

СКОТТ СОЛОМОН

СТАТЬ МАРСИАНИНОМ

Как жизнь в космосе изменит наши тела и разум

Scott Solomon. Becoming Martian: How Living in Space Will Change Our Bodies and Minds

Перевод с английского

Предисловие

Покинуть Землю — такое не забывается. Впервые это случилось со мной в 1999 году на борту шаттла «Дискавери». Вместе с шестью членами экипажа я был пристёгнут к креслу, когда тяга более чем в три тысячи тонн оторвала нас от стартового стола Космического центра имени Кеннеди во Флориде. Вибрация была такой, словно едешь в товарном поезде, который сошёл с рельсов, но продолжает разгоняться. Перегрузка нарастала, и не прошло и минуты, как мы уже летели быстрее звука. Ускорение продолжалось, перегрузка подбиралась к трём g, и даже дышать становилось трудно.

А потом основные двигатели внезапно отключились. Мы мчались со скоростью около 28 000 километров в час — теперь мы были на орбите Земли. Но внутри шаттла казалось, будто мы вообще не движемся. Как лётчик-испытатель ВМС я летал на реактивных самолётах со скоростью больше двух Махов, но это было совсем другое. Мы парили. Ощущение было странным и вместе с тем восхитительным — до этого я испытывал его лишь урывками, во время тренировочных параболических полётов. Я выглянул в иллюминатор и увидел то, что мой мозг с трудом мог осмыслить: светящуюся сине-оранжевую дугу — над Землёй всходило Солнце. Это было захватывающе — самое прекрасное зрелище, какое я когда-либо видел. Будто кто-то нанёс на стекло самую яркую синюю краску. Я замер от восторга.

На второй день полёта мы добрались до телескопа «Хаббл» на высокой орбите — на 240 километров выше орбиты Международной космической станции, которая годы спустя станет для меня вторым домом. Наша миссия длилась восемь дней: мы ремонтировали телескоп и устанавливали на нём новые научные приборы. Мы успешно справились с задачами, а на седьмой день отметили Рождество — это было нечто нереальное и незабываемое; ни один другой экипаж шаттла больше не встречал Рождество в космосе. Чтобы привыкнуть к невесомости, понадобилось время, но мне повезло: космическая болезнь движения, которая мучает многих астронавтов, меня почти не затронула — во всяком случае, в тяжёлой форме. Более опытные товарищи по экипажу (я был там единственным новичком) учили меня жить в условиях микрогравитации: как перемещаться плавно и обдуманно, как работать, даже как чистить зубы и пользоваться туалетом. Со временем всё это стало для меня привычным, и я свыкся с тем, что в космосе нет ни «верха», ни «низа».

Мне посчастливилось побывать в космосе ещё трижды: один раз на шаттле «Индевор» и дважды на российских «Союзах», стартовавших из Казахстана, в Средней Азии. Последняя миссия оказалась самой долгой: 340 дней подряд на борту Международной космической станции. Вместе с моим российским коллегой Михаилом Корниенко и сменявшими друг друга ещё тринадцатью астронавтами и космонавтами мы за этот год провели десятки научных экспериментов. Одной из главных целей было понять, как человеческий организм приспосабливается к длительному пребыванию в космосе, — без этих знаний не обойтись, если мы хотим отправить людей на Марс.

Исследования были всесторонними. До полёта, во время него и после учёные брали у меня пробы крови, кожи, слюны, мочи и кала. На борту я делал всё это сам и хранил образцы

до отправки на Землю. Я брал мазки с кожи для микробиологических исследований, сам себе проводил УЗИ и отслеживал всё — от сна до скорости реакции и настроения. Мой однояйцевый брат-близнец Марк служил контрольным образцом на Земле: так исследователи могли сравнить нас и понять, какие изменения в моём организме вызвал именно космос.

Длительный космический полёт не проходит бесследно — ни для тела, ни для психики. Чтобы не терять мышечную и костную массу, нужно ежедневно по два часа заниматься физическими упражнениями, и всё равно восстановление на Земле занимает месяцы. После такого долгого перерыва земная тяжесть кажется чужой. Головная боль, головокружение, тошнота и кожная сыпь — обычное дело. Во время моей первой длительной миссии у меня ухудшилось зрение, и обследование показало, что за сетчаткой образовались мелкие складки. К тому же жизнь в тесном помещении всего с несколькими товарищами по экипажу — серьёзное испытание для душевной стойкости.

Но эти жертвы того стоят. Я мечтал стать астронавтом с тех пор, как в колледже прочитал книгу Тома Вулфа «Парни что надо» (The Right Stuff). До того у меня в жизни почти не было цели. В детстве я смотрел, как Нил Армстронг и Базз Олдрин идут по Луне, и это меня и восхищало, и пугало; мне даже снились повторяющиеся кошмары о взрывающихся ракетах. Книга Вулфа изменила мой взгляд. В ней было передано мужество и упорство лётчиков-испытателей, которые раздвигают пределы человеческих возможностей, и она вдохновила меня пойти тем же путём — сначала лётчиком-истребителем ВМС, затем лётчиком-испытателем, а потом астронавтом НАСА.

Мой год в космосе позволил хотя бы отчасти представить, каким может быть путешествие на Марс. Жить в космосе — совсем не то, что ненадолго туда слетать, и уж точно не отпуск; это скорее переезд. С каждой миссией мой организм приспособлялся чуть быстрее, но физические изменения были глубокими. Путешественники на Марс столкнутся с похожими трудностями, и если люди собираются там жить, нам нужно понимать, как местные условия на нас повлияют. Я часто задаюсь вопросом: сможет ли человек, родившийся на Марсе, когда-нибудь побывать на Земле? Возвращение к земной гравитации после моих миссий было одним из самых тяжёлых физических испытаний в моей жизни. Выдержит ли её человек, который никогда не знал земного притяжения?

Марс — это смелый новый рубеж, но ничто не заставляет ценить Землю так, как разлука с ней. Ветер в лицо, запах травы, прикосновение воды — в космосе эти простые радости становятся сокровищами, по которым очень скучаешь. Не знаю, как марсианские поселенцы будут относиться к Земле, но надеюсь, что они будут прилетать сюда и увидят красоту этой удивительной планеты, которую мы называем домом.

— Скотт Келли, бывший астронавт НАСА

Введение

Мало что так помогает взглянуть на жизнь со стороны, как сплав на каноэ по реке Бразос. Есть на ней один участок неподалёку от моего дома, где приятная в общем-то прогулка на вёслах может навести на размышления о прошлом, настоящем и будущем человечества. Бразос петляет на юго-восток от техасского «выступа» к Мексиканскому заливу. Нижнее её течение — сплошная грязь, в таких местах легко погубить пару ботинок. Но есть один участок между Уэйко и Колледж-Стейшеном, не похожий на остальные. Когда река мелеет, здесь появляются небольшие пороги: русло из мягкого ила сменяется твёрдым песчаником. Если подтянуть каноэ к этим камням и присмотреться — как сделал я однажды поздней осенью, — можно увидеть нечто удивительное.

На песчанике виднелась рябь — крошечные гребни, идущие поперёк течения. К счастью, со мной был геолог Син-Ти Ли, который помог мне разобраться, на что я смотрю. «Это отложения цунами, — объяснил Син-Ти. — Волна прокатилась прямо здесь».

Мы с Син-Ти стояли примерно в 280 километрах от побережья. Но в конце мелового периода, 66 миллионов лет назад, эта местность была дном мелкого моря. Высота волны, оставившей изучаемые нами отложения, по оценкам, достигала около 30 метров. Я поднял глаза, пытаюсь представить волну такого размера. От этой мысли меня передёрнуло.

Это место геологи обнаружили в 1980-х годах. Когда выяснилось, что рябь на песчанике оставило цунами, появилось ещё одно свидетельство в пользу теории, согласно которой массовое вымирание, погубившее динозавров, вызвало падение астероида¹. Поначалу эта идея вызывала споры — отчасти потому, что удар, достаточно сильный, чтобы привести к гибели в таких масштабах, должен был оставить очень большой кратер. Однако никто не нашёл кратера подходящего размера и возраста, который стал бы неопровержимой уликой и доказал эту теорию.

Но рябь на дне Бразоса была подсказкой. Она относилась к нужному времени — точно к концу мелового периода, когда началось массовое вымирание. Мало того что она показывала, что в ту эпоху здесь прошла гигантская волна, — она указывала и направление, откуда волна пришла: откуда-то между нынешним побережьем Техаса и Карибским морем.

И действительно, вскоре на мексиканском полуострове Юкатан, возле деревни Чиксулуб, были обнаружены следы погребённого под землёй кратера. Его поперечник оказался равен 180 километрам, и он уходил далеко в Мексиканский залив. Пробы керна показали, что кратер образовался в то самое время, когда внезапно исчезли динозавры и 80 процентов других живших тогда видов. В точку.

Трудно представить себе даже 30-метровое цунами, не говоря уже о летящем к Земле астероиде, который больше Эвереста. Считается, что удар был мощнее одновременного взрыва 100 миллионов водородных бомб. Обломки взлетели так высоко в атмосферу, что облетели весь мир и окутали планету тёмной пеленой частиц, на годы закрывшей солнечный свет. Растениям не хватало света. Когда они погибли, погибли и многие

¹Joanne Bourgeois, Thor A. Hansen, Patricia L. Wiberg, and Erle G. Kauffman, “A Tsunami Deposit at the Cretaceous-Tertiary Boundary in Texas,” *Science* 241, no. 4865 (1988): 567–570.

животные, которые ими питались. Цунами само по себе было разрушительным, но последовавшая за ним лавина смертей, вызванная годами тьмы и холода, оказалась ещё губительнее.

Невольно задумываешься: может ли такая катастрофа повториться? На самом деле рано или поздно это случится. Метеоры постоянно падают на поверхность Земли. Большинство из них малы и почти не причиняют вреда. Но время от времени прилетают и более крупные. По оценкам, метеоры, способные вызвать последствия глобального масштаба, падают на Землю примерно раз в 100 000 лет. Те, что достаточно велики, чтобы вызвать массовое вымирание, прилетают реже, но насколько реже — неизвестно. И всё же вопрос не в том, случится ли это, а в том, когда.

С другой стороны, видя материальные следы цунами и касаясь их руками, я не мог не думать о том, как одно это событие изменило ход истории. Если бы динозавры не вымерли, млекопитающие, возможно, так и не стали бы господствующими наземными животными. А значит, могли бы не появиться приматы. А без приматов не было бы и людей. Своим существованием мы обязаны той катастрофе.

И если когда-нибудь на нас полетит другой астероид такого же размера, он вполне может определить наше будущее.



Меня всегда увлекало, как жизнь менялась с течением времени, — в том числе кто мы, люди, такие и откуда мы взялись. В детстве окаменелости динозавров и других животных в музеях естественной истории вызывали у меня благоговение и восторг. Я часами копался на заднем дворе, тщетно пытаюсь отыскать останки какого-нибудь вымершего существа. В колледже я узнал, что есть целая область науки, которая прослеживает связи между всеми живыми существами и выясняет, как они меняются со временем, — эволюционная биология. А на занятиях по антропологии я узнал, как с помощью её методов восстанавливают картину нашего собственного происхождения. Меня захватила мысль, что можно восстановить шаги, которые привели группу обезьян, живших простой жизнью на африканских равнинах, к превращению в вид, способный строить города с небоскрёбами, устройства для мгновенной связи через весь мир и ракеты, доставившие его на Луну.

В аспирантуре мои интересы сместились к эволюционному происхождению сложных сообществ другого рода — сообществ насекомых. Работа над диссертацией привела меня в джунгли Южной Америки, где я раскапывал огромные гнёзда, населённые миллионами муравьёв-листорезов. Их умение выращивать себе пищу — особый вид грибов, которые они разводят в своих гнёздах, — до странности напоминает земледелие у людей. Мы собрали сотни образцов этих муравьёв и грибов из их подземных садов, и это привело к замечательному открытию. Генетический анализ показал, что предки муравьёв-листорезов начали разводить грибы удивительно точно в то же время, когда упал астероид и началось

вызванное им массовое вымирание в конце мелового периода². Мы не можем знать наверняка, что побудило первых муравьёв выращивать грибы, но связь между этими двумя событиями выглядит правдоподобной. В мире, погружённом во тьму, среди разлагающихся останков животных и растений, погибших от удара и его последствий, грибы должны были быть одним из немногих надёжных источников пищи.

Когда в 2009 году я получил свою первую преподавательскую должность в Университете Райса в Хьюстоне, штат Техас, я снова стал думать об эволюции человека. Но теперь меня занимало не только наше происхождение, но и то, что происходит сегодня. Продолжают ли люди эволюционировать? Я задал этот вопрос студентам вводного курса биологии, который вёл, надеясь, что он заставит их всерьёз задуматься. Так и вышло, а последовавшее обсуждение побудило меня глубже разобраться в том, что мы знаем об эволюции человека в наше время и как она может пойти в будущем. В результате появилась моя первая книга, вышедшая в 2016 году, — «Люди будущего: наука о нашей продолжающейся эволюции»³.

Главный мой вывод состоял в том, что да, люди продолжают эволюционировать. Но современная жизнь изменила то, как именно происходит эволюция. Согласно теории Чарльза Дарвина, эволюция идёт путём естественного отбора, и это, безусловно, верно для человека, как и для любого вида. Но действуют и другие эволюционные механизмы, в том числе такие, о которых при жизни Дарвина ещё не знали. Ближе к концу книги я рассмотрел, как может пойти наша эволюция в далёком будущем. Окончательная судьба нашего вида, рассудил я, сводится к трём возможностям.

Первая — наш вид навсегда останется таким, какой он есть. За 3,7 миллиарда лет истории жизни на Земле такого не случалось ни с одним видом, и я доказывал, что с нами этого тоже не произойдёт. Все виды меняются — одни быстрее, другие медленнее, — но нет ни одного ныне живущего вида, который не претерпел бы изменений за время своего существования. Вторая возможность — мы можем вымереть, как вымерло подавляющее большинство видов, живших до нас. Правдоподобных путей к этому неуютно много: ещё одно падение гигантского астероида, извержение супервулкана, ядерная война, катастрофическое изменение климата, распространение опустошительной пандемии или взрыв нашего Солнца в виде сверхновой. Очевидно, мы хотели бы сделать всё возможное, чтобы избежать такой участи.

Последняя возможность — мы эволюционируем в другой вид, в новый тип человека. Я рассмотрел, как это могло бы произойти, и пришёл к выводу, что пока всё остаётся более или менее как сегодня — огромное население Земли, связанное между собой и в то же время рассеянное по всему миру, — это маловероятно. Если только не произойдёт что-то очень крупное. В качестве примера такого переломного события, которое, возможно, могло бы

²Ted R. Schultz, Jeffrey Sosa-Calvo, Matthew P. Kweskin, Michael W. Lloyd, Bryn Dentinger, Pepijn W. Kooij, Else C. Vellinga, et al., “The Coevolution of Fungus-Ant Agriculture,” *Science* 386, no. 6717 (2024): 105–110.

³Scott Solomon, *Future Humans: Inside the Science of our Continuing Evolution* (Yale University Press, 2016).

заставить человечество разделиться и эволюционировать в один или несколько новых видов, я предложил сценарий, при котором часть людей покидает Землю и создаёт поселения где-то в космосе.

Это было любопытное умозрительное предположение, но тогда оно казалось не более чем научно-фантастической мечтой. Мне встречались люди, которые всерьёз задумывались о космических поселениях, но я считал, что это во многом связано с тем, что я, помешанный на науке человек, живу в Хьюстоне, он же Космический город. В конце концов, у нас есть Космический центр имени Джонсона, где находится Центр управления полётами НАСА и где астронавты готовятся ещё со времён до «Аполлона». У Университета Райса давние традиции космических исследований и тесные связи с НАСА. Я побывал на нескольких докладах о космических поселениях, но мне не казалось, что многие люди действительно занимаются этим всерьёз.

Однако вскоре после выхода моей книги мой взгляд изменился. Помню, как я летел в Нью-Йорк на одно из первых мероприятий своего книжного тура и читал в бортовом журнале статью, где утверждалось, что нам не только следует строить поселения на Марсе, но и нельзя на этом останавливаться. Автор считал, что нам нужно и дальше продвигаться вглубь космоса — к другим планетам и даже к другим звёздным системам. Возможно, идея космических поселений была распространена шире, чем я думал. И действительно, по мере того как продолжалось продвижение книги, мне всё чаще задавали вопросы о том, что уход с Земли заставит нас эволюционировать по-новому. Меня приглашали выступать на эту тему и писать статьи, развивающие идеи, которые я лишь бегло наметил в книге. Казалось, все хотят поговорить о том, что будет с нами в космосе.

Чем больше я в это вникал, тем яснее понимал, что люди не просто говорят о переселении человечества в космос — некоторые активно над этим работают. Самая заметная из этих попыток начала разворачиваться несколько лет спустя на приливных отмелях у самой южной оконечности Техаса. Там, в местечке под названием Бока-Чика, компания SpaceX в 2014 году начала строить производственный и стартовый комплекс. Пять лет спустя с этой площадки, получившей название Starbase, стали взлетать первые экспериментальные ракеты. А в апреле 2023 года SpaceX объявила, что проведёт первый испытательный полёт нового революционного космического корабля — Starship. НАСА заказало Starship для своей лунной миссии «Артемиды-3», но глава SpaceX Илон Маск заявил, что Starship рассчитан на гораздо большее — доставлять людей и грузы для строительства города на Марсе. SpaceX уже добилась поразительных успехов, создав многоразовые ракеты, которые выводят спутники и регулярно доставляют людей и грузы на Международную космическую станцию, но ничего столь же большого и амбициозного, как Starship, ни она, ни кто-либо другой ещё не пытался создать.

Я решил, что должен увидеть это своими глазами.



Через Starbase проходит общественная дорога, поэтому — как ни удивительно — кто угодно может подъехать прямо к стартовой площадке. И многие так и делают. Когда я приехал туда всего за день до открытия стартового окна, всё вокруг кишело людьми. Тут

были и мужчины средних лет в футболках с надписью «Захвати Марс», и семьи с детьми в костюмах астронавтов. Легковушки, пикапы и автодома стояли вдоль всей дороги на стороне, противоположной стартовой площадке. Рядом с машинами люди стояли или сидели на складных стульях, смотрели в бинокли и фотографировали. Всё это напоминало нечто среднее между музыкальным фестивалем и слётом любителей комиксов.

Всего в сотне метров от пляжа над дюнами возвышалась стартовая башня. На стартовом столе стояла громадина. Её нижняя часть — металлический цилиндр, ускоритель Super Heavy, — сверкала на ярком солнце. Верхняя часть была второй ступенью: с одной стороны она была покрыта чёрным, и из неё торчали две пары рулей. Вторая ступень, собственно Starship, должна была после старта отделяться от ускорителя и лететь дальше, в глубокий космос. Состыкованные вместе, как сейчас, ускоритель и вторая ступень составляли самую большую ракету из когда-либо построенных.

На низкой бетонной стене у дороги кто-то написал краской: «На Марс и дальше...» Сотрудники SpaceX в касках деловито сновали туда-сюда. Между машинами туристов к стартовому комплексу медленно подъезжали большие грузовики с жидким гелием и азотом. Перекачивая груз в четыре соединённые между собой цилиндрические белые башни у самой дороги, они выпускали большие клубы белого газа. Время от времени из-за башен, где стояла ракета, доносилось громкое шипение.

Стартовое окно открывалось в 7 утра следующего дня. Утром дорогу к стартовому комплексу закрыли ради безопасности публики, поэтому я присоединился к толпе на пляже у южной оконечности острова Саут-Падре, откуда старт был хорошо виден с расстояния восьми километров. Пока над заливом восходило Солнце, тысячи людей расставляли складные стулья и штативы в дюнах и вдоль волнореза. Прямо через пролив к югу от нас восходящее Солнце бросало красные отблески на блестящую поверхность ускорителя Super Heavy и на более тёмный Starship над ним. Погода была почти идеальной, но когда до старта оставалось меньше пятнадцати минут, по толпе прокатился общий вздох. Запуск «отменили» из-за неполадки с наддувом в ускорителе. Стулья сложили, камеры убрали в рюкзаки, и разочарованная толпа разбежалась с пляжа, словно стайка крабов.

Следующая попытка запуска была назначена через три дня. К сожалению, я не мог остаться. Из своего дома в Хьюстоне я смотрел возобновившийся обратный отсчёт вместе с 72 000 других зрителей в прямой трансляции на YouTube-канале Everyday Astronaut. С учётом других каналов событие смотрели почти миллион человек. Когда отсчёт дошёл до последних секунд, волнение стало почти осязаемым. Внезапно из-под ракеты вырвался ослепительный свет, а за ним густые клубы серого дыма. На экране было видно, как облака полностью окутали дорогу, на которой я стоял всего три дня назад. Мгновение ракета просто стояла на месте. Потом — сначала медленно — она начала подниматься. Цвет пламени сменился с жёлтого на ярко-серебристый с фиолетовым отливом. Схема внизу экрана показывала, что три из тридцати трёх двигателей ускорителя не запустились. Вскоре

погасло ещё несколько. Но это не помешало огромной ракете всё быстрее подниматься в небо⁴.

А через три минуты после старта ракета внезапно взорвалась. Представители SpaceX назвали это RUD — сокращение от rapid unscheduled disassembly, «быстрая незапланированная разборка», — и позже пояснили, что после того, как корабль отклонился от заданного курса, сработала автоматическая система подрыва. Многие новостные заголовки делали упор на огненный финал испытания, но другие видели в нём полезный шаг вперёд. «Поздравляю команду @SpaceX с захватывающим испытательным запуском Starship! Многуму научились к следующему запуску через несколько месяцев», — написал в твиттере Илон Маск.

В статье, вышедшей в день запуска на технологическом новостном сайте Ars Technica, космический журналист Эрик Бергер, разбирая взрыв, отметил, что SpaceX не ждёт, пока ракета станет безупречной, а испытывает её раньше. «Для тех, кто чуть лучше знает ракетно-космическую отрасль и метод итеративного проектирования, сам отрыв ракеты Super Heavy и верхней ступени Starship от стартового стола был огромным успехом», — писал он. Помимо взрыва, Бергер отметил, что стартовый стол серьёзно пострадал. И всё же он был уверен, что в конце концов Starship сможет летать так, как задумано. «Когда SpaceX устранит все эти неполадки, у нас будет самая большая в мире полностью многоразовая ракета. Это навсегда изменит отношения человечества с космосом... мы наблюдаем преобразование жизни за пределами Земли», — писал он⁵.

Флот полностью действующих Starship в корне изменил бы доступ в космос. Корабль рассчитан на 150 тонн груза и при этом полностью многоразовый, а значит, вывести такой вес будет намного дешевле, чем на одноразовой ракете. По оценке Бергера, запуск многоразового Starship может обходиться всего в 30 миллионов долларов. Другие предполагали, что цена может упасть до 10 миллионов. Маск, известный чрезмерно оптимистичными прогнозами, заявил, что она может снизиться всего до 2 миллионов долларов за запуск. Даже при самых высоких оценках столь недорогой способ отправлять в космос тяжёлые грузы впервые в истории сделал бы экономически возможным строительство постоянной базы людей на другом небесном теле — например, на Луне или Марсе.

Собственно, именно для этого Starship и создавался. Маск не раз ясно давал понять, что долгосрочная цель SpaceX — постоянное присутствие человека на Красной планете. В феврале 2024 года он написал в своей соцсети X⁶: «Мы разрабатываем план, как доставить на Марс миллион человек. Цивилизация проходит однопланетный Великий фильтр, только когда Марс может выжить, даже если с Земли перестанут приходить корабли снабжения».

⁴SpaceX, “Starship Flight Test,” YouTube, April 20, 2023, <https://www.youtube.com/watch?v=-1wcilQ58hI>.

⁵Jonathan Amos, “SpaceX Starship: Elon Musk Promises Second Launch Within Months,” BBC News, April 20, 2023, <https://www.bbc.com/news/science-environment-65334810>.

⁶Elon Musk (@elonmusk), “We are mapping out a game plan to get a million people to Mars . . .,” X, February 11, 2024, <https://x.com/elonmusk/status/1756585775666442689>.

Более того, он собирается начать создавать поселения на Марсе очень скоро. В другом посте в X в мае 2024 года Маск изложил свои сроки для Марса⁷: «Может быть, город через 20 лет, но через 30 — точно».

Если эти планы по созданию поселений в космосе удадутся, это может помочь человечеству избежать гибели от очередного падения крупного метеорита или любой другой угрозы, с которой сталкивается наш вид, пока он привязан к одной планете. Сейчас, так сказать, все наши яйца лежат в одной космической корзине. И действительно, сохранение нашего вида — одна из главных причин, по которым многие выступают за строительство поселений людей на других мирах. Но некоторые называют и другие причины покинуть Землю: от возможности прибыльного дела вроде космической добычи полезных ископаемых или производства до снижения экологической и демографической нагрузки на нашу родную планету — или просто потому, что это было бы захватывающим приключением⁸.

Джефф Безос, основатель Amazon и ракетной компании Blue Origin, видит в переселении в космос возможность раскрыть потенциал человечества. «Я бы очень хотел увидеть, как в Солнечной системе живёт триллион человек», — сказал Безос в подкасте в 2023 году⁹. «Если бы нас был триллион, у нас в любой момент была бы тысяча Моцартов и тысяча Эйнштейнов... наша Солнечная система была бы полна жизни, разума и энергии. И мы легко сможем обеспечить такую большую цивилизацию всеми ресурсами Солнечной системы».

Как и Маск, Безос подкрепляет слова деньгами. По имеющимся данным, он вложил от 10 до 20 миллиардов долларов собственных средств в Blue Origin, цель которой — содействовать переселению людей в космос¹⁰. Кто-то называет Безоса и Маска идеалистами, но это два богатейших человека на Земле, и оба вложили немалые собственные средства в разработку технологий, которые должны помочь воплотить их видение будущего человечества в космосе. Это не значит, что они правы, но хотя бы говорит об их уверенности.



Миллиардеры с собственными ракетными компаниями привлекают к себе много внимания, но далеко не только они всерьёз работают ради будущего, в котором люди живут в космосе. Чтобы познакомиться с другими такими людьми, через несколько недель после

⁷Elon Musk (@elonmusk), “Less than 5 years for uncrewed, . . .” X, May 15, 2024, <https://x.com/elonmusk/status/1790739864658526356>.

⁸Kelly Weinersmith and Zach Weinersmith, *A City on Mars: Can We Settle Space, Should We Settle Space, and Have We Really Thought This Through?* (Random House, 2023).

⁹Transcript for Jeff Bezos: Amazon and Blue Origin, Lex Fridman Podcast no. 405, https://lexfridman.com/jeff-bezos-transcript/#chapter2_space.

¹⁰Eric Berger, “Jeff Bezos Says What We’re All Thinking: ‘Blue Origin Needs to Be Much Faster,’” *Ars Technica*, December 14, 2023, <https://arstechnica.com/space/2023/12/jeff-bezos-says-what-were-all-thinking-blue-origin-needs-to-be-much-faster/>.

первого запуска Starship я отправился в Вашингтон на конференцию под названием «Саммит „Люди на Марс“». Она проходила в величественном здании Национальной академии наук, которое кажется храмом науки. На стенах под богато украшенными арками и куполами висели портреты учёных. Там стояли бюсты Альберта Эйнштейна и Чарльза Дарвина. Изящная библиотека полна книг по физике, химии и медицине. Для такого любителя науки, как я, это было почти святое место. Доклады проходили в футуристическом зале, стены и потолок которого состояли из больших белых треугольных панелей, подсвеченных красным, — это придавало происходящему дух космической эры.

Одним из первых выступил заместитель администратора НАСА Роберт Кабана. Он объяснил, что нынешняя цель НАСА — снова отправить людей на Луну как ключевой шаг в более широкой «архитектуре „От Луны к Марсу“». Агентство планирует построить на Луне постоянную базу, где астронавты будут жить и работать месяцами. Идея в том, чтобы отработать на Луне всё, что понадобится для длительного пребывания людей на Марсе.

Кабану спросили, зачем нам вообще лететь на Марс. Ведь, лукаво заметил спрашивающий, Элтон Джон в песне Rocket Man предупреждал, что Марс — не то место, где стоит растить детей, да и холодно там адски. Зал засмеялся. Кабана не стал вдаваться в тонкости марсианской метеорологии или воспитания детей, но о том, зачем лететь, говорил уверенно. «Мы летим, чтобы исследовать, учиться, расширять наши знания об огромной Вселенной, в которой живём, — ответил он. — Это так важно... нам нужно отправлять людей. Нам нужно закрепить наше присутствие в Солнечной системе за пределами родной планеты».

Помимо многих других представителей НАСА, выступали также сотрудники других государственных космических агентств, в том числе Европейского космического агентства (ЕКА) и Японского агентства аэрокосмических исследований (JAXA), а также частных космических организаций. Один за другим они выходили на сцену и рассказывали о своём видении будущего человечества в космосе¹¹.

«Я здесь, чтобы сказать вам: мы действительно летим на Марс», — заявил Тори Бруно, президент и генеральный директор United Launch Alliance — совместного предприятия аэрокосмических гигантов Boeing и Lockheed Martin. «Мы отправим туда людей... распространить своё присутствие за пределы этой планеты — предназначение человечества», — сказал он.

Меня поразило, насколько масштабными и серьёзными стали планы пилотируемого освоения космоса. Слушая доклады специалистов отрасли и беседуя с ними в перерывах, я понял, что присутствие людей в космосе — не просто возможность в будущем: это уже происходит. Я ехал на саммит в Вашингтон, наивно ожидая услышать фантазёров, чьё видение опирается скорее на научную фантастику, чем на настоящую науку. Вместо этого я узнал, что некоторые ведущие инженеры, учёные и бизнесмены мира искренне считают, что люди скоро ступят на Марс — возможно, ещё при их жизни, — а вслед за этим вскоре могут там и поселиться.

¹¹VideoFromSpace, “The 2023 Humans to Mars Summit: An ExploreMars.Org Event—Day 1,” YouTube, May 16, 2023, <https://www.youtube.com/watch?v=XUUOrCRrZu0>.

Но столь многое, казалось, было сосредоточено на том, как доставить людей на Марс и как сохранить им жизнь. Я понял, что это уже шаг вперёд по сравнению с прежними временами, когда космическая отрасль почти целиком занималась инженерией, а о людях нередко забывала или думала в последнюю очередь. Организатор саммита «Люди на Марс» Крис Карберри рассказал мне, что он и его коллеги гордятся тем, что в их программе гораздо больше внимания уделяется «человеческому фактору», чем на многих других конференциях по освоению космоса.

И всё же я не мог не заметить, что о долгосрочных последствиях успеха этих усилий говорили мало. Если мы создадим постоянные поселения людей на Марсе, что со временем произойдёт с их жителями? Будут ли эволюционные изменения в следующих поколениях? Приспособятся ли их тела? Смогут ли люди, родившиеся на Марсе, вернуться на Землю? Появятся ли в конце концов новые виды людей?

Эта книга — рассказ о моей попытке найти ответы на эти вопросы. Я хотел выяснить, что мы на самом деле знаем о влиянии космоса на тело и разум человека — и откуда мы это знаем. Я хотел понять, могут ли наши знания об эволюции и о происхождении нашего вида помочь предсказать наше возможное будущее среди звёзд. Эти поиски превратились в увлекательное путешествие. Я беседовал с астронавтами об их личном опыте в космосе и бывал в настолько закрытых лабораториях, что туда пускают только после сканирования радужки глаза. По пути я встретил пёструю компанию удивительных людей: физиков-ядерщиков, микробиологов, философов, ракетостроителей, историков, геологов, врачей, ютуберов, предпринимателей, антропологов, генетиков, социологов и многих других. Меня неизменно поражало не только то, насколько они умны, но и то, насколько гостеприимны и дружелюбны. Они приглашали меня в свои лаборатории, на стартовые площадки, в тренировочные центры, на конференции, семинары, лекции, в любимые кафе и рестораны и даже к себе домой. Для человека, с детства увлечённого наукой и открытиями, знакомство с этими замечательными людьми, возможность узнать, чем они занимаются, и увидеть их за работой стали огромной радостью. В этой книге рассказаны некоторые их истории.

Но в основе этой книги лежит и один фундаментальный вопрос. Мы знаем, что в будущем нам будут грозить опасности — будь то смертоносные астероиды или экологический крах по нашей собственной вине. Некоторые говорят, что уход с Земли — единственный способ обеспечить наше выживание в долгосрочной перспективе. Но если учесть то, что мы узнаём о том, как переселение в космос нас изменит, стоит ли это делать? А если мы решим, что стоит, когда начинать? На какие жертвы мы должны быть готовы, чтобы эти усилия увенчались успехом? Короче говоря, как нам быть, если окажется, что переехать на Марс — значит стать марсианином?

Чтобы ответить на эти вопросы, мы начнём с того, что познакомимся с самым вероятным местом нашего первого космического поселения — Марсом — и разберёмся, откуда мы знаем, каково там. Главы 2 и 3 прослеживают, как складывалось наше понимание того, как условия космоса действуют на организм человека. Глава 4 посвящена одному из самых важных вопросов на пути к тому, чтобы стать многопланетным видом: можем ли мы размножаться в космосе. Глава 5 рассматривает психологические изменения, которые могут возникнуть у людей, покинувших Землю и живущих в космосе. В главах 6 и 7 речь

идёт о том, какие эволюционные изменения могут произойти с людьми и с любыми другими организмами, которых мы возьмём с собой. Наконец, глава 8 задаётся вопросом, стоит ли нам предоставить эволюции идти своим чередом или взять дело в свои руки. А в заключение я возвращаюсь к вопросам, с которых и началось это путешествие: стоит ли людям, учитывая всё, что мы знаем, покидать Землю? Своё мнение я пока оставляю при себе, чтобы вы могли прийти к собственным выводам, отправившись со мной в эти поиски. По пути я познакомлю вас с людьми, которые делают всю эту работу, и побываю с вами во многих местах, где она идёт.

Наденьте космический шлем и пристегнитесь в кресле ракеты — мы отправляемся в путь.

Глава 1. Красная планета

На Марсе шёл сол 1110, и группа учёных выясняла, как лучше преодолеть особенно труднопроходимый участок местности. Цель виднелась вдали — обнажение горных пород на краю узкого каньона под названием Брайт-Энджел. Добраться туда за один день — или, как называют дни на Марсе, за один сол — было невозможно, но если всё пойдёт хорошо, на это могла уйти примерно неделя. С другой стороны, последние несколько солов продвижение шло медленно. Вчера удалось пройти всего около двадцати четырёх метров.

