В космосе человек подвергается огромным дозам космической радиации, что может стать причиной множества нарушений в работе организма.

На Земле от космической радиации нас защищает атмосфера, но в космосе человеческий организм подвержен прямому воздействию солнечной радиации, галактического излучения, излучению в виде

свободных протонов и электронов. Впрочем, даже на низкоорбитальных расстояниях магнитное поле Земли надежно защищает от космической радиации. Тем не менее это магнитное поле привело к образованию радиационного пояса Ван Аллена, притягивающего и удерживающего заряженные космические частицы в нашей магнитосфере. Они напрямую воздействуют на космонавтов на орбите.

Вне атмосферы Земли космическая радиация способна разрушать ДНК, приводить к нарушениям иммунной системы и порождать онкологические заболевания. На данный момент максимальное количество радиации, которому может подвергнуться 45-летний астронавт за время

своей карьеры, составляет 1500 Зивертов (космических частиц) для мужчин и 900 Зивертов для женщин. Для сравнения: средний уровень радиации на планете составляет 2,2 Зиверта; доза при рентгеноскопическом исследовании молочных желез — 0,2; при полете на самолете в течение года — 2–6; за год на космической станции — 200–300; два года миссии на Марс — 1000 Зивертов. Космическая радиация, излучение в виде рассеянных протонов и альфа-частиц, вспышки на Солнце тоже серьезно угрожают здоровью человека. Именно поэтому мониторинг космического пространства и использование защитных материалов, способных поглощать радиацию, также очень важны при полетах в космос.



**Елена Томиловская,  
заведующая отделом сенсомоторной  
физиологии и профилактики ИМБП РАН:**

“ ”

Космическая болезнь движения наблюдается только в первый, острый период полета. Безусловно, она связана с микрогравитацией. Но самые серьезные эффекты действия микрогравитации заключаются в адаптации различных систем организма к ней, это не очень быстрый процесс, но очень важный. Прежде всего микрогравитацией обеспечивается резкое снижение механической нагрузки на сегменты тела. Человеку не нужно поддерживать позу, значит, работа постуральной мускулатуры, постоянно задействованной на Земле, сводится к минимуму. В результате развивается атония и атрофия мышц. Фактически в

космосе больше не нужны сильные мышцы и сильный скелет. Природа так устроена, что все ненужные функции со временем устраняются. Если не нужен сильный скелет — начинается его деминерализация. Если не нужны сильные мышцы — начинается их атрофия.

Физические тренировки являются обязательным условием космического полета длительностью более двух недель. Занятия на беговой дорожке обеспечивают нужную нагрузку сердечно-сосудистой системе и мышцам, а также, что важно, тренируют координацию движений. Они проходят в специальном костюме, который «притя-

гивает» космонавта к дорожке и создает аксиальную нагрузку — от плеч к ногам. Резистивные (силовые) упражнения также важны для поддержания силы и выносливости мышц. Есть целый ряд средств пассивной профилактики, таких как электромиостимуляция и нагрузочный костюм «Пингвин», — они позволяют дополнить активные физические тренировки или заменить их в случае невозможности их проведения (но полностью заменить физические упражнения не могут). Плюсом пассивных средств является то, что их можно применять без отрыва от повседневной деятельности космонавтов.





Астронавт Крис Кэссиди проводит ультразвуковое исследование позвоночника астронавту Луке Пармитано. © NASA / ESA

## АТРОФИЯ МЫШЦ

Очень серьезное воздействие на опорно-двигательный аппарат космонавтов оказывает невесомость. В частности, деминерализация костей (уменьшение костной массы на 1–2% в месяц) может приводить к тяжелым травмам и образованию камней в почках. Кроме того, в отсутствие гравитации происходит атрофия мышц, прежде всего двигательного аппарата. Именно поэтому космонавты во время полета обязаны заниматься различными видами аэробных и силовых упражнений, имитирующих земные условия.

Применяют и специальные компрессионные костюмы Skin Suit, оказывающие гравитационное воздействие на органы человека, а также создание искусственной гравитации на космическом корабле с помощью его постоянного вращения или отдельной центрифуги. Тем не менее ни один из этих методов в полной мере не предотвращает существенную потерю мышечной и костной массы космонавтов после длительных экспедиций.

## ЗРЕНИЕ

Помимо нарушений опорно-двигательной системы, от 30 до 60% астронавтов испытывают проблемы со зрением: близорукость и дальновидность, появление белых точек, воспаление зрительного нерва, атрофию сетчатки. Эти изменения связаны с различными факторами, в частности с избыточным оттоком / притоком жидкостей в организме в условиях невесомости, пониженным количеством углекислого газа и даже радиацией.

Так, например, некоторые космонавты на МКС видят вспышки света в темноте как при открытых, так и при закрытых глазах. Это может быть связано с попаданием частиц высокой энергии на сетчатку. Установленное в наземных экспериментах воздействие на сетчатку тяжелых заряженных частиц удовлетворительно объясняет возникновение световых вспышек в глазах космонавтов.

## НЕРВНАЯ СИСТЕМА

Помимо вышеперечисленных нарушений, длительное пребывание в космосе может также приводить к нарушению функций иммунной системы (снижение уровня В- и Т-клеток, анемия), дыхательных путей, почек (камни). Из-за сбоя естественных циклов смены дня и ночи нарушается сон, что может приводить к серьезным неврологическим последствиям в будущем.

Воздействие пребывания в космосе на нервную систему было изучено во время миссии STS-90 (NeuroLab) в 1998 году, во время которой космонавты изучали воздействие невесомости на вестибулярный аппарат и причины возникновения адаптационного синдрома.

## НЕПРЕДВИДЕННЫЕ СЛУЧАИ

Современная космическая медицина прежде всего направлена на мониторинг описанных выше симптомов в космосе и на разработку лекарств для их предотвращения на Земле. Тем не менее, помимо перечисленных факторов, непредвиденные обстоятельства и аварии на космических кораблях представляют серьезную угрозу здоровью человека. По статистике, во время 900-дневного полета на Марс на борту космического корабля может произойти минимум один непредвиденный случай, и современная космическая медицина должна быть готова к таким ситуациям. Первоочередными проблемами в этой области являются анестезия, проведение операций, сердечно-легочная реанимация, а также доставка лекарств и их хранение в космосе.

## КАК ЛЕЧИТЬ

Хранение лекарств в космосе представляет собой серьезную проблему из-за нестабильности и распада их некоторых составляющих. Например, учеными из

Медицинского колледжа Бейлора в городе Хьюстоне, штат Техас, было показано, что активный компонент ацетаминофен, входящий в состав известного лекарства ТераФлю и таблеток парацетамола, в космосе и на Земле имеет разную стабильность. Парацетамол в ТераФлю оказался менее стабилен в космосе, что существенно снизило его срок годности. Долгое хранение парацетамола в космосе привело к накоплению вредных метаболитов, способных отрицательно влиять на здоровье человека. Поскольку при выпуске новых лекарств учитываются только

условиях хранения и использования на Земле, на данный момент NASA и Бейлор проводят совместные исследования стабильности различных лекарств в космических условиях.

К тому же из-за проблемы нестабильности газов в условиях невесомости и при непредвиденном воздействии на сердечно-сосудистую систему при экспериментах на животных сделать им анестезию в космосе удалось только внутривенно, и то только после нескольких неудачных попыток.

Проведение хирургических операций в космосе также сопряжено с

немалыми трудностями, особенно в условиях невесомости. Сейчас ведется ряд экспериментов по имитации операций в космосе в условиях гравитации (в частности, программа Baylor College of Medicine совместно с nVidia). Различные виды аппаратов для проведения срочной реанимации в космосе также существуют и адаптированы к условиям гравитации. Однако даже если реанимацию удастся осуществить, до сих пор не разработано оборудование для длительного поддержания жизни в условиях космоса до возвращения на Землю.



**Денис Гурьев,  
заведующий лабораторией радиационного  
канцерогенеза и токсикологии  
ФГБУ ГНЦ ФМБЦ имени А. И. Бурназяна:**

“ ”

Чтобы оценивать опасность космического излучения, нужно понимать его физические аспекты. Как правило, излучение формируется солнечными протонами высоких энергий, которые имеют широкий диапазон линейной передачи энергии — количество ионизаций в ткани на единицу пробега. Так, чем медленнее движется частица, тем больше актов ионизаций она производит на единицу пробега. Чем быстрее она движется — тем меньше ионизация. Получается, что чем больше энергия частицы, тем меньший вред для здоровья она несет. Поэтому, когда мы говорим о космическом излучении, важно понимать, что оно очень разнородное по физическим характеристикам: от состава до энергий.

В космическом пространстве частицы взаимодействуют не напрямую с организмом, а с обшивкой космического корабля. Обшивка кора-

бля многокомпонентная. Частицы высоких энергий взаимодействуют с ней, что ведет к формированию вторичного излучения. В результате может сформироваться лавина частиц, которые будут представлять опасность для организма человека, потому что энергии у них меньше, и линейная передача энергии будет увеличиваться. Рассматриваются некоторые варианты, например моделирование магнитной оболочки на космическом корабле. По подсчетам, необходимы установки с энергией около 100 МВт. Вопрос пока не решен, так как установка должна быть компактная, но достаточно мощная: тогда частицы будут отклоняться, и радиационный эффект будет значительно снижен.

Второй аспект — использование противолучевых средств. Сейчас ведутся исследования в этом направлении, и, к сожалению, препа-

раты-радиопротекторы, которые используются для снижения вредных последствий радиационного воздействия, как правило, обладают коротким сроком действия. Время нахождения в условиях радиационного фона при космических полетах длительное, поэтому их актуальность отпадает, и нужно использовать препараты более длительного воздействия.

По принципу действия препараты есть самые разнообразные, начиная со снижения гипоксического шока, то есть снижения уровня кислорода в клетках, так как генерируемые облучением активные формы кислорода формируют пул опасных для ДНК молекул. Другие препараты снижают концентрацию свободных радикалов в клетке. Ряд препаратов увеличивают интенсивность процессов репарации или изменяют структуру хроматина, чтобы репарация проходила более успешно.

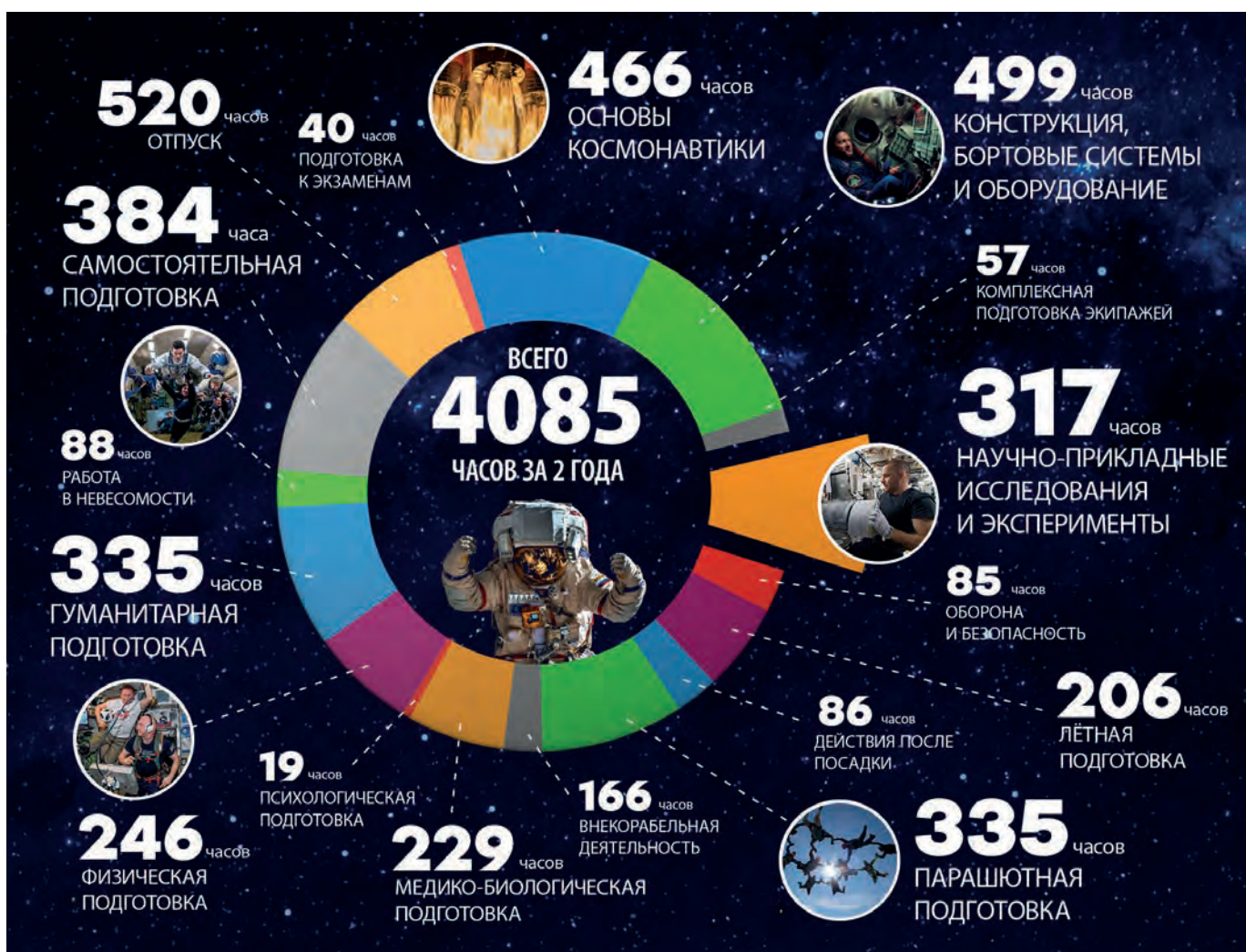


Тренировка первых российских космонавтов. © Роскосмос

## ВСЕ ПРЕДВИДЕТЬ

Наконец, серьезнейшую угрозу здоровью космонавтов представляют разгерметизация, пожар и выбросы токсических отходов во время полета. Даже если для космонавтов предусмотрены на короткое время дополнительные баллоны кислорода и фильтры смога и токсинов, эвакуация при подобных обстоятельствах может оказаться неизбежной. Такие действия должны координироваться центром управления полетов на Земле, врачами посредством телемедицины и могут помочь космонавтам и космическим туристам в непредвиденных ситуациях, угрожающих их здоровью во время полета.

Программа подготовки кандидатов в космонавты-испытатели. © Роскосмос



# РЭЙ БРЭДБЕРИ И РАКЕТНОЕ ДВИГАТЕЛЕСТРОЕНИЕ

Беседовала Алёна Акимова

*Многие абитуриенты и студенты ФАКТ (ранее ФАКИ) — это люди, по-настоящему увлеченные дальними горизонтами космоса. И еще во время учебы в бакалавриате это увлечение начинает становиться профессией. Мы поговорили с выпускниками ФАКИ, которые однажды не прогадали с выбором базовых кафедр и теперь строят двигатели, разрабатывают ПО, тренируют космонавтов и исследуют космос.*



## **Александр Пономарёв**

к.ф.-м.н., старший научный сотрудник  
Исследовательского центра имени  
М. В. Келдыша, выпускник ФАКИ  
2008 года, который уже 15 лет делает  
ракетные двигатели надежнее и мощнее.