Я сидел в конференц-зале в кампусе Университета Райса рядом с двумя учёными из этой группы — Кирстен Сибак и Элли Морленд. На экране перед нами виднелась голая каменистая местность и текущее положение марсохода. Хотя нас разделяло около 310 миллионов километров, изображения были настолько чёткими, что можно было разглядеть каждую трещинку и выбоину на камнях вокруг марсохода, красновато-оранжевый песок между ними и бледное жёлтое небо над горизонтом. На первый взгляд этот пейзаж вполне мог оказаться какой-нибудь пустынной долиной на Земле. Мне приходилось напоминать себе, что мы смотрим на вид с другой планеты — почти что в прямом эфире из иного мира. От этой мысли у меня бежали мурашки.

Всего несколькими часами раньше эти снимки были отправлены из кратера Езеро на поверхности Марса на один из нескольких спутников, обращающихся вокруг Красной планеты. Оттуда их передали на одну из трёх наземных станций — в США, Испании и Австралии, — которые вместе называются Сетью дальней космической связи. Весь этот путь занял около двадцати минут. Теперь научная группа изучала снимки и данные и на их основе пересматривала план на сол. Как только учёные приходили к согласию — а для этого нужна череда всё более подробных совещаний, занимающих большую часть дня, — они отправляли через Сеть дальней космической связи инструкции марсоходу, и тот выполнял их в следующий сол.

Первое совещание, под названием «Разработка плана», было посвящено изменениям в плане на сол 1111 с учётом новых данных, только что полученных от марсохода. В онлайн-совещании участвовали учёные и инженеры со всего мира, и у каждого была своя роль и своя зона ответственности. Научным руководителем на этот день был Джефф Джонсон. У него был очень спокойный, умиротворяющий голос — такой можно услышать в приложении для медитации. «Я поставил пару предварительных отметок, просто чтобы было с чего начать разговор», — объявил Джонсон группе. На экране я видел несколько камней, помеченных пятизначными номерами. «Если увеличите цель 10987, увидите, что это один из камней, на которых сохранились остатки более тёмного и гладкого налёта», — добавил он.

Элли Морленд, аспирантка, работающая с Сибак, сидела напротив меня в зале на геологическом факультете Университета Райса в Хьюстоне. Она объяснила, что любой учёный на совещании может поставить отметку в любой точке местности вокруг марсохода — её увидит на своих экранах вся группа — и затем объяснить, почему именно там было бы интересно и полезно собрать те или иные данные. Марсоход по имени «Персеверанс»

(«Настойчивость») оснащён обширным набором инструментов¹². Каждый день учёные посылают ему инструкции с определённым набором задач. Но сначала им нужно договориться, какие именно это будут задачи и где именно каждую из них выполнять.

«Я поставил 10986 и 10989 слева от марсохода. Могу о них рассказать», — предложил Йенс Фрюденванг, имея в виду номера, появившиеся теперь над двумя камнями на нашем экране.

«Конечно», — ответил Джонсон.

«Я выбрал более крупные глыбы, которые у нас слева от марсохода. Предварительно наметил место для 10989, но думаю, что 10986 и 10989 будут похожи», — пояснил Фрюденванг.

«Да, верно. По-моему, я видел то же самое, — сказал Джонсон. — 10986 довольно неровный, так что в маленьких углублениях на нём наверняка много грунта и пыли».

Обсуждение шло в таком духе несколько минут: разные участники высказывались о плюсах и минусах точек, предложенных для отбора проб. Главные ограничения для марсохода — время и энергия. Как правило, на ходу он не может собирать некоторые виды данных, например делать снимки, поэтому чем дальше он едет за сол, тем меньше у него времени на сбор данных. Каменистая местность, по которой «Персеверанс» пробирался последние несколько солов, позволяла проходить лишь короткие расстояния, а значит, на научную работу оставалось чуть больше времени.

«У нас солидный прирост энергии», — отметил Джонсон.

«Отлично!» — с улыбкой воскликнула Морленд. «Обычно у нас с энергией очень туго», — объяснила она мне.

Когда марсоход проезжает меньше, он тратит меньше энергии, поэтому медленное продвижение последних солов означало, что для научных приборов остаётся больше электричества. «Персеверанс» работает на ядерной энергии: радиоактивный распад куска плутония весом 4,8 килограмма даёт электричество для зарядки аккумуляторов. В отличие от некоторых прежних марсоходов, работавших на солнечных батареях, ядерная энергоустановка «Персеверанса» действует днём и ночью и не зависит от частых марсианских пылевых бурь. Благодаря избытку энергии учёные могли на этот раз собрать с помощью приборов марсохода больше данных, чем обычно.

Чтобы объяснить мне, что умеет каждый прибор марсохода, Сибих принесла модель «Персеверанса» из деталей LEGO. «LEGO сделали эту модель очень подробной, так что она действительно помогает объяснять», — сказала она. С помощью модели она провела меня по всем основным частям марсохода и семи его главным приборам.

«Это манипулятор», — сказала она, указывая на устройство, вытянутое перед игрушечным марсоходом. «Обычно манипулятор сложен. Большую часть дней мы его даже не выдвигаем». Она объяснила, что на манипуляторе установлен бур с набором сменных насадок: ими можно счистить поверхностный слой камня или извлечь керн. Там же, на конце манипулятора, находится прибор PIXL (Planetary Instrument for X-Ray Lithochemistry

¹²“Mars 2020: Perseverance Rover,” NASA.gov, <https://science.nasa.gov/mission/mars-2020-perseverance/>.

— «планетарный прибор для рентгеновской литохимии»). Он исследует камень вблизи с помощью рентгеновского излучения и позволяет точно определить его химический состав.

Ещё на манипуляторе есть пара приборов с остроумными названиями — SHERLOC и WATSON. SHERLOC сканирует камни лазером и анализирует их химический состав. Как и в рассказах о Шерлоке Холмсе, WATSON — верный помощник SHERLOC. WATSON делает снимки с очень высоким разрешением того, что анализирует SHERLOC, и учёные могут разглядеть частицы размером с одну песчинку.

Затем Сибах указала на небольшую башенку, поднимающуюся над корпусом марсохода из LEGO, — мачту. Наверху мачты стоят камеры, дающие марсоходу широкий панорамный обзор. Мачта высотой два метра, так что камеры видят примерно то же, что увидел бы взрослый человек, стоящий на этом месте. Одна из камер, Mastcam-Z, умеет снимать широкие панорамы и видео, в том числе в 3D, а может увеличить изображение и рассмотреть далёкие объекты. Ещё одна пара камер на мачте вместе называется SUPERCAM. На мачте есть даже микрофон для записи звука¹³.

Кроме камер, на мачте есть мощный лазер, который можно очень точно навести на цель. Когда лазер попадает в цель, например в камень, он мгновенно разогревает её вещество, превращая его в плазму. По длинам волн света, который испускает плазма, можно точно определить химический состав цели. От мачты отходит и несколько выносных штанг — примерно как гик от мачты парусника.

«Эти штанги измеряют ветер, температуру, влажность — и сегодня им удаётся делать это с высоким разрешением», — пояснила Сибах.

В задней части марсохода находится прибор RIMFAX — георадар, который просвечивает грунт, чтобы увидеть, что лежит под поверхностью. И наконец, внутри марсохода есть устройство MOXIE (Mars Oxygen In-Situ Resource Utilization Experiment — «эксперимент по получению кислорода из местных ресурсов Марса»). Задачей MOXIE было проверить, можно ли получать пригодный для дыхания кислород из сырья, содержащегося в марсианской атмосфере. Без такой технологии люди не смогут выжить на Марсе. Воздух, которым мы дышим на Земле, содержит около 21 процента кислорода, а воздух на Марсе — всего 0,13 процента. Большую часть марсианской атмосферы составляет углекислый газ, которым дышать нельзя, но который теоретически можно разложить на две составляющие — углерод и кислород.

Испытания прошли успешно. 6 сентября 2023 года НАСА объявило, что MOXIE уже выполнил свою задачу: всего его запускали шестнадцать раз¹⁴. Он мог производить до

¹³Признаюсь, мне и в голову не приходило, что нам может захотеться услышать, как звучит Марс. Но, узнав об этом приборе, я не удержался, зашёл в интернет и послушал несколько записей. Вы тоже можете! “First Audio Recording of Sounds on Mars,” NASA.gov, March 10, 2021, <https://science.nasa.gov/resource/first-audio-recording-of-sounds-on-mars/>.

¹⁴Jet Propulsion Laboratory, NASA.gov, “NASA’s Oxygen-Generating Experiment MOXIE Completes Mars Mission,” September 6, 2023, <https://www.nasa.gov/missions/mars-2020->

двенадцати граммов кислорода в час — вдвое больше, чем рассчитывали инженеры. Более того, кислород был высокого качества — чистотой не менее 98 процентов. Это впечатляет, если учесть, что устройство было небольшим, размером с микроволновку, и задумывалось лишь как демонстрация технологии. Результаты показали, что гораздо более крупная версия MOXIE — или множество таких устройств — могла бы производить достаточно кислорода, чтобы наполнить замкнутое жилище воздухом с привычными для нашего организма 21 процентом кислорода. Кроме того, излишки кислорода можно было бы использовать как топливо для ракет, улетающих с Марса на Землю или в другие места Солнечной системы.

MOXIE потребляет много энергии, поэтому, пока он работает, марсоход мало что ещё может делать. Сол 1111 не должен был стать днём MOXIE. Группа планировала фотографировать и проводить химический анализ определённых камней на намеченном пути марсохода.

Марсоход «Персеверанс» миссии «Марс-2020» совершил посадку на поверхность Марса 18 февраля 2021 года. Перелёт занял шесть месяцев и девятнадцать дней. Следующие три с половиной месяца ушли на инженерные проверки, чтобы убедиться, что всё в порядке, и лишь потом он смог приступить к запланированной миссии, которая началась 1 июня — этот день стал солом 1. Главные задачи марсохода — искать следы существовавшей когда-то на Марсе жизни¹⁵ и собирать образцы горных пород и «реголита», то есть, по сути, марсианского грунта. «Персеверанс» уже собрал двадцать четыре образца. До запланированных тридцати восьми, которые предполагалось доставить на Землю следующей миссией, оставалось всего четырнадцать.

«Персеверанс» стал пятым марсоходом, успешно работавшим на Марсе. У каждого из предыдущих марсоходов были немного разные задачи, но общая цель у всех была одна: лучше понять Марс — и его историю, и нынешние условия. В конечном счёте роботизированные миссии — это прелюдия к отправке на Марс людей.



Трудно сказать, когда именно полёт людей на Марс стал целью человечества. Древние люди прекрасно знали о существовании Марса¹⁶. Многие связывали его со смертью или войной — возможно, из-за его красного цвета. В Китае при династии Хань Марс называли «Сверкающим обманщиком» и считали дурным предзнаменованием. Увидеть его на небе значило ждать вторжения или засухи. Вавилоняне в древней Месопотамии тоже смотрели на Марс с опаской. Они тоже толковали его перемещение по небу как знак грядущих событий. Если Марс начинал двигаться в направлении, противоположном другим

perseverance/perseverance-rover/nasas-oxygen-generating-experiment-moxie-completes-mars-mission/.

¹⁵Предположительно микробной... вероятно.

¹⁶Matthew Shindell, *For the Love of Mars: A Human History of the Red Planet* (University of Chicago Press, 2023).

«звёздам» (сегодня это называют попятным движением), например звёздам созвездия Льва, это значило, что царствование правителя скоро закончится.

Мысль о том, что небесные тела могут влиять на события на Земле, казалась интуитивно понятной. В конце концов, видимое движение Солнца вызывает смену дня и ночи, а его положение на небе — смену времён года. Движение Луны вызывает приливы, а её хорошо заметные циклы часто связывали со сроками таких событий, как сбор урожая и религиозные обряды.

В Европе представление о том, что Марс влияет на дела людей на Земле — как правило, дурно, — дожило до Средневековья. Но что было бы, если бы человек отправился на Марс? Согласно древнегреческой картине мира, лёгшей в основу значительной части западной мысли, попасть на Марс было в принципе невозможно. Считалось, что небеса состоят из эфира — пятой стихии, коренным образом отличающейся от четырёх стихий — земли, воздуха, воды и огня, — из которых состоит наш мир.

Но это не могло остановить воображение некоторых средневековых авторов. В «Божественной комедии» Данте Алигьери описывает воображаемое путешествие, в том числе знаменитое яркое описание странствий по Аду, Чистилищу и Раю. Марс был одной из остановок на его пути через Рай. Данте представлял Марс последним пристанищем мучеников, благочестиво погибших во имя Христа. Он описывал, как по мере его приближения к планете свет, из-за которого Марс издали кажется ярко-красным, принял форму сияющего креста из душ мучеников.

В конце XVI века датский астроном Тихо Браге провёл очень подробные наблюдения за движением Марса. Датский король пожаловал ему небольшой остров неподалёку от Копенгагена, где астроном построил обсерваторию. Браге был точен и скрупулёзен. Он снова и снова повторял измерения, чтобы проверить их точность. А ещё он, судя по всему, был довольно задирист. Однажды из-за математической формулы он дрался на шпагах со своим кузеном и лишился части носа. До конца жизни Браге носил металлический протез носа¹⁷.

Браге умер в 1601 году, но его подробные записи внимательно изучил его ученик Иоганн Кеплер. Кеплера смущало попятное движение Марса. Вместо того чтобы считать дурным знаком то, что Марс будто бы движется назад, Кеплер полагал, что этому должно быть математическое объяснение. Используя подробные записи Браге о положении Марса, Кеплер понял, что Марс движется не по идеальной окружности. Орбиту Марса — как оказалось, и других планет тоже — точнее описывает эллипс¹⁸. Более того, Кеплер подтвердил революционную — в прямом смысле слова — идею Коперника о том, что планеты обращаются вокруг Солнца, а не вокруг Земли. Только, согласно модели Кеплера, Солнце находилось не в центре эллипса, а смещено в сторону.

Кеплер также выяснил, что скорость планет меняется по мере того, как они движутся по эллиптическим орбитам. Ближе к Солнцу они движутся быстрее, а на дальней от Солнца

¹⁷The Galileo Project, “Tycho Brahe (1546–1601),” <http://galileo.rice.edu/sci/brahe.html>.

¹⁸Andrew Masterson, “Johannes Kepler’s Obsession with Mars,” *Cosmos*, May 14, 2017, <https://cosmosmagazine.com/space/johannes-keplers-obsession-with-mars/>.

части орбиты замедляются. С помощью этих закономерностей он рассчитал, сколько времени Марсу нужно, чтобы совершить один оборот вокруг Солнца, — 687 дней. Иначе говоря, год на Марсе почти вдвое длиннее земного. Поскольку Земля и Марс обращаются вокруг одного и того же Солнца, но Земля идёт по внутренней дорожке и проходит гораздо меньшее расстояние, она «обгоняет» Марс на орбите. Наконец-то попятное движение Марса получило математическое объяснение. С Земли кажется, что Марс движется в одном направлении, пока планеты сближаются, а когда Земля обгоняет Марс, он какое-то время словно движется в обратную сторону.

Поразительно, что наблюдения Браге, так пригодились Кеплеру, были сделаны без телескопа. Когда в начале XVII века изобрели телескоп, стало возможно гораздо подробнее наблюдать небесные тела. Галилей заметил, что на Луне есть вершины и долины, удивительно похожие на земные. Голландский астроном Христиан Гюйгенс рассмотрел в телескоп поверхность Марса и увидел на ней тёмное пятно в форме песочных часов, которое принял за море. Итальянский астроном Джованни Кассини наблюдал Марс ещё подробнее. Он тоже видел тёмное пятно в форме песочных часов, которое, как выяснилось, оказалось большой горой. Кассини наблюдал Марс в разное время, день за днём. Он видел, как тёмное пятно перемещается по поверхности Марса с одной стороны на другую. По этим наблюдениям он рассчитал скорость вращения Марса. Кассини установил, что сутки на Марсе — сол — лишь немного длиннее земных: двадцать четыре часа сорок минут.

По мере совершенствования телескопов астрономы наблюдали Марс всё подробнее. В 1877 году, когда Марс и Земля на своих орбитах сблизились больше всего, итальянский астроном Джованни Скиапарелли восемь месяцев внимательно наблюдал Красную планету из своей обсерватории в Милане. Скиапарелли не казался Марс красным — он был дальтоником. Однако, как многие дальтоники, Скиапарелли хорошо различал контрасты светлого и тёмного, и это, возможно, помогло ему разглядеть слабые детали на поверхности планеты. Он ясно видел разницу между чуть более светлыми и более тёмными областями Марса, которую замечали и другие. Тёмные области он счёл морями, а светлые — сушей, в том числе, как ему казалось, материками и островами. На одном конце планеты он видел ярко-белые области и заключил, что это полярные ледяные шапки. Но он видел и тонкие линии, тянувшиеся по поверхности планеты. Ему они казались длинными и прямыми. Он назвал их итальянским словом *canali*, которое может означать «русло» или «протока»¹⁹. Но в английских переводах его трудов использовалось слово *canal*, то есть «канал» — искусственный, а не природный водный путь.

Работы Скиапарелли сильно повлияли на представления людей о Марсе. Во-первых, казалось очевидным, что на Марсе есть вода. Полярные ледяные шапки говорили о замёрзшей воде. Но Скиапарелли пришёл к выводу, что там есть и жидкая вода — в виде огромных океанов и обширной сети каналов, пересекающих материки планеты. Вода означала возможность жизни. А жидкая вода говорила о том, что условия для живых существ там ещё благоприятнее, ведь температура на поверхности должна быть умеренной.

¹⁹William Sheehan, “Giovanni Schiaparelli: Visions of a Colour Blind Astronomer,” *Journal of the British Astronomical Association* 107, no. 1 (1997): 11–15.

Но по крайней мере некоторым слово *canali*, которым Скиапарелли назвал длинные водные пути, подсказывало, что кто-то их построил. Во всяком случае, к такому выводу пришёл американский астроном Персиваль Лоуэлл. Состоятельный бизнесмен из видной новоанглийской семьи, Лоуэлл жил в Корее и Японии и по следам своих путешествий опубликовал для американских читателей несколько книг о Дальнем Востоке. Прочитав о наблюдениях Скиапарелли, Лоуэлл решил употребить своё богатство на новые достижения в астрономии. В 1894 году он построил обсерваторию на севере Аризоны, где условия для наблюдения ночного неба идеальны.

Лоуэлл, судя по всему, тоже видел на Марсе прямые линии. На его взгляд, они были слишком прямыми, чтобы быть природными. Он рассудил, что это каналы, по которым пресная вода поступает от ледяных шапок на полюсах планеты в более умеренные области ближе к экватору. Из этого он заключил, что суша на Марсе засушлива, примерно как пустыни вокруг его обсерватории в Аризоне. Для Лоуэлла обширная сеть каналов свидетельствовала не только о жизни, но и о разумных, развитых существах, способных на грандиозные строительные проекты в масштабах всей планеты. Ведь здесь, на Земле, первые крупные каналы, такие как Эри и Суэцкий, были построены совсем недавно. И ни один из них даже близко не пересекал всю планету. Тот, кто строил эти каналы на Марсе, явно опережал землян конца XIX века.



Мысль о разумных существах на Марсе захватила воображение не только Лоуэлла, но и публики. Писатели изобретательно и увлекательно разрабатывали тему инопланетной жизни, внося вклад в зарождающийся литературный жанр, который позднее назовут научной фантастикой. Одним из самых влиятельных среди них был Герберт Уэллс. Его популярная книга 1898 года «Война миров» строилась на предположении, что Марс населён существами, гораздо более развитыми, чем люди, и что теперь марсиане идут захватывать Землю²⁰. К счастью для землян, чья техника в повести Уэллса не идёт ни в какое сравнение с марсианской, пришельцев в итоге побеждают микробы нашей планеты.

Научно-фантастические истории о Марсе и марсианах хлынули потоком в начале XX века, и в них широко использовалось то, что было тогда известно о планете. В романе Эдгара Райса Берроуза «Принцесса Марса» (1917) главный герой Джон Картер попадает на Марс и находит там пустынный мир с разреженной атмосферой²¹. Зелёнокожие и краснокожие марсиане выращивают урожай с помощью обширной системы оросительных каналов. Картер обнаруживает, что из-за меньшей силы тяжести на планете он обладает необычайной силой, и с её помощью спасает марсианскую принцессу.

Тем временем научные представления о настоящих условиях на Марсе по-прежнему во многом определялись взглядами Скиапарелли и Лоуэлла²². Но успехи спектроскопии —

²⁰H. G. Wells, *The War of the Worlds* (Pan, 1898).

²¹Edgar Rice Burroughs, *A Princess of Mars* (A. C. McClurg, 1917).

²²Впрочем, были и другие мнения. Юджин Майкл, исходя из размеров Марса, рассудил, что атмосфера у него должна быть разреженной. По его мнению, это ограничивало жизнь

метода, основанного на том, что разные вещества отражают свет с определёнными длинами волн, — позволяли анализировать химический состав Марса. У воды, горных пород, льда и облаков есть свои характерные «подписи». Пользуясь этим методом, в 1950-х годах американский астроном Уильям Синтон пришёл к выводу, что длины волн света, отражённого Марсом, соответствуют какой-то растительности. Он полагал, что на Марсе могут быть лишайники — симбиоз водорослей и грибов, одни из самых выносливых форм жизни на Земле. Чтобы выяснить, действительно ли Марс покрыт какой-то растительностью, нужно было взглянуть на него поближе.

Первые космические аппараты отправились к Марсу в 1960-х годах. 14 июля 1965 года «Маринер-4» в ходе пролёта приблизился к Марсу на 9846 километров. Бортовой камерой он сделал двадцать два снимка поверхности планеты и передал их на Землю²³. Это были первые снимки другой планеты, сделанные из космоса. Но цифровой сигнал камеры «Маринера-4» нужно было обработать на компьютере, чтобы получить изображение, а это требовало времени. Инженерам Лаборатории реактивного движения НАСА не терпелось увидеть результат. Они придумали, как одним глазком взглянуть на то, что сняла камера «Маринера-4», ещё до того, как будет готова настоящая фотография.

Они распечатали полоски бумаги с исходными трёхзначными числами камеры, соответствовавшими яркости каждого пикселя изображения. Пастельными мелками, купленными в соседнем магазине товаров для художников, инженеры раскрасили полоски по шкале чисел: жёлтым — самые яркие участки, оранжевым и красным — промежуточные, коричневым — самые тёмные. Когда они закончили, у них получилось изображение самого края Марса. В правом нижнем углу тёмно-коричневый цвет изображает открытый космос. Изогнутая красная полоса — край планеты, за ним мозаика из жёлтого, оранжевого и красного, показывающая облака в её атмосфере и очертания поверхности. Когда настоящая фотография наконец была готова, она подтвердила, что метод «раскраски по номерам» оказался точным. Но настоящая фотография была чёрно-белой. По случайному совпадению набор пастели в магазине оказался по цветам очень близок к настоящему цвету Марса. Так что в каком-то смысле этот простой, нехитрый способ лучше передавал облик Марса вблизи.

Когда все снимки «Маринера-4» были подробно изучены, они рассказали о Марсе совсем другую историю. Планета оказалась покрыта кратерами, как Луна. Поскольку большая часть ударов астероидов пришлась на эпоху формирования Солнечной системы миллиарды лет назад, это говорило о том, что эрозии на Марсе давным-давно почти не было. И никаких следов каналов или океанов. Не было и признаков недавней вулканической активности. Магнитометры «Маринера-4» не обнаружили у Марса магнитного поля, подобного земному. Уходя за Марс, «Маринер-4» послал на Землю радиосигнал, который прошёл сквозь самый край планеты, и это позволило измерить её атмосферу. Оказалось, что атмосферное давление действительно чрезвычайно низкое — от 0,4 до 0,7 кПа. Для

на планете лишь самыми простыми формами — никто там не был бы способен строить сложные оросительные каналы.

²³См. “Mariner 4,” NASA.gov, <https://science.nasa.gov/mission/mariner-4/>.

сравнения: на Земле на уровне моря оно составляет около 101 кПа. Температурный датчик показал днём на поверхности -100°C . Марс всё меньше походил на мягкий пустынный сад, каким его представляли Скиапарелли и Лоуэлл, и всё больше — на враждебную мёртвую планету.

Наблюдения «Маринера-4» разочаровали тех, кто надеялся найти на Марсе свидетельства существующей жизни или хотя бы планету, способную её поддерживать. Любые попытки полететь на Марс, особенно с людьми, теперь выглядели гораздо более трудными. Последующие пролёты в основном подтвердили первые выводы и открыли о планете ещё больше подробностей. В 1969 году «Маринер-6» и «Маринер-7» подошли к Марсу ещё ближе и сделали гораздо больше снимков и измерений его поверхности²⁴. Кратеров было много, но, похоже, не так много, как поначалу казалось по снимкам «Маринера-4». В конце концов, не так уж Марс и походил на Луну. Анализ разреженной атмосферы планеты показал, что она на 98 процентов состоит из углекислого газа. По этим данным выходило также, что лёд полярных шапок Марса в основном представляет собой замёрзший углекислый газ.

«Маринер-9» стал первым космическим аппаратом, вышедшим на орбиту Марса, и это позволило провести самые подробные на тот момент наблюдения планеты. Прибытие аппарата к Марсу в ноябре 1971 года совпало с глобальной пылевой бурей. Из-за пыли камеры «Маринера-9» не могли разглядеть с орбиты никаких деталей поверхности. Видны были лишь вершины самых высоких гор. Буря улеглась только через несколько месяцев, но когда это наконец произошло, «Маринер-9» смог в мельчайших подробностях рассмотреть поверхность Марса. Помимо гигантских гор там оказались и огромные каньоны. Крупнейший из них, названный долинами Маринер в честь открывшей его миссии, тянется вдоль экватора планеты на 4000 километров. Это примерно расстояние от Нью-Йорка до Сан-Франциско. И он глубок — до шести с половиной километров в самом глубоком месте. Каньон нёс следы эрозии, говорившие о том, что на поверхности была жидкая вода — если не сейчас, то хотя бы когда-то в прошлом²⁵. А где жидкая вода, там и возможность жизни — прошлой, нынешней или будущей.



Чтобы узнать больше, нужно было спуститься на поверхность. Первым космическим аппаратом, успешно севшим на Марс, стал «Викинг-1» — 20 июля 1976 года. Через полтора месяца за ним последовал второй посадочный аппарат «Викинг», опустившийся на поверхность в 6400 километрах от первого. Одной из их главных задач был поиск признаков жизни. Посадочные аппараты провели три отдельных эксперимента, в каждом из которых

²⁴См. “Mariner 6,” NASA.gov, <https://science.nasa.gov/mission/mariner-6/>.

²⁵По словам Кирстен Сибах, «мы считаем, что размеры и глубина долин Маринер во многом объясняются тектонической активностью (не тектоникой плит, а просто тектоническими подвижками — например, из-за того, что большие тяжёлые вулканы тянут за собой кору, а там, где огромные открытые впадины, нагрузка снимается)».

по-своему искали химические признаки микроорганизмов, живущих на Красной планете сейчас.

Один из экспериментов был направлен на поиск признаков обмена веществ — одного из свойств всякой известной нам жизни. Если обмен веществ у организмов на Марсе хоть сколько-нибудь похож на обмен веществ у земных, они должны поглощать какую-то углеродсодержащую пищу как источник энергии, переваривать её и выделять часть углерода в процессе пищеварения. Американский инженер Гилберт Левин придумал остроумный опыт, чтобы проверить, происходит ли это на Марсе. В образец марсианского грунта добавляли питательные вещества, содержащие углерод с радиоактивной меткой. Если в грунте есть живые организмы, рассуждал Левин, они поглотят меченый углерод и снова выделяют его в ходе обмена веществ. Любопытно, что опыты на обоих посадочных аппаратах действительно показали выделение меченого углерода.

Неужели «Викинг» только что обнаружил признаки жизни на Марсе?

Левин считал, что да²⁶. Меченый углерод мог выделяться и в ходе естественных химических процессов без участия живых организмов, но Левин рассчитывал, что это покажет вторая часть его опыта. После того как меченый углерод был обнаружен, часть образцов нагрели до 160 °C — предположительно достаточно, чтобы убить всё живое в грунте. Если меченый углерод перерабатывали живые существа, после нагревания он должен был перестать выделяться, ведь организмы погибли бы. А если он выделялся в ходе неживого процесса, нагревание не должно было ничего изменить и меченый углерод продолжал бы выделяться. Нагретые образцы перестали выделять меченый углерод — именно так, как предсказывал Левин на случай, если в марсианском грунте живут микроорганизмы.

Но другие эксперименты дали результаты, говорившие, похоже, о том, что на Марсе ничего живого нет. Во-первых, в грунте не нашлось никаких признаков органических соединений — тех веществ, которые связаны со всей жизнью на Земле. А опыт, призванный обнаружить газ, выделяемый организмами при дыхании, дал отрицательный результат. Хотя Левин и ещё несколько человек остались убеждены, что «Викинг» обнаружил свидетельства, согласующиеся с жизнью, научный консенсус состоял в том, что неопровержимых доказательств существования чего-либо живого на Марсе нет.

Оба посадочных аппарата «Викинг» собирали также данные о поверхности, грунте и погоде на Марсе. Они зарегистрировали температуру от –120 °C до +21 °C. Они выяснили, что ветер дует со скоростью до 120 километров в час — как ураган первой категории, хотя из-за низкого атмосферного давления человеку на поверхности такой ветер показался бы слабым. И всё же его силы хватало, чтобы объяснить замеченные ранее огромные пылевые бури, некоторые из которых полностью закрывали солнечный свет. Химический анализ грунта показал, что это в основном глина вулканического происхождения с высоким содержанием железа и примесями кремния и алюминия.

²⁶Gilbert V. Levin and Patricia Ann Straat, “The Case for Extant Life on Mars and Its Possible Detection by the Viking Labeled Release Experiment,” *Astrobiology* 16, no. 10 (2016): 798–810.

Хотя посадочные аппараты «Викинг» были неподвижны, то, что они находились в разных местах поверхности, было полезно: так учёные могли оценить, насколько условия различаются от места к месту. У каждого из двух посадочных аппаратов был свой орбитальный модуль, собиравший данные сверху. Орбитальные модули «Викингов» исследовали ледяную шапку на северном полюсе и установили, что она состоит в основном не из замёрзшего углекислого газа, как следовало из данных «Маринеров», а из водяного льда. В целом программа «Викинг» дала самую подробную и тонкую на тот момент картину условий на Марсе.

Следующим шагом — во всех смыслах слова — стала отправка роботов, способных передвигаться по поверхности. Первый из них был частью миссии НАСА «Марс Пасфайндер», совершившей посадку 4 июля 1997 года²⁷. Его подвижная часть, марсоход «Соджорнер», через два дня приступила к исследованию поверхности. Из-за скромного бюджета — он был лишь дополнением к миссии «Пасфайндер» — это было скорее демонстрацией технологии: почти за три месяца он проехал всего около 100 метров. Но миссия показала, что на поверхность Марса можно посадить робота, способного передвигаться и собирать данные.

Следующие марсоходы сделали гораздо больше. В 2004 году с разницей в три недели на Марс прибыли два марсохода — «Спирит» и «Оппортьюнити». Им предстояло исследовать поверхность в течение девяноста суток. Оба проработали намного, намного дольше: «Спирит» — шесть лет, а «Оппортьюнити» — больше четырнадцати. Благодаря такой долгой жизни они смогли покрыть большую территорию. «Спирит» проехал в общей сложности 8 километров, а «Оппортьюнити» — впечатляющие 45. К тому времени у бойкого марсохода по прозвищу Оппи появилось немало преданных поклонников на Земле. У него были собственные страницы в соцсетях, которые вели сотрудники НАСА, регулярно публиковавшие новости от лица марсохода.

10 июня 2018 года, когда началась пылевая буря, Оппи отправил своё последнее сообщение. Поскольку он работал от солнечных батарей, пылевые бури были для него серьёзной угрозой. Марсоход мог перейти в спящий режим, чтобы экономить энергию, но аккумулятора хватило бы ненадолго. Буря длилась два месяца. Больше «Оппортьюнити» на связь не выходил. Научный журналист Джейсон Марголис, освещавший эту историю, написал в твиттере: «Последнее сообщение, которое они получили, по сути было таким: „Батарея садится, и становится темно“».

«Гибель» марсохода «Оппортьюнити» вызвала огромную волну общественной скорби. Пересказ последнего послания Оппи, сделанный Марголисом, зажил собственной жизнью: он стал вирусным мемом, его даже печатали на футболках. В книге «Из любви к Марсу» историк науки Мэтью Шинделл писал, что «марсоходы и их системы съёмки сделали Марс как никогда близким и позволили нам ещё достовернее представлять людей на Марсе. Общественная скорбь по Оппи говорит об ожидании того, что роботизированное

²⁷См. “Mars Pathfinder Project Information,” NASA.gov, <https://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/mesur.html>.

исследование Марса связано с будущим человечества — с исследованием Марса людьми или даже с его заселением»²⁸.

Если так, чему научили нас эти роботизированные экспедиции о том, как мы могли бы жить на Марсе? Во-первых, они ясно показывают, что Марс — место, совсем не похожее на Землю. У двух планет есть кое-что общее — обе каменистые, и сутки (или сол) на обеих почти одинаковой длины, — но почти во всём остальном они очень различаются. Многие различия объясняются тремя основными фактами, которые мы теперь знаем о Марсе²⁹.

Первый — его размер. Марс меньше Земли, а значит, сила тяжести на нём ниже — три восьмых земной. Человек, который весит на Земле 84 килограмма, на Марсе весил бы всего 32. Слабая гравитация способствовала тому, что атмосфера Марса разрежена: газам из неё легче улечиваться в космос. При почти полном отсутствии атмосферы давление у поверхности низкое, и из-за этого жидкости кипят при очень низкой температуре. Человек не выжил бы на поверхности Марса без скафандра, который поддерживает давление и подаёт кислород для дыхания. Точно так же, хотя вода на Марсе есть, на поверхности она всегда замёрзшая. Большая часть марсианской воды скрыта под землёй³⁰. Любой лёд на поверхности быстро превращается в газ — это называется сублимацией. Пример тому увидели, когда в 2008 году на Марс прибыл посадочный аппарат «Феникс». Он счистил слой мягкой пыли, и под ним обнаружился участок водяного льда. О том, что под поверхностью есть водяной лёд, подозревали и раньше, но увидели его впервые. Когда через несколько дней то же место сфотографировали снова, кусок льда, отколовшийся при расчистке грунта, исчез. Вместо того чтобы растаять и превратиться в лужицу, как было бы на Земле, лёд сразу превратился в водяной пар.

Размер Марса, вероятно, способствовал и почти полной потере его магнитосферы. Магнитосфера Земли — магнитное поле, которое окружает планету и защищает её от космической радиации, — создаётся движением расплавленных металлов в её ядре. Считается, что около 4 миллиардов лет назад, когда планета была молодой, у Марса была мощная магнитосфера. Но, согласно одной из теорий, из-за меньшего размера Марс удерживал меньше тепла, чем более крупные планеты вроде Земли, и по мере остывания металл в его ядре стал малоподвижным. Чтобы возникло магнитное поле, металл должен перемещаться от центра к краю — этот процесс называется конвекцией. Вращение планеты заставляет расплавленный металл двигаться ещё и вбок. Приближаясь к поверхности, металл остывает и опускается обратно к центру. Возможно, по мере остывания Марса его

²⁸Shindell, *For the Love of Mars*.

²⁹См. “Mars Facts,” NASA.gov, <https://science.nasa.gov/mars/facts/>.

³⁰Сейсмические данные, опубликованные в 2024 году, показали, что глубоко под поверхностью Марса, в трещиноватых горных породах, может находиться жидкая вода (Will Dunham, “Seismic Data Indicates Huge Underground Reservoir of Liquid Water on Mars,” Reuters, August 12, 2024, <https://www.reuters.com/science/seismic-data-indicates-huge-underground-reservoir-liquid-water-mars-2024-08-12/>).

магнитное поле фактически отключилось, потому что металл в ядре перестал перемешиваться³¹.

Что бы ни стало причиной её исчезновения, без действующей магнитосферы почти ничто не мешает космической радиации достигать поверхности Марса. Постоянный поток солнечных частиц, так называемый солнечный ветер, со временем лишил планету большей части атмосферы. Слабая гравитация Марса мало что могла сделать, чтобы удержать газы атмосферы, которые выдувало в космос. В итоге для людей, которые прилетят на Марс, это означает, что радиация на поверхности планеты интенсивна: очень разреженная атмосфера и отсутствие магнитного поля почти не защищают от неё. Марсоход НАСА «Кьюриосити» установил, что средняя доза, получаемая на поверхности Марса за один день, примерно вдвое превышает ту, что человек на Земле в среднем получает за год!

Тем не менее на поверхности Марса облучение примерно вдвое меньше, чем в открытом космосе — например, в корабле на пути к Марсу. На поверхности Марса, как и любой планеты, часть излучения из глубокого космоса заслоняет сама планета. В космосе галактические космические лучи приходят со всех сторон. На поверхности планеты они приходят сверху, но не снизу, поэтому облучение примерно вдвое меньше. И всё же без какой-либо защиты от радиации человек не выжил бы на поверхности Марса долго.

Второе, что коренным образом отличает Марс от Земли, — его положение в Солнечной системе. Если двигаться от Солнца, Земля — третья планета после Меркурия и Венеры. Марс — четвёртая. Поскольку он дальше от Солнца, его орбита длиннее, и, как выяснил Кеплер, год на Марсе почти вдвое длиннее земного. Из-за удалённости от Солнца Марс ещё и холоднее, а тут ещё и почти нет атмосферы, которая служила бы чем-то вроде одеяла, удерживающего тепло. Сегодня мы знаем, что максимальная температура на его поверхности — удивительно мягкие +21 °C. Но лишь ненадолго, в полдень, и только у экватора летом под прямыми солнечными лучами. Почти всегда там намного, намного холоднее. Средняя температура — около -60 °C, а зимой на полюсах она может опускаться до ужасающих -140 °C.

Долгие наблюдения с Земли и множество отправленных туда аппаратов многое рассказали нам о Марсе. И было немало сюрпризов. Одно неожиданное открытие сделал прибор посадочного аппарата «Феникс» под названием «Лаборатория мокрой химии». Проанализировав образец марсианского грунта, он обнаружил высокое содержание —

³¹Полярные сияния, обнаруженные марсоходом «Персеверанс», говорят о том, что у Марса до сих пор есть очень слабая и неравномерная магнитосфера; считается, что её создают намагниченные минералы коры. См. Elise W. Knutsen et al., “Detection of Visible-Wavelength Aurora on Mars,” *Science Advances* 11 (2025): eads1563; Jeffrey O. Bennett, Megan Donahue, Nicholas Schneider, and Mark Voit, *The Essential Cosmic Perspective*, 8th ed. (Pearson, 2018).

около половины процента — вещества под названием перхлорат. Последующие исследования показали, что он широко распространён в грунте по всей планете³².

На Земле перхлорат встречается гораздо реже. Его используют в фейерверках и других взрывчатых веществах, а также как ракетное топливо. Открытие природного ракетного топлива, может, и порадовало бы марсианскую транспортную отрасль, но плохая новость в том, что перхлорат чрезвычайно ядовит для растений, животных и людей. Он растворяется в воде, и при попадании в организм может нарушать работу щитовидной железы: мешает ей усваивать йод и вырабатывать гормоны, регулирующие обмен веществ. Перхлораты могут также влиять на развитие мозга у младенцев и детей. Из любой воды, добытой на Марсе, перхлораты пришлось бы удалять, чтобы её можно было безопасно пить. Высокая концентрация перхлоратов в марсианском грунте была бы губительна для большинства сельскохозяйственных растений, а те, что смогли бы выжить, стали бы ядовитыми для людей³³.

Открытие повсеместно распространённого перхлората, возможно, помогает объяснить загадочные результаты «Викингов», которые поначалу, казалось, указывали на присутствие живых организмов. Взаимодействуя с органическими соединениями, перхлораты могут выделять газ — в том числе меченый углерод — так, что это может напоминать обмен веществ живого организма. Более того, под действием радиации перхлорат может превращаться в гипохлорит, который так же действует на органические соединения, но разрушается при высокой температуре. Иными словами, результаты, убедившие Гилберта Левина в существовании жизни на Марсе, можно объяснить химическими процессами, не имеющими к жизни никакого отношения.

Роботам-посланникам, которых мы отправили исследовать Красную планету, наверняка предстоит сделать ещё немало удивительных открытий. От того, что они найдут, будет зависеть, что потребуется, чтобы сделать Марс пригодным для жизни, — или окажется, что жизнь там уже есть. Собственно, это и есть главная цель миссии «Марс-2020» и её марсохода «Персеверанс».



Через неделю после совещания по планированию работы марсохода я встретился с Кирстен Сибак в её кабинете, где она участвовала в онлайн-совещании научной группы «Марс-2020». Она сидела за столом перед двумя мониторами и потягивала диетическую колу. В кабинете было чисто и аккуратно, на стенах почти ничего, кроме круглой карты Марса. Под ней на столике стояли два глобуса Марса и модель из LEGO, с помощью которой она показывала мне возможности «Персеверанса». На доске за мониторами были

³²Michael H. Hecht, Samuel P. Kounaves, R. C. Quinn, Steven J. West, Suzanne M. M. Young, Douglas W. Ming, D. C. Catling, et al., “Detection of Perchlorate and the Soluble Chemistry of Martian Soil at the Phoenix Lander Site,” *Science* 325, no. 5936 (2009): 64–67.

³³Lu Yu, Jaclyn E. Canas, George P. Cobb, William A. Jackson, and Todd A. Anderson, “Uptake of Perchlorate in Terrestrial Plants,” *Ecotoxicology and Environmental Safety* 58, no. 1 (2004): 44–49.

приколоты всевозможные наклейки и плакаты на марсианскую тему, в том числе наклейка на бампер с надписью «Моя вторая машина обстреливает лазером камни на Марсе».

Сибах, по собственному определению «марсианский геолог», училась и готовилась как раз тогда, когда началась эпоха марсоходов. Она начала заниматься геологией Марса ещё студенткой, когда «Феникс» собирал данные, и стала приглашённым учёным в проектах марсоходов «Спирит» и «Оппортьюнити». В аспирантуре она вошла в научную группу марсохода «Кьюриосити» и использовала собранные с её участием данные для докторской диссертации в Калтехе. Вскоре после того, как она начала преподавать в Университете Райса, она вошла в научную группу «Марс-2020» как учёный-участник и стала одним из самых опытных исследователей в команде «Персеверанса».

Был четверг, и это было первое научное совещание группы после той сессии планирования, на которой я побывал неделей раньше. На связи было семьдесят человек, включая нас. Обычно научное совещание проходило во вторник, но его отменили, потому что очень многие члены группы хотели посмотреть солнечное затмение, видимое накануне на большей части Северной Америки. Мы с Сибак наблюдали его вместе со многими коллегами на ранчо в Центральном Техасе. Теперь пора было подвести итоги того, что произошло на Марсе за прошедшую неделю, пока нас не было, и обсудить предварительные научные результаты.

Мы быстро узнали, что возникла проблема. Оказалось, что после всего планирования на сол 1111 из-за сбоя в Сети дальней космической связи инструкции так и не были отправлены марсоходу.

«Мы потратили на это весь день, — со вздохом сказала мне Сибак. — Люди сидели до вечера, чтобы составить инструкции. Каждая деталь. Каждая секунда. Каждый бит данных. Каждый ватт энергии. А иногда по той или иной причине они не уходят», — добавила она как ни в чём не бывало.

Не получив инструкций, марсоход в сол 1111 просто стоял на месте. По крайней мере, его аккумуляторы заряжались от продолжающегося распада плутония в ядерной установке, а электричества почти не расходовалось. Значит, на следующий сол у него будет больше энергии для передвижения и науки. Сибак не знала, что вызвало сбой, но отнеслась к нему спокойно. Если подумать, сколько всего может пойти не так, когда управляешь машиной на другой планете, вполне естественно ожидать время от времени накладок.

Не смутившись задержкой, группа перешла к рассказу о достигнутом и поделилась новыми данными. Танос Клидарас, аспирант Университета Пердью, выступил с докладом о последних наблюдениях на запад, в направлении движения марсохода. В сол 1112, когда инструкции наконец дошли до марсохода, группа получила лучший на тот момент вид на Брайт-Энджел — обнажение, к которому они пробирались. Сибак открыла снимки на ноутбуке и наклонилась поближе. «Как здорово!» — воскликнула она.

Группа получила и хорошие снимки долины ниже марсохода, получившей название Неретва. По новым снимкам, объяснил Клидарас, обнажение у Брайт-Энджела, которое группе так хотелось рассмотреть вблизи, по-видимому, тянется вдоль долины и доходит до стены каньона напротив нынешнего положения марсохода, в месте под названием каньон Гарднер.

С учётом новых сведений ведущий совещания Джастин Саймон предложил изменить намеченный маршрут к Брайт-Энджелу. Вместо того чтобы продолжать путь по каменистому краю долины, где продвижение шло медленно, можно было бы спуститься в долину Неретва, где по песчаному руслу ехать будет чуть быстрее и легче. Кроме того, посреди долины возвышается холмик, который тоже было бы интересно осмотреть. А ещё оттуда, возможно, лучше видно обнажение каньона Гарднер на другой стороне долины.

В итоге группа выбрала объезд. Через шестьдесят пять солов «Персеверанс» наконец добрался до подножия обнажения Брайт-Энджел. Там группа заметила кое-что интересное — необычные пятна, напоминавшие леопардовую шкуру. Пятна были очень маленькими, всего около миллиметра в поперечнике, и представляли собой светлые участки неправильной формы, окружённые более тёмным кольцом, на фоне обычной красноватой породы.

«На Земле такие особенности горных пород часто связаны с окаменевшими следами микробов, живших под поверхностью», — отметил астробиолог и член научной группы «Персеверанса» Дэвид Флэннери в тщательно сформулированном заявлении НАСА.

Неужели «Персеверанс» обнаружил свидетельства того, что когда-то на Марсе существовала жизнь?

Сканирование прибором SHERLOC подтвердило наличие органических соединений — химических кирпичиков жизни. PIXL проанализировал тёмные кольца и установил, что они содержат железо и фосфат. Они могли образоваться в ходе реакции с участием гематита — оксида железа, которого на Марсе много и который придаёт планете ржавый оттенок.

«Образец из Брайт-Энджела — это как раз та порода, которую мы надеялись найти с помощью „Персеверанса“, — рассказала мне потом Кирстен Сибах. — Приборы марсохода показывают, что леопардовые пятна — потенциальные биосигнатуры, но рассказать больше нам смогут лаборатории на Земле. Не могу дождаться, когда мы доставим этот образец на Землю».

Хотя никаких признаков живых микробов найдено не было, леопардовые пятна у Брайт-Энджела могут оказаться первым прямым свидетельством древней микробной жизни. Если выяснится, что когда-то Марс действительно населяли микробы, надежда на то, что однажды жизнь сможет вернуться на Марс, станет ещё более обоснованной.



Планы того, как люди могли бы выжить на Марсе — во время коротких миссий или долгого пребывания, — менялись вместе с нашими представлениями об условиях на планете.

Когда стало ясно, что Марс вовсе не покрыт морями, озёрами или хотя бы каналами — и что жидкая вода не может долго существовать на его поверхности, — идея жить там стала гораздо менее заманчивой. Доступ к воде в виде льда, скрытого под поверхностью, стал бы ключевым условием для любого длительного присутствия людей. Похоже, у полюсов планеты льда в грунте больше, чем ближе к экватору. С другой стороны, у полюсов настолько холодно, что это угрожало бы не только людям, но и технике. Места у экватора

— всё равно холодные, но не так сурово — выглядят более многообещающими с точки зрения климата, но там нужно будет найти достаточно воды, возможно, глубже под землёй.

В ранних представлениях о жилищах людей на Марсе часто фигурировали большие прозрачные купола на поверхности. Кроме потрясающих видов, такие привлекательные на вид купола могли бы служить теплицами для сельскохозяйственных и других растений — возможно, даже воссоздавать целые экосистемы. Но открытие того, что у Марса тончайшая атмосфера и нет действующей магнитосферы, — и подтверждение того, что уровень радиации на поверхности почти такой же, как в глубоком космосе, — заставили искать конструкции жилищ с гораздо более основательной защитой от радиации. Самый простой и, пожалуй, самый действенный способ защититься от радиации — использовать реголит, то есть марсианский грунт. Его можно насыпать поверх сооружения (прощайте, потрясающие виды из-под купола) или строить жилища под землёй. Пожалуй, проще всего было бы устроить жилища в лавовых трубках — естественных тоннелях, которые образуются при течении лавы: внешние её края остывают и затвердевают, а горячая расплавленная середина продолжает течь, пока не иссякнет.

Признаюсь, мысль о том, чтобы проделать весь путь до Марса лишь затем, чтобы жить под землёй, кажется мне ужасно унылой. На протяжении всей своей эволюционной истории люди жили не просто на Земле, а на её поверхности. Впрочем, с доисторических времён люди использовали пещеры как жилища и укрытия, а иногда и в более поздние времена строили подземные дома. Самый крупный пример — сеть подземных тоннелей и помещений в Турции, которой пользовались как минимум последние две тысячи лет. Это место, известное как Деринкую, было открыто случайно в 1963 году, когда один местный житель ремонтировал свой дом³⁴. Небольшое отверстие, найденное им в стене, оказалось входом в тоннель — одним из более чем 600 входов в огромное подземное поселение, где когда-то жили до 20 000 человек. В нём было поразительное количество уровней — восемнадцать, включая помещения для скота и запасов еды. Главным его назначением было дать жителям возможность укрыться и защититься от захватчиков. Поэтому в нём должен был быть собственный источник воды и должен был циркулировать воздух. Нечистоты жители собирали в глиняные кувшины, которые запечатывали, когда те наполнялись, а в подземной сети были отведены особые места для погребения умерших.

Описание Деринкую напоминает мне подземные сообщества другого рода — те, что строят муравьи. Я годами раскапывал огромные гнёзда муравьёв-листорезов для своей диссертации. Как и древний подземный город в Турции, гнёзда листорезов устроены как система тоннелей и камер. Одно гнездо листорезов может занимать около 210 квадратных метров — площадь целого дома — и вмещать больше 5 миллионов муравьёв. Муравьи отрезают кусочки листьев и уносят их в подземные камеры, где выращивают грибы, способные разлагать листья. Затем муравьи собирают урожай этих грибов — свою основную пищу. Тоннели по краям гнезда впускают внутрь богатый кислородом воздух,

³⁴Vladimír Nývlt, Josef Musílek, Jiří Čejka, and Ondrej Stopka, “The Study of Derinkuyu Underground City in Cappadocia Located in Pyroclastic Rock Materials,” *Procedia Engineering* 161 (2016): 2253–2258.

когда над гнездом дует ветер, а большие отверстия наверху выпускают углекислый газ, который выделяют при дыхании муравьи и выращиваемые ими грибы.

Открытие древнего турецкого города как будто говорит о том, что люди способны жить под землёй почти как муравьи. Возможно, марсианские жилища можно будет строить по образцу муравейников. Но есть важное различие, которое нужно учитывать. Большинство муравьёв не проводят всю жизнь под землёй. Рабочие муравьи выходят из гнезда, чтобы найти пищу, построить и починить гнездо и защитить его от врагов. Точно так же люди, жившие когда-то в пещерах и других подземных жилищах, не были к ним привязаны — во всяком случае, навсегда. Даже если они жили под землёй, что бывало не всегда, они выходили наружу, чтобы добыть пищу, пообщаться с людьми из других групп и — не могу этого не представить — просто подышать свежим воздухом и погреться на солнце.

На Марсе выйти наружу будет гораздо сложнее. Понадобится скафандр с системой жизнеобеспечения, которая будет следить за подачей воздуха и температурой. И вы будете подвергаться сильному облучению. Время на поверхности придётся ограничивать.

Ещё одна возможность, о которой говорят и фантасты, и учёные, — изменить условия на Марсе настолько, чтобы на его поверхности можно было жить с бóльшим удобством. В рассказе 1942 года «Орбита столкновения» писатель-фантаст Джек Уильямсон ввёл термин «терраформирование» для обозначения преобразования планеты с целью сделать её пригодной для жизни³⁵. Но в большую науку эта идея пришла только в 1961 году, когда астроном Карл Саган в статье в журнале *Science* предположил, что Венеру можно было бы преобразовать с помощью планетарной инженерии и подготовить её, как он выразился, для «комфортного проживания людей». По мысли Сагана, сделать это можно было бы с помощью водорослей, способных выживать в экстремальных условиях³⁶.

Тогда было известно, что у Венеры плотная атмосфера, состоящая в основном из углекислого газа, и высокая температура поверхности. Насколько высокая — не знали, но всего через год миссия «Маринер-2» показала, что там настоящее пекло: средняя температура поверхности — 471 °C. Атмосфера оказалась невероятно плотной, а облака серной кислоты поднимаются на высоту до 80 километров над поверхностью. Углекислый газ действует как парниковый газ: он удерживает солнечное тепло у поверхности, и планета буквально запекается.

У Марса обратная проблема. При столь разреженной атмосфере тепла удерживается очень мало. Раз Венера оказалась сущим адом, идею терраформирования довольно скоро применили к Марсу. Ведь мы, сами того не желая, заставили собственную планету нагреваться, увеличив содержание в атмосфере углекислого газа и других парниковых газов. Нельзя ли сделать то же самое с Марсом — намеренно — и сделать его теплее и гостеприимнее?

³⁵Jack Williamson, "Collision Orbit," *Astounding Science Fiction* 85, no. 2 (1942): 80–107.

³⁶Carl Sagan, "The Planet Venus: Recent Observations Shed Light on the Atmosphere, Surface, and Possible Biology of the Nearest Planet," *Science* 133, no. 3456 (1961): 849–858.

Идея была заманчивой. Ведь, судя по всему, когда-то на Марсе действительно была более похожая на земную среда — с умеренной температурой и текущей водой. В его атмосфере уже много углекислого газа, и считалось, что ещё больше его зимой вымерзает на полюсах в виде сухого льда. Сегодня мы знаем, что полярные шапки в основном состоят из водяного льда. Но по данным «Маринера-4», из которых следовало, что они почти целиком состоят из углекислого газа, Карл Саган предложил высвободить углекислый газ полярных шапок в атмосферу, затемнив их пылью или другими тёмными веществами. Тогда они поглощали бы больше солнечного тепла и сублимировались бы, превращая углекислый газ в газообразный — так же, как сухой лёд даёт белые облака в генераторах тумана в театрах или на жутковатых украшениях к Хеллоуину. По мере уплотнения атмосферы парниковый эффект делал бы её теплее, лёд таял бы ещё сильнее, а это ещё больше уплотняло бы атмосферу — возник бы эффект «неуправляемого парникового эффекта».

Идея Сагана привлекала других учёных даже после того, как выяснилось, что полярные шапки в основном состоят из водяного льда с сезонным покровом замёрзшего углекислого газа. В 1998 году в обзоре опубликованных исследований по терраформированию Марса признавались неясности, но делался вывод, что «эту идею больше нельзя назвать фантазией»³⁷. В книге 1996 года «Курс на Марс» (The Case for Mars) инженер-аэрокосмик и горячий сторонник заселения Марса Роберт Зубрин рассмотрел и другие способы терраформирования Марса. Одна из предложенных им возможностей — огромные зеркала на орбите планеты, которые фокусировали бы солнечный свет на полярных шапках. По расчётам Зубрина, зеркало шириной 250 километров отражало бы на южный полюс Марса достаточно солнечного света, чтобы испарить замёрзший углекислый газ и воду.

Другой подход, предложенный Зубриным, — производить на Марсе вещества, которые как парниковые газы ещё эффективнее углекислого газа и воды, например хлорфторуглероды³⁸. Эти вещества, более известные как фреоны, когда-то широко применялись в холодильниках и аэрозольных баллончиках, пока не обнаружилось их вредное действие на озоновый слой. Зубрин указывал, что не все такие соединения разрушают озон, и предложил одно конкретное — перфторметан — как подходящий кандидат для терраформирования Марса. Сырьё, необходимое для его производства, на Марсе уже есть. Но, как признавал сам Зубрин, чтобы произвести достаточно перфторметана, понадобится огромное количество энергии — сопоставимое с общим энергопотреблением целого города.

Зубрин перечислил и другие — гораздо более разрушительные — идеи терраформирования Марса. Одна из них — взрывать на его поверхности ядерные бомбы. Ядерный удар по полярной шапке мгновенно дал бы достаточно тепла, чтобы испарить

³⁷Martyn J. Fogg, "Terraforming Mars: A Review of Current Research," *Advances in Space Research* 22, no. 3 (1998): 415–420.

³⁸Robert Zubrin and Richard S. Wagner, *The Case for Mars: The Plan to Settle the Red Planet and Why We Must* (Free Press, 1996).

значительную часть замёрзшей воды и углекислого газа. Дополнительное количество углекислого газа и воды содержится в карбонатных породах под поверхностью, и его можно было бы высвободить, взрывая водородные бомбы, заложенные по всей планете. Но для этого понадобилось бы очень много водородных бомб — по оценкам Зубрина, миллионы, — а потом осталось бы огромное количество радиоактивных осадков, которые ветер и пылевые бури разнесли бы по всей планете. Не совсем то, что хочется сделать с местом незадолго до переезда туда.

Ещё одно предложение Зубрина — захватить астероид и направить его к Марсу, устроив преднамеренное столкновение. У этой на первый взгляд безумной идеи двойное преимущество. Во-первых, удар мгновенно нагрел бы планету настолько, что растопил бы её ледяные шапки и выбросил в атмосферу много воды и углекислого газа, запустив желаемый неуправляемый парниковый эффект. Во-вторых, можно было бы выбрать астероид, содержащий вещества, которых на поверхности Марса сравнительно мало, — например, воду. После удара о Марс вещество астероида испарилось бы и вошло в состав марсианской атмосферы, уплотняя её и усиливая её парниковые свойства.



Чтобы лучше понять, насколько осуществимо терраформирование, я позвонил планетологу Джиму Кастингу из Университета штата Пенсильвания, члену Национальной академии наук и специалисту по обитаемости планет. «Я довольно большой пессимист — пожалуй, даже очень большой — в отношении терраформирования всей планеты, — сказал он мне. — По-моему, это неосуществимо... Я, честно говоря, не понимаю, почему люди так заиклены на терраформировании Марса. Думаю, потому, что не понимают, насколько это трудно».

Кастинг рассказал мне о трудностях повышения атмосферного давления и температуры на Марсе, упомянув предложения использовать ядерное оружие и производить мощные парниковые газы. Он не считал их реалистичными. Но затем он назвал ещё одну трудность, о которой я раньше не слышал.

«Есть ещё одна проблема, о которой мы не говорили и которая, возможно, самая сложная из всех, — это азот. В атмосфере Марса азота совсем крохи», — сказал он.

Здесь, на Земле, воздух, которым мы дышим, на 78 процентов состоит из азота — это самая большая составляющая нашей атмосферы. В атмосфере Марса азота всего около 3 процентов. Кастинг объяснил, что азот в атмосфере важен потому, что уравнивает необходимый нам для дыхания кислород, сам при этом не будучи вредным или опасным.

«Чисто кислородная атмосфера вам не нужна, — заметил он. — Чисто кислородная атмосфера очень пожароопасна. Мы поняли это после катастрофы „Аполлона-1“. В капсуле проскочила искра, всё быстро загорелось, и экипаж сгорел, прежде чем успел выбраться. После этого мы поняли, что кислород нужно смешивать с другим газом, например с азотом... азота нужно примерно вдвое больше, чем кислорода»³⁹.

³⁹Два замечания. (1) На самом деле от огня астронавтов «Аполлона-1» защищали скафандры, а погибли они от удушья — из-за дыма и ядовитых газов, выделявшихся при

Другие газы, например углекислый газ или аргон, могли бы выполнять ту же роль, что и азот, но у каждого из них свои недостатки. Наш организм не переносит высокой концентрации углекислого газа. А аргона крайне мало — всего 1,6 процента марсианской атмосферы, так что его вряд ли хватило бы, чтобы разбавить кислород на терраформированном Марсе.

Кастинг упомянул идею бомбардировать Марс астероидом — например, таким, в котором много азота. Скорее всего, чтобы доставить достаточно вещества, понадобилось бы много столкновений с астероидами. Теоретически это могло бы сработать, считал он. «Но удержать его будет трудно, потому что его выдувает, — заметил он. — У Марса сегодня нет собственного магнитного поля. Его ионосфера напрямую взаимодействует с солнечным ветром. Поэтому там и нет азота — он потерян в результате этих нетепловых процессов утечки, которые будут продолжаться и тогда, когда вы попытаетесь планету терраформировать. Вы всё время боретесь с матушкой-природой», — сказал он.

Иными словами, любой азот, добавленный в атмосферу Марса, там не удержится: он будет уходить в космос вместе с атмосферой, которую сдувает поток солнечных частиц, постоянно бомбардирующих планету. Для перспектив терраформирования это показалось мне очень плохой новостью.

«Но ведь это касается не только азота? — спросил я. — Разве это не относится к любому другому газу, добавленному в атмосферу Марса, в том числе к кислороду?»

«Да. Сдувается всё», — ответил Кастинг.

Значит, даже если мы сумеем сделать атмосферу Марса плотнее, повысить давление и нагреть её настолько, чтобы там можно было жить, изменение будет временным. В конце концов солнечный ветер постепенно разредит атмосферу Марса, вернув её ближе к нынешнему непригодному для жизни состоянию. Тераформирование было бы бесконечной борьбой, требующей постоянного поддержания.

Один из способов такого поддержания, предположил Кастинг, — регулярно бомбардировать Марс астероидами, пополняя запас веществ, утраченных атмосферой, например азота и воды. Но, опять же, когда на Марсе будут жить люди, идея намеренно обрушивать на него огромный астероид, вероятно, окажется не самой удачной.

«Людам, которые будут там жить, вряд ли понравится, что в них целятся астероидом диаметром в несколько километров», — усмехнулся он. Я вспомнил свой сплав по реке Бразос. Он был прав.

Это отрезвляющая ирония. Одна из главных причин заселения Марса — защититься от возможного вымирания из-за катастрофы на Земле, например падения астероида. И всё же удары астероидов могут понадобиться, чтобы поддерживать Марс пригодным для жизни, — но для его жителей они, скорее всего, обернутся катастрофой.

Кастинг считает, что научно-фантастические картины полностью терраформированного Марса, где люди могут ходить по поверхности без скафандров и дышать воздухом, как на Земле, на самом деле неосуществимы. Уж точно этого не сделать

пожаре. (2) По совпадению, Джим Кастинг учился в средней школе, названной в честь одного из астронавтов, погибших в катастрофе «Аполлона-1», — Гаса Гриссома.

с нынешними технологиями. И всё же Кастинг признал, что технологии будущего могут это изменить.

«Всё, что мне кажется трудным, через 200 лет может выглядеть не таким уж трудным», — сказал он.

Но Кастинг отметил, что бывают разные степени терраформирования. Он допускает, что более скромный вариант терраформирования, при котором у Марса будет более плотная атмосфера, состоящая в основном из углекислого газа, со временем может оказаться осуществимым. Если углекислого газа будет достаточно, возможно, планету удастся нагреть настолько, что по её поверхности потечёт вода. Дышать без кислородного баллона и маски люди не смогут, но хотя бы смогут ходить по поверхности без скафандра. А некоторые растения можно будет выращивать прямо на поверхности, без герметичных теплиц, — если удастся удалить ядовитые перхлораты. Планета станет гораздо больше похожа на Землю: озёра и реки среди зелёных холмов и долин.

Ещё одно преимущество более плотной атмосферы — дополнительная защита от радиации, которая сделает поверхность более пригодной для жизни. Без магнитосферы облучение всё равно будет выше, чем на Земле. И людям по-прежнему придётся жить в жилищах с пригодным для дыхания воздухом и некоторой защитой от радиации, но окружающая среда будет далеко не такой враждебной.

Такое будущее Марса выглядит гораздо привлекательнее и приятнее, чем жизнь в герметичных контейнерах под землёй, которая неизбежна без всякого терраформирования. Такое место скорее привлечёт самых разных людей, а не только тех, кто и так рвётся прожить свои солы на диком галактическом фронтире.

Но что мы на самом деле знаем о том, как жизнь в условиях за пределами Земли влияет на человеческий организм?

Глава 2. Новый рубеж

Ударная волна прокатилась по всей стране.

Было 4 октября 1957 года, и Советский Союз только что потряс мир, запустив первый в истории искусственный спутник Земли. Холодная война набирала обороты, и США, и СССР стали видеть в космосе новую господствующую высоту — самую важную в стратегическом отношении позицию в любом противостоянии. Началась гонка за технологии, которые позволят овладеть этим новым рубежом. Спутник представлял собой алюминиевый шар диаметром почти 60 сантиметров с четырьмя длинными тонкими антеннами, похожими на усы. Внутри находились приборы, регистрировавшие температуру и плотность верхних слоёв атмосферы. Антенны передавали радиосигнал — хорошо слышимое «бип-бип», которое можно было поймать в любой точке Земли на обычном коротковолновом приёмнике. Более того, люди могли поднять глаза к ночному небу и действительно увидеть, как он пролетает.

Мысль о том, что русский аппарат пролетает прямо над головой, многих тревожила, а кое-кто в правительстве США видел в этом прямую угрозу. Линдон Б. Джонсон, в 1957 году лидер большинства в Сенате, доказывал, что если Соединённые Штаты срочно не займутся космосом, Советский Союз станет господствующей державой в начинающейся космической эре⁴⁰. Раз Советы могли вывести в космос аппарат вроде спутника, значит, они могли доставить туда и оружие. Первое испытание водородной бомбы СССР провёл в 1953 году. Теперь он, вполне возможно, мог установить термоядерную боеголовку на спутник и направить её в любую точку мира. Казалось неизбежным, что поле боя перемещается в космос, — и следующим логичным шагом было отправить туда людей.

Но на самом деле никто не знал, что произойдёт с человеком в космосе. Оставались самые основные вопросы — сможет ли человек вообще выжить в невесомости. Было неясно, будет ли работать сердце и будет ли кровь как следует поступать к мозгу и другим жизненно важным органам. Не выскочат ли глаза из орбит? Можно ли будет глотать? Помимо вопросов, связанных с гравитацией, мало что было известно о том, сколько радиации за пределами земной атмосферы и как она повлияет на тело и разум. Опасались и клаустрофобии у человека, запертого в крошечной капсуле. С другой стороны, не вызовет ли у человека панику — или даже безумие — взгляд в бесконечную пустоту?

Никто понятия не имел.

Единственный способ узнать наверняка — отправить туда кого-нибудь или что-нибудь и посмотреть. И США, и СССР начали исследовательские программы, призванные ответить на основной вопрос: можно ли выжить в космосе. После успеха спутника советский руководитель Никита Хрущёв жаждал повторить триумф и увидел в приближающейся годовщине революции 7 ноября возможность ещё раз заявить о советском превосходстве. На подготовку у инженеров оставалось меньше месяца. И всё же

⁴⁰Lina Mann, “Lyndon B. Johnson: Forgotten Champion of the Space Race,” White House Historical Association, July 15, 2021, <https://www.whitehousehistory.org/lyndon-b-johnson-forgotten-champion-of-the-space-race>.

он поставил им амбициозную задачу — вывести на орбиту спутник ещё больше, и на этот раз с живой собакой на борту. Но при таких сжатых сроках пришлось принимать трудные решения. Главным был успешный запуск и выход на орбиту. Способ безопасно вернуть спутник на Землю ещё не был испытан. Поэтому для собаки это путешествие должно было стать путешествием в один конец.

Чтобы войти в историю как первое живое существо на орбите, выбрали двухлетнюю дворнягу с московских улиц⁴¹. Незадолго до запуска советские люди узнали о планах из прямой трансляции Радио Москвы из Института авиационной медицины. Им представили собаку, которой предстояло стать первым живым существом на орбите вокруг планеты. Словно по команде, она гавкнула в микрофон. С тех пор собаку, которую дрессировщики звали Кудрявкой, стали называть по-другому — Лайкой (от слова «лаять»).

Ракета Р-7 с Лайкой на борту стартовала с космодрома Байконур в Казахстане в 7:30 утра. Данные о жизненных показателях Лайки, передававшиеся по радио на Землю, показывали, что её пульс и частота дыхания взлетели вместе с ракетой. Когда ракета достигла заданной высоты, ступень отделилась от головного обтекателя с капсулой Лайки. Теперь Лайка неслась со скоростью около 28 000 километров в час — быстрее, чем когда-либо двигалось живое существо. Но ещё важнее скорости было то, что она оказалась на орбите. Пока капсула облетала Землю, Лайка была в невесомости и парила в своей кабине — насколько позволяли привязь и теснота.

На каждом витке, пролетая над Советским Союзом, капсула передавала на Землю радиосигнал с данными о состоянии Лайки. Данные показывали, что после первых сильных перегрузок при старте и перехода к невесомости её жизненные показатели стали возвращаться к норме — она привыкала к новому странному ощущению. Но к третьему витку появились тревожные признаки. Температура в капсуле росла. Она достигла 40 °C — гораздо больше допустимого. Лайка лаяла. К тому времени, когда капсула пошла на четвёртый виток, Лайка погибла от перегрева.