## **Почему вы выбрали МФТИ и ФАКИ?**

Я учился в гимназии № 14 г. Ейска, в классе с углубленным освоением математики. Моим учителем по этому предмету была Любовь Смирнова, замечательный педагог, Герой Труда Кубани, воспитавшая целую плеяду выдающихся учеников. А к старшим классам у меня проснулся интерес к изучению физических явлений и процессов, что побудило задуматься о поступлении в технический вуз. С выбором вуза помог, как часто бывает, случай. В 10 классе к нам перевелась девочка, которая переехала из Подмосковья. Она училась в ЗФТШ, рассказала нам о школе, поделилась материалами. Так я поступил в ЗФТШ, узнал больше о Физтехе и понял, что хочу учиться в одном из лучших технических вузов страны.

Я долго не мог определиться с выбором факультета. Если бы в реальности существовала та самая легендарная распределяющая шляпа из книжек о Гарри Поттере, я бы непременно воспользовался ее услугами. Хочу отметить, что я участвовал в олимпиаде «Физтех», которая в то время была аналогом вступительных испытаний. Я набрал 23 балла из 24 по сумме двух предметов, и двери любого факультета были передо мной открыты. Однако детское увлечение произведениями Айзека Азимова, Рэя Брэдбери, Роберта Хайнлайна и других писателей-фантастов склонило чашу весов в пользу «космического» факультета. Могу сказать, что ни разу не пожалел о сделанном выборе.

### **На какой базовой кафедре вы учились?**

Перед ответом на этот вопрос хочу сказать, что на втором курсе лекции и семинары по курсу «Введение в механику сплошных сред» — а это один из профилирующих предметов — вел Николай Николаевич Широков, в прошлом начальник одного из отделений Исследовательского центра им. М. В. Келдыша. Для меня этот человек был символом «золотой» эпохи отечественной космонавтики, он внес немалый вклад в современную газовую динамику. Прекрасно помню его скрупулезный подход к изложению материала, требование ответственно подходить к выбору решения и представлению результатов. Надо ли говорить о том, что свою научную работу я захотел выполнять на кафедре тепловых процессов при Центре Келдыша? Я занимался экспериментальным исследованием ряда негативных процессов, возникающих в ходе работы ракетного двигателя. Планомерно накапливая материал, я успешно защитил бакалаврскую и магистерскую работы, а затем (после учебы в аспирантуре) — и кандидатскую диссертацию. В настоящее время я продолжаю работать в Центре Келдыша научным сотрудником.

### **На чем сфокусирована ваша научная работа?**

Мы занимаемся прикладной физикой. В фокусе — ракетное двигателестроение, космическая энергетика, исследования в рамках государственных оборонных заказов и некоторые смежные области. Несмотря на то, что понимание процессов, протекающих в ракетных двигателях, существенно продвинулось с середины прошлого века, исследования в этой области остаются актуальными и помогают создавать более совершенные и надежные двигатели. В некоторой степени я и сейчас продолжаю заниматься той темой, которую когда-то выбрал на Физтехе, но спектр моих научных интересов постоянно расширяется.

### **Что на вас больше всего повлияло при выборе дальнейшего карьерного пути?**

Надо сказать, что еще в школе меня привлекала карьера ученого, а Физтех позволил мечте реализоваться. Конечно, мои взгляды формировались под воздействием среды, в которой я жил на Физтехе. Мои преподаватели, научный руководитель и даже однокурсники вдохновляли на серьезную учебу, на академическую работу и исследования для нужд ракетостроения. С большой теплотой и благодарностью хочу вспомнить легендарного замдекана по младшим курсам ФАКИ Эриха Николаевича Вознесенского, в немалой степени благодаря которому я стал тем, кем являюсь.

### **Что вам дал Физтех?**

Помимо фундаментальных знаний, Физтех подарил уверенность в том, что неразрешимых задач нет. Кроме того, не могу не отметить, что такой доброжелательной атмосферы, какая была у нас в группе и на факультете, я больше нигде не встречал. Мы до сих пор поддерживаем связь друг с другом, несмотря на разделившее нас расстояние.

### **Опыт, приобретенный за время работы в Исследовательском центре имени М. В. Келдыша, изменил ваши представления о космосе?**

Мое отношение к космосу, пожалуй, не изменилось: он такой же безграничный и притягательный. Однако, глядя на нынешнее отношение к космонавтике, самое время вспомнить цитату Рэя Брэдбери: «Человечеству дали возможность бороздить космос, но оно хочет пить пиво и смотреть сериалы». Грустно, что космический энтузиазм середины XX века сошел на нет. Сейчас правят бал такие направления, как биотехнологии и (в самом широком смысле) материаловедение, поскольку люди заинтересованы в увеличении продолжительности жизни, повышении надежности и удешевлении предметов повседневного пользования. Космическое направление сегодня остается несколько на периферии. Но своими скромными усилиями я пытаюсь расширить знания по газовой динамике и ракетному двигателестроению, чтобы, когда человечество вернется к идее дальних космических перелетов (а я уверен, что это время придет), ему было на что опереться.

# Ф – значит ФАКИ

Беседовала Алёна Акимова

*Александр Зыков, выпускник ФАКИ 2009 года, ведущий научный сотрудник РКК «Энергия» имени С. П. Королёва, заместитель заведующего кафедрой аэрофизической механики и управления движением МФТИ, к.ф. – м.н., рассказывает, как любовь к пилотируемому космосу дала любимую работу, возможность преподавать и играть за футбольную сборную.*



## *Почему вы выбрали Физтех и ФАКИ?*

Я обучался в физико-математическом лицее, участвовал в олимпиадах различного уровня. Я знал, что МФТИ – это лучший вуз, и была одна цель – поступить туда, поэтому другие варианты вообще не рассматривал. А ФАКИ выбрал потому, что всегда был пристрастен к космосу, хотел участвовать в разработке новой космической техники, в новых космических программах. Космос привлекал меня больше всего, хотя школьные преподаватели по физике и математике советовали мне другие факультеты. При поступлении я набрал хоть и не с первой попытки, но почти максимальный балл, поэтому выбирать мог любой факультет, но ФАКИ был больше всего по душе.

## *На какой базовой кафедре вы обучались?*

Еще будучи абитуриентом выбрал для себя базовую кафедру «Управление движением» при РКК «Энергия» им С. П. Королёва, так на собеседовании и сказал, что хочу конкретно туда. Это кафедра при предприятии, которое является головным по пилотируемому космосу. И это то, чего я хотел. На собеседовании мне сразу сказали, что я зачислен. Уже на первом курсе у нас была возможность познакомиться с работниками предприятия и преподавателями специальных курсов, а с третьего курса мы начали обучение непосредственно по программе базового цикла, которое проходило на территории «Энергии». Все желающие студенты кафедры, успешно защитившие бакалаврские работы, были устроены на работу на полставки, одновременно продолжая обучение в магистратуре. Я продолжил учиться на этой кафедре и с поступлением в аспи-

рантуру, а работать перевелся уже на полную ставку. Сейчас я ведущий научный сотрудник, а также заместитель заведующего этой базовой кафедрой, преподаю студентам магистратуры. Я продолжаю заниматься тем, что выбрал еще в школьные годы, до сих пор не сомневаюсь и не жалею об этом.

### **Чем вы занимаетесь сейчас?**

В основном мы занимаемся разработкой программного обеспечения российского сегмента МКС, кораблей «Союз» и «Прогресс», новых модулей, которые планируется запустить и интегрировать в состав РС МКС. Также мы работаем и над созданием бортового ПО спутников дистанционного зондирования Земли, в том числе и для других государств. При этом разработка программного обеспечения происходит в соответствии с полным жизненным циклом создания космической техники: от проектирования, разработки и отработки до испытания и летной эксплуатации.

Работа в РКК «Энергия» очень интересная, так как взаимодействие проходит со многими предприятиями космической отрасли, например с ЦУПом и ЦПК им Ю. А. Гагарина. Например, как разработчики ПО консультируем и принимаем участие в экзаменах для космонавтов. Ведь даже если большую часть времени оборудование работает в автоматическом режиме, космонавты должны хорошо разбираться в нем и уметь взять управление на себя в случае возникновения различных нештатных ситуаций. Общение с инструкторами ЦПК, персоналом ЦУП и самими космонавтами — вот прелесть нашей работы и чувство причастности к общему большому делу.

У нас полный цикл сопровождения МКС, который также включает и международное взаимодействие. В частности, в данный момент проходят так называемые совместные испытания ПО российского сегмента с ПО американского сегмента МКС: новая версия ПО до установки на борту должна пройти все стадии испытаний, включая финальные испытания совместно с американской стороной. Раньше мы это делали в Космическом центре имени Линдона Джонсона в Хьюстоне, а с пандемией этот процесс осуществляется в дистанционном формате. Надеюсь, очные испытания вернуться, потому что и здесь онлайн-формат накладывает свои ограничения.

### **Что вы чувствуете, когда отправляется ракета с новыми космонавтами или работает новая версия ПО?**

Прежде всего, привязанность к общему делу. Это всегда большой ответственный момент, и не только при запуске ракеты. Установка новой версии ПО, проверка новых режимов на борту, когда, например, проводятся

различные динамические операции, такие как коррекция орбиты или стыковка — это всегда новый этап. Мы всегда работаем над повышением эффективности функционирования бортовых систем КА и станции.

### **На вашем предприятии работает много молодых специалистов?**

Когда я устраивался на работу, было немного. А сейчас на предприятии заметно больше молодежи. Работают выпускники многих технических вузов России, не только Физтеха. При РКК также существуют кафедры и других вузов, например МГТУ им. Н. Э. Баумана, много выпускников МГУ, МАИ, Военмеха и Томского университета. Для молодых сотрудников у нас на предприятии разработана большая социальная программа поддержки. А кто хочет работать и заниматься увлекательным делом, всегда найдет проекты, которые приносят и моральное, и материальное удовлетворение, интересные командировки, а самое главное — любимую работу.

### **Как вам удается совмещать работу на предприятии и преподавание?**

Это, конечно, дается нелегко. Но помогает то, что студенты приезжают прямо на предприятие. Все преподаватели кафедры — сотрудники предприятия, среди которых и космонавт-выпускник Физтеха Александр Юрьевич Калери. Кстати, именно сейчас, во время нашего разговора он читает лекцию студентам третьего курса. В прошлом году пришлось перевести такие встречи в онлайн-формат, в котором есть свои плюсы и минусы, но в скором времени мы вернемся обратно к очным занятиям, ведь студентам, особенно старших курсов, большую часть времени необходимо уделять научным исследованиям непосредственно с научным руководителем: у ребят есть возможность работать с реальными стендами и прототипами бортовых компьютеров.

### **Что вам дал Физтех?**

Физтех дал все. И знания, которыми я до сих пор пользуюсь на работе, и друзей. На Физтех я и сейчас приезжаю около 2–3 раз в неделю, потому что тренируюсь и играю в команде футбольного клуба «Физтех», который объединяет студентов, выпускников и сотрудников МФТИ. Команда выступает в 3-м дивизионе Первенства России, зона «Московская область». Мы тренируемся на нашем поле, принимаем домашние матчи, встречаемся семьями, ходим в баню — наш клуб любителей футбола очень развит. Ну а Физтех для меня — это дом родной. Всегда приезжаешь и понимаешь, что нет ничего роднее.

# S7 РАЗРАБАТЫВАЕТ

*Вячеслав Мещеринов*





**ВЫВЕДЕНИЕ ПОЛЕЗНОЙ НАГРУЗКИ НА ЗЕМНУЮ ОРБИТУ, А В ОБОЗРИМОМ БУДУЩЕМ – ДОСТАВКА ЛЮДЕЙ И ГРУЗОВ НА РАССТОЯНИЯ В ТЫСЯЧИ И МИЛЛИОНЫ КИЛОМЕТРОВ – ТЕМА НЕ ГОСУДАРСТВЕННАЯ, А ЧАСТНО-ГОСУДАРСТВЕННАЯ. НА НАШИХ ГЛАЗАХ СОЗДАНИЕ КОСМИЧЕСКИХ РАКЕТ ПЕРЕСТАЕТ БЫТЬ ДЕЛОМ КРУПНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ С ИСТОРИЕЙ В ДЕСЯТИЛЕТИЯ. ВО МНОГИХ СТРАНАХ ВОЗНИКАЮТ СТАРТАПЫ, ЗАНИМАЮЩИЕСЯ РАЗРАБОТКОЙ СОБСТВЕННОЙ РАКЕТЫ. В РОССИИ К ЭТОМУ БЛИЖЕ ВСЕХ ПОДОШЕЛ ЦЕНТР РАЗРАБОТОК КОМПАНИИ S7, КОТОРЫЙ, В ОТЛИЧИЕ ОТ МНОГИХ ДРУГИХ КОСМИЧЕСКИХ СТАРТАПОВ, НАЧАЛ С ОСВОЕНИЯ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ДО СИХ ПОР НЕ ИСПОЛЪЗУЕМЫХ В ОТЕЧЕСТВЕННОМ РАКЕТОСТРОЕНИИ.**

## **НОВОСИБИРСК – КАССИОПЕЯ**

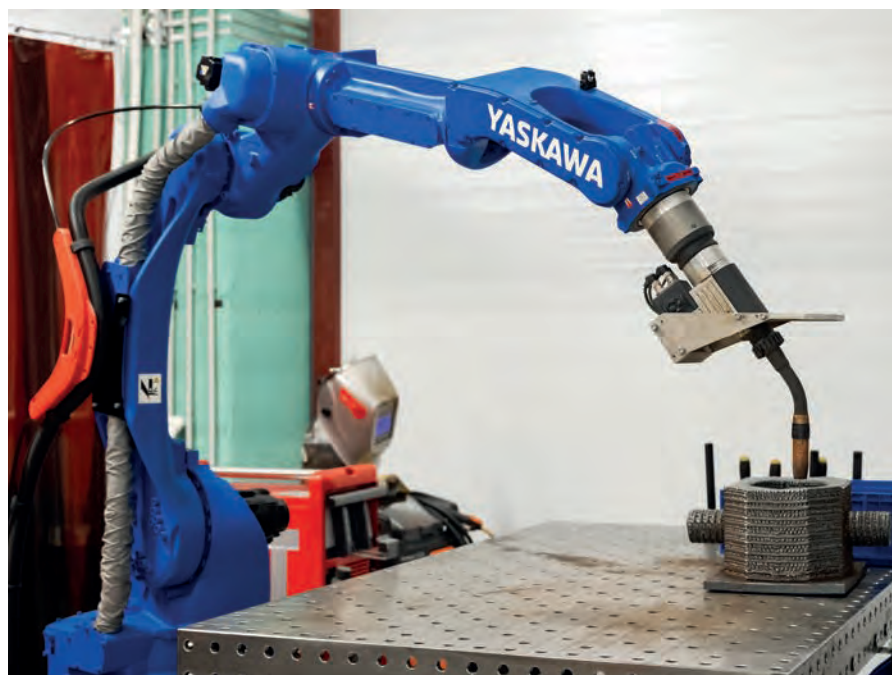
В 2001 году некогда государственная авиакомпания «Сибирь», базирующаяся в новосибирском аэропорту Толмачево, получила от Международной ассоциации воздушного транспорта индивидуальный идентификатор S7. Спустя четыре года была создана группа компаний S7 Group. Первая в мире авиакомпания, поместившая на фюзеляж самолетов свой идентификационный код, успешно развивалась, обзаведясь хабами в Домодедово и Пулково, полностью обновила свой воздушный флот в 2008 году, а спустя десятилетие стала второй по числу перевезенных пассажиров авиакомпанией России. В 2016 году создана компания S7 Space, и в том же году S7 Group купила у РКК «Энергия» космодром «Морской старт». В начале 2017 года S7 Space получила лицензию на осуществление космической деятельности в России, став первой российской коммерческой компанией, имеющей право предоставлять международные космические услуги. В 2018 году S7 Group была переименована в S7 AirSpace Corporation. Запущенные образовательные программы S7.

В 2019-м создано подразделение S7 R&D. В 2020 году в МФТИ компания создала кафедру «Информационные технологии в авиации».

## **УСКОРЯТЬ НТП**

С каждым годом становится все более востребованным сектор легких ракет. Просто потому, что все виды спутников – телекоммуника-

ционные, навигационные, предназначенные для зондирования Земли – уменьшаются в размерах и становятся легче. Ракета грузоподъемностью 0,6–2 тонны может поднять множество небольших спутников. Каждый из них теперь способен решать все те задачи, для которых раньше требовались тяжеловесы в несколько тонн. К тому же этих спутников становится все больше: некоторые компании запу-



Промышленный робот для дугового выращивания Yaskawa



**Сергей Сытин,  
генеральный  
директор Центра  
разработок S7**

“ ”

Мы начали с технологий. Двух лет еще не прошло с начала нашей активной работы. Мы научились пользоваться сваркой трением с перемешиванием (СТП) для обечаек (тонких цилиндрических замкнутых поверхностей). Без этого невозможно создать стрингерно-шпангоутное подкрепление (стрингер — продольный набор усилений конструкции, шпангоут — поперечный, прим. ред.). Никто в России так не использует эту технологию. Мы научились аддитивно выращивать крупногабаритные детали. Они «выпекаются» с помощью программ, которые заложены в роботизированные установки. Тяжелая деталь выращивается несколько суток, но процесс отработан. Весь этот путь мы прошли за полтора года.



Инженер-технолог Арсений Кисарев контролирует процесс 3D-печати конструкции днища топливного бака

скают на орбиту группировки из сотен и даже тысяч аппаратов. Кроме того, космические амбиции появляются у все большего количества государств. Например, некоторые европейские страны, помимо Европейской космической программы, развивают собственные космические проекты: массово производят спутники и создают ракеты-носители. Ведь опыт уже показал, что в рамках частного космического бизнеса это вполне реально, к тому же дешевле и быстрее.

Такая ситуация подталкивает энтузиастов объединяться в космические стартапы, а технологические компании — закладывать центры разработок для создания собственных легких ракет. Причем царившие долгие десятилетия в этой сфере консервативные устои

были разрушены американскими космическими стартапами, прежде всего SpaceX.

Еженедельно запуская свои ракеты, Илон Маск показал, что без взрывов на старте, взрывов в первые минуты после старта и прочих оказий нет и развития ракетостроения. SpaceX делает очень дешевые двигатели, которые обеспечивают приемлемую себестоимость запуска ракеты-носителя. При этом двигатель весьма надежен, поскольку в него закладываются весьма средние характеристики с большим конструктивным запасом. Удешевляя коммерческие запуски, компания стала конкурировать по их числу с запусками с Байконура, в конце концов выбившись в лидеры. В 2020 году она доставила на своей новой ракете американских



Часть модельной конструкции топливного бака ракеты

астронавтов к МКС, доказав, что «The trampoline is working» (англ. «Трамплин работает»). Однако этому успеху предшествовали годы разработок и освоения передовых технологий.

## ДВЕ БОЛЬШИЕ РАЗНИЦЫ

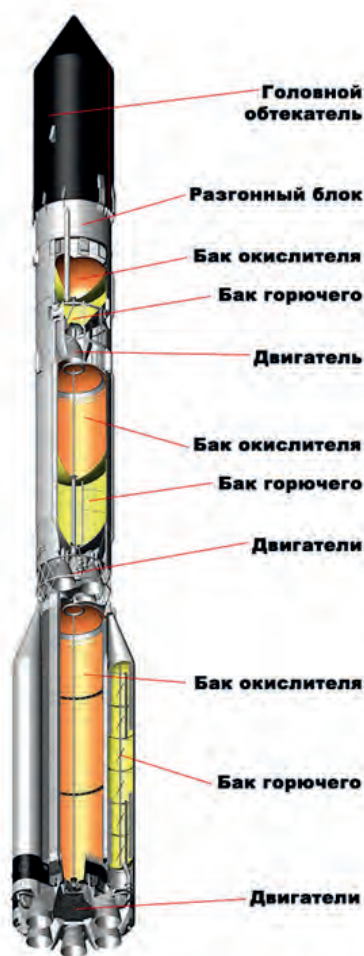
Ракета — это обычно просто набор баков. Причем чаще всего баки являются и оболочкой ракеты. Аддитивные технологии позволяют производить днища этих баков. Топливный бак — это цилиндрическая обечайка из металлического листа. Для легкой ракеты бак окислителя — гладкий цилиндр, сваренный при помощи СТП с днищами без утолщения в зоне сварки, чего невозможно до-

биться аргоно-дуговой сваркой. Для этих баков в S7 R&D используют современный алюминиевый сплав отечественной разработки AlMgSc.

«Мы все делаем с помощью системы цифрового системного проектирования. Одна из установок, которую мы сами проектируем и сами рассчитываем, будет последовательно изготавливать корпус ракеты. Одно кольцо поставила, потом другое, проварила, подвинула, следующее вставила, пока бак не наберется, потом днище замыкающее проварила — и бак готов. Вот наша разработка, наше моделирование, наше конструирование. Что же касается усиления конструкции, то сравнение классической «вафельной» обечайки и стрингерно-шпангоутной показывает, что последняя опере-

жает по качеству и очень сильно выигрывает технологически. Ее дешевле и проще сделать во всех смыслах, если уметь делать то, чему мы научились», — говорит инженер-конструктор, выпускник Физтеха Илья Якимов.

**Еженедельно запуская свои ракеты, Илон Маск показал, что без взрывов на старте, взрывов в первые минуты после старта и прочих оказий нет и развития ракетостроения**





Прототип разработанного стрингерно-шпангоутного подкрепления обечайки ракеты

## АХ, ЭТА СВАРКА...

От технологий сварки в ракете зависит практически все — и масса, и прочность, и простота производства. При плавлении материала его прочностные свойства в зоне нагрева падают. Поскольку ракета всегда разрушается в самом слабом месте, необходимо сделать ее одинаково прочной всюду. Для этого обычно создают утолщение в зоне сварки. Больше количество плохого материала несет ту же нагрузку, что и меньшее количество материала хорошего. Такова логика традиционной аргонно-дуговой сварки. «Мы нашли способ соединить два листа материала без плохой зоны: все наше соединение — одинаково хороший материал. Значит, мы можем не делать утолщения и пользоваться тонкими листами при сборке корпуса: за счет этих зон утолщения набегает тонны лишней массы. К тому же при работе по старинке

необходимы очень дорогие станки, выходит дикое количество стружки. А все, что нужно нам, — “поколдовать” над технологией этого соединения. Причем западная ракетная индустрия уже несколько десятилетий использует СТП. Мы берем лист, сгибаем его на вальцах. Потом согнутые листы свариваем. Получается кольцо, такие кольца свариваем между собой. Жидкотопливная ракета — это просто некая композиция баков. Бак горючего, бак окислителя, в нашем случае это пары керосина и кислорода. Стенка бака является несущей стенкой. И нагрузки в десятки тонн эта оболочка держит», — поясняет инженер-технолог Арсений Кисарев.

**Мы нашли способ соединить два листа материала без плохой зоны: все наше соединение — одинаково хороший материал**



Роботизированный комплекс для сварки трением с перемешиванием

Это один из самых современных методов сварки. Зона сварки всегда хуже основного металла по своим прочностным качествам, но СТП дает свойства, очень близкие к основному металлу. Инструмент специальной формы вращается с высокой скоростью и с высоким давлением погружается внутрь материала.

Для алюминия необходимая нагрузка на этот инструмент составляет порядка одной или нескольких тонн в зависимости от толщины свариваемых листов. Он начинает движение вдоль стыка гладких сплавляемых плоскостей и разогревает алюминий примерно до 400–450°C. Этот металл плавится при 650°C. Поэтому возникает вязкопластическое состояние материала. За счет особых насечек на инструменте он перемешивает этот материал в пластичном состоянии с последующей полной рекристаллизацией.

# СЛУЖБА ДОСТАВКИ В БЛИЖНЕЙ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЕ

Вячеслав Мещеринов

*Есть ли в России перспективы у небольших коллективов, мечтающих о работе в коммерческом космосе? Поддерживает ли государство частную инициативу в этой сфере? Какие тернии находятся на пути к звездам у энтузиастов космической отрасли? Об этом мы поговорили с популяризатором космонавтики, основателем сообщества «Открытый космос», сооснователем компании «Орбитальный экспресс», блогером Zelenyikot Виталием Егоровым.*

Год назад российское правительство приняло постановление № 298 «О лицензировании космической деятельности», подготовленное ГК «Роскосмос» совместно с Кластером космических технологий и телекоммуникаций Фонда «Сколково». Энтузиасты частной космонавтики сочли его одним из первых шагов государства в направлении дерегулирования космической отрасли. Этим постановлением правительство отменило военную приемку для частных компаний, не работающих с военными технологиями, и освободило их от лицензирования на этапе научно-исследовательской разработки.

Это заметно упростило жизнь стартапам, занятым разработкой космических аппаратов. С сооснователем одного из них, компании «Орбитальный экспресс», блогером Zelenyikot Виталием Егоровым мы обсудили сегодняшние возможности частной космической инициативы на родине Циолковского и Королева. Сейчас компания занимается созданием сверхмалого разгонного блока — легкого космического аппарата с большой двигательной установкой, на который устанавливается дополнительная полезная нагрузка.

«Изначально мы, группа энтузиастов и инженеров космической отрасли, сплотились вокруг идеи

запуска малого космического аппарата к Луне. Мы хотим поставить на него телескоп, чтобы снять следы американских астронавтов. Но не потому, что мы не верим, что они там были и хотим кого-то разоблачить. А потому, что на сегодня единственная фотография, на которой видны натоптанные вокруг лунных модулей тропинки и сами эти модули, — американская. Под эту задачу проектируется космический аппарат с возможностями съемки поверхности Луны с разрешением до 25 сантиметров. Таков размер следа человека, и это в два раза лучше среднего разрешения, которое дает LRO (Lunar Reconnaissance Orbiter, NASA)», —



**Виталий Егоров,**  
сооснователь  
компании  
«Орбитальный  
экспресс», блогер  
*Zelenyikot:*

“ ”

Моя мечта — это маленькая частная JPL (Jet Production Laboratory, которая управляет «Хабблом», делала «Кеплер», марсоходы Curiosity и Perseverance, вела почти всю марсианскую программу NASA). Такой маленький частный свечной заводик, который свои свечки запускает на Луну, Марс и другие планеты Солнечной системы. Сейчас мы делаем все возможное, чтобы это реализовать у себя. Среди нас есть инженеры, конструкторы и руководители космических проектов с большим опытом.

## «Орбитальный экспресс» — частная компания, которая разрабатывает сверхмалый разгонный блок

рассказывает Виталий Егоров. Тем не менее задача сфотографировать следы интересна прежде всего с общественной точки зрения, поскольку в публичной сфере до сих пор есть дискуссия о том, действительно ли американские астронавты побывали на Луне. Теме фотофиксации следов астронавтов обеспечен высокий общественный интерес по всему миру.

Есть и научный интерес к такой кампании. Например, лаборатории внеземных территорий МИИГАиК, которая занимается исследованием поверхностей планет, требуются снимки высокого качества. Пока лаборатория пользуется иностранными: LRO на Луне, MRO (Mars Reconnaissance Orbiter) на Марсе. К тому же космический телескоп на орбите Луны с возможностью рассмотреть следы человека можно использовать для поиска возможных мест посадки корабля «Орел» или аппарата «Луна-27».

«Под эту задачу планировалось привлечь около 10 млн долларов. Однако в компанию, которая не имеет большой истории успехов, никто не торопится вкладывать такие суммы. Поэтому на Луну пока ничего не полетело. И тогда пришло понимание того, что надо конструкцию этого космического аппарата, которой мы посвятили несколько лет, использовать для коммерческих целей. В этом случае

нам нужен инвестор, который бы вложил деньги не для того, чтобы просто потратить их на космос, а для того, чтобы заработать. Из этой идеи и вырос проект «Орбитальный экспресс» — частная компания, которая разрабатывает сверхмалый разгонный блок. Наш слоган: «Служба доставки в ближней Солнечной системе», — продолжает Виталий Егоров.

Для низкой околоземной орбиты потребность в таких системах есть. На Западе уже существуют несколько конкурирующих проектов: «Фотон» от Rocket Lab, Momentus, над которым работает Михаил Кокорич в Америке, и европейский проект DeOrbit. Все это сверхмалые разгонные блоки — космические аппараты массой до 100 килограммов с двигательной установкой, обеспечивающей дополнительную полезную нагрузку «доставку последней мили». Ракета отделяет основной аппарат, а сверхмалый разгонный блок уже либо доводит до нужной высоты и нужного наклона орбиты, либо распределяет по орбите спутники один за другим на равном расстоянии для построения группировки. Это отлично подходит для низкой околоземной орбиты. Но при этом сохраняется возможность, если в разгонный блок долить побольше гидразина, получить отлетную скорость (вторую космическую), направив аппарат в сторону



Луны, Марса или Венеры. А уже выход непосредственно на целевую орбиту у планеты или у Луны может осуществляться за счет своей двигательной установки. Заказчику выведение на орбиту будет стоить порядка 25–45 тысяч долларов за килограмм — это совпадает с расценками запуска на легкой ракете типа Rocket Lab. Запуски предполагаются ракетами «Роскосмоса» попутно с какой-либо другой полезной нагрузкой. Команда «Орбитального экспресса» собирает разгонный блок с полезной нагрузкой, а в НПО Лавочкина его устанавливают на ракету и отправляют на Байконур или Восточный. «Сами мы будем заниматься сборкой и маркетинговой деятельностью по продаже мест на этом разгонном блоке. Мы стараемся использовать все, что было создано до нас, — ракетные двигатели (КБ «Факел»), топливные баки (НИИМАШ, Нижняя Салда). Комплектующие предполагаются прежде всего российского происхождения: 50–60% необходимых нам комплектующих производятся на предприятиях «Роскосмоса». Чтобы заработать себе имя в космических кругах, мы решили начать с маленького CubSat. Стали резидентами фонда «Сколково». Начали совместную работу с компанией «Спутник», которая уже делает платформы

для CubSat. У них есть солнечные батареи, бортовой комплекс управления, магнитные катушки для выполнения грубой ориентации и два пустых куба для полезной нагрузки по бокам. Мы набираем полезную нагрузку в эти кубы и запускаем, ведя дальнейшую эксплуатацию на орбите», — говорит Виталий Егоров. На сверхмалый разгонный блок можно поставить солнечные батареи, и тогда срок его активного существования достигнет 3–5 лет. Это открывает возможность ставить на борт аппарата чужую полезную нагрузку, не интегрированную в спутник, и работать с ней несколько лет. В этом есть перспективы фундаментальных исследований, возможность сотрудничества с образовательной программой. Команда «Орбитального экспресса» рассматривает даже возможность проведения на борту биологических экспериментов на клеточных культурах. Конечно, робот не может полностью заменить человека в космосе. Но запустить спутник дешевле и быстрее, и на нем можно отрабатывать некоторые эксперименты, которые предполагается проводить на МКС. Ведь для экспериментов на МКС необходимо проходить сложную процедуру согласования, обусловленную безопасностью людей, и требования к экспериментам там гораздо строже.