Она погибла гораздо раньше, чем ожидалось, но сообщили об этом позже. Первые новости делали упор на том, что русские успешно запустили ещё один спутник — «Спутник-2» — и что на этот раз на борту живой пассажир. Ещё до того, как стало известно имя собаки, американская пресса прозвала её «Маттником» (от mutt — «дворняга»). Повсюду гадали, выживет ли собака. В конце концов появилось сообщение, что Лайка погибла на орбите, и это вызвало по всему миру немало осуждения⁴².

Хотя благополучное возвращение Лайки никогда не предполагалось, рассчитывали, что она проживёт около семи дней. И всё же она прожила по меньшей мере пять часов, а погубила её, по-видимому, жара, а не что-то связанное собственно с космосом, поэтому с научной точки зрения эксперимент в основном удался.

⁴¹Colin Burgess and Chris Dubbs, *Animals in Space: From Research Rockets to the Space Shuttle* (Springer Science & Business Media, 2007).

⁴²Alice George, “The Sad, Sad Story of Laika, the Space Dog, and Her One-Way Trip into Orbit,” *Smithsonian Magazine*, April 11, 2018, <https://www.smithsonianmag.com/smithsonian-institution/sad-story-laika-space-dog-and-her-one-way-trip-orbit-1-180968728/>.

Продержавшись несколько часов на орбите, Лайка показала, что пребывание в космосе не смертельно само по себе.

Тем временем американцы тоже ставили опыты на животных. Ни одно из них ещё не вышло на орбиту, но несколько видов приматов запускали на ракетах так высоко, что они ненадолго оказывались в невесомости. Как и Лайка, многие не выжили. Но полученные данные позволили исследователям заключить, что основные физиологические функции, необходимые для выживания, в космосе сохраняются. Пришло время отправить человека.

Почётное звание первого человека в космосе НАСА прочило Алану Шепарду. Но хотя опыты на приматах показали, что в космосе можно выжить, оставались опасения, сохранит ли человек достаточно умственных способностей, чтобы выполнять необходимые операции. Решили сначала отправить шимпанзе.

И вот 31 января 1961 года шимпанзе по кличке Хэм пристегнули в капсуле «Меркурий» на мысе Канаверал на побережье Флориды. Кличка Хэм на самом деле была аббревиатурой: НАМ — Holloman Aero Medical, название исследовательской лаборатории в Нью-Мексико, где его готовили. Официально он назывался «Объект 65», хотя служители звали его Чангом. Он был одним из сорока шимпанзе в Холломане. Других звали Дуэйн, Минни, Джордж, Малыш Джим и Элвис⁴³.

Ко времени полёта Хэму было три года. Он родился на воле, где-то в тропических лесах Камеруна в Центральной Африке. Ловцы животных поймали его детёнышем, и он попал в частный зоопарк в Майами под названием «Ферма редких птиц». В 1959 году, в возрасте двух лет, его купили ВВС США за 457 долларов. На авиабазе Холломан Хэм поступил под надзор сержанта Эда Диттмера. Из всех подопечных у сержанта Диттмера сложились особенно хорошие отношения именно с Хэмом. «Я знаю, что я ему нравился, — вспоминал потом Диттмер⁴⁴. — Я брал его на руки, и он был совсем как маленький ребёнок. Обнимал меня, играл, понимаете. Это был покладистый шимпанзе».

Полёт Хэма удался, хотя поначалу так не казалось. Ракета отклонилась от курса и летела примерно на 33 процента быстрее, чем планировалось, из-за чего сработала автоматическая система аварийного прекращения полёта, и перегрузка на короткое время сделала Хэма в семнадцать раз тяжелее обычного. Тем не менее он выжил. Через шестнадцать с половиной минут после старта капсула «Меркурий» приводнилась в Атлантическом океане. Через два часа прибыл спасательный корабль «Доннер». Открыв капсулу, спасатели нашли целого и невредимого — хотя и крайне взволнованного — шимпанзе⁴⁵.

Но полёт Хэма задержал старт Алана Шепарда, и это стоило ему звания первого человека в космосе.

⁴³Ben Cosgrove, “Astrochimps: Early Stars of the Space Race,” *Life*, <https://www.life.com/animals/life-with-the-astrochimps-early-stars-of-the-space-race/>.

⁴⁴См. “Edward C. Dittmer Sr.,” New Mexico Museum of Space History, <https://nmspacemuseum.org/inductee/edward-c-dittmer-sr/>.

⁴⁵Colin Burgess and Chris Dubbs, *Animals in Space: From Research Rockets to the Space Shuttle* (Springer Science & Business Media, 2007).

12 апреля 1961 года — всего через семьдесят два дня после полёта Хэма — с Байконура стартовала ракета «Восток» с человеком на борту. Его звали Юрий Гагарин. «Восток» был модификацией ракеты Р-7, выведшей на орбиту первый и второй спутники. Но, в отличие от капсулы Лайки, спускаемый аппарат Гагарина был оснащён тормозным двигателем, позволявшим вернуться в атмосферу Земли, — хотя катапультироваться и спускаться на парашюте Гагарину предстояло самому. Кабина Гагарина была и заметно больше, хотя просторной её никак не назовёшь. Жизненные показатели Гагарина в полёте снова отслеживались с помощью радиотелеметрии, но теперь Гагарин мог ещё и напрямую говорить с наземной командой⁴⁶.

«До свидания, до скорой встречи, дорогие друзья!» — крикнул Гагарин по радио, когда «Восток» с рёвом рванулся в небо.

На другом конце радиосвязи, в бункере космодрома, был Сергей Королёв — загадочный человек, которого большинство знало лишь по должности: Главный конструктор. На самом деле он был ведущим ракетным инженером советской космической программы, и его имя стало известно публике лишь после его смерти в 1966 году.

«Как самочувствие?» — спросил Королёв Гагарина через полторы минуты после старта.

«Самочувствие хорошее», — ответил Гагарин. Перегрузка нарастала, но тренировки на центрифуге хорошо его подготовили. Когда головной обтекатель отделился от ракеты, он впервые увидел что-то в иллюминаторы. «Вижу Землю! — взволнованно крикнул Гагарин по радио. — Видны реки, складки местности. Всё хорошо различимо. Видимость хорошая. Всё прекрасно видно!»

Он всё ещё набирал высоту. Ещё через несколько минут радиосвязь с бункером прервалась, но он продолжал докладывать о своём состоянии. На одиннадцатой минуте полёта двигатель третьей ступени, как и планировалось, выключился и отделился. Гагарин ослабил ремни и почувствовал, что начинает парить.

«Невесомость переносу хорошо, чувствую себя прекрасно», — доложил Гагарин. Затем он поднял щиток шлема, чтобы лучше рассмотреть всё в иллюминатор. «Я видел горизонт, звёзды, небо, — вспоминал он потом. — Небо было совершенно чёрным... Звёзд было огромное множество... Я видел очень красивый горизонт, видел кривизну Земли. У горизонта был красивый густо-голубой цвет. У самой кромки Земли он был нежно-голубым, затем постепенно темнел, переходил в фиолетовый, а потом в чёрный».

Такого вида ещё не видел ни один человек — да и вообще ни одно живое существо. Ведь ни Хэму, ни Лайке иллюминатора не полагалось. Впервые житель планеты Земля смотрел на неё со стороны. Этот вид и весь опыт пребывания в космосе изменили жизнь Гагарина — как изменят жизнь и тех, кто полетит после него. Но уже то, что он вообще мог любоваться этим видом и связно описывать его по радио, говорило о многом. Пребывание в космосе было, конечно, головокружительным приключением, но с ума он от него не сошёл. Он сохранил ясность мысли.

⁴⁶Stephen Walker, *Beyond: The Astonishing Story of the First Human to Leave Our Planet and Journey into Space* (Harper, 2021).

Оставалась ещё одна космическая загадка. Он выдавил себе в рот немного еды из тюбика вроде тех, в которых продаётся зубная паста, и проглотил. «Глотать можно», — записал он в блокноте, и тут же его карандаш уплыл.

Гагарин совершил чуть меньше одного полного витка⁴⁷, после чего его сферический спускаемый аппарат начал снижаться, прорываясь сквозь атмосферу к сельской местности у Волги на юге России. Из-за неисправного клапана тормозной двигатель выключился на секунду раньше, и Гагарин шёл к точке, которая на 300 километров не долетала до намеченного района посадки. Он катапультировался из капсулы на высоте 7 километров и на парашюте мягко приземлился на свежевспаханном поле под Саратовом. Он отклонился от курса, но по совпадению оказался в хорошо знакомых местах. В Саратове он, учась в индустриальном техникуме, научился летать на самолётах, и там же прыгал с парашютом во время подготовки к космическому полёту.

Круг замкнулся для Гагарина во многих смыслах.



Соединённые Штаты проиграли гонку за первого человека на орбите, но полёт Гагарина побудил страну удвоить усилия в космической программе. Джон Ф. Кеннеди шёл на президентские выборы с идеей «нового рубежа», где наука и техника поведут страну к захватывающему будущему. И хотя лично его космос не особенно волновал — однажды он сказал главе НАСА: «Меня космос не так уж интересует», — Кеннеди понимал стратегическую ценность американских успехов в освоении космоса. И понимал, как много поставлено на карту в космической гонке с Советским Союзом — и для национальной безопасности, и для общественного мнения⁴⁸.

Спутник стал тревожным звонком, совершенно публичной демонстрацией того, что Советы опережают в ракетной технике. Но это случилось при президенте Эйзенхауэре. Это подтолкнуло создание НАСА и начало программы подготовки астронавтов «Меркурий». А теперь, при Кеннеди, Соединённым Штатам нанесли ещё один тяжёлый удар.

После полёта Гагарина Кеннеди ясно увидел, какое значение имеет космическая гонка в холодной войне — и для его президентства. Всего через два дня после полёта Гагарина Кеннеди собрал совещание с главными советниками по космосу. Он отчаянно искал способ обойти Советы в космосе. «Что мы можем сделать? Можем ли мы попасть на Луну раньше них? — спрашивал он. — Пусть хоть кто-нибудь скажет мне, как нам их догнать. Давайте найдём кого-нибудь — кого угодно. Да хоть вон того уборщика», — настаивал он. Вице-президент Линдон Б. Джонсон подготовил записку о том, на каком этапе находятся США в разработке космической техники. Но рамки того смелого плана, которого хотел Кеннеди, наметил конструктор ракет Вернер фон Браун — бывший нацист, который, сдавшись

⁴⁷Корабль Гагарина двигался от Байконура на восток и приземлился примерно в 1450 километрах к западу от места старта, так что его полёт составил чуть меньше одного полного витка вокруг Земли.

⁴⁸Douglas Brinkley, *American Moonshot: John F. Kennedy and the Great Space Race* (HarperCollins, 2019).

американцам в конце Второй мировой войны, стал центральной фигурой ракетной программы США. Фон Браун на совещании не было, но он написал президенту собственную оценку того, что возможно. Он считал, что у Соединённых Штатов есть «отличные шансы» высадить людей на поверхность Луны — и сделать это раньше Советов.

Кеннеди быстро ухватился за идею высадки на Луну как за ключ к американскому успеху в космической гонке. Он хотел показать миру, что американский способ добиваться результата — основанный на свободе и демократии — лучше авторитарного, скрытного способа, которым пользуются коммунисты в Советском Союзе. 5 мая 1961 года Алан Шепард наконец получил свой шанс и стал первым американцем в космосе, поднявшись на ракете «Меркурий-Редстоун» в капсуле «Фридом-7». Он достиг высоты 187 километров по баллистической траектории — то есть его выстрелило в космос, как пушечное ядро, которое взлетело и упало обратно⁴⁹.

Полёт Шепарда очень напоминал полёт шимпанзе Хэма всего девятью днями раньше. В чём, конечно, и заключался смысл полёта Хэма. Предполагалось, что миссия Шепарда выяснит, что происходит с человеком в космосе, в том числе как космос влияет на умственные способности. Но, как прекрасно понимал Шепард, полёт Гагарина не только отнял у него славу — он уже доказал, что человек может работать в космосе и физически, и умственно.

Достижение Шепарда было скорее символическим, чем научным. Но оно воодушевило страну. Около 45 миллионов человек смотрели драматичный старт по телевизору, и Шепард мгновенно стал американским героем. Кеннеди хотел, чтобы мир знал: это лишь начало американских усилий по освоению космоса. Через три недели после успешного полёта Шепарда Кеннеди выступил в Капитолии перед Конгрессом.

«Я считаю, что наша страна должна поставить перед собой цель ещё до конца этого десятилетия высадить человека на Луну и благополучно вернуть его на Землю», — заявил он. Это было первое публичное объявление о его космических замыслах, но, пожалуй, не самое запоминающееся. Оно прозвучало полтора года спустя, когда Кеннеди приехал в Хьюстон — город, выбранный новым местом для Центра пилотируемых космических кораблей НАСА⁵⁰. Выступая на футбольном стадионе Университета Райса, он произнёс яркую речь.

«Мы собрались в университете, известном своими знаниями, в городе, известном своим прогрессом, в штате, известном своей силой, и все три качества нам сейчас необходимы», — начал он. Затем он поместил космические устремления страны в контекст стремительного научно-технического развития человечества. Урок, объяснил он, в том, что технический прогресс неизбежен. Если Соединённые Штаты не возглавят движение в

⁴⁹NASA, “60 Years Ago: Alan Shepard Becomes the First American in Space,” NASA.gov, May 5, 2021, <https://www.nasa.gov/image-article/60-years-ago-alan-shepard-becomes-first-american-space/>.

⁵⁰John Uri, “60 Years Ago: NASA Selects Houston as Site for New Manned Spacecraft Center,” NASA.gov, September 20, 2021, <https://www.nasa.gov/history/60-years-ago-nasa-selects-houston-as-site-for-new-manned-spacecraft-center/>.

космос, это сделает кто-то другой. И все слушатели прекрасно понимали, кто этот «кто-то другой». Предвидя возражения скептиков, он нанёс решающий удар.

«Но почему, спрашивают некоторые, именно Луна? Почему мы выбрали эту цель? С тем же успехом они могли бы спросить: зачем подниматься на самую высокую гору? Зачем тридцать пять лет назад было перелетать Атлантику? Зачем Райс играет с Техасом?»⁵¹ Мы решили лететь на Луну! Мы решили лететь на Луну в этом десятилетии и сделать многое другое — не потому, что это легко, а потому, что это трудно», — сказал он.

Последняя фраза стала девизом «лунного проекта» Кеннеди. В заключение он вернулся к своей метафоре космоса как нового рубежа — бескрайнего океана, ждущего исследователей, как когда-то наши предки исследовали неведомые земли и моря родной планеты.

«Отправляясь в плавание, мы просим Божьего благословения на самое рискованное, самое опасное и самое великое приключение, на какое когда-либо пускался человек».



Недалеко от стадиона, где Кеннеди произнёс свою речь, вдоль аллеи в тени раскидистых ветвей виргинских дубов стоит Библиотека Фондрена Университета Райса, где выставлены копия трибуны, с которой Кеннеди выступал на стадионе, и фотографии того события. Однажды весенним вечером 2023 года историк Элисон Башфорд приехала в библиотеку представить свою книгу. Это была биография нескольких поколений семьи Хаксли (Гексли), к которой принадлежали Олдос Хаксли, автор антиутопии «О дивный новый мир», и его дед Томас Генри Гексли — видный биолог викторианской Англии, известный как непреклонный защитник теории эволюции Чарльза Дарвина. Другой его внук, Джулиан Хаксли, тоже был биологом-эволюционистом и стал первым профессором биологии Университета Райса, когда тот открылся в 1912 году.

Перед выступлением Башфорд был небольшой приём, на котором выставили несколько экспонатов из коллекции Хаксли, хранящейся в библиотеке. Среди них был подлинный экземпляр пятого издания «Происхождения видов» Чарльза Дарвина, принадлежавший когда-то Томасу Генри Гексли. Обрадованный возможностью изучить такое сокровище, я осторожно листал пожелтевшие страницы. На титульном листе изящным почерком было выведено: «От автора». Джулиан Хаксли унаследовал этот том вместе со многими книгами деда и оставил на полях по всему тексту множество собственных пометок. Сердце у меня забилось быстрее.

Восторженно рассматривая книгу, я разговорился с женщиной, которая, похоже, радовалась ей не меньше моего. Она представилась: Энн Голдстейн. У неё были седые волосы, она была элегантно одета — розовая блузка с длинными рукавами и накинутый на плечи кардиган в цветочек. Она рассказала, что она почётный профессор Бейлорского медицинского колледжа через дорогу и выпускница Университета Райса — в 1969 году она

⁵¹Фразу «Зачем Райс играет с Техасом?» Кеннеди вписал в текст речи карандашом незадолго до выступления. (Речь о футбольном соперничестве небольшого Университета Райса с гораздо более сильной командой Техасского университета. — *Прим. пер.*)

защитила здесь докторскую диссертацию по клеточной биологии. Я спросил о её научной области, и она рассказала, что бóльшую часть своей карьеры изучала сердечно-сосудистую систему — в том числе то, как на неё влияет микрогравитация. Я был в восторге от счастливой случайности, сведшей меня с человеком, которого интересует история эволюционной биологии и который изучал влияние космоса на организм человека. Мы тут же договорились встретиться ещё раз, чтобы подробнее поговорить о её работе.

Первая наша встреча состоялась через несколько недель в комнате рядом с моим кабинетом. Энн принесла папку, набитую рукописными заметками и несколькими фотографиями. Ей особенно хотелось показать мне одну — небольшой снимок, на котором молодой человек с голым торсом лежал на чём-то вроде наклонной больничной кровати. Вокруг него была комната, заставленная аппаратурой середины века: огромные коммутаторы, катушечные магнитофоны, громоздкие мониторы. Рядом с ним стояла модно одетая молодая женщина, которая, по-видимому, что-то делала с этим сложным набором приборов.

«Это мой период Одри Хепбёрн», — со смехом сказала Энн. Чтобы объяснить снимок, ей сначала пришлось рассказать предысторию. «Летом после первого курса я работала в больнице MD Anderson, — вспоминала она. — И познакомилась там с потрясающим парнем из Гарварда, который работал в той же лаборатории. Я просто печатала рукопись. Это была просто летняя подработка. А он занимался электронной микроскопией. Наше первое свидание было у электронного микроскопа. В темноте», — сказала она и снова рассмеялась.

Эта история зажгла в Энн две страсти — к микроскописту, который вскоре стал её мужем, и к науке. Она устроилась в госпиталь Управления по делам ветеранов изучать физиологию сердца, а затем в Техасский институт реабилитации и исследований — заниматься дыхательной функцией. И поскольку у неё был опыт работы и с сердцем, и с лёгкими, её попросили помочь в новом увлекательном проекте.

«НАСА попросило Карлоса Вальбону и Джима Картера провести исследование с постельным режимом», — сказала она. Идея состояла в том, чтобы изучить, как длительное воздействие микрогравитации сказывается на организме человека. Кеннеди только что объявил о планах отправить людей на Луну, и нужно было срочно лучше понять, как на астронавтов повлияет пребывание в космосе дольше нескольких часов. Если долго лежать горизонтально, ни разу не вставая, действие гравитации на организм по сути ограничивается, и это могло дать представление о том, как организм отреагирует. Исследование было сосредоточено на влиянии на сердечно-сосудистую систему, а также на мышцы и кости.

«План был — что-то вроде шести недель постельного режима», — вспоминала Голдстейн. Но исследование пришлось прервать раньше. «Полных шести недель мы не выдержали. Это было бы неэтично. Через две-три недели мы уже понимали, что дело плохо», — сказала она. У испытуемых — добровольцев из числа военных, как молодой человек на снимке, — появлялись признаки удивительно быстрого ухудшения. «Менялось содержание кальция в костях, атрофировались мышцы», — объяснила она. Электрокардиограммы показывали и изменения в работе сердца, говорившие о том, что оно ослабевает.

Результаты оказались неожиданными.

«Мы были потрясены тем, насколько резкими были изменения, — добавила Голдстейн. — Мы думали, что придётся ждать все шесть недель, прежде чем мы что-то увидим».

Когда после нескольких недель в лежачем положении стол наклоняли вертикально, имитируя возвращение в поле земного тяготения после долгого пребывания в космосе, сердцу внезапно приходилось работать сильнее, чтобы поднять кровь к голове. Ослабленное сердце могло не справиться со снабжением мозга кислородом, а это могло поставить только что вернувшегося на Землю астронавта в серьёзную опасность.

Результаты исследования с постельным режимом говорили о том, что астронавты, пробывшие в космосе больше двух недель, будут подвергаться повышенному риску при возвращении. Это ограничивало сверху продолжительность полёта на Луну.



Миссии «Аполлон» наконец принесли Соединённым Штатам впечатляющую победу в космической гонке с Советским Союзом. Президент Кеннеди поставил амбициозную цель — чтобы американские ботинки ступили на Луну до конца 1960-х годов. 20 июля 1969 года — меньше чем за полгода до назначенного срока — Нил Армстронг выполнил эту задачу: спустился по трапу лунного модуля и твёрдо поставил ботинки на серую пыльную поверхность Луны. Его первые слова, обращённые к специалистам Центра управления полётами в Хьюстоне и транслировавшиеся 650 миллионам зрителей по всему миру, вошли в число самых знаменитых цитат в истории: «Это один маленький шаг для человека, но гигантский скачок для человечества»⁵².

Так оно и было. Первая высадка на Луну стала не только столь нужной Соединённым Штатам геополитической победой, но и демонстрацией невероятной выносливости человеческого организма. При надлежащем снаряжении люди способны путешествовать в космосе и даже проводить время на другом небесном теле.

Однако во время миссий «Аполлон» было собрано совсем немного медико-биологических данных⁵³. Хотя изначально планировалось иначе. Согласно отчёту НАСА, «программа „Аполлон“ первоначально предусматривала проведение ряда медицинских исследований». Этот план изменился после событий 27 января 1967 года. Три астронавта — Гас Гриссом, Эд Уайт и Роджер Чаффи — сидели пристёгнутыми в креслах командного модуля, стоявшего на стартовой площадке на мысе Канаверал, во время испытания систем, когда в капсуле внезапно вспыхнул пожар. Кабина была заполнена смертоносным

⁵²“July 20, 1969: One Giant Leap for Mankind,” NASA.gov, July 20, 2019, <https://www.nasa.gov/history/july-20-1969-one-giant-leap-for-mankind/>.

⁵³Richard S. Johnston, Lawrence F. Dietlein, and Charles Alden Berry, eds., *Biomedical Results of Apollo*, vol. 368 (Scientific and Technical Information Office, National Aeronautics and Space Administration, 1975).

сочетанием легковоспламеняющихся материалов и чистого кислорода — идеальный рецепт катастрофы. Три астронавта оказались в ловушке: открыть люк они не смогли⁵⁴.

После их трагической гибели приоритеты сместились. После трагедии «Аполлона-1», говорится в отчёте НАСА, «было принято решение отказаться от медицинских исследований и направить все ресурсы на сложную программу высадки на Луну. Поэтому медицинские исследования экипажей „Аполлонов“ проводились в основном до и после каждого полёта»⁵⁵.

Это решение резко сократило объём сведений о влиянии дальнего космоса на организм человека, которые можно было получить. Кое-какие данные о том, как полёты сказывались на астронавтах, давала простая система биодатчиков, которую они носили в полёте. Она состояла из электрокардиографического датчика для контроля пульса, устройства, следившего за частотой дыхания, и термометра для измерения температуры тела⁵⁶. Единственными дополнительными данными были устные рассказы каждого астронавта лётным врачам о самочувствии до и после полёта. К этим рассказам, как и во время ранних миссий, приходилось относиться с осторожностью: члены экипажа прекрасно понимали, что любые признаки недомогания лётные врачи могут расценить как слабость, которая поставит под угрозу их допуск к полётам.

Тем не менее во время полёта «Аполлона-8», первым облетевшего Луну, американские астронавты впервые сообщили об укачивании⁵⁷. Никто из астронавтов, летавших по программам «Меркурий» и «Джемини», не жаловался на укачивание, но, возможно, они просто умалчивали об этом, боясь отстранения от полётов. А может, дело было в том, что во время более коротких полётов они были пристёгнуты к креслам. Астронавты же «Аполлона» в шестидневном полёте могли в полной мере ощутить невесомость — отстегнуть ремни и плавать по командному модулю. То же произошло и во время полёта «Аполлона-9», который длился десять дней, но оставался на низкой околоземной орбите. Согласно отчёту НАСА, «особенно на „Аполлонах-8“ и „-9“ досаждали вестибулярные проблемы: у пяти из шести членов экипажей появилось

⁵⁴John Uri, “55 Years Ago: Tragedy on the Launch Pad,” NASA.gov, January 27, 2022, <https://www.nasa.gov/history/55-years-ago-tragedy-on-the-launch-pad/>.

⁵⁵R. Scheuring, J. R. Davis, J. M. Duncan, J. D. Polk, J. A. Jones, and D. B. Gillis, “Recommendations for Exploration Space Medicine from the Apollo Medical Operations Project,” in *16th Annual Humans in Space 2007* (NASA, 2007).

⁵⁶В первом варианте термометр представлял собой ректальный датчик — им пользовался Алан Шепард во время своего исторического полёта. По мере того как полёты становились продолжительнее, его заменили оральным термометром — надо полагать, к немалому облегчению астронавтов. John Miller, “Inventing the Apollo Spaceflight Biomedical Sensors,” National Air and Space Museum, June 15, 2016, <https://airandspace.si.edu/stories/editorial/inventing-apollo-spaceflight-biomedical-sensors>.

⁵⁷Советские космонавты об укачивании сообщали. Юрий Гагарин не говорил, что испытывал какие-либо симптомы, но Герман Титов, второй человек в космосе, отмечал, что его укачивало во время полёта на «Востоке-2» 6 августа 1961 года.

неприятное ощущение в желудке, у троих из шести — тошнота, а у двоих из этих шести дело дошло до настоящей рвоты»⁵⁸.

Помимо укачивания, у астронавтов «Аполлонов» после возвращения домой были признаки обезвоживания и потери веса. Это могло быть просто следствием тошноты: они ели и пили меньше обычного. Анализы крови после полёта показали уменьшение объёма плазмы, что тоже может говорить об обезвоживании. Но у них была и анемия — то есть пониженное содержание эритроцитов, — симптом космического полёта, который обнаруживали и у астронавтов «Джемини».



Самое тревожное медицинское наблюдение за время миссий «Аполлон» было сделано во время полёта «Аполлона-15» в 1971 году. Астронавты Джеймс Ирвин и Дэвид Скотт провели на Луне почти трое суток, в том числе больше восемнадцати часов исследовали её поверхность пешком и на луноходе. За это время лётный врач в Центре управления полётами, следивший за здоровьем Ирвина, заметил в сигнале биодатчиков Ирвина, что что-то не так. У Ирвина была бигеминия — вид аритмии, при котором сердце сокращается лишний раз перед каждым вторым нормальным ударом⁵⁹.

Если Ирвин и почувствовал что-то необычное, он ничего не сказал ни Центру управления, ни товарищам по экипажу. Он действительно жаловался на сильную усталость, когда они со Скоттом наконец покинули Луну и вернулись в командный модуль. Но это было не так уж удивительно. Он выполнял очень тяжёлую физическую работу и не спал почти двадцать часов. Более того, система водяного охлаждения его скафандра неисправно работала и плохо охлаждала его во время выходов на поверхность, каждый из которых длился до семи часов. Он потел, но пот не мог испаряться, и он всё больше обезвоживался, не получая при этом охлаждения.

В Центре управления ещё не знали ни о неисправности скафандра, ни о том, что от нагрузки Ирвин потерял 5 процентов веса. Но получаемые данные о работе сердца встревожили их настолько, что они посоветовали ему принять снотворное, чтобы отдохнуть. Однако, по-видимому, не настолько, чтобы отменить ему тяжёлый выход на поверхность на следующий день. Выход прошёл успешно, и до конца миссии нарушений сердечного ритма у Ирвина больше не было. Однако чуть меньше чем через два года, играя в гандбол, он перенёс тяжёлый инфаркт. Второй инфаркт, в 1986 году во время пробежки, он тоже пережил. В 1991 году, в возрасте шестидесяти одного года, Джеймс Ирвин перенёс третий инфаркт, катаясь на велосипеде, и этот оказался смертельным⁶⁰.

⁵⁸Lawrence F. Dietlein, “Skylab: A Beginning,” *Biomedical Results from Skylab* 377 (1977): 408.

⁵⁹William J. Rowe, “The Apollo 15 Space Syndrome,” *Circulation* 97, no. 1 (1998): 119–120.

⁶⁰John Noble Wilford, “James B. Irwin, 61, Ex-Astronaut; Founded Religious Organization,” *New York Times*, August 10, 1991, <https://www.nytimes.com/1991/08/10/us/james-b-irwin-61-ex-astronaut-founded-religious-organization.html>.

Первоначальный вывод НАСА о причине сердечного приступа Ирвина на Луне — физическое перенапряжение⁶¹. Медики предположили, что из-за обильного потоотделения Ирвин потерял много электролитов, а эту проблему, казалось, было легко предотвратить: просто давать будущим астронавтам спортивный напиток. В НАСА разработали специальный состав — апельсиновый напиток с высоким содержанием калия. Тем, кому приходилось его пить, он не очень нравился. Астронавт «Аполлона-16» Джон Янг ясно дал это понять, когда во время прогулки по Луне, не подозревая, что его микрофон включён, крепкими словечками пожаловался, что от апельсинового напитка его пучит⁶².

Газы были не единственным, что происходило с организмом астронавтов «Аполлонов» и о чём им не хотелось сообщать в Центр управления. На послеполётном разборе после полёта «Аполлона-11» на поверхность Луны Базз Олдрин описал загадочное явление, которое он наблюдал на вторую ночь полёта, но о котором сообщил лишь после его окончания⁶³.

«Я пытался заснуть при выключенном свете. Я видел что-то похожее на маленькие вспышки внутри кабины, с интервалом в пару минут, и не особенно об этом задумывался — просто отметил про себя, что они продолжают. Я не мог объяснить, почему мой глаз видит эти вспышки», — сказал он.

Его товарищ Нил Армстронг поначалу никаких вспышек не замечал, но когда Олдрин рассказал ему о них, стал их высматривать. «Какой-то свет я видел, но всегда объяснял это солнечным светом: крышки иллюминаторов немного пропускают свет, как плотно их ни закрывай, — сказал Армстронг на послеполётном разборе. — Я наблюдал это только в последнюю ночь, когда мы специально их искали. Я, наверное, час внимательно следил за кабиной и за это время, пожалуй, раз пятьдесят отчётливо что-то заметил [вспышки света]».

Вспышки вызывали частицы высоких энергий — космическая радиация, — проходившие сквозь глазные яблоки астронавтов⁶⁴. Частицы летели так быстро, что пронизывали корабль и тело. Если они проходили через сетчатку глаза, фоторецепторные клетки реагировали так, будто улавливают свет, как при обычном зрении.

Здесь, на поверхности Земли, нам повезло: мы защищены от большей части радиации, существующей в космосе. У этой радиации два источника. Наше Солнце испускает довольно ровный поток излучения: это и видимый глазу, в основном безвредный свет, и инфракрасное излучение — попросту тепло, — и более опасные виды, в том числе ультрафиолетовое и рентгеновское излучение. Газы в верхних слоях атмосферы поглощают

⁶¹William J. Rowe, “Extraordinary Hypertension After a Lunar Mission,” *American Journal of Medicine* 122, no. 11 (2009): e1.

⁶²“ESCANDALO in Space, Part III: John Young Throws Cusses on the Moon,” NSS.org, April 17, 2011, <https://nss.org/escandalo-in-space-part-iii-john-young-throws-cusses-on-the-moon/>.

⁶³“The Apollo 11 Technical Crew Debriefing July 31st 1969,” NASA.gov, <https://www.nasa.gov/history/alsj/a11/a11tcdb.html>.

⁶⁴Livio Narici, “Light Flashes and Other Sensory Illusions Perceived in Space Travel and on Ground, Including Proton and Heavy Ion Therapies,” *Zeitschrift für Medizinische Physik* 34, no. 1 (2024): 44–63.

рентгеновское излучение. Озон — форма кислорода, молекула которой состоит из трёх атомов кислорода вместо обычных двух, — поглощает бóльшую часть ультрафиолета. В результате до поверхности Земли доходит лишь сравнительно небольшая доля ультрафиолета вместе с видимым светом и инфракрасным излучением. Когда вы лежите на пляже, вы и правда впитываете лучи: инфракрасное излучение даёт ощущение тепла, а ультрафиолет вызовет солнечный ожог, если вы пробудете на солнце слишком долго и не защититесь солнцезащитным кремом.



Другой источник космической радиации открыл австрийский физик Виктор Гесс в серии остроумных — и смелых — экспериментов в начале XX века. Приборы на поверхности Земли регистрировали радиацию, но шли споры о том, откуда она берётся. Одни считали её источником горные породы на поверхности Земли, некоторые из которых, например уран, были известны своей радиоактивностью. Но её улавливали и детекторы на кораблях в открытом море, а это говорило о том, что источник не в горных породах. Гесс подозревал, что излучение приходит откуда-то извне Земли, и решил проверить свою догадку, поднявшись как можно выше над земной поверхностью.

Он был не единственным. Немецкий физик и священник-иезуит Теодор Вульф попытался проверить, меняется ли количество радиации с высотой, проведя в 1910 году измерения у подножия и на вершине Эйфелевой башни. Он обнаружил, что на вершине башни, в 200 метрах над землёй, радиации немного меньше. Но гораздо меньше уменьшение, чем ожидалось бы, если бы источником были горные породы в земле⁶⁵. Это озадачивало. Может быть, металлический каркас Эйфелевой башни искажал измерения? Или радиацию даёт сама атмосфера?

Гесс решил подняться выше. На воздушном шаре с водородом он провёл измерения на высоте 1100 метров, но показания оказались примерно такими же, как на земле⁶⁶. Тем не менее он не сдавался и в следующих полётах поднимался всё выше и выше. Любопытно, что чем выше он поднимался, тем выше, казалось, был уровень радиации. На высоте 5300 метров над землёй уровень радиации оказался в несколько раз выше, чем у поверхности. Это ясно показало, что источник радиации находится не внизу, а вверху.

Радиация приходила откуда-то из-за пределов нашей планеты.

Одним из возможных внеземных источников было Солнце. Чтобы проверить это, Гесс проводил измерения со своего шара ночью, когда вклад Солнца должен быть гораздо меньше, чем днём, когда Солнце над головой. Уровень радиации оказался таким же и ночью. Он даже проводил измерения во время солнечного затмения, когда Луна ненадолго заслоняет солнечные лучи. Показания всё равно не менялись, и это доказывало, что источник радиации находится где-то в космосе, но это не Солнце.

⁶⁵“September 15, 1910: Theodor Wulf Publishes First Evidence of Cosmic Radiation,” *APS News*, August 1, 2019, <https://www.aps.org/publications/apsnews/201908/history.cfm>.

⁶⁶“April 17, 1912: Victor Hess’s Balloon Flight During Total Eclipse to Measure Cosmic Rays,” *APS News*, n.d., <https://www.aps.org/archives/publications/apsnews/201004/physicshistory.cfm>.

Излучению, приходящему, как показал Гесс, из космоса, в 1925 году дали название: космические лучи⁶⁷. Сегодня мы знаем, что Солнце иногда испускает космические лучи во время мощных солнечных бурь, так называемых корональных выбросов массы. Но работа Гесса показала, что должен быть и другой, более постоянный источник. Поскольку обнаруженные им космические лучи одинаково падали на поверхность Земли и днём, и ночью, они должны были приходить со всех сторон. Это говорило о том, что они приходят издалека — из других звёздных систем и даже из других галактик. Чтобы их различать, космические лучи от Солнца теперь называют солнечными космическими лучами, а приходящие из более далёких источников — галактическими космическими лучами.

Галактические космические лучи — это остатки звёзд в других звёздных системах и даже в других галактиках, которые взорвались, разбросав частицы во все стороны. Эти частицы — по сути, атомные ядра, лишённые внешних оболочек, — летят почти со скоростью света. Если такая частица во что-нибудь попадёт — скажем, в астронавта, стоящего на поверхности Луны, — она может нанести серьёзный вред. Насколько серьёзный? В начале программы «Аполлон» этого толком никто не знал.

Астронавты «Аполлонов» забирались в космос гораздо дальше, чем кто-либо до них. Количество радиации в космосе было одной из главных неизвестных на заре космической эры. Работы Вульфа, Гесса и других показали, что чем выше поднимаешься в земной атмосфере, тем сильнее облучение. Для первых астронавтов, которым предстояло подняться гораздо выше любого воздушного шара, это выглядело зловеще. Но к концу 1960-х годов и Советы, и американцы уже отправляли людей на околоземную орбиту, и ни у кого из них, похоже, не было никаких немедленных последствий облучения.

Но были и тревожные данные спутников, забиравшихся глубже в космос. 31 января 1958 года — всего через три месяца после советского успеха со «Спутником-2» — Соединённые Штаты запустили свой первый спутник, «Эксплорер-1»⁶⁸. На нём стоял детектор космических лучей, разработанный физиком из Университета Айовы Джеймсом Ван Алленом и его аспирантом Джорджем Людвигом. Людвиг и Ван Аллен принимали со спутника звуковые сигналы, когда тот пролетал над ними. Они слышали щелчки счётчика Гейгера: чем чаще щелчки, тем больше радиации. Первые результаты озадачивали. Спутник поднимался на высоту до 2515 километров, но всякий раз, когда он оказывался выше примерно 900 километров, щелчков не было слышно вовсе. Неужели так близко от Земли радиации совсем нет?

Людвиг и Ван Аллен хотели получить больше сведений. Ещё до того, как «Эксплорер-1» закончил работу, для сбора дополнительных данных запустили второй спутник, «Эксплорер-2». К сожалению, четвёртая ступень ракеты не зажглась, и запуск не удался. Следующая попытка — «Эксплорер-3» — состоялась через три недели, 26 марта. На этот раз всё прошло успешно. Помимо счётчика Гейгера, Людвиг поместил в капсулу

⁶⁷Frank Close, “Cosmic Rays: Radiation from Above,” *New Scientist* 216, no. 2885 (2012): ii–iii.

⁶⁸Sarah A. Loff, “Explorer 1 Overview,” NASA.gov, March 18, 2015, <https://www.nasa.gov/history/explorer-1-overview/>.

магнитофон, чтобы измерения радиации продолжались независимо от того, удаётся ли передать данные на Землю.

Показания «Эксплорера-3» объяснили, почему счётчик Гейгера на первом спутнике замолкал на больших высотах. Дело было не в том, что он не регистрировал радиацию, — наоборот, радиации было так много, что датчики счётчика захлёбывались. Показания буквально зашкаливали. Ван Аллен и его группа обнаружили окружающую Землю зону, где заряженные частицы удерживаются магнитным полем Земли. В том же году они запустили ещё несколько спутников, забиравшихся глубже в космос. Ван Аллен и его группа нашли вторую зону, расположенную ещё дальше — на расстоянии от 15 000 до 20 000 километров, — где уровень радиации был ещё выше.

Их называли радиационными поясами Ван Аллена. Каждый из них по форме похож на резиновое кольцо, растянутое с двух сторон и пережатое посередине. Точный размер и форма радиационных поясов меняются в зависимости от того, сколько радиации в них задерживается. Когда Солнце активнее, оно испускает больше заряженных частиц, и пояса разрастаются. Поначалу открытие радиационных поясов Ван Аллена, казалось, говорило о том, что исследовать дальний космос слишком опасно, ведь для этого придётся пройти и через внутренний, и через внешний пояс. Но раз заряженные частицы задерживаются, значит, меньше их доходит до поверхности Земли. Иными словами, пояса Ван Аллена на самом деле защищают нас от опасной радиации дальнего космоса.

Это прекрасно для нас, живущих на поверхности Земли. Всё, что обращается близко к Земле, ниже 1000 километров, тоже защищено довольно хорошо. Но чтобы улететь дальше — в том числе на Луну, — нужно пройти через радиационные пояса. Более того, это означало, что всякое место без магнитосферы лишено такой же защиты от всей этой космической радиации. Там, за поясами Ван Аллена, на бескрайних просторах космоса — а также на поверхности Луны и Марса — лежит дикий фронт, где радиация становится постоянной, вездесущей и потенциально смертельной угрозой.



К счастью, расчёты НАСА показали, что астронавты «Аполлонов» по пути к Луне и обратно пройдут пояса Ван Аллена достаточно быстро, чтобы облучение было не слишком сильным⁶⁹. На всякий случай каждый астронавт носил приборы для измерения полученной дозы. На табло личного дозиметра высвечивалось число, показывавшее суммарную дозу радиации, полученную за всю миссию. Астронавты всё время носили такой прибор, примерно размером и формой с пачку сигарет, в кармане лётного комбинезона. Кроме того, у каждого было несколько пассивных дозиметров, которые можно было носить на разных частях тела, чтобы точнее оценить общее облучение организма.

⁶⁹Двигаясь со скоростью 25 000 километров в час, астронавты пересекали пояса Ван Аллена шириной примерно 25 000 километров приблизительно за час (Amy Shira Teitel, “Apollo Rocketed Through the Van Allen Belts,” *Popular Science*, September 19, 2014, <https://www.popsci.com/blog-network/vintage-space/apollo-rocketed-through-van-allen-belts/>).

Всего за время миссий «Аполлон» на Луну слетали двадцать четыре астронавта. Половина из них ходила по поверхности Луны. Ни у кого из них не было медицинских проблем, которые можно было бы прямо связать с облучением. Эпоха «Аполлонов» доказала, что человек, при наличии нужной техники и систем жизнеобеспечения, способен прожить в инопланетном мире хотя бы несколько дней.

А как насчёт более долгого пребывания? Смогут ли люди переносить условия космоса неделями или месяцами? Как микрогравитация и радиация повлияют на организм того, кто действительно живёт в космосе? Если человечество когда-нибудь собирается проводить больше времени на Луне или отправиться дальше в космос — например, на Марс, — нужны ответы на эти вопросы. Ответы, которых не могли дать ни миссии «Аполлон», ни советская программа «Восток».

Чтобы получить их, нужно было построить космические аппараты, где люди могли бы проводить гораздо больше времени. Уже в 1962 году Советский Союз втайне разработал планы базы на Луне. Она должна была называться «Звезда» и состоять из ряда соединённых между собой цилиндрических модулей, в которых могли бы одновременно жить до дюжины космонавтов. По плану базу предполагалось засыпать лунным реголитом для защиты от радиации и ударов микрометеоритов. Там космонавты учились бы использовать ресурсы Луны для поддержания жизни человека и изучали, как длительное пребывание сказывается на организме⁷⁰.

Но после того как американцы выиграли гонку за первенство на поверхности Луны, Советы переключили свои устремления с Луны на другое. Они начали планировать космическую станцию, которая обращалась бы вокруг Земли ниже внутреннего радиационного пояса Ван Аллена, где она была бы в какой-то мере защищена от самой сильной космической радиации. Доставлять людей и грузы на станцию и обратно было бы также быстрее, проще и дешевле.

Первая космическая станция, «Салют», была запущена в 1971 году. Поначалу она была пустой. Первый экипаж прибыл 23 апреля, всего через четыре дня после запуска станции, но трём космонавтам не удалось попасть внутрь из-за неполадки при стыковке их корабля «Союз» со станцией. После нескольких попыток они сдались и вернулись на Землю⁷¹. Прошло почти полтора месяца, прежде чем на станцию наконец прибыл новый экипаж. Одного из трёх членов экипажа, который должен был лететь во второй экспедиции, отстранили от полёта, когда врач заметил на предполётном рентгеновском снимке тёмное пятно на его лёгком. Понимая, как важна слаженность коллектива, которому предстояло побить рекорд продолжительности пребывания в космосе, заменили не одного члена экипажа, а весь экипаж — дублёрами, которые тренировались вместе.

⁷⁰Anatoly Zak, “The Soviet Union’s Secret Moon Base That Never Was,” *Popular Mechanics*, February 11, 2016, <https://www.popularmechanics.com/space/moon-mars/a19405/ussr-1960s-lunar-base/>.

⁷¹См. “Soyuz 10,” NASA.gov, <https://nssdc.gsfc.nasa.gov/nmc/spacecraft/display.action?id=1971-034A>.

Новый экипаж успешно состыковался с «Салютом» 7 июня. В ходе своей миссии, известной как «Союз-11», космонавты следили за тем, как их организм реагирует на условия низкой околоземной орбиты: брали пробы крови, измеряли дыхательные возможности и проверяли зрение⁷². Поначалу они регулярно занимались физкультурой, бегая по беговой дорожке, к которой пристёгивались ремнями: это должно было помочь мышцам и костям не слабеть в невесомости. Но от бега по дорожке тряслась вся станция, в том числе хрупкие, но жизненно необходимые солнечные батареи и антенны связи. В конце концов они перестали заниматься. Спать им полагалось по очереди, чтобы кто-то из экипажа всегда бодрствовал. Сбитый режим сна и усталость от физического и психологического напряжения долгой миссии начали сказываться, и экипаж стал раздражительным.

Напряжение достигло пика, когда станцию вдруг наполнил запах дыма. Трое бросились действовать, и вспыхнул спор о порядке действий и о старшинстве, разрешать который пришлось наземной команде. Причину дыма — электрический кабель — нашли и устранили. Но переполох заставил экипаж спорить ещё больше прежнего, что ставило под угрозу будущее миссии. Момент, похожий на товарищеское единение, случился 19 июня, когда Виктор Пацаев стал первым человеком, отметившим день рождения в космосе. Товарищи преподнесли ему лучший подарок для тоскующего по дому покорителя космоса — свежие овощи и фрукты: луковицу и лимон, контрабандой пронесённые на борт. Но напряжение в экипаже «Союза-11» сохранялось вплоть до начала их возвращения на Землю 29 июня, после рекордных двадцати четырёх дней жизни в космосе⁷³.

Но их возвращение было далеко не триумфальным. Когда спускаемый аппарат «Союза» начал входить в атмосферу Земли, внезапный отказ клапана вызвал разгерметизацию. Аппарат быстро терял воздух. Георгий Добровольский, Владислав Волков и Пацаев были без скафандров: в спускаемом аппарате не хватало места, чтобы каждый мог надеть громоздкий скафандр и шлем. Этот конструктивный недостаток оказался роковым. Спускаемый аппарат приземлился, как и планировалось: парашют плавно опустил его в открытой степи Казахстана, где его встретили спасательные вертолёты. Безжизненные тела трёх космонавтов нашли всё ещё пристёгнутыми к креслам.

Они погибли почти мгновенно после того, как аппарат начал терять давление. Медицинские датчики на космонавтах показали, что, когда началась утечка, частота их дыхания резко подскочила, а меньше чем через минуту запись превратилась в прямую линию. Они ничего не могли сделать.

Первые люди, жившие в космосе, первыми и погибли там.

⁷²John Uri, “50 Years Ago: Remembering the Crew of Soyuz 11,” NASA.gov, June 30, 2021, <https://www.nasa.gov/history/50-years-ago-remembering-the-crew-of-soyuz-11/>.

⁷³Ben Evans, “Remembering the Crew of Soyuz 11, the Only Astronauts to Die in Space,” *Discover Magazine*, June 29, 2021, <https://www.discovermagazine.com/the-sciences/remembering-the-crew-of-soyuz-11-the-only-astronauts-to-die-in-space>.

Глава 3. Космическая медицина

Гибель трёх космонавтов «Союза-11» при возвращении из первого длительного пребывания в космосе стала суровым напоминанием об опасностях освоения космоса. Но до аварии спускаемого аппарата пребывание космонавтов на станции «Салют» в целом прошло успешно. Экипаж провёл более 140 научных экспериментов, многие из которых касались того, как организм человека реагирует на многонедельное пребывание в космосе. Оплакав товарищей, советские специалисты вернулись к подготовке следующей экспедиции на станцию. Конструктивный недостаток, из-за которого произошла разгерметизация, можно было устранить, и впредь все космонавты при спуске надевали скафандры на случай новой утечки, хотя из-за этого на много лет число мест в корабле «Союз» сократилось с трёх до двух.

Как и Советский Союз, Соединённые Штаты в начале 1970-х годов отходили от лунных устремлений. В НАСА мечтали о полётах дальше в космос, в том числе о пилотируемой экспедиции на Марс. Но после шести успешных высадок на Луну общественная поддержка дорогостоящих лунных миссий ослабла. Авария, едва не погубившая экипаж «Аполлона-13», который должен был стать третьей экспедицией с высадкой на Луну, показала, как рискованно отправлять людей в дальний космос. Кроме того, внутренние проблемы, война во Вьетнаме и растущее понимание экологических трудностей на Земле не позволяли Конгрессу оправдывать огромный бюджет, выделенный НАСА на программу «Аполлон». Нужно было найти более скромные способы продвигаться к целям освоения космоса.

Компромиссным решением стала первая американская космическая станция — «Скайлэб». Как и «Салют», она должна была летать сравнительно близко, на низкой околоземной орбите⁷⁴. А чтобы сэкономить, её можно было собрать из оставшихся от программы «Аполлон» компонентов. Главное жилое и рабочее помещение «Скайлэба», Орбитальную мастерскую, построили из частей ракет «Сатурн», доставлявших астронавтов «Аполлонов» к Луне. В 1973 году первый экипаж провёл на станции двадцать восемь дней, на четыре дня превзойдя рекорд продолжительности космического полёта, установленный погибшими космонавтами двумя годами раньше.

Главным направлением работы на «Скайлэбе» были медико-биологические исследования. Впервые появилась возможность подробно изучить, как организм человека реагирует на космическую среду. Исследовались многие стороны здоровья экипажа: сердце, химический состав крови, обмен веществ, плотность костей, мышечная сила, масса тела, качество и продолжительность сна⁷⁵. Три астронавта были одновременно и испытуемыми, и лаборантами. Они по очереди брали друг у друга кровь, взвешивали

⁷⁴Орбита «Скайлэба» проходила на высоте 435 километров над Землёй.

⁷⁵Richard S. Johnston and Lawrence F. Dietlein, eds., *Biomedical Results from Skylab*, vol. 377 (Scientific and Technical Information Office, National Aeronautics and Space Administration, 1977).

собственные экскременты, крутились на вращающемся кресле, проверяя склонность к укачиванию, и брали с себя мазки для изучения роста микробов.

По окончании их миссии собранные данные быстро проанализировали наземные группы, пока следующий экипаж готовился к своей смене на станции. Результаты были обнадеживающими, и следующему экипажу — он прибыл всего через четыре недели после отлёта предшественников — разрешили продлить миссию. Всего на «Скайлэбе» побывали три экипажа, и каждый превзошёл рекорд продолжительности пребывания в космосе, установленный предыдущим. Третья, последняя миссия «Скайлэба» длилась восемьдесят четыре дня.

Общая картина была обнадеживающей: организм человека, похоже, довольно хорошо приспособляется к многомесячному пребыванию в невесомости. Сначала идёт период привыкания, иногда с укачиванием, которое длится несколько дней. Любопытно, что долгое пребывание в невесомости меняло рост астронавтов. Для некоторых астронавтов «Скайлэба» это, похоже, обернулось настоящими эмоциональными качелями. «Один член экипажа, — отмечалось в отчёте НАСА, — ниже своей жены и был в восторге, обнаружив в полёте, что наконец стал выше её. После полёта рост уменьшился сверх прежнего, и на третий день после возвращения он пришёл к ней ниже, чем когда-либо». Причина таких изменений роста тогда ещё не была понятна, но предполагалось, что дело в сжатии мягких тканей позвоночника силой тяжести: в космосе, избавившись от этой нагрузки, позвоночник растягивается.

Ещё одна странность, которую астронавты замечали в прежних программах и снова на «Скайлэбе», — на орбите их лица становились заметно одутловатыми. Один из них так описывал свои ощущения: «Глаза краснеют — у меня это случилось примерно через сутки. Глазницы немного отекают, лицо становится чуть круглее и краснее, вены на шее и на лбу набухают, а нос словно заложен». Исследователи, изучавшие астронавтов «Скайлэба», установили, что эти симптомы вызваны перераспределением жидкостей организма в невесомости. Когда мы стоим на Земле, сила тяжести оттягивает большую часть крови и других жидкостей тела вниз. В космосе, где их ничто не тянет вниз, жидкость распределяется по всему телу. В результате ноги кажутся тоньше — астронавты называют это «куриными ножками», — а в голове и лице ощущается избыток жидкости.

Организм воспринимает ощущение отёка в голове как признак того, что в кровотоке слишком много крови. В ответ он, в частности, подаёт сигнал уменьшить количество крови. Это происходит двумя путями. Во-первых, объём крови уменьшается: почки получают сигнал выводить жидкость из плазмы крови, и она уходит с мочой. Во-вторых, в костный мозг поступает гормон с указанием сократить выработку эритроцитов. Это, похоже, объясняло, почему ещё со времён программы «Джемини» при послеполётных медицинских обследованиях у астронавтов находили анемию.

Важно, что на «Скайлэбе» не было серьёзных сердечных приступов вроде того, что случился у Джеймса Ирвина на Луне. Несколько раз фиксировались нарушения сердечного ритма, но они не вызывали опасений. Однако астронавты «Скайлэба», летавшие дольше, по возвращении домой чувствовали, что потеряли форму. Хотя на орбите они регулярно занимались на велотренажёре и в течение миссии не замечали никаких изменений в

физической форме, вернувшись, они быстрее уставали от нагрузок. Исследователи пришли к выводу, что во многом это связано с уменьшением объёма крови в первые четыре — шесть недель, пока организм приспосабливался к перераспределению жидкостей в невесомости. Это, по-видимому, объясняло и то, почему астронавтам «Скайлэба» после возвращения на Землю было трудно стоять. Через пару месяцев при нормальной силе тяжести их форма восстанавливалась.

Анализ мочи показал также, что экипаж «Скайлэба» терял такие вещества, как кальций, азот и фосфор. Потерю азота и фосфора объяснили ослаблением мышц. Не работая против силы тяжести, астронавты теряли значительную часть мышечной массы, особенно в ногах. Потеря кальция говорила об уменьшении плотности костей, что подтвердили рентгеновские снимки. Кости крепнут в ответ на нагрузку со стороны прикреплённых к ним мышц. Поскольку в космосе мышцам не приходилось так напряжённо работать, кости отвечали потерей кальция. Авторы отчёта НАСА о медико-биологических результатах «Скайлэба» отметили, что похожая потеря минеральных веществ наблюдалась в исследованиях с постельным режимом вроде тех, что проводила Энн Голдстейн. Хотя потеря костной и мышечной ткани не создала экипажам «Скайлэба» серьёзных проблем, исследователи указали, что при потере кальция на 0,3–0,4 процента в месяц, как в трёх миссиях «Скайлэба», у астронавтов в гораздо более долгих полётах плотность костей может снизиться до опасного уровня.

Спали на «Скайлэбе» все астронавты, по-видимому, вполне хорошо. Они обнаружили, что раскладушка с ремнями, которыми можно было пристегнуться, чтобы не уплыть, помогает почувствовать себя так, будто спишь в кровати при обычной силе тяжести. Один из астронавтов «Скайлэба», Эдвард Гибсон, рассказал, что было, когда он попробовал спать непристёгнутым.

«Я попробовал спать, просто свободно плавая в мастерской, — рассказывал он. — Это было даже весело, но так получалось только подремать. Я плавал, раскинув руки, как в расслабленной позе под водой. Довольно медленно утыкался в одну стенку, а минут через пять натёкался на другую. Мой мозг всё время наполовину бодрствовал, ожидая следующего столкновения. По-настоящему крепко так заснуть не удавалось».



Поток данных со «Скайлэба» положил начало новой области — космической медицине. С самого начала американской космической программы лётные врачи оценивали здоровье астронавтов до, во время и после полётов. Поначалу о том, что выдержит организм астронавта, судили по опыту военных лётчиков реактивных самолётов, и кое-что из этого опыта годилось и для космических полётов. Новые сведения об особенностях космоса — микрогравитации и радиации — быстро накапливались во времена «Меркурия», «Джемини» и «Аполлона». Но лётным врачам приходилось довольствоваться ограниченным числом измерений, сделанных на очень небольшом числе людей. Теперь, когда данных стало больше, можно было задавать всё более тонкие вопросы о влиянии космоса на организм и делать первые обобщения.

В НАСА надеялись, что космическая станция обеспечит постоянное присутствие в космосе и позволит ещё больше исследовать связанные с ним вопросы, в том числе в космической медицине. Но «Скайлэб» начал проявлять признаки износа сразу после запуска, и хотя он продержался все три запланированные миссии и ещё месячное продление, его пришлось оставить меньше чем через год на орбите⁷⁶. Планировалось перейти к новому способу попадать в космос и работать там — многоразовому кораблю под названием «Спейс шаттл». Разработка шаттла началась ещё в 1960-х, в разгар эпохи «Аполлонов», но когда «Скайлэб» был выведен из эксплуатации, до готовности шаттла оставались годы.

Первый шаттл наконец полетел в 1981 году. Частично многоразовый космический корабль — который стартовал в космос вместе с ракетой-носителем, облетал Землю и возвращался, садясь на взлётно-посадочную полосу, как самолёт, — сделал доступ в космос намного проще и надёжнее, чем когда-либо прежде⁷⁷. Это означало, что в космос смогут летать больше людей, и притом более разных. Эпоха шаттлов длилась три десятилетия, за которые они доставили в космос 355 астронавтов. Среди них были и первые американские женщины, хотя из 355 астронавтов шаттлов женщин было лишь сорок девять. Поэтому было трудно содержательно сравнить, как меняется в космосе организм мужчин и женщин.

Тем не менее имеющиеся данные указывали на некоторые закономерности. Исследование, опубликованное в 2014 году, вскоре после последнего полёта шаттла, показало, что после возвращения на Землю, пока организм заново привыкает к силе тяжести, у женщин чаще, чем у мужчин, кружится голова или темнеет в глазах⁷⁸. Это состояние, называемое ортостатической неустойчивостью, вызвано оттоком крови в нижнюю часть тела, из-за чего мозгу достаётся меньше крови. Такие симптомы после пребывания в космосе испытывали около 20 процентов мужчин, но о них сообщала каждая без исключения женщина, побывавшая в космосе. Кроме того, в космических полётах женщины теряли больше плазмы крови, чем мужчины, и им было труднее заново привыкать к земной силе тяжести, потому что по возвращении у них в кровотоке было меньше крови. Авторы также обнаружили, что женщины меньше мужчин подвержены образованию камней в почках — крайне болезненному состоянию, которое в космосе встречается чаще, чем на Земле, потому что камни образуются в почках из кальция, теряемого костями. Однако различий между женщинами и мужчинами в потере плотности костей не нашлось, хотя с возрастом женщины, как правило, теряют плотность костей быстрее мужчин.

Ещё одно ограничение наших знаний о том, как космос влияет на организм человека вообще, состояло в том, что все имеющиеся сведения касались здоровых взрослых в расцвете сил. Возраст астронавтов на момент полётов был от двадцати пяти с небольшим до пятидесяти с лишним лет. Но в 1998 году Джон Гленн отправился в космос на шаттле

⁷⁶Bob Craddock, “Saving Skylab,” National Air and Space Museum, May 12, 2023, <https://airandspace.si.edu/stories/editorial/saving-skylab>.

⁷⁷См. “Space Shuttle,” NASA.gov, <https://www.nasa.gov/space-shuttle/>.

⁷⁸Laura Drudi and S. Marlene Grenon, “Women’s Health in Spaceflight,” *Aviation, Space, and Environmental Medicine* 85, no. 6 (2014): 645–652.

«Дискавери» в возрасте семидесяти семи лет⁷⁹. Это был не первый его полёт: более чем за тридцать шесть лет до того он стал первым американцем, облетевшим Землю по орбите, и вторым американцем в космосе после Алана Шепарда. Гленна считали национальным достоянием — не только из-за его новаторского полёта, но и потому, что он в четвёртый раз занимал пост сенатора США. Разумеется, из-за известности Гленна его отправка в космос вызвала споры, особенно после трагедии 1986 года, когда шаттл «Челленджер» взорвался вскоре после старта и погибли все семь человек на борту. Возраст Гленна делал полёт ещё более рискованным: старше шестидесяти одного года в космосе ещё никто не бывал, и о том, как отреагирует стареющий организм, ничего не было известно.

Но именно то, что о влиянии космоса на организм пожилого человека ничего не было известно, и было одной из причин отправить Гленна. Скотт Паразински, врач и астронавт, был назначен личным врачом Гленна в этом полёте. Он рассказал мне об этом за обедом в кафе в Хьюстоне. По словам Паразински, на нём лежала немалая ответственность: нужно было не только собрать полезные данные о знаменитом пациенте и испытуемом, но и благополучно вернуть его домой. На всякий случай Паразински взял с собой на шаттл дефибриллятор и набор лекарств для реанимации. Он даже отрабатывал непрямой массаж сердца в невесомости — задача не из лёгких — во время параболического полёта⁸⁰.

К счастью, ничего из этого не понадобилось. Миссия, длившаяся девять дней, прошла успешно, и за это время Гленн участвовал в десяти разных исследованиях по космической медицине. В том числе он носил на голове устройство с электродами для записи мозговых волн во сне, а также участвовал в экспериментах по изучению равновесия и потери костной и мышечной ткани.

«Он был крепкий как гвоздь, настоящий морской лётчик-истребитель, — вспоминал Паразински о Гленне, — но уколов терпеть не мог». В рамках исследований Паразински приходилось много раз брать у Гленна кровь. Как всякий хороший врач, Паразински хотел, чтобы пациенту было спокойнее. Шутки ради во время одного из заборов крови он надел вампирские клыки. Это помогло разрядить обстановку, объяснил Паразински. «Он часто называл меня Дракулой или графом Паразински», — со смехом рассказал он.

В целом Гленн перенёс космос очень хорошо. Засыпал он чуть дольше, чем обычно засыпают молодые астронавты, но всё же спал около шести с половиной часов каждую ночь, что не выходило за рамки нормы для члена экипажа шаттла. В целом миссия Гленна показала, что пожилые люди способны приспосабливаться к космосу почти так же, как молодые.



Пока НАСА возило людей на шаттлах в космос и обратно для коротких полётов, советская космическая программа отправляла космонавтов во всё более долгие экспедиции на своих орбитальных станциях. Всего было семь разных станций «Салют», и каждая

⁷⁹John Uri, “25 Years Ago: STS-95, John Glenn Returns to Space,” NASA.gov, October 30, 2023, <https://www.nasa.gov/history/25-years-ago-sts-95-john-glenn-returns-to-space/>.

⁸⁰Scott Parazynski and Susy Flory, *The Sky Below* (Little A, 2017), p. 106.

немного совершеннее предыдущей. «Салют-6» и «Салют-7» стали первыми космическими станциями с двумя местами для стыковки кораблей. Поскольку к станции всегда должен был быть пристыкован хотя бы один корабль — своего рода спасательная шлюпка на случай аварии, — два стыковочных узла позволяли одному экипажу прилетать и улетать на короткий срок, пока другой оставался на станции. Благодаря этому экипажи «Салюта-6» устанавливали всё новые рекорды продолжительности космического полёта: сначала девяносто шесть дней в 1978 году, затем 139 дней в том же году, а затем подряд рекорды в 175 и 184 дня в 1979 и 1980 годах. «Салют-7» отодвинул рекорд ещё дальше: два космонавта пробыли на нём 211 дней в 1982 году, а экипаж из трёх человек — 236 дней в 1984 году.

После «Салютов» появилась станция нового поколения — «Мир»⁸¹. На ней было не только несколько стыковочных узлов для кораблей, но и модульная конструкция, позволявшая её расширять. Первый модуль был запущен в 1986 году и был рассчитан на двух членов экипажа. За следующее десятилетие к нему добавили ещё пять модулей, и каждый расширял вместимость и возможности станции.

В 1988 году, в последний день августа, к «Миру» пристыковался «Союз» с тремя космонавтами. Одним из них был Валерий Поляков, врач, которого послали собирать данные о двух космонавтах, к тому времени уже восемь месяцев находившихся на станции. Когда эти двое вернулись на Землю, пробыв в космосе целый год — новый рекорд, — Поляков остался. К тому времени на станцию прилетели ещё два космонавта, и Поляков продолжил исследования, собирая данные о них. Сам врач вернулся на Землю в апреле, проведя на «Мире» 240 дней.

Увлечённый данными, собранными о товарищах-космонавтах, и собственным опытом длительного полёта, в том же году Поляков возглавил медицинское обеспечение «Мира» в Институте медико-биологических проблем в Москве, где работал с 1971 года. Космической медициной Поляков заинтересовался рано⁸². Он родился в апреле 1942 года в Туле, где всего за четыре месяца до этого местные жители помогли отстоять город от нацистской армии, сорвав продвижение Гитлера к Москве. Отец Валерия умер, когда тот был ребёнком, и мать снова вышла замуж. В пятнадцать лет, когда его усыновил отчим, Валерий сменил фамилию Коршунов на Поляков. Всего через два года, в 1959 году, он поступил в медицинский институт в Москве. Его вдохновляли захватывающие события освоения космоса следующих лет, в том числе полёт Юрия Гагарина в 1961 году. Когда в 1964 году в космос полетел первый врач, Борис Егоров, Поляков увидел возможность посвятить себя космической медицине. На следующий год он защитил диссертацию.

240 дней на «Мире» лишь разожгли у Полякова желание изучить на собственном опыте, как длительный космический полёт влияет на организм человека. Он был убеждён,

⁸¹См. “Mir Space Station,” NASA.gov, <https://www.nasa.gov/history/SP-4225/mir/mir.htm>.

⁸²Troy Lennon, “Cosmonaut Valeir Polyakov Made It His Mission to Prove Humans Could Live for Long Periods in Space,” *Daily Telegraph*, April 27, 2017, <https://www.dailytelegraph.com.au/news/cosmonaut-valeir-polyakov-made-it-his-mission-to-prove-humans-could-live-for-long-periods-in-space/news-story/a1fadd3879a1f974334fa6401c5837c5>.

что организм способен выдержать и более долгие полёты — в том числе полёт на Марс, — и хотел это доказать. 8 января 1994 года он вернулся на «Мир». На этот раз он побил рекорд, принадлежавший его бывшим товарищам и испытуемым. Поляков пробыл на станции «Мир» невероятные 437 дней — рекорд продолжительности пребывания в космосе, который на момент написания этой книги так и не побит.

Поляков наконец вернулся на Землю 22 марта 1995 года. Он стал на шесть сантиметров выше, чем в начале полёта, и это создало небольшую проблему: его кресло в «Союзе» было изготовлено точно по его фигуре на основе обмеров, сделанных перед полётом. К счастью, в скафандр он всё же втиснулся. После того как спускаемый аппарат приземлился в Казахстане, Поляков нарочно показал медикам и всем остальным, что может идти без посторонней помощи.

«На Марс слетать можно!» — торжествующе объявил Поляков, выйдя из спускаемого аппарата. «Я смог сам выбраться из капсулы, пройтись, раздеться, одеться — в общем, сделать практически всё, — объяснял он потом. — И при этом всё осознавать. В этом, собственно, и была цель полёта. Я должен был показать, что после такого долгого пребывания в космосе можно сохранить работоспособность»⁸³.

Пребывание Полякова на «Мире» действительно доказало, что в космосе можно прожить больше года и вернуться на Землю без особых трудностей. Исследования, проведённые им в рекордной экспедиции, помогли также выяснить, как организм приспосабливается к невесомости. Например, его рост увеличился не только из-за того, что расправились межпозвоночные диски, но и из-за изменения изгиба позвоночника. Обычно наш позвоночник изогнут, чтобы удерживать вес тела при прямохождении, — эта анатомическая особенность восходит ко временам, когда наши предки приспосабливались к жизни в африканской саванне. Но без силы тяжести, давящей на тело, позвоночник Полякова выпрямился. Вернувшись на Землю и снова ощутив силу тяжести, позвоночник постепенно восстановил изгиб, а диски снова сплющились, и Поляков вернулся к прежнему росту — 189 сантиметров.

Измерения плотности костей до и после полёта показали, что кости Полякова потеряли около 15 процентов минеральных веществ. Некоторую потерю плотности костей ожидали по данным «Салютов», «Скайлэба» и прежних экспедиций на «Мир», но никто не знал, будет ли плотность костей снижаться с той же скоростью при таком долгом пребывании в невесомости. То, что потеря составила лишь 15 процентов, вероятно, объясняется строгим режимом Полякова — по два часа физических упражнений каждый день.

Поляков участвовал и в исследованиях своего психического состояния во время долгого пребывания на «Мире». Он записывал своё настроение и проходил различные тесты на умственные способности до и после экспедиции, а также двадцать девять раз за

⁸³Loretta Hall, “Setting the Record: Fourteen Months Aboard Mir Was Dream Mission for Polyakov,” RocketSTEM, February 9, 2015, <https://www.rocketstem.org/2015/02/09/russian-cosmonaut-valeri-polyakov-spent-record-breaking-14-months-aboard-mir-space-station-in-1990s/>.

437 дней в космосе. В первые три недели экспедиции и первые две недели после возвращения были заметны изменения настроения. Но снижения умственных способностей не наблюдалось, что обнадеживало, и большую часть долгой экспедиции его работоспособность и настроение оставались удивительно стабильными. В целом результаты оказались очень положительными.