**Сверхмалые разгонные блоки — космические аппараты массой до 100 килограммов с двигательной установкой, обеспечивающей дополнительной полезной нагрузке «доставку последней мили»**

# ОТКРЫТЬ ГАЛАКТИКУ И ОБУЧИТЬ МАРСОХОД

Мария Осетрова

*Мечтаете о далеких планетах, но между работой и учебой совершенно нет свободного времени — да и в космонавты уже не берут? Выход есть — станьте гражданским ученым в проекте, посвященном исследованию космоса! Рассказываем, как помочь в изучении Вселенной, не покидая Землю (а порой и комнату).*

## КТО ТАКОЙ «ГРАЖДАНИН УЧЕНЫЙ»?

Гражданской наукой, или научным волонтерством (citizen science в английской терминологии) называют любую научную работу, которую делают люди без специального образования, не работающие в сфере науки. Без ученых, конечно, не обходится — они руководят проектами гражданской науки и ставят задачи научным волонтерам. Хотя каждый волонтер выполняет совсем небольшую и простую часть работы, вместе им удается получить результаты, которых ученые своими силами не достигли бы за десятки лет.

Один из первых успешных астрономических проектов гражданской науки реализовал Эдмунд Галлей (в честь которого назвали комету). Он хотел проверить свои модели Солнечной системы с наблюдениями солнечного затмения, которое было видно в центральной и западной Англии в 1715 году. Для этого он создал распределенную сеть наблюдателей по всей стране, продавая карты с прогно-

зируемой траекторией затмения и инструкцией по наблюдениям. В результате благодаря научным волонтерам Галлей получил около 200 наблюдений — хоть они и различались по качеству, но с лихвой компенсировали ужасную погоду в Оксфорде, где располагалась обсерватория.

Сейчас, 200 лет спустя, у исследователей стало куда больше данных, теорий и моделей для проверки, а у научных волонтеров появился огромный выбор проектов, в которых можно ученым помочь.

## СТАТЬ ГЛАЗАМИ УЧЕНЫХ

Можно продолжить начинания Галлея и стать наблюдателем. Хотя у исследователей куча всякого высокотехнологичного оборудования, они не могут быть везде и сразу, а вот волонтеры — могут.

Если вы продвинутый астроном-любитель и у вас есть телескоп (или вы знаете, где его взять), можно присоединиться к проекту Target Asteroids!, который исследует околоземные астероиды. Каждый волонтер составляет собственное расписание наблюдений согласно

траекториям астероидов и в нужное время через телескоп снимает их. Нет телескопа или доступа к нему? Не беда, для проекта Satellite Streak Watcher, посвященного наблюдениям за спутниками, хватит смартфона и штатива. Дождавшись, когда с вашей точки наблюдения будет виден какой-либо спутник, сделайте несколько фотографий с длинной выдержкой — траектория спутника будет видна на них в форме яркой линии, пересекающей небо.

## РАЗОБРАТЬСЯ В ГАЛАКТИЧЕСКОМ ЗООПАРКЕ

Несмотря на развитие искусственного интеллекта, некоторые задачи до сих пор даются людям лучше, чем компьютерам (ура!). В частности, мы особенно хороши в анализе изображений, особенно если речь идет о поиске каких-то редких паттернов. Один из первых и самых популярных астрономических проектов, который использует эту способность волонтеров, — Galaxy





Система из пяти экзопланет была обнаружена в 2017 году гражданами учеными. ©NASA

Zoo. В нем гражданским ученым предлагают по снимкам с телескопов классифицировать далекие галактики по форме, количеству спиральных рукавов и другим характеристикам. А в родственном ему проекте Radio Galaxy Zoo: LOFAR задача волонтеров — искать на снимках, сделанных в радиодиапазоне, сверхмассивные черные дыры и галактики, в которых рождаются звезды. В проекте Gravity Spy волонтеры науки помогают ученым искать гравитационные волны, предсказанные Эйнштейном, а в проекте SuperWASP Variable Stars — распознают переменные звезды по их характерным световым кривым.

## ТАЙНА ЧЕТВЕРТОЙ ПЛАНЕТЫ

Если вас беспокоит, когда же мы наконец колонизируем Марс, есть шанс приблизить этот момент. Можно помочь ученым-планетологам составить карту поверхности Красной планеты в высоком разрешении, анализируя фотографии марсианских ландшафтов в проекте Planet Four: Terrain. А в проекте AI4Mars — обучить марсоходы классифицировать поверхность Марса, которую они видят перед собой, по снимкам, сделанным Curiosity. Это поможет им лучше ориентироваться на местности и

определять безопасные маршруты в дальнейшем. Наскучила четвертая планета? Отправляйтесь на поиски других! В проекте Backyard Worlds: Planet 9 волонтеры анализируют изображения в инфракрасном спектре, полученные на «заднем дворе» Солнечной системы — за орбитой Нептуна. Цель — найти коричневого карлика — звезду, расположенную к Солнцу ближе, чем Проксима Центавра, — или девятую планету Солнечной системы. Помочь ученым разобраться, одни ли мы во Вселенной, можно в проекте Planet Hunters TESS, анализируя данные с телескопа TESS, предназначенного для поиска экзопланет.

## АСТРОНОМИЯ ДЛЯ САМЫХ ЗАНЯТЫХ

Наконец, если у вас совсем нет времени, чтобы разбираться в данных или фотографировать ночное небо, можно поделиться с учеными частью вычислительных мощностей вашего компьютера. Благодаря проектам распределенных вычислений, которые создают суперкомпьютер из тысяч устройств волонтеров, исследователи могут запускать сложные алгоритмы или создавать модели Вселенной. Один из самых известных подобных проектов — SETI@Home, который искал разумную внеземную жизнь, проработал

## ЗДЕСЬ ИНТЕРЕСНО



Проект  
Target  
Asteroids!



Проект  
Satellite Streak  
Watcher



Проект  
Galaxy Zoo

более 20 лет и завершился в прошлом году. Другой проект-долгожитель Einstein@Home активен уже 15 лет и продолжает искать сигналы от пульсаров. Проект MilkyWay@Home создает высокоточную трехмерную модель нашей галактики, а Universe@Home — исследует ядра звезд и моделирует эволюцию галактик.

## КОСМИЧЕСКИЕ ВОЛОНТЕРЫ В РОССИИ

Есть научные волонтеры и в России — в 2020 году заработал первый национальный портал для научных волонтерских проектов «Люди науки», разработанный Ассоциацией коммуникаторов в сфере образования и науки (АКСОН). Кроме того, в апреле этого года в качестве дополнения к portalу запускается платформа-конструктор, на которой ученые смогут самостоятельно создавать волонтерские проекты. Флагманские исследования платформы как раз связаны с космосом — научных волонтеров просят анализировать спутниковые снимки, чтобы обнаружить загрязнения от золотодобычи, искать внутренние волны и обводить пылевые бури на космоснимках. Если у вас есть идея проекта или данные, с анализом которых могли бы помочь научные волонтеры, присоединяйтесь!

# КОСМИЧЕСКИЕ ПАРУСА

ИНТЕРВЬЮ С НИКОЛАЕМ СЕВАСТЬЯНОВЫМ,  
ЗАСЛУЖЕННЫМ КОНСТРУКТОРОМ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ,  
ВЫПУСКНИКОМ ФАКИ МФТИ

*Беседовала Татьяна Небольсина*

*Биография Николая Николаевича поражает многими вещами. Это и верность школьной мечте — быть конструктором космических систем — и то, как на это устремление наложились реалии времени. Выпускником МФТИ он пришел работать в НПО «Энергия» в 1984-м, в год, когда в СССР был поставлен рекорд по количеству успешных космических пусков. Всего через шесть лет, в 90-м ему пришлось организовать не только разработку, но и внебюджетное финансирование проекта. И Севастьянов нашел решение. Чуть позднее он основал и возглавил ОАО «Газком» (сегодня АО «Газпром космические системы»). Он со своей командой создал систему спутниковой связи «Ямал» и доказал на ее примере, что космические проекты могут быть самоокупаемыми и приносить прибыль. Он еще дважды возвращался в родную для себя Корпорацию «Энергия» в качестве руководителя предприятия. Сегодня Николай Николаевич — советник генерального директора Госкорпорации «Роскосмос».*



## Вы родились в знаковом апреле 1961 года.

### Мечтали в детстве стать космонавтом?

Вы знаете, в детстве я об этом не задумывался. Мне хотелось создавать космические ракеты и корабли. Вот когда уже окончил Физтех, пришел на работу в НПО «Энергия» имени С. П. Королёва и участвовал в разработке пилотируемой станции «Мир», я действительно подавал заявление в отряд космонавтов. Но не прошел по медицине. Причем не потому, что у меня здоровья не хватило, а потому, что я был перетренирован. Я перед этим очень серьезно занимался спортом. По тогдашним нормативам таких не брали. А сегодняшние нормативы позволяют...

Но на самом деле я всегда хотел заниматься разработкой космической техники. Меня это больше увлекало. Космонавт — это высокопрофессиональный оператор, человек, который управляет уже созданной конструкторами и производственниками космической техникой.

Где-то 14 лет мне было, когда я посмотрел фильм «Угрожение огня». Это поэма о космической деятельности, о космонавтике. Вот это на меня произвело впечатление. С тех пор я загорелся разработкой ракетно-космической техники. Мама меня сориентировала: сказала, что для таких дел надо хорошо знать физику и математику. И я начал этими науками всерьез заниматься с восьмого класса. Побеждал на олимпиадах. В десятом классе я уже совершенно определенно захотел работать именно в королёвской «фирме» — и искал пути. Можно было поступить в МАИ, Бауманку, на Физтех. Я узнал, что Физтех — это самый сложный в то время, самый продвинутый вуз, где одновременно можно достичь и научной, и инженерной квалификации. Я решил поступать на Физтех, на факультет аэрофизики и космических исследований.

### Чем запомнилось время учебы?

Прежде всего, конечно, количеством предметов и нагрузкой. Мы за первые три года проходили полный объем физфака и мехмата МГУ, а следующие три года учились и проходили практику непосредственно на будущем месте работы. А второе — это, конечно, преподаватели. Уровень преподавательского состава высочайший был! У нас же преподавали все выдающиеся люди. Про любого можно долго рассказывать.

Их приглашал академик Олег Михайлович Белоцерковский, ректор МФТИ. Выдающийся, я считаю, ректор и ученый. Мне кажется, что именно Олег Михайлович развил основную идею Физтеха. Понимал: очень важно для студентов общаться с людьми, которые добились крупных научных и технических результатов.

Ну и третье, что мне запомнилось, — это, конечно, наш студенческий коллектив, который составляли очень нестандартные, незаурядные ребята и девушки. Мы с Сергеем Серафимовичем Негодяевым, который впоследствии стал деканом нашего факультета аэрофизики и космических исследований, учились в одной группе, он был старостой. Всю жизнь с ним дружим.

### Кого вы считаете своими учителями?

У каждого была какая-то своя профессиональная направленность. Я пошел по линии Бориса Викторовича Раушенбаха, это очень известный академик, соратник Королёва. В МФТИ он заведовал кафедрой теоретической механики. Потом в НПО «Энергия» — Владимир Николаевич Бранец, известный в космонавтике разработчик систем управления космическими аппаратами. Они оказали на меня основное влияние как на будущего инженера. Были и уникальные ситуации, однократные встречи, которые повлияли на мою дальнейшую деятельность. Например, был такой случай. Преподавал в институте физик Владимир Ефремович Скороваров.

Я с ним встретился один раз в жизни, когда сдавал ему экзамен по механике на первом курсе. И он у меня принимал его почти семь часов. Он меня спрашивает, дает задачи решать. Я решаю все, он опять дает. Я все решил. Все абсолютно. На вопросы ответил. А он говорит: «Ну, вот вы знаете, извините, не могу я вам “отлично” поставить». Я говорю: «Как же так, я же все сделал!» А он объясняет: «Вы понимаете, у вас не физический взгляд на решение задачи». Но почему?! Он говорит: «Ну вот, вы сейчас сдаёте механику. Конечно, механика математически хорошо детерминирована. Поэтому вы применяете “бюрократический” подход, раскладываете любую задачу в стандартную систему дифференциальных уравнений, решаете их на 5–10 страницах и получаете ответ. Но вот посмотрите!..» Показывает мне одну из этих задач: «Вникните в физику явления! Решение же — вот оно лежит! Это можно, если понять физический смысл, в три строчки все оформить!..» И вот, на меня это произвело впечатление на всю жизнь. Настоящий физик показал физическое мышление. Это очень важно, в том числе для будущих конструкторов и руководителей проектов, — иметь физическое мышление. Потому что при создании космической системы ты сталкиваешься, со многими-многими вопросами. Взаимодействие между элементами системы сложное. Чтобы все одновременно увязать, надо прежде всего понять физический смысл каждого вопроса. Когда понимаешь на уровне физики, то начинаешь видеть систему в целом. А математическое описание — это уже следующий шаг.

## **Вашим дипломным проектом было решение реальной задачи. Как это повлияло на дальнейшую профессиональную деятельность?**

Я занимался в качестве дипломной работы созданием алгоритмов управления для системы силовых гироскопов, так называемых гироскопов, для пилотируемой станции «Мир», предшественницы Международной космической станции. Для того времени это была уникальная работа. Пилотируемые станции «Салют» до «Мира» были одномодульными и весили до 20 тонн, их ориентация в пространстве осуществлялась с помощью двигателей с точностью плюс-минус градус при большом расходе топлива. А «Мир» создавался как крупная многомодульная научная станция, и там должна была быть очень точная ориентация при весе в 150 тонн. Вот как сделать ее точной без большого расхода топлива? Для этого создавалась система гироскопов. Кстати, разрабатывали ее физтехи, непосредственно разработкой алгоритмов занимался Валерий Николаевич Платонов. Он был руководителем моей дипломной работы. Конечно, когда ты сам разработал ряд алгоритмов управления, а потом на практике видишь, как это работает, управляет 150-тонной станцией на орбите, то после этого невозможно бросить заниматься космосом.

Однажды мы встретились с моим большим приятелем Сергеем Крикалёвым — известным космонавтом, только прилетевшим из экспедиции, и я ему говорю: «Ты летал на станции “Мир”, а там система гироскопов, для которых я разрабатывал алгоритмы управления. В том числе один режим аварийной остановки гироскопов». Сам гироскоп весил больше ста килограммов. Они вращались в электромагнитном поле, пять тысяч оборотов в минуту. И если вдруг падает напряжение в электрической сети по какой-то причине, то гироскоп «садится» на подшипники и может сам разрушиться и нанести ущерб станции, потому что в гироскопах накоплена большая энергия вращения. Так вот, я говорю, что алгоритм, как правильно посадить гироскоп на подшипники, чтобы не разрушить, как раз я разрабатывал. Это я ему решил похвастаться. А он мне отвечает: «Ой, слушай! Если бы ты знал, какой грохот внутри станции стоял, когда “падало” электрическое напряжение и они садились на подшипники!». Такая вот обратная связь. То есть я спасал гироскопы, а для космонавтов это сопровождалось большим грохотом. Но мы при наземных испытаниях не могли это полноценно проверить, потому что на Земле воспроизвести невесомость невозможно.

## **Вы занимались проектом космического парусника. Проект был даже частично реализован, но дальше не пошло...**

Почему? Результаты мы очень активно использовали. Это было в конце 1980-х. Тогда был объявлен международный конкурс в честь 500-летия открытия Америки юбилейной комиссией при американском Конгрессе. По примеру экспедиции Колумба, три космических корабля должны были лететь от Земли к Марсу под действием солнечного ветра. Нас, молодых инженеров, для участия в проекте привлекли два известных и опытных разработчика космической техники — Владимир Сергеевич Сыромятников и Владимир Николаевич Бранец. Тогда в конструкции космических аппаратов использовались герметичные платформы, что создавало комфортные технические условия для аппаратуры, но делало их слишком тяжелыми. А тут, все-таки, солнечный ветер, аппарат должен двигаться под действием солнечного давления, необходимо было минимизировать вес. Поэтому мы принципиально задумали использовать новые технологии, которые в отечественной космической технике не применялись. Это были так называемые негерметичные конструкции. В этот проект мы ввязались, подали свое предложение на международный конкурс. Предполагалось, что будет использоваться два паруса-отражателя диаметром 50 и 100 метров, вращающихся в разные стороны по принципу гироската, а вес всего парусника не превысит 500 килограммов.

## **Мы принципиально задумали использовать новые технологии, которые в отечественной космической технике не применялись**

В результате мы были признаны одними из победителей. А дальше оказалось, что организаторы конкурса не смогли собрать финансовые средства для реализации проекта. Тогда Бранец мне предложил: «Давай-ка, займись! Стань главным менеджером проекта. Организуй не только разработку, но и финансирование». Первое, что мы сделали, — организовали консорциум «Космическая регата». Уговорили войти в него предприятия космической отрасли во главе с НПО «Энергия». Это позволило нам разработать эскизный проект на солнечный парусник. Но время уже было сложное, начало девяностых.

Финансовое состояние предприятий космической отрасли стало резко ухудшаться. И что делать? Я написал статью про солнечный парусник в журнале «Авиация и космонавтика», где в том числе предлагалось использовать солнечный отражатель для подсветки с околоземной орбиты городов за полярным кругом во время полярной ночи. И тут нам повезло. Статью показали генеральному директору предприятия «Ямбурггаздобыча» Александру Рантиковичу Маргулову.



Группа 832 ФАКИ, 1978 год. Второй слева – Сергей Негодяев, второй справа – Николай Севастьянов, сверху – Эркин Назаров. (Остальные слева направо: Евдокимов, Попов, Кошлянь, Корольков). Фото из личного архива Н. Н. Севастьянова

Это было в 1992 году. Он пригласил меня на встречу. Я ему говорю: «Поддержите проект!» Он отвечает: «Мы поддержим, но нам интересно, чтобы вы нам связь сделали. У нас плохая связь с месторождениями и с Большой землей, вахтовики по месяцу с семьями не имеют возможности поговорить». И он средства дал, чтобы мы эксперимент в космосе провели, — раскрыли парус. Размеры, правда, были меньше, 20 метров, но технологию раскрытия отражателя в космосе мы отработали.

Но практическое применение получила негерметичная платформа, на базе которой мы стали разрабатывать спутник связи «Ямал». Так что результат был, конечно. И как раз на этом проекте собралась молодая команда, поднявшая потом большой стартап, как бы сегодня это называли, — систему спутниковой связи и телевидения «Ямал».

### **Какой проект для вас был самым интересным?**

Все проекты интересные. Но, пожалуй, самый интересный проект из всех, которыми я занимался, — тот, на котором удалось максимально решить системную задачу. Это как раз система спутниковой связи и телевидения «Ямал». В 1992 году для ее создания я организовал компанию АО «Газком», которая впоследствии в 2008 году была переименована в АО «Газпром космические системы». Первый спутник «Ямал-100» — это был стартап, где все элементы были новые. А вот второй проект, «Ямал-200», где мы впервые создали группировку спутников, которая использовала технологический задел «Ямала-100», по сути, дал старт коммерциализации космической деятельности в России. Параллельно мы разрабатывали и внедряли новые телекоммуникационные сервисы с использованием спутников связи, такие как цифровые каналы связи, высокоскоростная передача данных, многоканальное спутниковое телевидение. Один из крупных результатов — мы в России создали систему многоканального цифрового спутникового телевидения.



Встреча одногруппников в alma mater. Эркин Назаров, Николай Севастьянов и Сергей Негодяев

Была впервые в стране реализована идея самокупаемости инвестиций в космическую технику без привлечения государственного финансирования. Все инвестиционные кредиты были возвращены за пять лет за счет продажи космических услуг.

Вот организовать разработку от космических технологий до сервисов, которые потребитель готов покупать, очень интересно!

Работа над этим проектом в итоге дала понимание, что главное, ради чего конструктор должен работать, — это полезность для общества космической техники, которую потребитель ощущает в виде необходимых ему сервисов. Их он готов приобретать. А все элементы системы — спутники, центры управления полетами, телепорты, приемные сети и так далее — это составные части, которые должны обеспечить качественную космическую услугу.

### **В июне 2007 года вы руководили спасением Международной космической станции. Что там случилось?**

Дело в том, что тогда станция еще активно строилась. Американские астронавты вышли в космос, чтобы развернуть большие солнечные батареи. Сразу после этого вдруг отказали компьютеры на российском сегменте.

Управление на МКС так построено, что система расчета положения и ориентации станции находится на российском сегменте, а силовая часть, гиродины — на американском.

Когда отказали компьютеры на российском сегменте, то, по сути, станция стала неуправляемой. Системы жизнеобеспечения также отключились, так как они управлялись компьютерами.

**Трое суток мы не уходили с предприятия, искали решение. И в итоге наши инженеры спасли МКС!**

Поэтому космонавтам пришлось использовать кислородные шашки, чтобы восполнять кислород в российском сегменте. Тогда на российском сегменте летали Фёдор Юрчихин и Олег Котов. А американцев было человек десять, они прилетели на «Шаттле» для развертывания больших солнечных батарей. И в какой-то момент, когда лавинообразно пошел отказ всех шести компьютеров, показалось, что станцию мы потеряем. Никто не понимал, что произошло. NASA приняло решение спасти экипаж. Мы попросили NASA дать нам несколько дней, чтобы попытаться спасти станцию, не отстыковывать «Шаттл», так как он после аварии обеспечивал ориентацию станции своими двигателями. Трое суток мы не уходили с предприятия, искали решение. Наши инженеры в РКК «Энергия» нашли и причину аварии, и решение, как компьютеры запустить. И в итоге спасли станцию! Оказалось, что развертывание больших солнечных батарей привело к статическому разряду, который, в свою очередь, стал причиной выхода из строя вторичных источников электропитания компьютеров в результате воздействия на них электромагнитных помех. В итоге вышли из строя бортовые компьютеры. Специалистам на Земле удалось разработать методику восстановления работы компьютеров. Наши космонавты Фёдор и Олег ее реализовали на борту станции и запустили компьютеры. Станция была спасена. А сейчас она смотрите, как выросла! Там появилось еще много модулей, в том числе европейский и японский. Сейчас станция — это 400 тонн на орбите.

### **Какие направления развития космических технологий вы считаете наиболее перспективными?**

Я бы говорил не только о технологиях, но прежде всего о том, ради чего все делается. Ведь технологии — это только средство.

Первое направление — это решение практических задач в интересах населения Земли: связь, передача данных, телевидение, навигация, дистанционное зондирование Земли. Это то, что мы сегодня используем в повседневной жизни, что повышает экономический потенциал общества, а также оборонный потенциал любого государства.

Второе направление — расширение зоны жизнедеятельности человека в Солнечной системе. Часто спрашивают: а зачем? Но мы видим, что все время, сколько человеческая цивилизация существует, она постоянно пытается расширить свой ареал обитания. Наверное, так природой заложено. Идет постоянный поиск новых ресурсов для развития человеческой жизнедеятельности.

Если же говорить о технологиях, то для первого направления это, конечно, прежде всего развитие качества услуг, а также поиск решений, которые позволят улучшить экономическую эффективность ракетно-космической техники.

А для второго направления — это создание новых транспортных ракетно-космических систем: мощных сверхтяжелых ракет-носителей, а также эффективных двигателей для межпланетных перелетов, в том числе на ядерной энергии.

### **Шестьдесят лет назад, когда полетел Гагарин, пели песню про то, что на Марсе будут яблони цвести. Как вы считаете, скоро ли будут построены первые марсианские города?**

Я считаю, надо на все смотреть практически. Нужны они на Марсе или не нужны? Наверное, когда начнется освоение природных ресурсов, скажем Луны, там появятся вахтовые поселки. Я хорошо это видел в газовой отрасли, когда строил сеть станций спутниковой связи на северных месторождениях за Полярным кругом, где очень сложные природные условия для жизни человека. Туда специалист прилетает работать вахтовым методом. А семья живет, как говорят, на Большой земле, где хорошие природные условия. Я думаю, что по мере расширения границ производственной деятельности человечества, конечно, нас ждут и Луна, и Марс. Мы также говорим об астероидах, на которых есть очень важные и полезные элементы, те, которые на Земле заканчиваются или их мало. Если промышленность будет их использовать, то будут космические вахтовые поселки. Но основная жизнь будет на Земле, так как на Земле, как говорят инженеры, комфортные технические условия существования человека. И одна из центральных задач космической отрасли — способствовать сохранению экологии Земли и предотвращению чрезвычайных ситуаций. Как бы мы ни стремились расширять в космосе границы своей деятельности, все равно Земля — это наш дом, и его надо сохранить для комфортной жизни людей.

### **Одна из центральных задач космической отрасли сегодня — способствовать сохранению экологии Земли и предотвращению чрезвычайных ситуаций**



Читайте полную версию интервью на сайте «За науку»

# СВОЯ ДОРОГА

## ИНТЕРВЬЮ С ЮРИЕМ БАТУРИНЫМ

Беседовала Елизавета Чернышева

*Юрий Михайлович Батулин поступил на ФРТК в 1969 году, однако спустя четыре года выпустился совершенно по другой специальности — с ФАКИ. Молодой студент твердо верил в мечту о покорении космоса и верно шел к ее осуществлению. Но прежде, чем оказаться в открытом пространстве, ученый попробовал себя в разных профессиях: продолжил обучение по направлениям «правоведение» и «журналистика», преподавал на Физтехе, работал помощником президента, а также секретарем Совета обороны России. И только спустя 26 лет заветная мечта выпускника МФТИ сбылась.*

*Юрий Батулин совершил два полета в космос: в качестве космонавта-исследователя и бортинженера. Редакция «За науку» поговорила с Юрием Михайловичем о воспоминаниях на тему космонавтики и Физтеха времен 70-х, когда многие хотели окунуться в сферу неизведанного пространства и стать причастными к изучению космоса.*



**Вы поступили в МФТИ на факультет ФРТК. Что заставило вас отказаться от трех пройденных курсов по этой специальности и начать двигаться по направлению к мечте?**

Действительно, в школе я хотел стать летчиком и пройти путь до космонавта. Но в девятом классе у меня обнаружилась легкая близорукость, а я знал о строжайших медицинских требованиях, пришлось думать о смене профессии. На ФРТК я поступил по школьной инерции — мы с одноклассниками паяли приемники, собирали все более сложные схемы, и, так как у меня появились дополнительные знания в области радиотехники, я и пошел на этот факультет. Когда я учился на третьем курсе, увидел на одной из фотографий космонавта (тогда уже стали летать инженеры) в очках. Я понял, что близорукость — не приговор и подал заявление о переводе на ФАКИ. Меня приняли хорошо, я попал в самое правильное, с точки зрения моей цели, место — на кафедру члена-корреспондента Академии наук СССР (будущего академика) Бориса Викторовича Раушенбаха. И никогда об этом не жалел!

**Какая была конкуренция на Физтехе в те годы среди студентов, которые хотели связать свою жизнь с космосом?**

Работы на космос — сколько угодно. Хватало на всех, еще и оставалось. А в космонавты, собственно, особой конкуренции и не было. Вокруг много красивых задач,



о которых увлекательно рассказывают наши преподаватели, а группы имеют числовую нумерацию, сплошная секретность, базы почти все — «почтовые ящики» (так назывались закрытые организации). Народ быстро находил себе интересные темы и особо не искал дорогу в космос. Среди тех, с кем я учился на кафедре Раушенбаха, тоже не было желающих. В предыдущем выпуске — один (не прошел медкомиссию). До него — Александр Серебров.

Популярная на Физтехе бит-группа «Призраки», образованная в 1968 году, кажется, с Ильей Ченцовым, как раз когда я учился на втором курсе, исполняла песню, где есть такие строки:

Не пиши ты мне писем, пожалуйста.  
 Дело есть, и его я, ей-богу, не выдумал.  
 Я тебе не отвечу не из милости и не из жалости.  
 Я давно не писал ничего, кроме формул и выкладок.  
 .....  
 Ах, как хочется в небо, разбежавшись, ворваться  
 И услышать команду: «Внимание! Взлет!»  
 Только нужно у пульта на Земле оставаться,  
 Чтоб мальчишек отправить в полет.  
 (Слова песни — И. Аглицкая, музыка — В. Чернышёв)

Такая идеология господствовала на Физтехе в наше время. Я, как и Саша Серебров, в некотором смысле, «out of line» — выбившиеся из общего ряда.