«Мир» оставался на низкой околоземной орбите пятнадцать лет — в эпоху больших геополитических перемен. Всего через несколько лет после запуска «Мира» распался Советский Союз, и холодная война закончилась. Во время распада СССР на «Мире» находился советский гражданин Сергей Крикалёв. Он прибыл на станцию 18 мая 1991 года и рассчитывал пробыть там около пяти месяцев. Но положение дома стремительно ухудшалось. В конце декабря советский лидер Михаил Горбачёв ушёл в отставку, и 26 декабря СССР прекратил существование. Страны, которая отправила Сергея Крикалёва в космос, больше не было. В итоге он пробыл на станции 311 дней и вернулся на Землю — уже в новую страну, Российскую Федерацию, — 25 марта 1992 года⁸⁴.

Началась новая эпоха сотрудничества между США и Россией, ярче всего воплотившаяся в совместной работе двух стран в космической науке и освоении космоса. Шаттлы стали летать на «Мир», который пришлось доработать, чтобы шаттл мог к нему пристыковаться. Астронавты НАСА подолгу жили на «Мире» вместе с российскими космонавтами, а учёные обеих стран обменивались данными исследований, проведённых в совместных экспедициях. Но страны двигались к ещё более тесному сотрудничеству — созданию общей космической станции.

Планы построить такую станцию существовали с 1984 года, когда президент Рональд Рейган объявил о них в послании «О положении страны»⁸⁵, перекликавшемся с обращением Кеннеди к Конгрессу двадцатью двумя годами раньше. Он представлял себе космическую станцию с постоянным присутствием людей и поручил НАСА построить её в течение десяти лет. В отличие от поручения Кеннеди высадить человека на Луну до конца 1960-х, на этот раз в назначенный президентом срок уложиться не удалось. Но рейгановское видение того, чего может достичь космическая станция, — и сотрудничества, которое для этого понадобится, — стало образцом на следующие десятилетия. Из его поручения выросла Международная космическая станция.

Первые два сегмента станции — российский и американский модули — были запущены в 1998 году. Их соединили на низкой околоземной орбите, и первый экипаж — один американец и двое россиян — прибыл туда 2 ноября 2000 года. Первый экипаж

⁸⁴Jon Kelvey, “30 Years Ago, the Fall of the USSR Stranded a Cosmonaut in Space,” *Inverse*, December 26, 2021, <https://www.inverse.com/science/sergei-krikalev-the-cosmonaut-without-a-country>.

⁸⁵Michele Ostovar, “President Reagan’s Statement on the International Space Station,” NASA.gov, January 25, 1984, <https://www.nasa.gov/history/president-reagans-statement-on-the-international-space-station/>.

пробыл на станции 136 дней, а перед его отлётом к нему присоединился второй. На момент написания этой книги Международная космическая станция с тех пор постоянно обитаема⁸⁶.

Следующее десятилетие Международная космическая станция продолжала расширяться. В 2001 году добавился второй американский компонент — лабораторный модуль. В том же году Канадское космическое агентство предоставило большой роботизированный манипулятор. В 2008 году Европейское и Японское космические агентства добавили по лабораторному модулю, и станция стала поистине международным проектом, в котором участвуют двадцать шесть стран⁸⁷. Достроенная станция была длиной с футбольное поле, а её внутренний объём примерно равнялся объёму самолёта «Боинг-747».

Поскольку запуски дороги, а на Международной космической станции постоянно должен находиться экипаж, длительные экспедиции стали практической необходимостью. В 2012 году Россия объявила, что вскоре отправит космонавта в экспедицию почти на год. НАСА решило сделать то же самое и выбрало астронавта Скотта Келли. Это должно было стать вторым долгим пребыванием Келли на станции — первое длилось 159 дней. Новая экспедиция была бы вдвое с лишним длиннее. В своих воспоминаниях «Стойкость» Келли признался, что поначалу сомневался, стоит ли браться за такую долгую миссию⁸⁸.

«Сначала я не был уверен, что хочу, чтобы это был я, — писал он. — Я хорошо помнил, какими долгими показались 159 дней на станции. Я провёл шесть месяцев в море на авианосце, и это было долго; шесть месяцев в космосе — ещё дольше. Если пробыть там вдвое дольше, это не покажется вдвое дольше, думал я, — это может нарастать по экспоненте». Но Келли решил, что справится, и обрадовался, узнав, что его выбрали. Однако всего через день после этой новости ему сообщили, что НАСА отменило решение, установив, что по медицинским показаниям Келли для этой миссии не годится.

Дело было в его глазах. Во время предыдущего долгого пребывания на станции у Келли возникли проблемы со зрением, которые, как считалось, были связаны с пребыванием в космосе. Собственно, ещё в первом космическом полёте — недельной миссии на шаттле «Дискавери» в 1999 году — Келли заметил, что зрение ухудшается. «Во время полёта я понял, что всё на среднем расстоянии, в трёх-четырёх метрах — через лётную палубу шаттла, — расплывается», — писал он. Но вскоре после возвращения на Землю проблема прошла. А затем, во время первой долгой экспедиции, проблемы со зрением вернулись.

«Вскоре после выхода на орбиту зрение ухудшилось, и я стал носить более сильные линзы, — вспоминал он. — Через несколько месяцев после возвращения на Землю зрение

⁸⁶См. “International Space Station,” NASA.gov, <https://www.nasa.gov/international-space-station/>.

⁸⁷Помимо США, России, Канады и Японии, в Европейское космическое агентство входят двадцать две страны.

⁸⁸Scott Kelly, *Endurance: My Year in Space, a Lifetime of Discovery* (Vintage, 2017).

стало таким же, как перед полётом. Но были и другие тревожные признаки: отёк зрительного нерва и, судя по всему, необратимые складки сосудистой оболочки».

Особенно тревожили складки сосудистой оболочки. Сосудистая оболочка — это часть глаза, окружающая сетчатку, на которой находятся все специализированные клетки, воспринимающие свет и реагирующие на него. Сосудистая оболочка пронизана кровеносными сосудами, снабжающими сетчатку кислородом и питательными веществами. Изменение её формы — вроде складок в глазах Скотта Келли — может повредить сетчатку и привести к потере зрения. Похожие изменения наблюдались у некоторых других астронавтов во время долгих полётов, тогда как у других никаких проблем со зрением не было. В НАСА решили, что для годичной миссии безопаснее отправить астронавта, у которого в космосе никогда не было проблем со зрением.

Но Келли эта логика показалась перевернутой. Одной из исследовательских целей НАСА было лучше понять, что вызывает повреждение глаз во время долгих полётов. Келли предположил, что он может оказаться хорошим испытуемым как раз потому, что склонен к проблемам со зрением в космосе. В НАСА согласились, и Скотта Келли вновь утвердили основным астронавтом годичной миссии.

Вторая причина, по которой Скотт Келли хорошо подходил для этой работы, — у него есть однояйцевый брат-близнец Марк Келли. Сравнить их — чтобы Марк служил контролем в эксперименте, пока его генетически идентичный брат летает в космосе, — на самом деле предложил сам Скотт. Готовясь к пресс-конференции, на которой НАСА должно было публично объявить о его назначении, Скотт спросил Джона Чарлза, учёного НАСА, руководившего проектом, будут ли они сравнивать его с братом-близнецом.

Поначалу Джон Чарлз ответил отказом.

«Я был против», — рассказал мне Чарлз в 2019 году в своём кабинете в Космическом центре Хьюстона, где он тогда работал штатным учёным. Ему это показалось рекламным трюком. Но, обсудив идею с коллегами, группа решила, что на самом деле она хороша. Марк тоже был астронавтом НАСА и уже летал в космос. Но Марк провёл в полётах в общей сложности лишь пятьдесят четыре дня, тогда как Скотту в этой экспедиции предстояло провести в космосе 340 дней — в дополнение к 180 дням, проведённым там в прежних полётах. Поскольку геномы Скотта и Марка почти идентичны, было бы интересно проследить, как на организм Скотта повлияет год в космосе, проводя точно такие же наблюдения за организмом его брата-близнеца на Земле. Любые различия между братьями могли быть вызваны долгим пребыванием Скотта в космосе. Проще говоря, это была проверка того, что важнее — природа или воспитание, то есть какова относительная роль генетики и среды в работе нашего организма. На однояйцевых близнецах можно было исключить влияние природы (генетики) и проверить влияние среды (космического полёта).

Программа НАСА по изучению человека объявила, что будет финансировать исследования, сравнивающие братьев-близнецов до, во время и после года Скотта Келли в космосе. В результате получились самые обширные и сложные медико-биологические исследования в космосе на тот момент⁸⁹. Проекты охватывали сердце, мозг, кости и

⁸⁹См. “Twins Study,” NASA.gov, <https://www.nasa.gov/humans-in-space/twins-study/>.

мышцы; изменения микроорганизмов, живущих в теле и на теле; изменения умственных функций, например способности выполнять сложные задания; а также генетику. Пробы крови, слюны, мочи и кала брали у обоих близнецов начиная с периода до полёта Скотта Келли, многократно во время его пребывания в космосе и после возвращения. Кроме того, оба близнеца проходили физиологические и когнитивные тесты до, во время и после полёта.



Первые результаты так называемого Исследования близнецов НАСА были опубликованы в апреле 2019 года в журнале *Science*⁹⁰. Отчасти полученные данные были ожидаемыми: они подтверждали наблюдения прежних медико-биологических исследований космических полётов и давали более подробную картину того, что происходит с организмом во время и после долгого пребывания на низкой околоземной орбите. Например, Скотт Келли в космосе похудел, а его брат немного прибавил в весе. Точно так же маркеры потери плотности костей у Скотта во время его пребывания в космосе были выше, чем у Марка. Кроме того, складки сосудистой оболочки в его глазах — повреждение, вызванное прежним полётом, из-за которого он едва не лишился места в годичной экспедиции, — за год на Международной космической станции усилились⁹¹.

Но Исследование близнецов преподнесло и любопытные сюрпризы.

В одной из работ изучалась длина важного участка хромосом каждого близнеца — теломер. Почти в каждой клетке тела есть двадцать три пары хромосом, составляющих полный геном — набор записанных в ДНК биохимических инструкций по построению и поддержанию организма. Теломеры — это участки ДНК, намотанные на белки на самом кончике каждой хромосомы и служащие чем-то вроде защитного колпачка. Каждый раз, когда клетка делится надвое, она делает полную копию всех своих хромосом, чтобы каждая из двух получившихся клеток получила копию.

На самом деле копия генома лишь почти полная: при каждом удвоении теряется небольшой кусочек теломеры. Примерно после пятидесяти делений теломеры исчезают, и клетка больше не может делиться. Считается, что этот процесс связан с тем, почему с возрастом наш организм начинает сдавать: наши хромосомы в буквальном смысле доходят до конца пути. Укорочение теломер могут вызывать и другие факторы, например стресс и болезни. Но вот что удивительно: до полёта длина теломер у близнецов была похожей, у Марка Келли она на протяжении всего исследования оставалась примерно одинаковой, а у Скотта Келли за год в космосе теломеры на самом деле удлинились — прямо противоположно тому, чего ожидали исследователи.

⁹⁰Francine E. Garrett-Bakelman, Manjula Darshi, Stefan J. Green, Ruben C. Gur, Ling Lin, Brandon R. Macias, Miles J. McKenna, et al., “The NASA Twins Study: A Multidimensional Analysis of a Year-Long Human Spaceflight,” *Science* 364, no. 6436 (2019): eaau8650.

⁹¹Brandon R. Macias, Connor R. Ferguson, Nimesh Patel, C. Gibson, Brian C. Samuels, Steven S. Laurie, Stuart M. C. Lee, et al., “Changes in the Optic Nerve Head and Choroid over 1 Year of Spaceflight,” *JAMA Ophthalmology* 139, no. 6 (2021): 663–667.

Ещё один интересный результат: в некоторых клетках Скотта Келли нашлись мутации. Последовательность ДНК в хромосоме — точный порядок оснований, обозначаемых буквами А, Т, С и Г, — и есть то, что указывает клетке, что производить. Любое изменение этой последовательности считается мутацией. Один тип мутации затрагивает всего одно основание — например, добавление или выпадение буквы А. Другой тип, называемый инверсией, возникает, когда отрезок из нескольких оснований, скажем ААТС, разворачивается задом наперёд и превращается в СТАА. Иногда участок ДНК одной хромосомы меняется местами с участком другой — такая мутация называется транслокацией.

Одни мутации безвредны, другие могут привести к серьёзным проблемам, в том числе к раку. Мутация может произойти всякий раз, когда клетки делятся и копируют свой геном. Но некоторые факторы делают мутации вероятнее, в том числе облучение. Исследование близнецов дало уникальную возможность выяснить, вызывает ли облучение на низкой околоземной орбите мутации, — сравнив ДНК в клетках Скотта и Марка Келли до, во время и после годичного полёта Скотта.

Исследователи искали транслокации и инверсии, помечая ДНК трёх крупнейших хромосом флуоресцентным красителем, который высвечивает любой участок хромосомы, оказавшийся не на своём месте, как бывает при инверсиях и транслокациях. До года Скотта Келли в космосе частота инверсий и транслокаций у братьев была похожей, как и следует ожидать у однояйцевых близнецов. Но во время полёта у Скотта частота мутаций обоих типов выросла, а у Марка на Земле осталась прежней.

Иными словами, за год в космосе в ДНК Скотта Келли действительно возникли мутации.

Помимо мутаций, за год в космосе обнаружили и изменения в работе ДНК Скотта Келли. Одна из главных функций ДНК — производство белков, и это важно, потому что белки выполняют многие жизненно необходимые задачи в клетках нашего организма. Ген — это участок ДНК, по которому производится определённый белок. Ген может быть включён — то есть активно производить свой белок — или выключен. Выключить ген можно несколькими способами, в том числе присоединив к нему особые химические группы — метильные. Этот процесс, называемый метилированием, может фактически заглушить ген, лишив его способности производить белки. Метилированный ген остаётся выключенным, пока метильную группу не удалят. Это может длиться до конца жизни человека — или дольше. Если в сперматозоиде или яйцеклетке есть метилированные гены, то зародыш, возникший при их слиянии, будет развиваться с этими выключенными генами.

Исследование близнецов НАСА впервые искало у людей признаки метилирования ДНК, связанного с космическим полётом. Исследователи изучили два вида клеток иммунной системы — В-лимфоциты и Т-лимфоциты. Они обнаружили, что картина метилирования в иммунных клетках Скотта Келли во время полёта немного изменилась по сравнению с пробами, взятыми до него. Это говорило о том, что организм реагировал на пребывание в космосе, меняя набор активных и заглушённых генов. Однако степень метилирования в иммунных клетках Скотта Келли не отличалась от той, что наблюдалась

в клетках его брата, — пример того, как полезно было иметь брата-близнеца Скотта в качестве контроля.

Заглушение генов метилированием — пример изменения не генетического, а эпигенетического. Эпигенетические изменения касаются того, включён ген или выключен, а генетические затрагивают саму последовательность ДНК и тем самым меняют то, что производится, когда ген включён. Генетические изменения могут быть наследуемыми, то есть передаваться следующим поколениям, и есть некоторые данные, что эпигенетические — тоже. У астронавтов этого пока не изучали — у Скотта Келли дети появились ещё до его года в космосе, — но это важно для людей, которые когда-нибудь, возможно, будут жить в космических поселениях из поколения в поколение. Любые наследуемые изменения могли бы помочь им приспособиться к условиям других миров — но могли бы и затруднить им возвращение на Землю.

Возвращение во многих отношениях — самая трудная часть любого путешествия в космос. Колоссальные перегрузки при входе в атмосферу Земли — до пяти g — тяжелы для любого, но особенно для организма, который много месяцев не ощущал веса. Поначалу серьёзным испытанием может стать даже обычная земная сила тяжести. Астронавтам и космонавтам, как правило, помогают выбраться из корабля после посадки, и часто им нужна помощь, чтобы сделать первые шаги. Полное восстановление организма занимает месяцы: хорошее эмпирическое правило — примерно неделя восстановления на каждую неделю в космосе.

Данные, собранные у Скотта Келли сразу после возвращения на Землю почти через год в космосе, показали, каким потрясением для организма стал спуск. Содержание многих веществ в крови и моче, которое отслеживали до и во время полёта, именно в момент возвращения на Землю резко подскочило или упало. Среди них были маркеры регуляции плотности костей, водного баланса и общего стресса. Иммунная система, судя по огромному количеству веществ, связанных с воспалением, словно заработала на износ.

Но многие изменения в организме Скотта Келли вскоре после возвращения пришли в норму. Он вернул 7 процентов веса, потерянных в космосе. Его кишечная микрофлора всего через несколько недель вернулась к дополётному составу. Теломеры укоротились и уже через два дня после возвращения стали почти такой же длины, как до полёта. Изменения метилирования ДНК обратились вспять: многие гены, выключенные в космосе, на Земле снова включились. Точно так же измерения активности генов показали, что многие гены, работавшие в космосе активнее, дома стали менее активны. Даже некоторые показатели глаз — в том числе толщина сетчатки и сосудистой оболочки, увеличившаяся в космосе, — на Земле вернулись к норме.

И всё же некоторые изменения, произошедшие в организме Скотта Келли в космосе, не прошли и через полгода после возвращения. Многие мутации в его ДНК — инверсии и транслокации в участках хромосом — сохранились. Точно так же, хотя 91 процент генов, изменивших в космосе свою активность, вернулся к норме, через полгода на Земле изменённой оставалась активность 811 генов Скотта Келли. Некоторые из них участвуют в работе иммунной системы и в восстановлении повреждений ДНК. Авторы в своей статье 2019 года отметили, что эти гены стоит изучить подробнее, поскольку они «могут

оставаться изменёнными в течение длительного времени в результате долгого пребывания в космическом полёте»⁹².



Джон Чарлз, учёный НАСА, руководивший Исследованием близнецов, рассказал об этой работе в докладе в Хьюстоне в октябре 2019 года. Он подчеркнул, какой огромный коллектив работал над исследованием, которое длилось три года, хотя сам полёт Скотта Келли продолжался один. Чарлз пошутил, что у Исследования близнецов есть даже свой логотип: в НАСА, сказал он, «проект без логотипа — не проект».

По словам Чарлза, пожалуй, самый важный вывод состоит в том, что год в космосе, судя по всему, не вдвое вреднее полугода. Организм невероятно хорошо приспосабливается к невесомости, и многие изменения происходят в первые несколько месяцев. «В целом человеческий организм, по-видимому, очень устойчив к космическому полёту», — сказал он.

Чарлз признал, что за время его карьеры космическая медицина сделала огромные шаги вперёд. Но добавил, что, хотя наши знания о влиянии космоса на организм существенно расширились, в них остаются серьёзные пробелы, мешающие предсказать, что будет с людьми в экспедиции на Марс. Во-первых, полёт на Марс и обратно, по оценкам, займёт около двух с половиной лет — более чем вдвое дольше самого долгого пребывания человека в космосе. Мы просто не можем знать наверняка, как организм отреагирует на столь долгое пребывание в космосе, пока кто-нибудь этого не сделает. Но, исходя из того, что мы знаем по году Скотта Келли в космосе, Чарлз решился на прогноз.

«Я предполагаю, что более длительные космические полёты будут действовать так же, как более короткие», — сказал он. Иными словами, он считал, что в многолетней экспедиции в дальний космос с организмом будет происходить то же, что мы видим в годичной экспедиции на низкой околоземной орбите.

У самого Скотта Келли были свои выводы. «Лично я понял, что нет ничего прекраснее воды, — писал он⁹³. — В тот вечер, когда мой самолёт приземлился в Хьюстоне и я наконец смог поехать домой, я сделал именно то, что всё время обещал: вошёл через парадную дверь, вышел через заднюю и прыгнул в бассейн прямо в лётном комбинезоне. Невозможно описать, каково это — впервые за год погрузиться в воду. Больше я никогда не буду принимать воду как должное».

Но были и другие уроки. «Я понял, что год в космосе полон противоречий, — добавлял он. — Год вдали от любимого человека и испытывает отношения на прочность, и по-новому их укрепляет. Я понял, что, забираясь в ракету, которая может меня убить, я одновременно встречаюсь лицом к лицу со смертью и переживаю приключение, в котором чувствую себя живым как никогда».

В заключение он ответил на вопрос, ради которого и взялся за годичную экспедицию. «Я знаю также, что если мы хотим полететь на Марс, это будет очень, очень трудно,

⁹²Garrett-Bakelman et al., “The NASA Twins Study.”

⁹³Kelly, *Endurance*, 360–365.

обойдётся очень дорого и может стоить человеческих жизней, — писал он. — Но теперь я знаю: если мы решим это сделать, у нас получится».



Хотя год Скотта Келли в космосе дал массу сведений о том, как полёт на Марс может сказаться на организме человека, одну сторону такой экспедиции он воспроизвести не мог — облучение. Международная космическая станция находится достаточно близко к Земле, чтобы её защищала магнитосфера, поэтому воздействие космической радиации на людей на МКС не такое, как воздействие радиации за поясами Ван Аллена⁹⁴. Чтобы выяснить, как на людей подействует радиация дальнего космоса, НАСА построило установку с названием, которое показалось мне взятым из научной фантастики, — симулятор галактических космических лучей⁹⁵.

Я должен был увидеть его своими глазами.

Пройдя онлайн-обучение и сдав тест, я приехал в Брукхейвенскую национальную лабораторию на Лонг-Айленде и отметился в центре для посетителей. Мне выдали пропуск посетителя и термолюминесцентный дозиметр для учёта полученной дозы радиации. Дозиметр размером примерно с бейдж и крепится так же. Ведущий биолог Питер Гуида встретил меня в центре для посетителей, и мы пошли через парковку к его кабинету. Гуиде был шестьдесят один год, у него были тёмные волосы до плеч с проседью.

Первое, что я заметил в его кабинете, — он был заставлен растениями. «Люблю всё живое», — объяснил он. Вслед за растениями я обратил внимание на многочисленные фотографии мопсов. «Детей у меня нет, — сказал он. — Я спасаю мопсов. Но не больше двух сразу». Помимо мопсов, Гуида неравнодушен к европейским спортивным автомобилям. Каждый день он проезжает на своём «Порше Каррера» 80 километров до дома — такой выбор он сделал, чтобы его жена, у которой частная психологическая практика, жила ближе к своим клиентам. Мне показалось, что дорога его не тяготит.

В день моего визита эксперимент проводила лишь одна группа, а остальное время было отведено на калибровку и плановое обслуживание. Гуида вкратце рассказал мне об установке и о том, что я увижу. Развернув карту, он объяснил, что территория Брукхейвенской национальной лаборатории занимает более 2100 гектаров, в основном покрытых лесом. Лаборатория космической радиации НАСА занимает лишь небольшой её участок. Её построили здесь, чтобы использовать уже существующую инфраструктуру — а именно ускорители частиц. На карте я ясно видел несколько больших кругов — установки, в которых крошечные частицы гоняют по кругу с невероятно высокой скоростью. Физики

⁹⁴Mark Shavers, Edward Semones, Leena Tomi, Jing Chen, Ulrich Straube, Tatsuto Komiyama, Vyacheslav Shurshakov, et al., “Space Agency-Specific Standards for Crew Dose and Risk Assessment of Ionising Radiation Exposures for the International Space Station,” *Zeitschrift für Medizinische Physik* (2023).

⁹⁵Lisa C. Simonsen, Tony C. Slaba, Peter Guida, and Adam Rusek, “NASA’s First Ground-Based Galactic Cosmic Ray Simulator: Enabling a New Era in Space Radiobiology Research,” *PLOS Biology* 18, no. 5 (2020): e3000669.

используют ускорители для самых разных исследований, в том числе для того, чтобы сталкивать частицы вещества на огромных скоростях и получать ещё более мелкие, субатомные частицы. При определённых условиях ускорители можно использовать и для имитации космической радиации.

«Мы отрываем электроны от атомов», — объяснил Гуида. Он рассказал мне в общих чертах, как они получают заряженные частицы, очень похожие на те, из которых состоят галактические космические лучи. В космосе все элементы таблицы Менделеева от водорода до железа носятся почти со скоростью света. Считается, что это остатки взорвавшихся звёзд, разбросавших вещество по Вселенной во всех направлениях. Ускоряясь, частицы набирают энергию. То же самое можно сделать, взяв химический элемент и разогнав его в ускорителе.

«Допустим, нам нужно железо, — сказал Гуида. — Мы берём маленький кусочек оксида железа. Светим на него лазером. Он начинает испускать ионы железа. Затем мы передаём эти ионы на следующую установку, которая их разгоняет и пускает по кольцу».

Чтобы объяснить, как частицы железа приобретают заряд, любитель спортивных машин привёл автомобильное сравнение. «Лучшее сравнение, которое приходит мне в голову, — капли воды на машине после дождя. Когда трогаешься с места, часть капель слетает. Чем быстрее едешь, тем больше капель слетает. Вот так и мы заставляем электроны слетать».

Пришло время увидеть всё своими глазами. «Наденьте дозиметр», — посоветовал мне Гуида, когда мы направились к установке НАСА. Я надел. От его кабинета туда было минут пять езды. Я ехал по лесистой территории за «Порше» Гуиды на своём маленьком арендованном «Шевроле». Само здание НАСА впечатления не производило — небольшое неприметное одноэтажное строение с синим козырьком над дверью посередине. Я вошёл, и Гуида велел мне надеть одноразовые синие бахилы, как в больничной операционной. Он познакомил меня с Тревором Олсеном — у него были длинные светлые волосы, круглые очки и на вид очень удобные тапочки.

«Итак, это дозиметрическая, отсюда мы управляем пучком», — объяснил Олсен.

Там стояли столы с несколькими мониторами; на самом большом было открыто шесть окон с разными сложными на вид графиками. У задней стены, над столом с ещё одним компьютером, висели полки с папками, толстыми учебниками и настольным глобусом Марса. Противоположная стена была целиком из прозрачного стекла, за которым от пола до потолка стояли приборы с проводами и лампочками.

Олсен убрал с одного из столов использованную тарелку. «Нам кто-то принёс пирог, — сказал Олсен. — У нас есть традиция: биологи-экспериментаторы приносят нам угощение — своего рода подношение „богам пучка“, так сказать».

«Пирог — хорошее подношение?» — спросил я.

«Пирог — одно из лучших подношений», — ответил Олсен.

Если большая часть установки производила впечатление сугубо казённого учреждения, то дозиметрическая казалась почти уютной. С потолка свисали разноцветные бумажные шары, один из них жёлтый, с лучами, — похожий на Солнце. Всё свободное

место на стенах занимали распечатки схем, семейные фотографии, большой плакат с Нилом Деграссом Тайсоном, нашивки миссий НАСА и таблица Менделеева.

Олсен в общих чертах рассказал, как они управляют видом и интенсивностью заряженных частиц, которые разгоняются и образуют «пучок». В зависимости от того, что нужно для эксперимента, группа может использовать один вид атомов или смесь — примерно такую, какой подвергался бы человек в дальнем космосе. Самые лёгкие атомы — водород — составляют 89 процентов галактических космических лучей. Следующая по величине частица — гелий, на который приходится 10 процентов галактического космического излучения, а все более тяжёлые элементы вместе составляют лишь 1 процент. Всё, что тяжелее железа, в космосе встречается крайне редко, поэтому железо — самая тяжёлая частица в моделировании НАСА.

Но редкость частицы не делает её неважной. Поскольку заряженные частицы галактических космических лучей малы и летят с огромной скоростью, они проходят прямо сквозь ткани живого организма, как микроскопическая пуля. Чем крупнее атом, тем больше вреда он может причинить. Поэтому, когда речь идёт о радиации, важнее не количество излучения, которому подвергается человек, а так называемая эквивалентная доза, учитывающая не только количество, но и размер, заряд и энергию частицы, а также её биологическое действие⁹⁶.

«Я всегда сравниваю это с полкило свинца и полкило перьев, — объяснил Гуида. — Веса они одинаковы. Но если я уроню полкило перьев себе на ногу с высоты плеча, ничего особенного не случится. А если уроню на ногу полкило свинца, могу сломать несколько пальцев. Вот это и есть аналог эквивалентной дозы. От падения полкило свинца биологический эффект гораздо больше, чем от того же веса перьев».

Группа только что закончила облучение для эксперимента на крысах, изучавшего действие галактического космического излучения на нервную систему. Исследовательницы, проводившей эксперимент, Кэтрин Дэвис-Такач, в тот день не было, но позже она рассказала мне, что они изучали. Идея состояла в том, чтобы воспроизвести облучение во время экспедиции на Марс, подвергая крыс малым дозам имитированных галактических космических лучей в течение долгого времени. Прежде в исследованиях испытуемых часто облучали большой дозой разом — примерно так, как пострадали выжившие после атомных бомбардировок Хиросимы и Нагасаки, — а постепенный подход, как считается, реалистичнее воспроизводит хроническое облучение, которому люди будут подвергаться в дальнем космосе⁹⁷.

«Каждый день мы достаём крыс из их отдельных клеток, сажаем в пластиковые держатели, а затем загружаем в так называемый „крысиный отель“ на пятнадцать крыс. По

⁹⁶Francis A. Cucinotta, Myung-Hee Y. Kim, Lori J. Chappell, and Janice L. Huff, “How Safe Is Safe Enough? Radiation Risk for a Human Mission to Mars,” *PLOS One* 8, no. 10 (2013): e74988.

⁹⁷Kotaro Ozasa, Eric J. Grant, and Kazunori Kodama, “Japanese Legacy Cohorts: The Life Span Study Atomic Bomb Survivor Cohort and Survivors’ Offspring,” *Journal of Epidemiology* 28, no. 4 (2018): 162–169.

сути, это пять рядов по три крысы», — объяснила Дэвис-Такач. Весь «крысиный отель» относят в мишенный зал и закрепляют в конце канала пучка. Когда все люди благополучно выйдут, пучок включают на заданное время. «Суммарная доза за день очень мала», — сказала Дэвис-Такач.

Поскольку облучение крыс на этот день закончилось, Олсен предложил отвести меня в мишенный зал, где подопытных облучают пучком. Олсен позвонил оператору и предупредил, что мы собираемся войти. Нам разрешили. Выйдя из дозиметрической, мы повернули направо, и Олсен вынул ключ доступа из настенного блока. Ещё одно настенное устройство отсканировало радужку глаз Олсена — такую меру безопасности я искренне считал возможной только в кино, — и дверь в заднюю часть установки открылась. Мы вошли. По онлайн-обучению, пройденному перед визитом, я знал, что находиться в зоне, куда мы входили, при включённом пучке смертельно. Входя, я почувствовал, как участился пульс.

Теперь мы были в извилистом тоннеле. За поворотом мы оказались в небольшом помещении с белыми стенами без окон, заставленном оборудованием. Это и был мишенный зал. Слева он напоминал механическую мастерскую. Правая половина помещения имела закруглённые стены и потолок из гофрированного металла в форме трубы. Мы, собственно, были под землёй. Из стены в конце трубчатой части помещения выходил длинный путь с синим основанием и круглыми металлическими рельсами сверху. На нём стояли самые разные устройства — места, куда можно ставить контейнеры с подопытными, например «крысиный отель».

Олсен показал мне один из способов регулировать интенсивность пучка — опуская на его пути одну из нескольких прямоугольных пластин из полиэтилена высокой плотности, разновидности пластмассы. «Мы называем это деградером, — объяснил Олсен. — Поскольку мы знаем, что это за материал, мы можем рассчитать, сколько энергии потеряет пучок, проходя через пластину такой толщины».

Полиэтиленовые пластины были белыми, но на них виднелась тёмная квадратная тень там, где много раз проходил пучок. В самом центре пластины была ещё более тёмная тень — от пучка, проходившего сквозь неё более узко сфокусированным.

Прежде чем мы покинули мишенный зал, Олсен должен был провести обход: последовательно проверить все участки помещения и убедиться, что внутри никого не осталось. Хотя помещение было совсем маленьким и вероятность случайно кого-то там оставить казалась ничтожной, я оценил эту дополнительную меру предосторожности — учитывая, насколько опасно оказаться запертым внутри во время работы пучка.

Исследования, которые Кэтрин Дэвис-Такач проводит в Лаборатории космической радиации НАСА, проливают свет на то, как космическая радиация может повлиять на мозг и умственные способности людей, летящих на Марс. Исследования астронавтов на низкой околоземной орбите говорят о том, что в космосе их реакция может замедляться. Один из способов проверить это — дать астронавтам программу на планшете, где на экране ненадолго появляется точка или символ. Астронавт должен нажать кнопку, когда увидит символ. Но иногда после пребывания в космосе реакция у них чуть медленнее. Или они

вовсе его не замечают. Такие провалы внимания могут говорить о том, что пребывание в космосе сказалось на умственных способностях человека.

Что именно вызывает это когнитивное действие, — тут возможны варианты. Может быть, астронавты просто устают. В космосе они часто спят меньше, чем дома, а на качество сна может влиять микрогравитация или шум. Известно, что недосыпание замедляет реакцию. Может быть, дело в стрессе от жизни в тесном пространстве с горсткой других людей посреди космического вакуума. А может быть, на мозг каким-то образом действует облучение.

Чтобы выяснить, какая из причин вызывает когнитивные изменения у некоторых астронавтов, Дэвис-Такач разработала для крыс тест на психомоторную бдительность, похожий на тот, что используют для людей. «К сожалению, нельзя посмотреть на крысу и сказать: „Эй, крыса, пойдёшь нажми вон ту клавишу, а потом вернись и нажми снова“, — сказала Дэвис-Такач. — Их нужно подкреплять едой».

Она придумала устройство с кнопкой, которую крыса может нажать носом. Когда кнопка загорается, крыса должна её нажать. Если она делает это быстро, то получает в награду еду. Как и у людей, у крыс, лишённых сна или с каким-то другим ухудшением умственных способностей, реакция медленнее. Крысы в экспериментах Дэвис-Такач проходят тест каждый день после облучения. Её исследования показали, что у крыс, регулярно облучаемых имитированными галактическими космическими лучами, реакция медленнее, чем у крыс, облучаемых другими видами радиации или не облучаемых вовсе. Иными словами, радиация, которой люди будут подвергаться в дальнем космосе, в том числе на Марсе, по-видимому, влияет на умственные способности.

«Нам нужно, чтобы астронавт всегда мог быстро реагировать, — сказала Дэвис-Такач. — Всё, что они делают, сопряжено с риском для жизни. Поэтому они должны мгновенно реагировать на любую нештатную ситуацию. Наши данные говорят о том, что делать это они будут медленнее — справиться они по-прежнему смогут, но медленнее и, возможно, не так точно».

Исследования на крысах, похоже, говорят о том, что радиация дальнего космоса может действовать на людей так, что это существенно скажется на их здоровье и безопасности. Результаты исследований заставляют Дэвис-Такач тревожиться о том, как это скажется на людях на Луне или в полёте на Марс.

«Думаю, повышается вероятность несчастных случаев: они будут хуже, чем раньше, предвидеть аварийную ситуацию и медленнее на неё реагировать. Они будут чуть медленнее, а в среде, где на счету каждая секунда, это делает всё ещё опаснее», — сказала она.

Я уезжал из Брукгейвенской национальной лаборатории с новым пониманием того, какие трудности радиация создаст на пути к жизни на Марсе. Но меня не отпускал ещё один вопрос — тот, что может поставить крест на любых попытках создать постоянное, самодостаточное поселение за пределами Земли.

Можем ли мы рожать там детей?

Глава 4. Космические дети

Ежегодный фестиваль SXSW в Остине, штат Техас, может слегка ошеломить. То, что в 1987 году начиналось как довольно скромный четырёхдневный музыкальный фестиваль, собравший около 700 человек, превратилось в десятидневное грандиозное действо с дискуссиями при участии знаменитостей и бизнесменов, кинопоказами, выставками технологий и — да — музыкой. Сегодня в центр Остина на «Саут-бай», как называют фестиваль знатоки, съезжаются сотни тысяч человек. Когда в начале 2000-х я был аспирантом Техасского университета, я всегда избегал фестиваля с его неизбежными толпами, и это было сравнительно легко: он обычно приходился на ту же неделю, что и весенние каникулы в университете.

Но когда в 2023 году я получил приглашение на дискуссию SXSW под названием «Секс в космосе: секс и размножение за пределами Земли», я понял, что должен пойти. Ведь любые планы создать постоянное поселение на Марсе или где-либо ещё в космосе обречены, если у нас не будет там детей.

Приглашение пришло от голландского предпринимателя Эгберта Эделбрука, одного из участников дискуссии. Впервые я встретил Эделбрука в Хьюстоне в 2019 году, через два года после того, как он основал компанию SpaceBorn United. Тогда он только начинал собирать деньги на амбициозную цель — первым осуществить размножение человека в космосе. Эделбрук производил впечатление лощёного профессионального бизнесмена — молодой, симпатичный, с широкой улыбкой и тёплым характером. У него была докторская степень в области развития корпоративной смелости, что казалось вполне уместным для дерзкого проекта, которым он теперь занимался. Он рассказал мне, что идея компании возникла после того, как он стал донором спермы. Ему стало интересно, как можно использовать донорскую сперму, и он начал знакомиться со вспомогательными репродуктивными технологиями, например экстракорпоральным оплодотворением (ЭКО). Всю жизнь увлекавшийся космосом — в детстве ему не раз снилось, что он на другой планете, — Эделбрук задумался, возможны ли ЭКО и последующие стадии развития эмбриона за пределами Земли.

Теперь, через четыре года после нашей первой встречи, мне не терпелось узнать, чего добилась SpaceBorn United, и я проехал два с половиной часа до Остина. Улицы центра были полны людей с большими яркими пропусками SXSW, свисавшими на шнурках с шеи. Эделбрук встретил меня у стойки регистрации в Конференц-центре Остина. Он познакомил меня с Александром Лейендекером, ещё одним участником дискуссии и советником SpaceBorn United. Пилот вертолёт в резерве ВВС США, Лейендекер получил степени магистра и доктора в Институте углублённого изучения человеческой сексуальности. Мы прошли по коридору и встретились с двумя другими участниками.

Симон Дюбе, постдок Института Кинси при Университете Индианы, изучал человеческую сексуальность с упором на «эротическое взаимодействие человека и машины». Четвёртым участником была Шона Пандья, канадский врач неотложной помощи, специализирующаяся на экстремальных средах и по-настоящему увлечённая космосом. Пандья, казалось, была повсюду в мире космической медицины и космической науки. Я

мельком видел её за несколько месяцев до того на рабочем совещании исследователей Программы НАСА по изучению человека в Галвестоне, и её имя попадалось мне в списках докладчиков почти на каждой конференции или мероприятии, связанном с космосом, о которых я узнавал или на которых бывал⁹⁸. Дискуссия обещала быть интересной.

После быстрого обеда мы прошли несколько кварталов до отеля JW Marriott, где проходила дискуссия. Я сопровождал Эделбрука и других участников в комнату ожидания. Пока Дюбе, Лейендекер и Пандья непринуждённо болтали за столом, я заметил, что Эделбрук сидит один в углу и репетирует своё выступление. Он, похоже, нервничал. Это было громкое публичное мероприятие и большая возможность рассказать о том, чем занимается его компания. Вскоре появилась женщина с гарнитурой и сказала, что пора идти на сцену. Она провела нас по задней лестнице, служебным коридором — и в зал, полный людей.

Первым на сцену вышел Лейендекер; он представился исследователем сексуальности и астросексологом. Затем он по очереди представил остальных участников. Выйдя на сцену, Шона Пандья поблагодарила его и добавила: «Надеюсь, у нас будет воодушевляющая беседа со счастливым концом».

Было ясно, что это будет не сухая академическая дискуссия.

Каждый из участников сказал несколько слов о том, почему важно изучать секс и размножение в космосе⁹⁹. Пандья доказывала, что исследования размножения человека в космосе нужны не только для нашего долгосрочного выживания, но и в ближайшей перспективе. Космический туризм набирает обороты, и, поскольку ожидается появление космических отелей на низкой околоземной орбите, понимание последствий зачатия ребёнка в космосе, отметила она, становится крайне важным. «Мы знаем, чем люди занимаются в отелях», — пошутила она.

Разговор перешёл к тому, занимался ли кто-нибудь уже сексом в космосе. Официальный ответ государственных космических агентств вроде НАСА — никто, но это не мешает строить догадки. Скорее всего, тем, что Пандья назвала «первым стыковочным манёвром людей на орбите», могли заниматься Марк Ли и Джен Дэвис. В 1992 году они, только что поженившись, провели вместе восемь дней на шаттле «Индевор». Обычно НАСА не включало супругов в одну миссию, но Ли и Дэвис держали свой брак в секрете почти до самого старта и стали первой парой, проводшей медовый месяц в космосе. Впоследствии они отказывались отвечать на любые вопросы о том, было ли у них что-то интимное на орбите, а НАСА уж точно не желало слышать никаких намёков на то, что его астронавты вели себя «непрофессионально»¹⁰⁰.

⁹⁸В следующем году было объявлено, что она полетит в космос в составе научной миссии Virgin Galactic как представитель Международного института астронавтических наук.

⁹⁹“Sex in Space,” SXSW 2023, <https://schedule.sxsw.com/2023/events/PP128918>.

¹⁰⁰Вот что сказала по этому поводу Дженнифер Фогарти, бывший главный научный сотрудник Программы НАСА по изучению человека: «Уединиться для интимной близости на шаттле было бы невозможно: там не было отдельных кают экипажа, и лишь крошечный отсек туалета (едва вмещавший одного человека) хоть как-то напоминал то,

Высказывались догадки, не нарушает ли микрогравитация основные физиологические процессы, необходимые для полового акта, особенно у мужчин. Но астронавт НАСА Майк Маллейн развеял эти опасения в своих воспоминаниях 2006 года «Верхом на ракетах»¹⁰¹. «К моему удивлению, проснулся я не один, — писал он. — Мой ближайший друг был бодр и наготове. Эрекция была такой сильной, что причиняла боль. Я мог бы просверлить криптонит. За три полёта на шаттле я насчитал пятнадцать пробуждений в космосе, и почти каждый раз, а также много раз во время сна, мой деревянный дружок встречал меня во всеоружии».

Вот и решилась эта потенциальная проблема.

А как у женщин? Ни в одном рассказе женщин-астронавтов пока не описано, как пребывание в микрогравитации сказалось на их либидо или сексуальной реакции. Но, как и везде, размножение человека в космосе будет зависеть не только от самого полового акта. Ещё один вопрос — как условия за пределами Земли могут повлиять на гаметы, то есть половые клетки.

В статье 2022 года Стефан дю Плесси и его коллеги сделали обзор всей доступной научной литературы о том, как условия космоса влияют на подвижность сперматозоидов и другие показатели мужской фертильности¹⁰². Они нашли в общей сложности двадцать одну подходящую статью, в которых разными методами оценивалось влияние микрогравитации и/или радиации на сперму, — хотя лишь в одном исследовании изучалось совместное действие микрогравитации и радиации. Только четыре эксперимента были проведены в космосе. В четырёх исследованиях использовалась человеческая сперма — ни одно из них не проводилось в космосе, — а в остальных изучались животные. Авторы заключили, что из-за скудости данных трудно сказать, как космический полёт влияет на подвижность сперматозоидов — положительно, отрицательно или никак. Однако они нашли свидетельства того, что под действием микрогравитации и радиации выработка спермы снижается. Более того, облучение может вызывать вредные мутации ДНК сперматозоидов — мутации, которые могут передаваться следующим поколениям.

Учитывая, сколько медико-биологических исследований проведено в космосе, скудость исследований размножения меня удивила. Об этом говорилось и в докладе Национальных академий наук, инженерии и медицины США, опубликованном в 2023 году:

что мы здесь, на Земле, считаем уединением. В гражданской авиации есть „клуб высотой в милю“, но клуба высотой в 261 милю [420 км] для шаттла, думаю, не существует».

¹⁰¹Mike Mullane, *Riding Rockets: The Outrageous Tales of a Space Shuttle Astronaut* (Simon and Schuster, 2007).

¹⁰²Khulood Ahrari, Temidayo S. Omolaoye, Nandu Goswami, Hanan Alsuwaidi, and Stefan S. du Plessis, “Effects of Space Flight on Sperm Function and Integrity: A Systematic Review,” *Frontiers in Physiology* 13 (2022): 904375.

понимание того, как космос влияет на размножение, «жизненно важно для долгосрочного освоения космоса, но до сих пор почти не изучено»¹⁰³.

Обращаясь к другим участникам дискуссии на SXSW, Александр Лейендекер спросил, почему секс и размножение в космосе так мало изучены. Шона Пандья отметила, что на самом деле исследования размножения проводились на самых разных модельных животных — грызунах, медузах, перепелах, морских ежах и рыбах. Но данные, заметила она, противоречивы.

Лейендекер согласился и указал, что НАСА исторически не поощряло публичное обсуждение сотрудниками темы секса и размножения человека в космосе. Он привёл пример Ивонн Клируотер, руководившей в 1980-х годах исследовательской группой НАСА по обитаемости. Работая над проектами космических жилищ, она выступала за то, чтобы в них были уединённые звукоизолированные спальные места.

«Если мы запираем людей на 90 дней, мы должны предусмотреть возможность интимных отношений», — писала Клируотер в статье 1985 года для журнала *Psychology Today*¹⁰⁴. Реакция была резкой, сказал Лейендекер. Газетные заголовки намекали, что деньги налогоплательщиков легкомысленно тратятся на продвижение секса в космосе, и НАСА пришлось поручить кому-то заверить Конгресс, что это не так. По словам Лейендекера, впоследствии НАСА вынудило Клируотер публично заявить, что никакой работы по продвижению или поощрению сексуальной активности среди астронавтов не ведётся. «Так что политически [секс] всегда был в НАСА очень взрывоопасной темой», — заключил Лейендекер.

«К счастью, они это понимают», — добавил Эгберт Эделбрук, имея в виду, что руководство НАСА сознаёт: политический климат ограничивает возможности агентства финансировать и поддерживать исследования секса и размножения человека. «И они прямо призывают специализированные биотехнологические компании вроде SpaceBorn United заняться этой задачей», — сказал он. Эделбрук предложил, чтобы продвинуться в понимании размножения человека за пределами Земли, разделить секс и размножение. Тогда, доказывал он, каждую стадию размножения человека можно будет тщательно изучить и выяснить, как на неё влияют условия космоса.

«В ближайшие пять — десять лет мы сосредоточимся на самой первой стадии размножения... зачатии и первых пяти-шести днях развития эмбриона», — сказал Эделбрук. Он встал, подошёл к столу рядом с помостом, где сидели участники, и снял белую скатерть — под ней оказалось нечто похожее на НЛЮ. Это был дискообразный предмет, в основном белый, с чёрным кольцом вокруг широкого основания. К плоской вершине он слегка сужался, и выглядело это как летающая тарелка.

¹⁰³National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, *Thriving in Space: Ensuring the Future of Biological and Physical Sciences Research: A Decadal Survey for 2023–2032* (The National Academies Press, 2023).

¹⁰⁴William J. Broad, “Recipe for Love: A Boy, a Girl, a Spacecraft,” *New York Times*, February 11, 1992, <https://www.nytimes.com/1992/02/11/science/recipe-for-love-a-boy-a-girl-a-spacecraft.html>.

«Вот здесь и будет происходить настоящее волшебство», — объявил Эделбрук. Это была полноразмерная копия космической капсулы, в которой разместится миниатюрная лаборатория ЭКО. Диск внутри мини-лаборатории можно вращать с разной скоростью, создавая искусственную гравитацию, чтобы воспроизвести условия на Луне или Марсе, объяснил он. С помощью микрофлюидики камеру со сперматозоидами можно соединить с камерой, где находится яйцеклетка, чтобы произошло оплодотворение.

«Эта капсула может возвращаться. У неё есть теплозащитный экран и парашютная система. Она может доставлять на Землю пятидневные эмбрионы», — сказал Эделбрук.

В обычных условиях оплодотворённая яйцеклетка начинает делиться примерно через двенадцать — тридцать шесть часов. Ещё примерно через пятнадцать часов каждая из получившихся клеток снова делится, и клеток становится четыре. Деления продолжаются, и общее число клеток эмбриона каждый раз удваивается. Эти ранние деления происходят так быстро, что клетки не успевают вырасти, прежде чем разделиться. Поэтому с каждым циклом делений клетки становятся мельче. После семи циклов эмбрион представляет собой шарик из 128 крошечных клеток с полостью в центре. Последующие деления приводят к образованию нескольких слоёв клеток, которые начинают дифференцироваться: одни со временем образуют плод, другие — иные структуры, например плаценту и пуповину.

На этих ранних стадиях развития эмбрион обычно движется по маточной трубе. Примерно через пять-шесть дней он достигает матки, где имплантируется и завершает развитие. К этому времени эмбрион достигает стадии полого шарика, называемой бластоцистой. При обычном ЭКО яйцеклетку оплодотворяют сперматозоидом в чашке с питательной средой, где она развивается до бластоцисты. Затем эмбрион можно заморозить до момента переноса в матку. SpaceBorn United планирует, что в космосе в устройстве будут одновременно оплодотворяться и развиваться до бластоцисты около двадцати эмбрионов в трёхмерной питательной среде, после чего их заморозят. Как объяснил Эделбрук слушателям SXSW, заморозка приостановит развитие эмбрионов и защитит их при возвращении на Землю.

«Нам нужно их защитить, и мы делаем это, подвергая их криоконсервации точно так же, как это ежедневно делается в клиниках ЭКО, чтобы благополучно доставить их обратно в клинику ЭКО и изучить их состояние, — сказал он. — Наш первый прототип готов, и он полетит на ракете в этом году, в ближайшие шесть месяцев».

Зал разразился аплодисментами, и Эделбрук впервые с начала дискуссии улыбнулся.



Я уезжал из Остина, ещё больше заинтересовавшись возможностью размножения человека в космосе, особенно амбициозными сроками, которые объявил Эделбрук. Но план испытать прототип в том же году оказался чересчур оптимистичным. Компания, с которой был заключён контракт на запуск в Исландии, не успела получить необходимые разрешения. После новых задержек первое испытание прототипа наконец состоялось в 2025 году на ракете SpaceX, стартовавшей с мыса Канаверал.

SpaceBorn United — одна из немногих групп, пытающихся изучать размножение в космосе. Отчасти потому, что НАСА, Европейское космическое агентство и другие

государственные организации неохотно финансируют такую работу. Об этом говорилось в докладе Национальных академий, где рекомендовалось в десять раз увеличить финансирование биологических и физических наук — в том числе исследований размножения. Я поговорил с Робертом Ферлом, одним из сопредседателей группы, подготовившей доклад. Он сказал мне, что исследования должны охватывать размножение множества разных организмов, поскольку основные биологические принципы у них во многом те же, что и у человека.

«Мы должны знать, что происходит на протяжении поколений, потому что тут задействованы фундаментальные процессы — когда образуется яйцеклетка, когда образуется сперматозоид и когда новый [эмбрион] — неважно, какого организма, — начинает расти и развиваться», — сказал он.

Некоторые исследователи считают, что работа SpaceBorn United принесёт положительные результаты. Джеффри Альбертс, профессор Университета Индианы, изучавший влияние космических полётов на грызунов, сказал мне, что настроен оптимистично. «Я пришёл к общему выводу, что оплодотворение [в космосе], вероятно, получится», — сказал он.

Но оплодотворение — лишь первая часть. Чтобы команда Эделбрука могла изучить, как космический полёт влияет на оплодотворение и первые стадии деления клеток, эмбрионы должны вернуться на Землю. Дорит Доновиэль, директор Института трансляционных исследований космического здоровья при Бейлорском медицинском колледже, сказала мне, что её беспокоит этап возвращения в плане SpaceBorn United.

«Эти бластоцисты будут испытывать огромные перегрузки при возвращении», — сказала она. Доновиэль рассказала, что её тревожат и правовые аспекты исследований частных компаний вроде SpaceBorn United. Она стала соавтором колонки, опубликованной в *Science* в 2023 году, где доказывалась необходимость более строгих и последовательных правил для исследований в коммерческой космической отрасли¹⁰⁵. Доновиэль сказала, что её особенно беспокоят долгосрочные планы SpaceBorn United проводить эксперименты по ЭКО в космосе с человеческими эмбрионами. Она считает это неэтичным и опасается, что это может настроить общественное мнение против любых космических исследований. «Это бросает тень на всю нашу отрасль и область, поэтому я категорически против этой работы», — сказала она.

Через несколько недель после выступления на SXSW я спросил Эделбрука по Zoom, что он думает об опасениях Доновиэль. Он сказал, что SpaceBorn United очень серьёзно относится к этическим вопросам и недавно взяла в команду двух советников по биомедицинской этике. Он также подчеркнул, что компания будет соблюдать все международные правовые и этические нормы использования человеческих эмбрионов.

Но эксперименты по размножению не обязательно должны проводиться на человеческом материале. Джеффри Альбертс сказал мне, что хотел бы увидеть, как

¹⁰⁵Vasiliki Rahimzadeh, Timothy Caulfield, Jennifer Fogarty, Serena Auñón-Chancellor, Pascal Borry, Jessica Candia, I. Glenn Cohen, et al., “Human Research in Commercial Spaceflight: Ethically Cleared to Launch?,” *Science* 381, no. 6665 (2023).

несколько поколений животных, например крыс, рождаются в космосе, проживают там всю жизнь и размножаются. Такие эксперименты окончательно показали бы, есть ли у жизни в космосе какие-либо последствия для нескольких поколений, — вопрос, на который нет ответа и который подчёркивается в докладе Национальных академий. Результаты таких исследований многое сказали бы о том, могут ли космические поселения когда-нибудь стать реальностью. Но для Эделбрука то, что исследования на животных в нескольких поколениях так и не были одобрены, — смысл существования его компании. И хотя её исследования могут вызывать у кого-то неловкость, он считает важным раздвигать границы.

«Человечество всегда выигрывало, расширяя свою зону комфорта, — сказал он. — И, по-моему, хорошо продолжать делать это и в космосе».

Эделбрук надеется показать, что первые шаги формирования человеческого эмбриона могут происходить при пониженной гравитации, как на Луне или Марсе, — это было бы большим шагом к доказательству того, что космические поселения осуществимы. Но нам ещё нужно знать о более поздних этапах развития плода — формировании органов, скелета и мозга.

Первая экспериментальная проверка всех стадий развития, от оплодотворения до рождения, была проведена на борту шаттла «Колумбия» в 1994 году¹⁰⁶. В эксперименте участвовали японские рисовые рыбки, медаки, летавшие на шаттле в маленьком аквариуме. По словам биолога Кэнъити Идзири, разработавшего эксперимент, прежние опыты показали, что в микрогравитации рыбы обычно плавают «петлями». Однако в экспериментах во время параболических полётов выяснилось, что некоторые медаки при пониженной гравитации плавают нормально. Идзири и его коллеги скрестили этих рыб между собой и вывели линию медак, которые всегда нормально плавают в микрогравитации. Из этой линии для эксперимента на шаттле отобрали четырёх особей — двух самцов и двух самок.

На третий день миссии японский астронавт Тиакки Мукай заметила в аквариуме три крошечных икринки. На следующий день их было десять. За четырнадцать дней полёта было отложено в общей сложности сорок три икринки. На 12-й день из одной икринки вылупился малёк, и Мукай сняла на видео, как крошечная рыбка — первое позвоночное животное, родившееся в космосе, — плавает по аквариуму. Вскоре вылупились ещё семь. Все восемь мальков пережили возвращение на Землю, и исследователи отметили, что они, по-видимому, вели себя нормально. Результаты выглядели обнадеживающими для перспектив размножения за пределами Земли.

На видео, снятом во время полёта, запечатлено спаривание взрослых рыб — первый известный случай секса в космосе. Видео позволило исследователям также проследить развитие рыб на всех стадиях — от эмбриона до появления малька. То, что медаки откладывают икру, развивающуюся вне тела матери, и что икринки прозрачные, — большое преимущество для изучения их развития. Но это вовсе не обязательно многое говорит о том,

¹⁰⁶Kenichi Ijiri, “Fish Mating Experiment in Space What It Aimed at and How It Was Prepared,” *Biological Sciences in Space* 9, no. 1 (1995): 3–16.

как условия космоса повлияют на развитие человека. Чтобы лучше понять, что будет происходить при беременности у человека в космосе, нужно обратиться к исследованиям размножения млекопитающих.



В 1983 году учёные Института медико-биологических проблем в Москве отправили в космос десять беременных крыс на советском спутнике «Космос-1514». На момент запуска все крысы были на тринадцатом дне беременности, которая обычно длится двадцать один день. Это соответствует началу третьего триместра, когда у плода развиваются кости, мышцы и органы. Исследователи назвали эту стадию беременности «наиболее стабильной» и поэтому выбрали её для первого в истории эксперимента по изучению влияния космического полёта на внутриутробное развитие млекопитающего¹⁰⁷.

Исследователи отметили, что беременные крысы в полёте ели столько же, сколько беременные крысы контрольной группы, содержавшиеся на Земле в похожих условиях. Однако побывавшие в космосе крысы прибавили в весе гораздо меньше — в среднем всего пять граммов против шестидесяти пяти в контрольной группе. Были и другие различия. У «космических» крыс был ниже уровень гемоглобина, печень и вилочковая железа уменьшились, а надпочечники несколько увеличились.

Пять беременных крыс после возвращения на Землю умертвили и вскрыли, чтобы исследовать состояние плодов в их матках. Все плоды — теперь на восемнадцатом дне развития — выжили. Однако в некоторых плацентах произошли потенциально опасные кровоизлияния, вызванные, как считается, сильными перегрузками при спуске.

Остальных пять самок оставили в живых, и их беременность завершилась. Все пять родили, но в одном помёте детёныши родились мёртвыми. Их гибель объяснили осложнениями при родах: один крупный детёныш — первый, кто пытался родиться, — застрял в родовых путях. Это продолжалось больше суток, и остальные детёныши, по видимому здоровые, погибли от нехватки кислорода. Как и все астронавты, возвращающиеся из космоса на Землю, мать была измождена и слаба. Ослабленные мышцы, возможно, в том числе мышцы матки, сокращающиеся во время схваток и родов, могли способствовать осложнениям.

Даже у крыс, родивших живых детёнышей, роды длились дольше обычного. Из детёнышей, родившихся, казалось бы, здоровыми, примерно каждый пятый погиб, не прожив и недели. По сравнению с детёнышами беременных крыс контрольной группы, содержавшихся в похожих условиях на Земле, детёныши, побывавшие в космосе, были при рождении мельче. Вскрытие умерщвлённых плодов показало, что их кости сформировались не так полно, как у плодов контрольной группы.

Раз потеря плотности костей — одно из хорошо известных последствий микрогравитации для взрослых, наверное, неудивительно, что невесомость влияет и на

¹⁰⁷L. V. Serova, L. A. Denisova, V. F. Makeeva, Na Chelnaia, and A. M. Pustynnikova, “The Effect of Microgravity on the Prenatal Development of Mammals,” *Physiologist* 27 (1984): S9–S12.

кости развивающегося плода. Это может стать большой проблемой для космических поселений. Если дети будут рождаться с не до конца сформированными костями, это может повысить младенческую смертность и сказаться на дальнейшем развитии костей. Что будет с ребёнком, родившимся на Марсе с задержкой развития костей и проводящим всё детство при силе тяжести в три восьмых земной? Сформируются ли его кости полностью? Быть может, одни кости разовьются нормально, а другие окажутся ослабленными?

Чтобы узнать больше о том, как потеря плотности костей может сказаться на размножении в космосе, я побывал у Дженнифер Фогарти, сменившей Джона Чарлза на посту главного научного сотрудника Программы НАСА по изучению человека. В её кабинете на седьмом этаже корпуса № 1 Космического центра имени Джонсона я спросил, одинаково ли теряют плотность в микрогравитации все кости. Она объяснила, что, по их данным, нет. Некоторые кости, например бедренная, теряют в космическом полёте гораздо большую долю плотности, чем другие.

«А таз?» — спросил я, думая о том, какую важную роль он играет, выдерживая дополнительный вес во время беременности. Фогарти объяснила, что изменения плотности костей таза изучались меньше. Отчасти потому, что для измерения плотности костей нужны рентгеновские снимки, а многократное облучение таза означает облучение половых органов потенциально опасными дозами. Большая часть данных о потере плотности костей получена по рентгеновским снимкам запястья или пятки — до них легко добраться, и они служат косвенным показателем для всех костей тела.

И всё же изменения плотности костей у астронавтов изучены достаточно, чтобы сделать некоторые общие выводы¹⁰⁸. Одна из костей, теряющих в микрогравитации больше всего плотности, — головка бедренной кости, шарообразный выступ, входящий в тазобедренный сустав и соединяющий бедро с тазом. Фогарти показала мне рентгеновские снимки тазобедренных суставов астронавтов до и после космического полёта.

«О плотности судят по непрозрачности, — объяснила она, указывая на чёрно-белое изображение на экране. — Видите, кортикального слоя почти нет? — сказала она, показывая на место на снимке. — Всё трабекулярное. До самого края».

Кортикальная кость — плотная наружная часть кости, во многом обеспечивающая её прочность. Внутренняя же часть некоторых костей, например позвонков и длинных костей рук и ног, во многом состоит из трабекулярной (губчатой) кости. Хотя трабекулярная кость тоже придаёт костям прочность, она гораздо менее плотная, потому что в ней есть большие пустоты — поры, и она похожа на пену. В кортикальной кости тоже есть поры, но очень мелкие, и невооружённому глазу она кажется сплошной.

Два вида костной ткани стали решением задачи, с которой столкнулись наши далёкие предки, эволюционируя от рыб, живших в воде, к животным, живущим на суше. Выталкивающая сила воды уравнивает силу тяжести — поэтому астронавты часто тренируются для работы в невесомости в огромных бассейнах. Возможно, этим объясняется и то, что у медок в микрогравитации не было проблем с развитием костей, а у

¹⁰⁸J. H. Keyak, A. K. Koyama, A. LeBlanc, Y. Lu, and T. F. Lang, “Reduction in Proximal Femoral Strength due to Long-Duration Spaceflight,” *Bone* 44, no. 3 (2009): 449–453.

крыс были. Выход из воды подвергает тело полному действию силы тяжести¹⁰⁹. Эволюционируя от рыбообразных предков, первые четвероногие наземные животные должны были выработать более прочный скелет, чтобы выдерживать свой новообретённый вес. Но более толстые кости добавляют веса, а это ещё больше увеличивает потребность в прочных костях — получается порочный круг. Решением стало то, что кости стали отчасти полыми, с порами, облегчающими их, особенно в трабекулярной кости.

Поры и кортикальной, и трабекулярной кости при определённых обстоятельствах — например, когда кости не испытывают регулярной нагрузки — могут расширяться, и кости слабеют. С возрастом мы естественным образом теряем трабекулярную кость, а поры в кортикальной кости увеличиваются, что ведёт к остеопорозу и повышенному риску переломов¹¹⁰.

Рентгеновские снимки тазобедренных суставов астронавтов показали явное уменьшение кортикального слоя — что согласуется с ослаблением кости из-за отсутствия давящей на тело силы тяжести в космосе¹¹¹. Некоторые сравнивают это ослабление в космическом полёте с ускоренным старением, но Фогарти сказала мне, что не считает такое сравнение точным. Во-первых, указала она, у астронавтов потеря плотности костей обратима. Вернувшись на Землю, они могут восстановить костную массу. И всё же между ослабленными костями пожилых людей и костями астронавтов после долгого полёта есть сходство.

«Значит ли это, что у астронавтов после возвращения на Землю чаще бывают переломы?» — спросил я.

«У нас было два члена экипажа, которые после полёта сломали шейку бедра», — сказала Фогарти. По-видимому, в обоих случаях бывшие астронавты получили травму при падении, не связанном с космическим полётом. «Это было через несколько лет после полёта, — добавила она. — Мы не смогли связать это с их космическим опытом».

Действительно, по имеющимся данным, у астронавтов после космического полёта переломы случаются не чаще, чем у среднего землянина. Меня это несколько удивило, если учесть, что мы знаем о действии микрогравитации на их кости. Скорость потери плотности костей у астронавтов измерялась во множестве исследований. Согласно исследованию 2009 года, опубликованному в журнале *Bone*, при измерении количества костного минерала на единицу площади методом двухэнергетической рентгеновской абсорбциометрии (DEXA) астронавты теряли около 1 процента в месяц в позвонках и 1,6 процента в месяц в головке

¹⁰⁹Robyn K. Fuchs, Stuart J. Warden, and Charles H. Turner, “Bone Anatomy, Physiology and Adaptation to Mechanical Loading,” in *Bone Repair Biomaterials* (Woodhead Publishing, 2009), 25–68.

¹¹⁰Ellen J. O’Flaherty, “Modeling Normal Aging Bone Loss, with Consideration of Bone Loss in Osteoporosis,” *Toxicological Sciences* 55, no. 1 (2000): 171–188.

¹¹¹Eneko Axpe, Doreen Chan, Metadel F. Abegaz, Ann-Sofie Schreurs, Joshua S. Alwood, Ruth K. Globus, and Eric A. Appel, “A Human Mission to Mars: Predicting the Bone Mineral Density Loss of Astronauts,” *PLOS One* 15, no. 1 (2020): e0226434.

бедренной кости¹¹². При измерении другим способом — методом объёмной количественной компьютерной томографии — общая минеральная плотность головки бедренной кости уменьшалась примерно на 1,5 процента в месяц. Потеря минеральной плотности трабекулярной кости была ещё выше — до 2,7 процента в месяц. Это вдвое больше, чем теряют трабекулярной кости женщины старше пятидесяти — группа, больше всех подверженная остеопорозу.

Но Фогарти напомнила мне, что астронавты, как правило, очень заботятся о своём здоровье и перед полётом их кости в отличном состоянии, поэтому потеря плотности в космосе вряд ли сильно повышает у них риск переломов. Возможно, после возвращения на Землю они ещё и особенно осторожны. Вполне вероятно, что строгий отбор астронавтов вместе с их жёстким режимом тренировок ускоряет и восстановление. Действительно, оказалось, что костная масса головки бедренной кости у астронавтов возвращается к дополётному уровню всего через год. Но любопытно, что прирост массы был в основном связан с увеличением размера кости, а не с восстановлением минеральной плотности. Особенно это касается трабекулярной кости, сказала мне Фогарти. «Если трабекулярные связи разрушены, они не восстанавливаются», — сказала она. Иными словами, после возвращения на Землю их кости становились больше, но не обязательно прочнее.

Что всё это означает для людей, живущих в космических поселениях? Как их кости отреагируют на меньшую силу тяжести на Луне или Марсе, и как это скажется на способности женщин выносить беременность и роды? Фогарти согласилась, что понимать, как приспособление к условиям космического поселения влияет на беременность, роды и развитие ребёнка, крайне важно. Однако сейчас об этом известно очень мало.

«Эти вопросы нужно решать», — согласилась она.

Действительно, у людей, проживших всю жизнь при пониженной силе тяжести, к взрослому возрасту кости будут значительно слабее. Любой, кто родился и вырос в космическом поселении, будет подвергаться серьёзному риску переломов, если его тело внезапно испытает большие нагрузки — например, при родах. Переломы во время родов редки, но случаются. Женщины с пониженной плотностью костей более склонны к переломам во время беременности и родов. Во время беременности женщины часто теряют плотность костей, поскольку кальций из костей матери всасывается её организмом и идёт на построение скелета растущего плода и на выработку молока¹¹³. Но обычно небольшая потеря плотности, менее 5 процентов, не создаёт проблем. Однако иногда женщины во время беременности теряют больше, и развивается так называемый остеопороз

¹¹²Keyak et al., “Reduction in Proximal Femoral Strength.”

¹¹³Источником кальция для роста костей плода и выработки молока служит также питание матери; Maria Florencia Scioscia and Maria Belen Zanchetta, “Recent Insights into Pregnancy and Lactation-Associated Osteoporosis (PLO),” *International Journal of Women’s Health* (2023): 1227–1238.

беременных. При этом состоянии повышается вероятность перелома — чаще всего позвоночника или шейки бедра¹¹⁴.

Смертность беременных женщин при переломах таза высока — около одной из десяти¹¹⁵. Такой перелом может быть ещё опаснее для тех, кто прожил всю жизнь при пониженной силе тяжести, потому что они теряли плотность костей всю жизнь. Поэтому роды на Марсе, вероятно, будут значительно опаснее. А любая угроза жизни матери угрожает и жизни ребёнка¹¹⁶.

Это может привести к тому, что на Марсе роды будут проводить путём кесарева сечения, когда ребёнка извлекают через хирургический разрез брюшной стенки и матки. Поскольку это хирургическая операция, при кесаревом сечении организм женщины не испытывает таких нагрузок, как при естественных родах. Можно даже представить, что на Марсе все роды станут кесаревыми — ради максимальной безопасности матери и ребёнка. Если так, это может иметь последствия, о которых мы поговорим позже.



Другие вопросы о размножении человека за пределами Земли касаются того, что происходит после рождения. Как жизнь в космическом поселении скажется на росте и развитии ребёнка? Стоит отметить, что практически все наши сведения о том, как условия космоса — например, пониженная сила тяжести и повышенная радиация — влияют на организм, получены в исследованиях взрослых. Так что данных у нас нет, но мы можем хотя бы подумать, на какие стороны развития ребёнка могут повлиять условия, в которых дети будут расти на Марсе.