### **Каким вы запомнили Физтех?**

Маленьким (Главный корпус был только-только введен в строй), так что многие знали друг друга даже на разных факультетах, домашним (иногда экзамены у профессора на кухне сдавали), мужским (хорошо если одна девушка на группу доставалась), уютным, зеленым, брызжущим идеями и юмором, удивляющим глубиной проникновения в физический мир и его красоты, а за пределами Долгопрудного — окутанным флером мифов, легенд и баек, которые мы, впрочем, сами создавали частично.

### **Самое яркое впечатление после полетов в космос?**

По-новому увидел и почувствовал наш мир, будто снял вечные затемненные очки.

### **Во время полетов вы принимали участие в проекте «Знамя мира». В чем заключалась основная цель миссии, какая была цель полета?**

Инициатором программы «Знамя мира» выступила Комиссия по разработке научного и культурного наследия Николая Рериха. Целью программы было возвращение утраченного человечеством духовного

единения. В нем участвовали с 1990 г. несколько экспедиций. Космонавтам даже читали лекции по философии-космистам, в том числе и по наследию Рериха. Мне в программе участвовать не довелось. Занятий по космистам у меня не было. Просто я оказался в экипаже, возвращавшем «Знамя мира» (вообще их было несколько), и присутствовал при передаче Талгатом Мусабаевым «Знамени мира» президенту Нурсултану Назарбаеву.

### **Были ли какие-то опасные моменты во время полетов?**

Конечно, были. До сих пор каждый космический полет — испытательный. Но в интервью рассказы о них все равно не впишутся. Все подобные происшествия я описал в своей книге «Властелины бесконечности. Космонавт о профессии и судьбе». Только что вышло второе издание. Если интересно ознакомиться с закулисами космической жизни, данная книга поможет вам в этом разобраться.

### **Как вы относитесь к современному развитию отечественной космонавтики?**

С удивлением...

### **Согласились бы вы полететь на Марс?**

Космонавт-врач Валерий Поляков, выполнивший в прошлом веке рекордный по длительности космический полет в 438 суток — результат, не перекрытый до сих пор, — сказал как-то, что на Марс должны лететь космонавты-пенсионеры, в возрасте.

Во-первых, у них уже есть профессиональная подготовка. Во-вторых, им уже не нужна детородная функция. А в-третьих, скорее всего, не вернуться, а стариков не так жалко. Это не цинизм.

Это точная оценка профессионала — космонавта и врача. Если в такой постановке задачи — конечно, полетел бы!

### **Чего вы пожелаете нынешним Физтехам?**

Прислушивайтесь к тем, кто был до вас, но решения принимайте только сами.

Не стесняйтесь садиться за парту и учиться вновь и вновь.

Научитесь делать что-то лучше всех других.

Не тратьте зря время — оно ресурс невозполнимый.

Нет нужды строго следовать правилам старших, в том числе и тем, что я перечислил. У каждого своя дорога!

# ФИЗИКА НА YOUTUBE

Беседовала Алёна Акимова



*ФАКИ выпускает не только космонавтов, но и талантливых популяризаторов науки. Этот блогер-миллионник начинал актерскую карьеру еще со сборной КВН МФТИ, а сейчас объясняет, опасны ли вышки 5G, и взрослым, и детям. Как на выбор учебы повлияли ЗФТШ и самолеты, сложно ли самому писать сценарии, как начать карьеру в научной коммуникации и при чем тут Дудь и Парфёнов — читайте правила жизни физика, блогера и физтеха Дмитрия Побединского.*

Альтернатив Физтеху при поступлении вообще не было. В седьмом классе я поступил в ЗФТШ. Мне очень нравилось, хотя учеба там давалась сложно. Я участвовал в школьных городских олимпиадах по физике, математике, по программированию. И этот спортивный интерес меня подстегивал. А когда в 11 классе встал вопрос, куда

поступать, сомнений не было. Еще к нам приезжали ребята с Физтеха проводить олимпиаду — серьезные студенты в пальто меня впечатлили — никто другой такого не проводил у нас.

**Менять решения — это нормально.** Я собирался учиться в МФТИ на ФАЛТ, в кампусе в Жуковском,

потому что увлекался авиацией. А потом поддался уговорам знакомых физтехов на год старше и решил пойти на ФАКИ, потому что в Долгопрудном больше студенческой жизни, и стал изучать космос. А на 5 курсе я поменял базовую кафедру и вместо ракетных двигателей стал изучать дистанционное зондирование атмосферы.



«Что реально спасает от радиации?»

**Я научился артистичности и работать на камеру на Физтехе.** Сначала были первокурсные КВН — факультет против факультета, и когда я был на втором курсе, мы курировали первокурсников, то есть я играл в КВН два года. А потом до шестого курса я участвовал в стэме «ЭТО ТЬМА», в каждом концерте. Еще у нас был небольшой курс постановки голоса, мы ходили в студию к Дамире Гареевой, там мы репетировали сценическую речь.

**Ищи свое призвание как можно скорее.** Я начал подрабатывать репетитором еще во время учебы. Я понял, что мне нравится объяснять, преподавать, готовить ребят к ЕГЭ. А потом начал записывать видео и не просто объяснять, а популяризировать науку среди взрослых. Для видео я ищу информацию, пишу сценарий. Мне нравится процесс съемки, монтажа и видеопродакшна, и это то, от чего я не хочу отказываться.

**Большую часть работы я делаю сам.** Сейчас мне помогают только с техническими моментами, потому что найти помощь с написанием сценария оказалось сложнее. Я пробовал работать с парой людей, но тяжело найти человека, который думает плюс-минус так же. Поэтому пока идейно, сценарно и редактурно — все делаю я.

**Успех — это когда не успеваешь отвечать на входящие предложения на почте.** Возможно, я еще не понял, что стал успешным блогером. Но то, что блогерство — не просто увлечение, а постоянное занятие, мне было понятно практически сразу. Когда я начал этим заниматься, YouTube уже был крупной и перспективной площадкой.



«Как увидеть радиоволны Wi-Fi?»

**Находите вдохновение в инфополе.** У меня поиск вдохновения всегда происходит по-разному: в книгах, фильмах, статьях, новостях. Я стараюсь максимально окунуться в инфополе, связанное с чем-то интересным. А когда нахожу цепляющий факт, запоминаю его и потом включаю в свои видео.

**Нужно быть в курсе последних научных новостей.** Моя учеба была связана с геокосмической тематикой, и я считаю, у космологии большой потенциал, особенно в исследовании экзопланет, гравитационной и нейтринной астрономии. Нас ждет еще много открытий.

**Круто искать новые подходы для объяснения.** На лекциях можно использовать фильмы — в них часто с точки зрения механизмов показывают такой абсурд, что хочется скрежетать зубами. Думаю, можно даже показывать на лекциях и объяснять «ребята, это не так работает».

**Чтобы быть успешным, нужно уметь лавировать.** Если говорить о физике, при правильной подаче ей заинтересуются все: и стар и млад. Но немного по-разному. Например школьникам более интересны тактильные ощущения и эксперименты, а взрослым — философия и практическое применение, например отравляет ли воду микроволновка и опасны ли вышки 5G.

**Наука может быть творчеством.** Я, как и другие блогеры, выпускаю свои брендированные боксы. Но я не ограничиваю людей в экспериментах и гаджетах, а предлагаю им набор для научного творчества из деталей с видеонструкцией, для факультативного ознакомления с физикой.



«Как статистика обманывает нас?»

**Я равняюсь на зарубежных блогеров — популяризаторов науки.** Среди моих коллег по цеху нет ребят с профильным образованием (на блогеров сейчас не учат), популяризаторы — или технари, или без образования. Поэтому смотрю российских блогеров с профессиональным образованием: Пивоварова, Дудя, Парфёнова. Это не популяризация науки, но в каком-то смысле просвещение, и довольно качественное.

**Нужно начинать делать сразу.** Первое, что могу посоветовать начинающим популяризаторам науки, — это не откладывать в долгий ящик. Как только появилась идея, нужно ее реализовать. Сейчас вариантов очень много, хоть в TikTok или Clubhouse. Можно какие-то идеи брать у других, это нормально, просто нужно их творчески переосмысливать, по-своему подавать. TikTok показал, что это у нас тоже приемлемо.

**Нужно помнить, что выгорание может случиться, и это нормально, — это уже половина успеха.** Часто случается, что профессионалы не замечают опасности, которая может подстергать. Самоуверенные парашютисты могут не чувствовать страха, и все равно даже опытные разбиваются. То же самое с интеллектуальной работой: делаешь, делаешь, а потом бац, и выгорел. А вторая половина успеха — это позволить себе спокойно прожить этот период.

**Физтех — это бренд, который открывает многие двери.** У физтехов есть очень большой потенциал для поиска своего призвания. И пожелать нужно, чтобы ребята по-настоящему осознавали силу этого слова и не упустили свой шанс этим воспользоваться.

# 60 ЛЕТ ВПЕРЕД

*В апреле редакция «За науку» запустила конкурс, в котором мы предлагали читателям ответить на вопрос «Каких успехов добьется человечество в космосе через 60 лет?».*

*Мы получили самые разные ответы от очень оптимистичных и даже фантастических: «человек заглянет за горизонт событий черной дыры и проведет каникулы на Луне» до сдержанных и пессимистичных: «не стоит надеяться на “полипланетную жизнь” еще несколько сотен лет» и «орбитальное оружие будет представлять серьезную угрозу».*

*Победители получили от нас в подарок свитшоты «Гравитация».*



© Depositphotos



**Анна Волкова,**  
1 курс ИНБИКСТ МФТИ

Давайте попробуем окунуться в космос 2081 года. Мы выходим из дома в сторону «космолетной» площадки, запускаем свою мини-ракету, направляем ее под углом, который рассчитали еще на семинарах по механике, будучи первокурсниками. Зачем нам в космос? Просто мы хотим развеяться, отдохнуть от наскучившей рутины. Пара секунд, и мы уже поднялись над землей. Забавно, но мы не одиноки. Это уже не тот космос 2021 года, когда ты летишь, а повсюду лишь планеты, звезды и вездесущая темнота.

Пролетая на космолете уже знакомые места, сигналим друзьям и знакомым, испуская луч света, который отправится в вечное путешествие по космосу. Остановка на Марсе, поселение Маск. Да-да, у него получилось. Люди здесь не очень приветливые, возможно, забыли про земной этикет. Но мы здесь ненадолго, заправимся и продолжим уикенд. Яркая вспышка света в глаза — до нас долетел пущенный несколько минут назад луч света от космолета. Получается, Вселенная конечна? Она имеет форму сферы, а может быть, тора? А может, она гомеоморфна сфере с тремя лентами мебиуса и 24 бутылками Клейна? Мы не знаем, ведь наши суперкомпьютеры закончат это исследование только в конце XXII века. Разумеется, мы доживем, особенно учитывая эффект замедления времени в космосе и современные технологии антистарения, созданные на планете Физтех.Био.

Стоим в пробке. — Какие-то проблемы? — «Да, взорвалась соседняя звезда, наши люди уже устраняют последствия катастрофы, придется подождать пару минут», — отвечает мне голосовой помощник. Я решаю перекусить едой из «Мака». Она уже не в тубиках, ведь ученые научились контролировать невесомость. Наслаждаюсь напитками со вкусом звездной пыли. Наша цель — город Кос-манжелис, я хочу привезти внукам игрушечные космолетики. Моя дорога назад займет не более минуты, ведь телепортация стала доступной каждому, кто заплатит за нее 100 космодолларов. Как же здорово, что у нас есть возможность просто отдохнуть, поплыть по течению, развеяться, увидеть красоты космоса.



**Александр Мищенко,**  
1 курс ЛФИ МФТИ

Я вижу три направления исследований, на которые делается основной упор: коммерческое, военное и научное. Именно эти области продолжат развиваться в ближайшие 60 лет.

Коммерческая космонавтика — это возможность обеспечить стабильной связью удаленные точки планеты, космический туризм, разработка дешевых ракет-носителей. Сейчас основная цель этой отрасли — сделать доступ к космосу дешевле, расширить рынок сбыта.

Милитаризация космоса — очень спорное явление. На обеспечение национальной безопасности ресурсы выделяются, как правило, щедрее, чем на что-либо еще, поэтому будет неудивительно, если первые модели прорывных двигателей будущего будут установлены на ракетное оружие. Именно в этом направлении будут достигнуты основные успехи, и остается надеяться, что мы не увидим использование результатов этой работы по назначению.

Самое интересное — научные исследования космоса. С новыми телескопами и методами наблюдений мы узнаем много нового о Вселенной, получим новые теории, опровергнем или подтвердим старые. Для действительно глобальных изменений нам, вероятно, нужно лучше понять гравитацию, разработать новые материалы, двигатели — это задачи невероятной сложности. И нам очень повезло жить в то время, когда человечество научилось эффективно справляться с ними.

Не стоит надеяться на коренные изменения в освоении космоса. Частные космические полеты останутся развлечением для миллиардеров, орбитальное оружие будет представлять серьезную угрозу, и полная картина проделанной работы будет видна лишь тем ученым, которые осознают всю медлительность и колоссальную трудность пути, по которому движется человечество.



Читайте ответы всех победителей  
на сайте «За науку»

# МЕЧТА О ПОЛЕТАХ: КАК ФАНТАСТЫ ПОКОРЯЮТ КОСМОС

*Анастасия Медведева*



**В**оображение человека безгранично, но и ему необходимо на что-то опереться. Как придумать историю о путешествии на другие планеты, если на дворе Средневековье и, согласно общепринятому учению Аристотеля, небесные тела прикреплены к хрустальным сферам, вращающимся вокруг Земли? Дальше «стеклянного потолка» не улететь, да и к чему? Но наступает XV век, и Никола Кузанский пишет опережающий свое время трактат о том, что Вселенная бесконечна, небесные тела состоят из того же вещества, что и Земля, и вполне могут быть обитаемыми. Публикует труд «О вращении небесных тел» Коперник — его гелиоцентрическая система описывала движение планет гораздо проще и элегантнее, чем геоцентрическая. Своеобразной границей Вселенной служила небесная сфера, на которой располагались неподвижные звезды. Позже Джордано Бруно выдвинет предположение, что звезды — это далекие солнца, а Иоганн Кеплер дополнит теорию Коперника более точным расчетом орбит. Надлунный мир распахнул свои бескрайние просторы и манил воображение.

## СИРАНО ДЕ БЕРЖЕРАК ПОКОРЯЕТ ЛУНУ

В 1657 году выходит книга Сирано де Бержерака «Иной свет, или государства и империи Луны». Ее, конечно, нельзя в полной мере назвать научной фантастикой — так же, как сочинения Джонатана Свифта нельзя назвать книгами о путешествиях.

Это, скорее, острый сатирический памфлет, насмешка над заблуждениями и суевериями. Но порой не так просто понять, где автор смеется, а где чистосердечно заблуждается. Так, например, один из героев повествования добирается до Луны, сев в железную колесницу и подбрасывая вверх сильный магнит.

Другой привязывает к себе склянки с росой: «Солнечные лучи падали на них с такой силой, что тепло, притягивая их, подняло меня на воздух и унесло так высоко, что я оказался дальше самых высоких облаков. Но так как притяжение заставляло меня подниматься слишком быстро, и вместо того, чтобы приближать-

ся к Луне, как я рассчитывал, я заметил, наоборот, что я от нее дальше, чем при отбытии, я стал постепенно разбивать склянки одну за другой, пока не почувствовал, что тяжесть моего тела превышает силу притяжения и я опускаюсь на землю».

Попасть же на Луну главному герою помогает машущая крыльями машина, которую поднимают и приводят в движение — и тут просытятся на язык слова Михаила Кузмина «бывают странными проходами поэты иногда» — шесть рядов ракет. «Пламя, поглотив один ряд ракет, перебрасывалось на следующий, так что воспламеняющаяся селитра удаляла опасность в то самое время, как усиливала огонь», — предвосхищает идею многоступенчатых летательных аппаратов Сирано. И, словно испугавшись неожиданного прозрения, шутит: ракеты сгорают, снаряд падает на Землю, но герой все же попадает на Луну, так как Луна на ущербе притягивает мозг из костей животных, притираниями из которого путешественник лечил ушибы, полученные в ходе предыдущих попыток.



Иллюстрация из книги Сирано де Бержерака «Иной свет, или государства и империи Луны»



Иллюстрация из книги Жюль Верна «Из пушки на Луну»



... снаряд, возвращаясь на землю, упал в океан...

## РАСЧЕТЫ И ПРОСЧЕТЫ ЖЮЛЯ ВЕРНА

Гораздо серьезнее подошел к проблеме полета на Луну Жюль Верн. Экипаж, состоящий из трех человек (отметим, что именно столько мест в «Союзах» и «Аполлонах»), в снаряде из немислимо дорогого в то время алюминия (который теперь широко используется при строительстве летательных аппаратов) выстреливает собой из гигантской пушки. Предусмотрел автор и систему регенерации кислорода с помощью гидроксида натрия — похожим образом, только на основе гидроксида лития работают системы жизнеобеспечения «Союза». Согласно расчетам (с ними автору помогал его кузен —

математик Анри Гарсе), «пушка, из которой будет сделан выстрел, должна быть установлена в стране, расположенной между 0° и 28° северной или южной широты, чтобы можно было навести ее на Луну в зените. Ядру должна быть дана первоначальная скорость в 16 тысяч метров в секунду. <...> на заряд будет взято четыреста тысяч фунтов пироксилина, который, разлив под ядром шесть миллиардов литров газа, легко добросит его до ночного светила». В «Занимательной физике» Перельмана, несмотря на то, что идея полета на Луну Жюля Верна признана рабочей в теории, приводятся практические расчеты, согласно которым перегрузки буквально раздавят путешественников. «Итак, вот какие серьезные затруд-

нения нужно было бы преодолеть, чтобы в действительности осуществить заманчивый проект Жюля Верна:

- 1) Изобрести взрывчатое вещество значительно сильнее ныне употребляемых или придумать какой-нибудь другой способ метать весомые тела со скоростью, впятеро большей, чем начальная скорость современных ядер и пуль.
- 2) Соорудить пушку длиной в 300 верст, или же герметически закупорить пассажиров в водяную ванну.
- 3) Поместить пушку так, чтобы жерло ее выступало за пределы земной атмосферы.

И в результате — отправиться в небесное странствование без всякой надежды вернуться не только живым, но даже и мертвым».



### *Пол Эндрю Боли, старший научный сотрудник лаборатории фундаментальных и прикладных исследований релятивистских объектов Вселенной МФТИ:*

“ ”

На самом деле межзвездное путешествие уже началось, правда, пока что непилотируемое. Несколько космических аппаратов уже покинуло солнечную систему и продолжают посылать сигналы на землю. Можно считать прохождение космических аппаратов Voyager 1 и 2 через гелиопаузу первым шагом человечества в межзвездное пространство, ибо с этого рубежа и начинается межзвездная среда. Во-вторых, не так давно — 30 лет назад (до открытия первой экзопланеты) — мы ничего не знали про

другие планетные системы и о том, существуют ли они вообще. С тех пор ситуация сильно изменилась, и стало понятно, что планеты бывают буквально повсюду, что наша солнечная система — не совсем уникальная. Это обнадеживает. Правда, осталось много работы по этому направлению, и вполне может оказаться, что такая стабильная, защищенная конфигурация планет (где массивные газовые гиганты «охраняют» внутренние каменные планеты от постоянных столкновений с астероидами) — довольно редкое явление. Посмотрим.

И, напоследок, первые межзвездные «путешественники» подтвердились тоже совсем недавно в виде астероида (в 2017 г.) и кометы (в 2019 г.) с гиперболическими траекториями. Эти объекты, по всей видимости, образовались вокруг других звезд и промчались через нашу солнечную систему с огромной скоростью. Не знаю, добрались ли фантасты до этого, но почему бы не зацепиться, используя «лассо», к такому объекту для межзвездных путешествий? Правда, направление особо не выберешь, да и скорость света превысить не удастся.



## КОГДА ФАНТАСТИКА ВЕДЕТ ЗА СОБОЙ НАУКУ

Отметим, что даже в наши дни невозможно обеспечить пушечному снаряду стартовую скорость, позволяющую преодолеть притяжение Земли. Но пусть и несбыточная, фантастика дала толчок науке! Константин Эдуардович Циолковский признавался: «Стремление к космическим путешествиям заложено во мне известным фантазером Жюлем Верном. Он пробудил работу мозга в этом направлении».

Идея Циолковского, как известно, состоит в использовании реактивной силы — струи газов, образу-

ющихся при сгорании топлива, которые толкают ракету вперед. Собственно, именно так и происходят все современные запуски космических аппаратов.

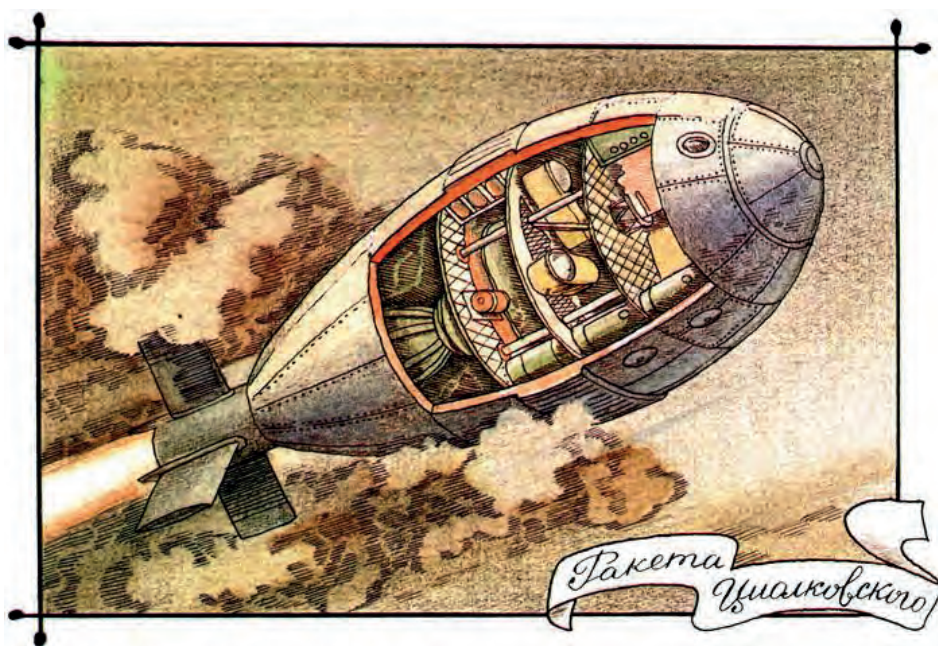
В 1923 году Яков Перельман в своей книге «Межпланетные путешествия» всецело одобрил эту концепцию: «Заметьте существенные преимущества, которыми обладает “Ракета” К. Э. Циолковского по сравнению с пушечным ядром Жюля Верна. Ракета развивает свою чудовищную скорость не сразу, как пушечное ядро, а постепенно, избавляя пассажиров от опасности быть раздавленными стремительным возрастанием их собственного веса.

Не опасно для “Ракеты” и сопротивление воздуха: она может прорезать атмосферу не со столь

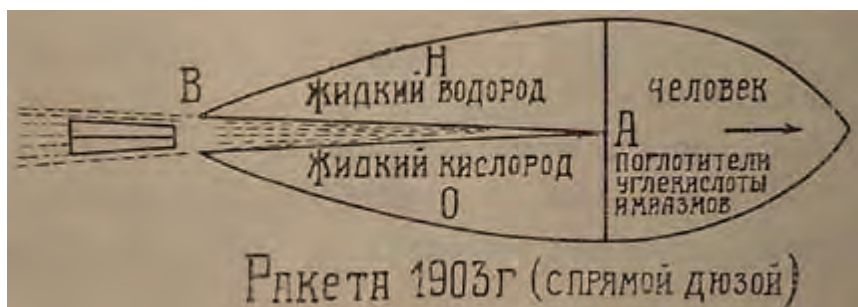
большой скоростью и, лишь очутившись высоко над землей, за пределами воздушной оболочки, развить полную “межпланетную” скорость.

А затем в мировом просторе работа двигателя может быть совершенно прекращена: “Ракета” будет лететь по инерции со скоростью, которая была достигнута в последний момент.

Но самое главное преимущество “Ракеты” состоит в том, что она даст будущим морякам вселенной полную возможность, посетив какую-либо планету, в желаемый момент снова возвратиться на родную Землю. Нужно лишь обильно запастись взрывчатыми веществами, как полярные путешественники запасаются топливом».



Циолковский признавался: «Стремление к космическим путешествиям заложено во мне известным фантазером Жюлем Верном. Он пробудил работу мозга в этом направлении»



Идея Циолковского состояла в использовании реактивной силы — струи газов, образующихся при сгорании топлива, которые толкают ракету вперед. Рисунок К. Э. Циолковского



Капсулы гибернации со спящими астронавтами из фильма «Пассажиры»

## ЕСЛИ ДОЛГО, ДОЛГО, ДОЛГО...

Однако уже тогда было очевидно, что даже если необходимые взрывчатые вещества изобретут и ракета будет построена, речь будет идти о путешествиях внутри Солнечной системы — если свет идет до ближайшей к нам звезды, Проксимы Центавра, около четырех лет, то путешествие туда с реальными скоростями потребует порядка сотни, не говоря уже о более удаленных вариантах. Поэтому, если фантастам хотелось описывать приключения землян, например, в Туманности Андромеды, надо было что-то придумывать. Можно погрузить экипаж в анабиоз на время полета. Это позволит астронавтам не стареть и экономит ресурсы — кислород, воду, пищу. В гиперсне путешествуют менвиты — пришельцы, вторгнувшиеся в Волшебную Страну

Волкова из далекой Рамерии; прибегают к нему в «Космической Одиссее 2001» и в «Интерстелларе». Высмеивают этот прием как штамп в «Сказке о тройке» братья Стругацкие, правда там в анабиоз впадают жены космонавтов. Путешествуя по описываемому будущему, программист Привалов сперва попадает в эпоху массового старта космических кораблей различных конструкций, а потом — в эпоху возвращений.

«Невдалеке высился громадный Пантеон-Рефрижератор. С неба спускался ржавый звездолет в виде шара. Вокруг было безлюдно, колыхались хлеба. Шар приземлился, из него вышел давешний пилот в голубом, а на пороге Пантеона появилась, вся в красных пятнах пролежней, девица в розовом. Они устремились друг к другу и взялись за руки».

Можно, наоборот, сосредоточить повествование на полете. Огромные звездолеты, корабли поколений,

служат сценой событий в «Пасынках Вселенной» Хайнлайна и в «Звездных дневниках Ийона Тихого» Лема.

Раз нет ограничения на время полета, можно использовать двигатель на реактивной тяге или, например, солнечный парус, как у Артура Кларка. Идея, кстати, оказалась вполне рабочей внутри Солнечной системы — парус использует японский космический аппарат IKAROS. Но для далеких путешествий она не подходит — при удалении от Солнца будет падать и световое давление. Широко использовался в фантастике прямоточный двигатель Бассарда, работающий на водороде из межзвездного пространства, пока не подсчитали, что водорода в космосе настолько мало, что столкновения с атомами тормозили бы корабль сильнее, чем разгоняло бы их сжигание. Но что делать, если все-таки хочется побыстрее? На помощь придет тирьямпампация!

## ВЖЖУХ!

Тирьямпампация — придуманное братьями Стругацкими ироничное слово для обозначения сверхсветовых межзвездных перелетов. Оно неслучайно созвучно телепортации — по сути дела, писатели действительно ищут способ как можно быстрее перенести своих героев из точки А в точку Б. Один из способов — полет через гиперпространство. Раз в нашем пространстве двигаться быстрее света нельзя, просто перемещаемся в другое, в котором можно. Как тебе такое, Альберт Эйнштейн? Гипердрайв используют в «Звездных войнах», в «Вавилоне-5», в сериале «Андромеда» и многих других произведениях. Можно срезать путь через «кратовую нору» — туннель через пространство-время. Такие путешествия часто описывают с помощью точек на листе бумаги: они могут быть расположены далеко друг от друга, но моментально совмещаются, если листок согнуть. Червоточины не противоречат общей теории относительности (ОТО), но требуют трудновыполнимых условий, например отрицательных плотностей энергии. В «Звездном пути» используют варп-двигатели (от англ. warp drive, двигатель искривления). Двигатель искривляет пространство-время так, что перед кораблем оно сжато, а за ним — растянуто. Таким образом, для стороннего наблюдателя звездолет движется со сверхсветовой скоростью. При этом

сам звездолет находится как бы в пузыре, где пространство не искажено. Идею, выдвинутую Айзеком Азимовым, оценили ученые: физик-теоретик Мигель Алькубьерре описал работу такого двигателя с помощью уравнений, не противоречащих ОТО. Сжимать пространство перед кораблем и растягивать за ним предлагается путем создания волны, сам же корабль будет перемещаться на этой волне внутри области плоского пространства, известной как варп-пузырь, и экипаж не будет испытывать ускорение.

До недавнего времени считалось, что для того, чтобы изменить геометрию требуемым образом, необходимы области с отрицательной плотностью энергии — явление, на практике не наблюдавшееся. Однако, новые расчеты, опубликованные в статье «Introducing physical warp drives» журнала *Classical and Quantum Gravity*, доказали, что требуемого эффекта можно достичь и при положительных плотностях энергии. Увы, проблемы с физикой на этом не закончились — как разогнать корабль до таких сверхсветовых скоростей, по-прежнему непонятно. Стоит упомянуть и двигатель Бесконечной Невероятности Дугласа Адамса. Какова вероятность того, что все молекулы звездолета переместятся по желанию пилотов? Естественно, бесконечно мала. Двигатель доводит корабль до бесконечной невероятности, когда он одновременно находится во всех точках Вселенной

во всевозможных формах, и собирает в нужной. Правда при этом пассажирам, если они находятся за пределами защищенной от изменений вероятности рубки, приходится нелегко — за несколько минут можно побывать кем и чем угодно — от цветочного горшка до кашалота!

**По оценкам ученых, при существующих темпах научного прогресса для решения задачи межпланетных перелетов потребуется век или два**

Увы, подводя итоги, мы не можем сказать, как в свое время Перельман о проекте Циолковского, что «единственное препятствие к немедленному осуществлению реактивного небесного дирижабля — это отсутствие достаточно сильного взрывчатого вещества». Пока мы не знаем даже того, реальны ли сами принципы фантастических двигателей. По оценкам ученых, при существующих темпах научного прогресса для решения задачи межпланетных перелетов потребуется век или два. Возможно, к тому времени предположения современных фантастов будут выглядеть так же наивно, как космическая пушка Жюль Верна. А может быть, как в случае с де Бержероком, вчерашняя шутка воплотится в завтрашнем научном прорыве, и стоит оставить внукам на гравипапу пару коробков КЦ?

Корабль Enterprise из научно-фантастической киновселенной «Звездный путь»





1



2



3



4

1

Коллеги из региональных вузов на презентации робофутбола в рамках проведения в МФТИ стажировки по внедрению эффективных моделей управления

2

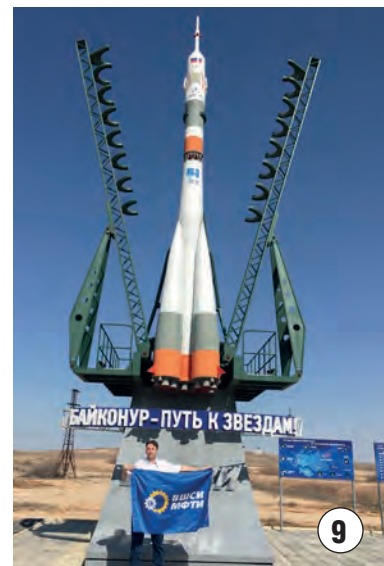
Студенты вернулись к очному обучению

3

День святого Валентина на Физтехе

4

Вручение диплома II степени участнице конкурса научных работ 63-й Всероссийской научной конференции МФТИ Ольге Алексеевой



## 5

Церемония вручения первокурсникам третьей ежегодной премии The Movie Awards от Физтех.Радио

## 6

Ректор МФТИ Николай Кудрявцев и председатель правления «Сбербанка России» Герман Греф подписали договор об открытии новой Физтех-школы бизнеса высоких технологий (ФБВТ) МФТИ, базовой организацией которой выступает «Сбербанк»

## 7

Первая встреча Клуба менторов Физтех.Союза в новом году

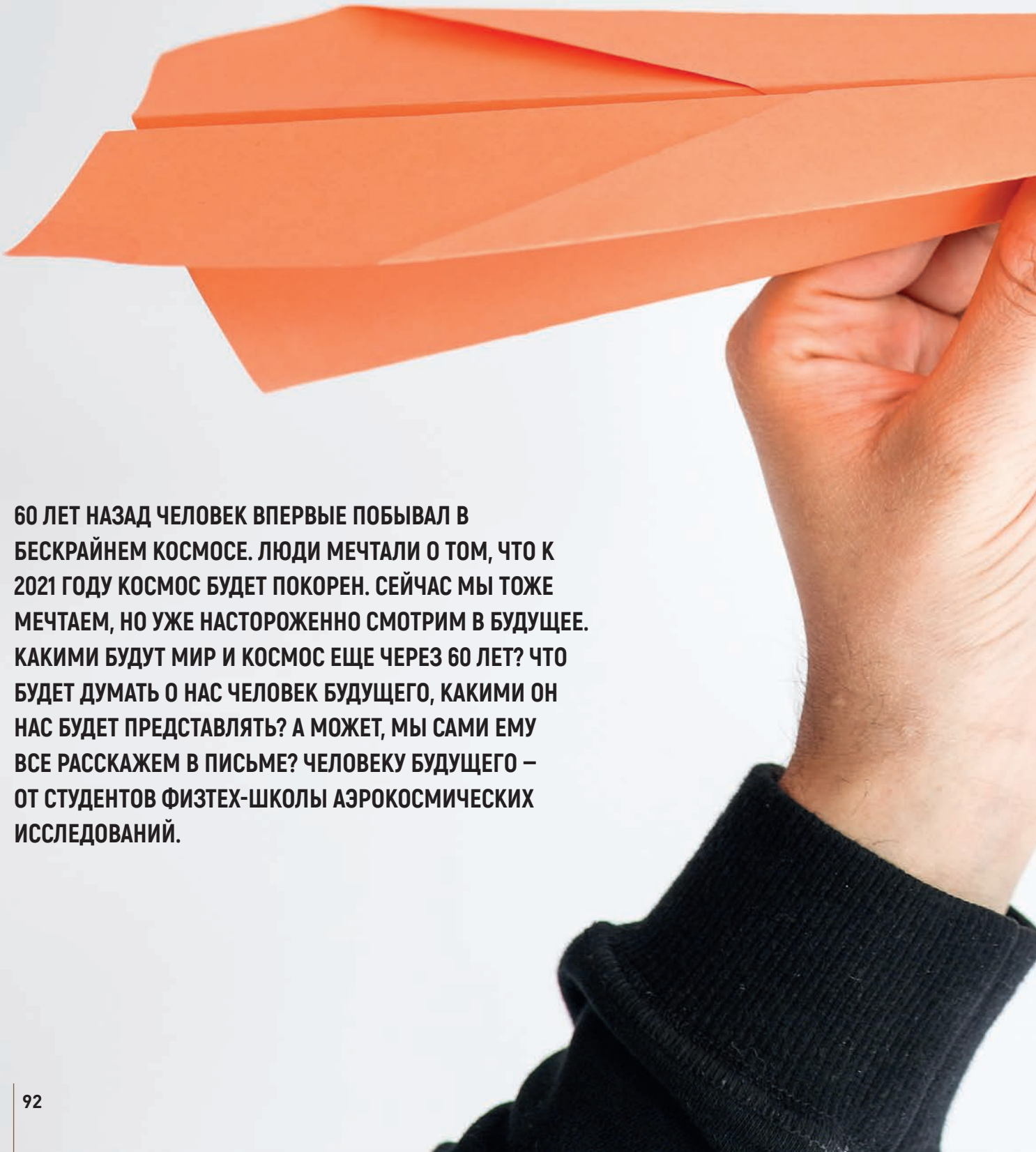
## 8

Команда КМО ФАКТ перед запуском ракеты в День космонавтики. Аппарат пролетел около шести секунд до верхней точки траектории и успешно приземлился с сохранением конструкционной целостности

## 9

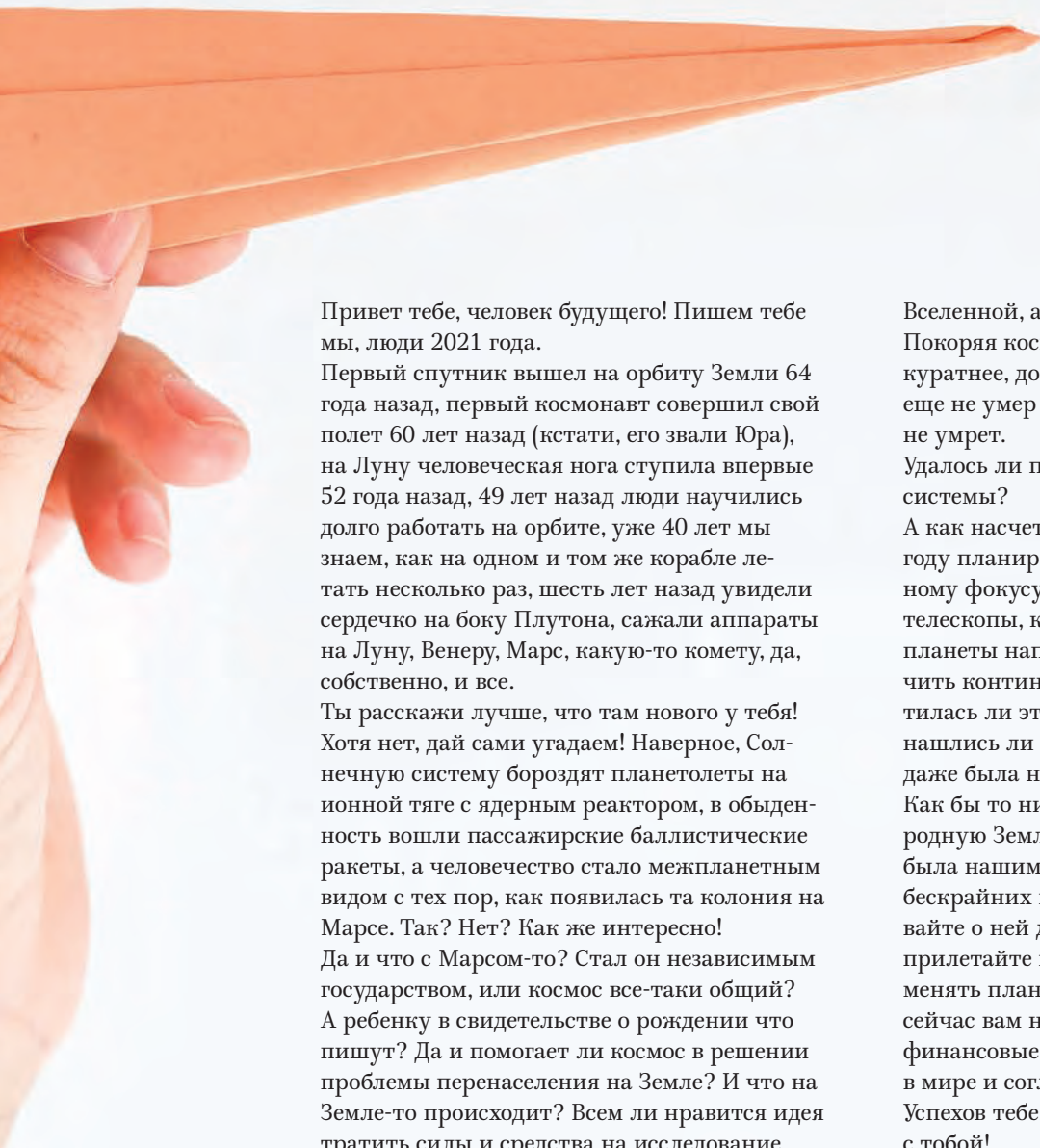
Студент Высшей школы системного инжиниринга МФТИ Евгений Морозов принял участие в разработке ракеты-носителя и присутствовал при запуске корабля «Ю. А. Гагарин» на Байконуре в честь 60-летия первого полета человека в космос

# ПОСЛАНИЕ



**60 ЛЕТ НАЗАД ЧЕЛОВЕК ВПЕРВЫЕ ПОБЫВАЛ В БЕСКРАЙНЕМ КОСМОСЕ. ЛЮДИ МЕЧТАЛИ О ТОМ, ЧТО К 2021 ГОДУ КОСМОС БУДЕТ ПОКОРЕН. СЕЙЧАС МЫ ТОЖЕ МЕЧТАЕМ, НО УЖЕ НАСТОРОЖЕННО СМОТРИМ В БУДУЩЕЕ. КАКИМИ БУДУТ МИР И КОСМОС ЕЩЕ ЧЕРЕЗ 60 ЛЕТ? ЧТО БУДЕТ ДУМАТЬ О НАС ЧЕЛОВЕК БУДУЩЕГО, КАКИМИ ОН НАС БУДЕТ ПРЕДСТАВЛЯТЬ? А МОЖЕТ, МЫ САМИ ЕМУ ВСЕ РАССКАЖЕМ В ПИСЬМЕ? ЧЕЛОВЕКУ БУДУЩЕГО – ОТ СТУДЕНТОВ ФИЗТЕХ-ШКОЛЫ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ.**

# ПОТОМКАМ



Привет тебе, человек будущего! Пишем тебе мы, люди 2021 года.

Первый спутник вышел на орбиту Земли 64 года назад, первый космонавт совершил свой полет 60 лет назад (кстати, его звали Юра), на Луну человеческая нога ступила впервые 52 года назад, 49 лет назад люди научились долго работать на орбите, уже 40 лет мы знаем, как на одном и том же корабле летать несколько раз, шесть лет назад увидели сердечко на боку Плутона, сажали аппараты на Луну, Венеру, Марс, какую-то комету, да, собственно, и все.

Ты расскажи лучше, что там нового у тебя! Хотя нет, дай сами угадаем! Наверное, Солнечную систему бороздят планетолеты на ионной тяге с ядерным реактором, в обыденность вошли пассажирские баллистические ракеты, а человечество стало межпланетным видом с тех пор, как появилась та колония на Марсе. Так? Нет? Как же интересно!

Да и что с Марсом-то? Стал он независимым государством, или космос все-таки общий? А ребенку в свидетельстве о рождении что пишут? Да и помогает ли космос в решении проблемы перенаселения на Земле? И что на Земле-то происходит? Всем ли нравится идея тратить силы и средства на исследование

Вселенной, а не решение земных проблем? Покоряя космические просторы, будьте аккуратнее, дорогие потомки. Ни один человек еще не умер в космосе, так пусть же никто и не умрет.

Удалось ли покорить планеты Солнечной системы?

А как насчет далеких экзопланет? В 2021 году планировалась миссия к гравитационному фокусу Солнца, хотели поместить туда телескопы, которые наблюдали бы далекие планеты напрямую и могли бы даже различить континенты на них! Интересно, воплотилась ли эта миссия в жизнь? Если да, то нашлись ли обитаемые планеты? Может, даже была найдена разумная цивилизация? Как бы то ни было, надеемся, вы бережете родную Землю, которая многие тысячи лет была нашим единственным убежищем на бескрайних просторах Вселенной. Не забывайте о ней даже будучи далеко от дома, прилетайте в гости, помогайте ее жителям менять планету в лучшую сторону. Надеемся, сейчас вам не страшны ни экологические, ни финансовые, ни другие проблемы, вы живете в мире и согласии с собой и друг с другом. Успехов тебе, человек будущего! 2021-й всегда с тобой!

Студенты ФАКТ (ФАКИ).  
Долгопрудный, 12 апреля 2021 года



**«ЧЕЛОВЕЧЕСТВО НЕ ОСТАНЕТСЯ ВЕЧНО  
НА ЗЕМЛЕ, НО, В ПОГОНЕ ЗА СВЕТОМ  
И ПРОСТРАНСТВОМ СНАЧАЛА РОБКО  
ПРОНИКНЕТ ЗА ПРЕДЕЛЫ АТМОСФЕРЫ,  
А ПОТОМ ЗАВОЮЕТ СЕБЕ ВСЕ  
ОКОЛОСОЛНЕЧНОЕ ПРОСТРАНСТВО».**

**ИЗ ПИСЬМА КОНСТАНТИНА ЦИОЛКОВСКОГО  
БОРИСУ ВОРОБЬЕВУ. 12 АВГУСТА 1911 ГОДА.**