Возьмём скелет. По мере роста детей их кости, разумеется, увеличиваются. Но хотя некоторые особенности роста костей у детей определяются генами, на рост костей влияет и то, какую нагрузку они испытывают. Костная ткань постоянно обновляется. Клетки, называемые остеобластами, образуют новую костную ткань, а другие клетки, остеокласты, разрушают старую. Наши кости растут, когда работа остеобластов перевешивает работу остеокластов. Так происходит на протяжении всего внутриутробного развития и детства, а

¹¹⁴Ka Yeong Yun, Si Eun Han, Seung Chul Kim, Jong Kil Joo, and Kyu Sup Lee, “Pregnancy-Related Osteoporosis and Spinal Fractures,” *Obstetrics & Gynecology Science* 60, no. 1 (2017): 133–137.

¹¹⁵Ying Qian, Lei Wang, Lili Yu, and Weimin Huang, “Pregnancy- and Lactation-Associated Osteoporosis with Vertebral Fractures: A Systematic Review,” *BMC Musculoskeletal Disorders* 22 (2021): 1–11.

¹¹⁶Одна из идей, которые выдвигались, чтобы сделать беременность и роды на Марсе возможными, — орбитальные станции с искусственной гравитацией. По этому сценарию беременные отправлялись бы в такие орбитальные родильные дома, где сила тяжести была бы выше — возможно, как на Земле. Однако искусственную гравитацию до сих пор не применяют по целому ряду причин, и не последние из них — материалы и стоимость их вывода на орбиту. Но если бы у нас были орбитальные станции с искусственной гравитацией, напрашивается вопрос: почему бы всем там и не жить?

обычно где-то в подростковом возрасте устанавливается устойчивое равновесие. Но сколько именно костной ткани образуется, зависит от того, насколько усердно приходится работать остеобластам в ключевые периоды развития ребёнка. Это одна из причин, почему беготня и игры так важны для здорового детства: у более активных детей кости крепче.

Так значит ли это, что, вырастая при силе тяжести в треть земной, дети на Марсе будут иметь более слабые кости? Весьма вероятно. Печальный, но наглядный пример, пожалуй, самой близкой к взрослению при пониженной гравитации ситуации — дети, парализованные или с тяжёлыми нарушениями движения с рождения, как некоторые люди с детским церебральным параличом. Раз исследования с постельным режимом используются для имитации действия микрогравитации, люди, родившиеся с ДЦП, могут дать некоторое представление о том, как пониженная гравитация повлияет на организм ребёнка. Сила тяжести на их тело по-прежнему действует, но невозможность ходить, а в некоторых случаях даже двигать нижней частью тела уменьшает нагрузку на кости, особенно кости конечностей и спины. Исследования детей и взрослых с этим заболеванием с рождения показывают, что плотность костей у них сильно снижена¹¹⁷.

Если у детей, выросших на Марсе, кости будут слабее, смогут ли они прилететь на Землю? Земная сила тяжести заставит их чувствовать себя примерно втрое тяжелее, а перегрузки при старте и спуске подвергнут их ещё большим нагрузкам. Они, вероятно, будут склонны к переломам, особенно костей, несущих вес тела, — позвоночника и бедра. Действительно, исследования людей, парализованных с рождения, показывают, что риск переломов у них выше.

Другой фактор — сердце и другие части сердечно-сосудистой системы. Как и любая мышца, сердце сильно отчасти благодаря тому, насколько усердно ему приходится работать. У взрослых, подолгу находящихся в космической невесомости, сердечная мышца атрофируется, то есть слабеет без нагрузки. Когда не нужно преодолевать силу тяжести, для перекачки крови по телу нужно меньше усилий. Если организм ребёнка развивается при пониженной гравитации, сердце у него может вырасти более слабым. Это может стать ещё одной трудностью для родившихся на Марсе людей, отправляющихся на Землю.

Наконец, самый большой орган человеческого тела — кожа. Мы нечасто думаем о коже как об органе, но это орган. Антрополог Нина Яблонски изучала кожу человека, её эволюцию и то, что она для нас делает. «Наша кожа опосредует самые важные взаимодействия в нашей жизни, — писала она в книге „Кожа. Естественная история“¹¹⁸. — Кожа — ключ к нашей биологии, нашим ощущениям, сбору информации и отношениям с другими».

Люди в марсианском поселении всегда будут находиться либо в помещении, либо под землёй, либо, выходя наружу, в скафандре. Некоторые свойства нашей кожи подстраиваются под окружающую среду. Когда нам жарко, потовые железы выделяют

¹¹⁷Wilson King, Ronald Levin, Rosemary Schmidt, Alan Oestreich, and James E. Heubi, “Prevalence of Reduced Bone Mass in Children and Adults with Spastic Quadriplegia,” *Developmental Medicine & Child Neurology* 45, no. 1 (2003): 12–16.

¹¹⁸Nina G. Jablonski, *Skin: A Natural History* (University of California Press, 2006).

влагу, чтобы нас охладить. Когда холодно, крошечные мышцы у волосяных фолликулов сокращаются, и по коже бегут мурашки. Клетки, называемые меланоцитами, в ответ на солнечный свет вырабатывают пигмент эумеланин, от которого кожа темнеет и лучше защищена от вредного ультрафиолета. Как отреагирует человек, чья кожа никогда не касалась наружного воздуха, никогда не подвергалась солнечному свету или перепадам температуры, когда столкнётся с этим впервые?

Это лишь некоторые из вопросов без ответа о том, как скажется на детях взросление на Марсе. Есть и другие — например, о социальном развитии детей в марсианском поселении. Каким будет марсианское детство? Роберт Зубрин, который, пожалуй, больше всех ныне живущих размышлял о заселении Марса, считает, что марсианским детям придётся работать гораздо больше, чем большинству нынешних земных детей. В книге «Новый мир на Марсе» Зубрин писал, что «и нехватка рабочих рук на Марсе, и вообще более суровые реалии марсианской жизни потребуют, чтобы дети выросли быстрее». Он представляет, что формальному образованию будут уделять меньше внимания, чем в большинстве современных обществ. «Полагаю, что начиная с начальной школы учебный день на Марсе будет примерно вдвое короче обычного земного, а другую половину дня ученики будут работать и общаться со взрослыми — дома, в теплице, в мастерской и в лаборатории, получая таким образом хорошее практическое образование», — писал он¹¹⁹.

Интересный вопрос — как дети, рождённые и выросшие на Марсе, будут относиться к Земле и её жителям. Любопытно, что даже люди, покидающие Землю на сравнительно короткое время, порой возвращаются с изменившимся взглядом на мир. Об этом говорила опытейший астронавт Пегги Уитсон в своей речи на выпускной церемонии Университета Райса в мае 2024 года. Она стояла на том же месте, где за шестьдесят два года до этого президент Кеннеди обосновывал необходимость отправить первых людей на Луну.

Уитсон рассказала сидевшим перед ней выпускникам, что выросла на ферме в Айове, но мечтала когда-нибудь каким-то образом попасть в космос. Уйдя из НАСА в 2018 году как самый опытный астронавт страны, она поступила в компанию Axiom Space на должность директора по пилотируемым полётам и стала командиром частных экспедиций на Международную космическую станцию — первой женщиной на этом посту.

Обращаясь к выпускникам, Уитсон размышляла о том, как стремление выйти из зоны комфорта изменило её взгляд на мир — и, в частности, на то, что она считала своим домом. «Поначалу моим миром были семья и ферма, — сказала она. — Потом этот мир немного расширился: появились местная школа, затем колледж. Но домом по-прежнему была ферма. Когда я поступила в аспирантуру здесь, в Райсе, совсем в другом штате, домом стала Айова. Потом я пошла работать в НАСА, часто ездила в Россию, и домом стали Соединённые Штаты Америки. Так что, наверное, неудивительно, что, когда я полетела в космос, домом стала планета Земля».

Понятно, что люди, прожившие всю жизнь на Земле, покинув её, оглядываются на планету и считают её своим домом. Первые поселенцы на Марсе, возможно, и дальше будут

¹¹⁹Robert Zubrin, *The New World on Mars: What We Can Create on the Red Planet* (Diversions Books, 2024).

считать своим настоящим домом Землю, даже переходя к жизни в новом доме на Красной планете. А как будет с первым поколением людей, родившихся на Марсе?

Иммигранты в новых странах часто сохраняют связи с прежней родиной. Эти связи могут быть юридическими, если они остаются гражданами прежней страны. Но часто более прочны культурные связи — язык, кухня, обычаи. Эта культурная идентичность может передаваться детям и внукам иммигрантов, но с каждым поколением она, как правило, чуть ослабевает. Мои прадеды по отцовской линии иммигрировали в США из Греции и России. Через четыре поколения мои братья, сёстры, двоюродные братья и сёстры и я сохранили лишь малую часть той культурной идентичности, которая так много значила для первого поколения иммигрантов.

Будет ли так же с четвёртым поколением, рождённым и выросшим на Марсе? Будут ли люди, никогда не бывавшие на Земле и, возможно, даже ни разу не встречавшие человека, побывавшего на Земле, по-прежнему считать Землю своим домом? Это сомнительно. Думаю, гораздо вероятнее, что они будут считать себя кем-то другим — марсианами.

Но как ещё изменится разум марсиан?

Глава 5. Марсианский разум

В 1961 году Евгений Шепелев запер себя в маленьком стальном цилиндре. Шепелев и его коллеги из московского Института медико-биологических проблем пытались проверить идею, которую ещё в 1911 году выдвинул Константин Циолковский, считающийся отцом российской космонавтики. Циолковский предполагал, что для освоения дальнего космоса понадобится замкнутая система, в которой воздух внутри космического жилища будет восстанавливаться. Растения могли бы вырабатывать кислород, которым дышат люди, и поглощать выделяемый ими углекислый газ. Звучит достаточно просто, но точно выдержать баланс — это, в общем-то, вопрос жизни и смерти.

И вот Шепелев рисковал жизнью, чтобы выяснить, работает ли это. Объём камеры был всего около 4,5 кубического метра — так мало, что без дополнительного кислорода он быстро задохнулся бы. Вместе с Шепелевым в камере находилось около 30 литров воды с одним из видов микроскопических зелёных водорослей. Он пробыл внутри двадцать четыре часа — дольше, чем было бы возможно, если бы водоросли не вырабатывали кислород. Эксперимент подтвердил саму идею, показав, что основная теория верна.

К счастью, Шепелев вышел из камеры как раз вовремя. Когда он выбрался, там уже стояла вонь — признак того, что что-то пошло не так. На следующий день популяция водорослей погибла. Советские исследователи обнаружили, что поддерживать равновесие экосистемы в герметичной камере непросто¹²⁰.

Помимо технических трудностей создания работающей замкнутой системы, способной поддерживать жизнь человека, есть и трудности, связанные с осознанием того, что ты — человек, запертый в герметичном контейнере. Более того, некоторые из самых серьёзных трудностей освоения и заселения дальнего космоса — психологические.

Самая крупная и, безусловно, самая амбициозная попытка построить замкнутую экосистему с людьми внутри началась 26 сентября 1991 года, когда восемь человек вошли в футуристическое сооружение из стекла и стали среди аризонской пустыни и задраили за собой дверь. Они называли себя биосферянами и поклялись не выходить два года. Руководители проекта видели в нём прототип космического поселения, который мог бы также научить нас лучше управлять экосистемами на Земле¹²¹. Помимо больших сельскохозяйственных площадей, сооружение объёмом 204 000 кубических метров вмещало миниатюрные версии пяти биомов — тропического леса, саванны, мангровых болот, пустыни и даже океана с коралловым рифом. Сооружение назвали «Биосфера-2» — первая попытка человечества воссоздать сложные экологические связи на поверхности планеты Земля, которые биологи называют биосферой.

Каждый из пяти биомов был заполнен живыми существами, собранными в соответствующих экосистемах по всему миру. Высадили деревья, кустарники и травы, поселили целый зверинец — насекомых, рыб, лягушек, рептилий, птиц и млекопитающих.

¹²⁰T. Hefin Jones, “Biospherics, Closed Systems and Life Support,” *Trends in Ecology & Evolution* 11, no. 11 (1996): 448–450.

¹²¹John Allen and Anthony Blake, *Biosphere 2: The Human Experiment* (Penguin Books, 1991).

«Мы никак не можем точно предсказать, какие и сколько из 3800 видов в „Биосфере-2“ выживут, — писал соучредитель проекта Джон Аллен в год начала эксперимента. — Мы знаем лишь, что техника, вероятно, будет работать, а люди, надеюсь, не сойдут с ума».

Задним числом этот взгляд оказался оптимистичным.



В мае 2024 года я прошёл через ту же дверь, через которую биосферяне вошли в начале своего эксперимента тридцать три года назад. К тому времени огромный комплекс «Биосфера-2» стал исследовательским центром Университета Аризоны. Он больше не был герметичным и использовался для изучения того, как изменение климата может повлиять на воссозданные внутри экосистемы. Он служил и местом проведения конференций — это и привело меня туда, на ежегодную Конференцию астронавтов-аналогов.

Аналоги — способ имитировать какую-то определённую сторону пребывания в космосе. Эксперимент «Биосфера-2» был своего рода аналоговой миссией: он был задуман, чтобы имитировать долгое пребывание небольшой группы людей в герметичном жилище. С начала 1990-х годов число и разнообразие космических аналогов значительно выросли. Я приехал на конференцию, горя желанием познакомиться с участниками таких имитационных миссий и понять, чему их научил этот опыт.

Вскоре после приезда в «Биосферу-2» я познакомился с Тимом Хайлерсом, тоже участником конференции. На нём была футболка с надписью «ЗАХВАТИ МАРС». Едва мы обменялись приветствиями, как он спросил меня, хочу ли я полететь в космос.

«Наверное», — ответил я, пожав плечами. Мне показалось, что мой ответ прозвучал не так восторженно, как он ожидал. «А вы?» — спросил я.

«О да, — ответил Тим. — Не раздумывая». Точнее, он хочет на Марс. «Туда и обратно или в один конец — неважно», — добавил он.

Я спросил, чем же его так влечёт Марс, что он готов всё бросить и отправиться туда. «Я смотрю „Звёздный путь“ с самого детства, — объяснил он. — Я просто всегда хотел туда».

Конференция ещё не началась, так что у нас было время осмотреться. Комплекс «Биосфера-2» находится в пустыне к северу от Тусона. Перед нами громоздилось огромное сооружение из стали и стекла со своими узнаваемыми ступенчатыми стеклянными пирамидами и знаменитой башней в форме гриба. Мы шли по стрелкам, нарисованным на дорожке вдоль гигантских стеклянных панелей, пока они не привели нас к двери. Мы открыли её и вошли.

Мы оказались в столовой, где биосферяне ели все два года своего затворничества. Посреди комнаты стоял стол с восемью стульями. Рядом со столовой, через проём в одной из белых стен, виднелась кухня, которая могла бы принадлежать модному дому 1980-х. Кухня со столовой казались просторными: очень высокие потолки, а с двух сторон окна от пола до потолка, выходящие на соседние теплицы. Мы свернули направо и пошли по коридору, где в окна можно было заглянуть в несколько жилых помещений экипажа, сохранённых как своего рода музей. У каждого биосферянина были собственные двухэтажные апартаменты. На первом этаже стоял письменный стол и уголок для отдыха с

телевизором 1990-х годов. Винтовая лестница вела вверх, в спальню. С перил лестницы свисал оранжевый комбинезон. Обстановка воссоздавала первоначальный вид — тёмный узорчатый ковёр на полу, картины на стенах. На столе лежала тетрадь, раскрытая на странице с дневниковой записью.

Личные вещи в комнате помогали представить, каково было жить в таком необычном месте. Мы с Тимом пошли дальше по коридору и поднялись по нескольким ступенькам к большим окнам, выходившим в огромную теплицу в форме тоннеля со сводчатой изогнутой стеклянной крышей. Это была одна из трёх секций интенсивного сельскохозяйственного блока, где биосферяне выращивали себе пищу. Они выращивали более 140 разных культур, в том числе пшеницу, рис, кукурузу, ячмень, пёструю фасоль, тыкву, помидоры, картофель, батат и морковь.

«Вырастить достаточно еды, чтобы прокормить восьмерых биосферян на участке чуть больше 0,2 гектара, было, безусловно, одной из самых трудных задач, с которыми мы столкнулись, — писала биосферянка Салли Силверстоун, отвечавшая за продовольственное обеспечение двухлетней миссии¹²². — Мы создали систему, сочетающую старое с новым. Например, мы соединили древний китайский способ совместного выращивания рыбы, риса и водного папоротника с нашей компьютерной системой управления температурой и влажностью».



Пока мы продолжали осматривать комплекс, Тим, казалось, был погружён в свои мысли. Он рассказал мне, что много думает о том, чем мог бы быть полезен на Марсе.

«Я сделал марсианские часы», — сказал он. Я спросил, что это значит. «Это часы, которые показывают время на Марсе», — объяснил он. Я почувствовал себя глупо, не поняв такой простой вещи: ведь сутки на Марсе на сорок минут длиннее земных. «А ещё я подумал, что пригодится разведение насекомых», — добавил он.

«И вы этим занимались?» — спросил я. Он сказал, что да. Он разводил суперчервей — личинок жука, родственных мучным червям, только крупнее. Продать их ему не удавалось, по крайней мере пока, но он считал, что этот опыт пригодится, если ему когда-нибудь выпадет шанс полететь в космос.

Как и Тим Хайлерс, биосферяне видели в своём эксперименте подготовку к заселению космоса. Одна из них, Джейн Пойнтер, писала в воспоминаниях, что в детстве хотела стать астронавтом. «Однако я ни на миг не верила, что это реально», — писала она¹²³. Но участие в экипаже «Биосферы-2» дало ей возможность увидеть, какой может быть жизнь за пределами Земли. «Мы проектировали „Биосферу-2“ для колонизации космоса, — писала она. — Главный вопрос был такой: возможно ли это? Можно ли закупорить в бутылку систему жизни, которая миллиарды лет развивалась в масштабах планеты?»

¹²²Sally Silverstone, *Eating In: From the Field to the Kitchen in Biosphere 2* (Biosphere Press, 1993).

¹²³Jane Poynter, *The Human Experiment: Two Years and Twenty Minutes Inside Biosphere 2* (Basic Books, 2006).

Пойнтер и другие семеро биосферян обнаружили, что закупорить земные экосистемы в бутылку гораздо труднее, чем они ожидали. Одной из первых проблем стала нехватка еды. Через несколько месяцев после начала миссии биосферяне обнаружили, что их картофель губит нашествие клещей. Всё сельское хозяйство было задумано без пестицидов — отчасти из опасения, что, убивая насекомых на сельскохозяйственных участках, можно ненароком навредить полезным насекомым в других биомах. Хуже того, в первый год миссии в Аризоне была необычно облачная погода. Конструкция из стали и стекла и так задерживала часть солнечного света, а облачность уменьшала его ещё больше. Короткие зимние дни ещё сильнее сокращали освещённость внутри. Урожаи начали падать. Члены экипажа стали худеть. Даже врач команды Рой Уолфорд, сторонник пользы низкокалорийного питания для здоровья, начал беспокоиться.

Вместе с силами падал и боевой дух. Неизбежно члены экипажа начали действовать друг другу на нервы. «Целых 731 день, 2193 трапезы у нас был тесный физический контакт только с семью другими людьми, — вспоминал биосферянин Марк Нельсон¹²⁴. — Довольно быстро все разобрались в чужих причудах, привычках и в том, как задеть друг друга за живое, — совсем как на неблагополучных семейных ужинах... Члены экипажа намеренно провоцировали друг друга, поначалу всерьёз и со злостью, атакуя и контратакуя. Наконец, уже в шутку, мы поняли, что происходит. Задевать друг друга за живое было видом спорта, который мог продолжаться бесконечно — а иногда казалось, что так и было, — ведь мы невероятно хорошо знали друг друга».

Но вскоре возник раскол, разделивший восьмерых биосферян на две равные группировки. Изнеможение и недоедание раздували тлеющие угли разгоравшегося пожара, но в бушующее пламя его в итоге превратили разногласия среди руководителей проекта.

«Главный вопрос был в том, должна ли основной целью быть работа над максимально самодостаточной изоляцией и улучшение комплекса, включая попытку производить всю свою еду, — вспоминал Нельсон. — Альтернатива — уменьшить нагрузку, передавая внутрь еду, чтобы оставалось больше времени на исследования».

Руководство проекта возглавляли Джон Аллен, мечтатель, задумавший проект, и Эд Басс, техасский миллиардер, финансировавший его в основном. Теперь у них были разные мнения о том, что важнее. Назначенный ими Научный консультативный комитет теперь добивался замены Аллена на посту главного научного консультанта проекта. Члены экипажа разделились. Всё стало очень некрасиво.

«Через десять месяцев после закрытия мы, четверо „своих“, сбивались в кучку на одном конце обеденного стола, а четверо „чужих“ либо уходили есть в другое место, либо теснились на другом конце», — писала Пойнтер. Вскоре «свои» и «чужие» уже не могли смотреть друг другу в глаза. Раскол между двумя группировками сохранялся до конца миссии. А затем к и без того напряжённой обстановке добавилась новая проблема: содержание кислорода внутри падало.

¹²⁴Mark Nelson, *Pushing Our Limits: Insights from Biosphere 2* (University of Arizona Press, 2018).

Сооружение было задумано так, чтобы растения и водоросли выделяли достаточно кислорода, потребляемого людьми и животными, а углекислый газ, выделяемый людьми и животными, поглощался растениями и водорослями. Как и предполагал Циолковский, такое равновесие необходимо для космического жилища, и ни одному прежнему эксперименту с замкнутым циклом не удавалось его по-настоящему добиться. За первые шесть месяцев доля кислорода в «Биосфере-2» упала с 20,9 до 17,4 процента — гораздо ниже ожидаемого. Если бы кислород продолжал убывать с той же скоростью, биосферяне вскоре оказались бы в серьёзной опасности.

Странно было то, что углекислого газа было меньше, чем следовало бы при таком низком содержании кислорода. В замкнутой системе они тесно связаны: когда одного становится больше, другого — меньше. По крайней мере, так должно быть. Начались поиски пропавшего углекислого газа.

Тем временем содержание кислорода продолжало падать, опустившись до 14,5 процента, и члены экипажа начали страдать. У некоторых появилось апноэ сна — кратковременные остановки дыхания во сне. У нескольких развилась депрессия, которую может вызывать кислородное голодание. Рой Уолфорд воспользовался случаем, чтобы зафиксировать реакцию организма на снижение кислорода, регулярно беря у членов экипажа кровь. Он заметил, что это сказывается и на его собственных умственных способностях. Обнаружив, что больше не может выполнять простые арифметические действия, он был вынужден сложить с себя обязанности главного медика.



В конце концов пропавший углекислый газ нашёлся — он прятался в подвале.

Бетонные пол, стены и колонны нижних уровней сооружения, где размещалось всё техническое оборудование, поглощали большое количество углекислого газа. Даже слишком большое. Предполагалось, что необработанный бетон будет поглощать какую-то часть углекислого газа, но количества, обнаруженные в образцах керна бетона, намного превышали ожидаемые. Теперь вопрос был в том, откуда берётся весь этот избыток углекислого газа в бетоне.

Виновниками оказались бактерии. Чтобы создать биомы и фермы, руководители проекта использовали грунт, вычерпанный со дна местного пруда, вместе с органическим торфом и компостом. Получилось 30 000 тонн грунта, богатого питательными веществами и микробами. Это помогло запустить круговороты питательных веществ, происходящие в природе, и заставить расти растения, но обилие бактерий имело непредвиденные последствия. Бактерии дышали, как люди и животные, — поглощали кислород и выделяли углекислый газ. Но вместо того чтобы поглощаться растениями, которые могли бы вырабатывать из него кислород, избыток углекислого газа впитывал бетон. Поскольку в углекислом газе есть кислород, бетон выводил из оборота значительную часть кислорода внутри сооружения.

В природных экосистемах углекислый газ поглощают минералы вроде известняка. За миллионы лет углерод и кислород возвращаются в атмосферу в ходе природных циклов эрозии, выветривания и тектоники плит. В «Биосфере-2» этого не произошло бы — по

крайней мере, в сроки, полезные для её обитателей. Для будущих миссий проблему можно было решить, просто покрыв бетон химическим герметиком, но сейчас с ней нужно было что-то делать.

Любопытно, что анализы крови, которые проводил Уолфорд, показали: экипаж не приспособивался к пониженному содержанию кислорода так, как обычно приспособиваются люди в высокогорье, где разреженный воздух содержит меньше кислорода. Обычно у людей, приехавших с низин, организм, почувствовав нехватку кислорода, начинает вырабатывать больше эритроцитов. У большинства людей проходит около пяти-шести дней, прежде чем новых эритроцитов становится достаточно, чтобы ощутить разницу, — поэтому к высокогорью обычно привыкают примерно за неделю. Уолфорд и его коллеги-медики предположили, что члены экипажа не вырабатывали новых эритроцитов в ответ на нехватку кислорода, потому что из-за скудного питания у их организма не хватало на это энергии. Они были в плохом состоянии.

Когда здоровье экипажа стало вызывать серьёзные опасения, было решено добавить кислород извне. Экипаж сразу же это ощутил.

«Было чувство блаженства — глубоко дышать и не ощущать, что почти сразу нужен новый вдох», — вспоминала биосферянка Линда Ли.

«Мы все безумно хохотали и бегали, — вспоминал Марк Нельсон. — И тут меня осенило: я много месяцев не слышал звука бегущих ног. Друзья говорили, что смотреть, как работаем мы, биосферяне, было всё равно что смотреть на танец в слегка замедленной съёмке. При урезанном рационе и пониженном содержании кислорода люди экономили движения. Лишней энергии просто не было».

Прибавка кислорода принесла облегчение, но еды по-прежнему не хватало. В конце концов экипажу пришлось съесть семена, отложенные для будущих посевов, вместе с аварийным запасом зерна. Это означало, что они ели еду, которую принесли с собой, а не только выращенную, как планировалось. Хуже того, это грозило уменьшить будущие урожаи. Это был ещё один шаг назад от цели создать самодостаточную замкнутую систему, но по крайней мере они могли оставаться внутри.

Однако разногласия о том, стоит ли съедать семенной фонд, — и о том, насколько открыто сообщать прессе о принятом в итоге решении это сделать, — нанесли команде проекта удар в самое сердце, от которого она так и не оправилась. Все члены Научного консультативного совета подали в отставку. Внутри сооружения назревавшая вражда биосферян достигла пика. Пойнтер вспоминала момент, когда напряжение выплеснулось наружу:

«Во вторник утром я раскладывала корм в отсеке для животных, когда ко мне подошла Гай, — писала она. — Я смотрела, как она набрала полный рот слюны и плюнула мне в лицо. Она повернулась и молча ушла. Через сорок пять минут, во время перерыва, я поднималась по винтовой лестнице, когда Лейзер остановился рядом со мной на ступеньках и плюнул мне в лицо смесью слюны и арахисовой массы».

Каким-то образом, несмотря на всю вражду, экипаж продержался до конца миссии. Все восемь биосферян вышли из шлюза ровно через два года и двадцать минут после того, как закрылись внутри¹²⁵. Две группировки так и не разговаривали друг с другом.

«Мы подозревали, что групповая динамика может оказаться одной из самых трудных сторон „Биосферы-2“, — писал Марк Нельсон. — Оказалось, мы были правы».



Мы с Тимом Хайлерсом продолжили осмотр «Биосферы-2» и вошли через дверь в стеклянное сооружение в форме зиккурата, где находился пустынный биом. Дощатая тропа петляла среди искусственных скал, где на песке росли кактусы, суккуленты и пустынные кустарники. Дорожка изгибалась и поднималась по лестнице, и я заметил, что растительность становится гуще там, где тропа выравнивается. Мы вышли к обрыву над миниатюрным океаном с маленьким пляжем. Одинокая кокосовая пальма выросла из песка до самого верха наклонной стеклянной стены, и её листья прижались к стеклу, будто она пыталась вырваться наружу.

Мы постояли там немного, любуясь видом. Тим молчал, взгляд у него был отсутствующий. Я спросил, участвовал ли он в каких-нибудь космических аналоговых миссиях. Нет — по крайней мере пока. Но он служил на флоте гидроакустиком на атомной подводной лодке. Мне показалось, что это неплохая подготовка к жизни в изолированной, замкнутой и враждебной среде, очень похожей на космическую. Я так и сказал, и Тим согласился.

По сравнению с тесной подводной лодкой у биосферян было довольно много места — если сложить все внутренние помещения, выходило более 1600 квадратных метров на человека. И всё же им часто бывало тесно, особенно по мере того, как раскол между членами экипажа углублялся. «Почти осязаемая враждебность висела в „Биосфере“, как ядовитое облако, и мы с Тейбером искали, куда сбежать, — вспоминала Пойнтер. — Иногда мы спускались на шестьдесят метров вниз по лестнице, через подвал на пляж, садились и смотрели сквозь каркас на звёзды. Мы искали на ночном небе Марс и размышляли, насколько всё могло бы быть иначе, если бы наша „Биосфера“ вдруг перенеслась туда и мы смотрели бы не на крошечную красную точку Марса, а на голубоватую точку родной планеты. Может быть, на Марсе, когда безопасный дом был бы не меньше чем в семидесяти семи миллионах километров, мы сумели бы сплотиться. А может быть, и нет. Я думала о том, действительно ли люди созданы для того, чтобы жить взаперти в маленьких пространствах, даже таких больших, красивых и разнообразных, как „Биосфера-2“. Ведь человеческий вид эволюционировал не в помещении».

Этот же вопрос привёл меня на Конференцию астронавтов-аналогов, и мне не терпелось узнать, какие уроки были извлечены за три десятилетия после бурного эксперимента «Биосфера-2». Мы с Тимом прошли последнюю закрытую часть — влажный зелёный биом тропического леса — и снова вышли на сухой пустынный воздух. Все

¹²⁵ Лишние двадцать минут набегали, по-видимому, из-за особенно долгой речи Джейн Гудолл на торжествах по случаю окончания миссии «Биосферы-2».

участники конференции жили рядом с первоначальным комплексом «Биосферы» в ярких домиках в стиле глинобитных построек.

Я познакомился со своим соседом по комнате Дональдом Жаком — шестидесятишестилетним ветераном ВВС, бывшим программистом, который теперь работает мастером на все руки. Он рассказал, что строит собственный космический аналог из автобуса, в котором постоянно живёт уже больше года. Он называет его MASH (Mobile Analog Sustainability Habitat — «Мобильное аналоговое самодостаточное жилище»). Дональд с увлечением объяснял, как с помощью личинок мухи чёрной львинки перерабатывает твёрдые человеческие отходы в почву. Лишние мухи и личинки идут на корм его курам. Помёт кур, в свою очередь, перерабатывают личинки мух. Его цель, сказал он, — создать самоподдерживающуюся замкнутую систему как прототип космического поселения. Меня впечатлили его усилия и преданность делу. Всё это звучало как мини-«Биосфера-2» на колёсах.

«А что вами движет?» — спросил я его.

Дональд сказал, что хочет побывать на Луне, а потом на Марсе, что, по его мнению, скоро станет возможно. С Марса он хочет отправиться дальше — например, к спутникам Юпитера и Сатурна, а в конечном итоге за пределы Солнечной системы. Свою работу над передвижным жилищем он считает билетом к звёздам.



Идею о том, что участие в аналоговых имитациях может подготовить человека к настоящему космическому полёту, воплощает собой «матриарх» и соучредитель Конференции астронавтов-аналогов Сиан Проктор. Как и многие в сообществе астронавтов-аналогов, Проктор всю жизнь стремилась в космос. Она родилась на Гуаме, где её отец работал на станции слежения в рамках программы «Аполлон».

Я слышал её выступление на саммите «Люди на Марс» в Вашингтоне годом раньше. «Я ребёнок лунного праздника, — говорила она. — Я родилась через восемь с половиной месяцев после первой высадки „Аполлона“».

Выросшая в 1970–1980-х годах среди людей космической отрасли, Проктор мечтала сама стать астронавтом. «В детстве я не понимала, что чернокожих астронавтов ещё нет», — сказала она. И вот в тридцать с лишним лет она подала заявление в отряд астронавтов НАСА, а в 2019 году прошла весь отбор до самого последнего этапа.

«Всё решил звонок „да“ или „нет“», — сказала она.

Звонок раздался, но ответ был «нет». Разочарованная, но не сломленная, Проктор продолжала заниматься любимым делом в аналоговых космических миссиях. На следующий год она участвовала в двухнедельной аналоговой миссии на HI-SEAS — объекте на высоте 2500 метров над уровнем моря на склонах Мауна-Лоа. Там же она прошла свою первую аналоговую миссию — собственно, она участвовала в самой первой аналоговой имитации HI-SEAS в 2013 году. Она также проходила двухнедельные имитации на Марсианской пустынной исследовательской станции в Юте и на ещё одном аналоговом объекте в Польше.

И вот однажды ей позвонили так, как она ждала всю жизнь. Это был Джаред Айзекман, предприниматель, финансировавший космическую миссию Inspiration4, по которой на ракете SpaceX должен был полететь экипаж из четырёх человек. Это должна была быть первая в истории полностью гражданская орбитальная миссия. Он пригласил Сиан Проктор присоединиться к нему.

Экипаж Inspiration4 четыре дня облетал Землю по орбите в 2021 году, и Проктор была пилотом. Так она стала первой женщиной — пилотом коммерческого космического корабля и первой афроамериканкой — пилотом какого-либо космического корабля. Она стала своего рода знаменитостью в космическом сообществе и образцом для подражания для каждого астронавта-аналога, надеющегося, что его мечта — как мечта Сиан Проктор — каким-то образом сбудется.

Я спросил Проктор, помогли ли аналоговые миссии подготовиться к настоящему полёту. «О да, — ответила она. — Они преподали мне важные уроки о себе, о моих возможностях, а также об ограничениях. И научили меня хорошо работать в команде».

НАСА тоже считает аналоги полезными¹²⁶. У агентства есть несколько собственных, в том числе два в Космическом центре имени Джонсона. HERA (Human Exploration Research Analog — «Исследовательский аналог для освоения космоса человеком») — жилище площадью 60 квадратных метров, где экипажи из четырёх человек проводят до сорока пяти дней в имитированных космических миссиях. Аналог CHAPEA площадью 160 квадратных метров, напечатанный на 3D-принтере для имитации жилища на Марсе, завершил свою первую годовичную миссию с командой из четырёх человек в июле 2024 года. НАСА располагает и подводным аналогом во Флорида-Кис — проектом NEEMO (NASA Extreme Environment Mission Operations — «Операции НАСА в экстремальной среде»). Свои аналоги есть и у других государственных космических агентств, в том числе ряд герметичных жилых модулей в Институте медико-биологических проблем в Москве, которыми пользовались и российское космическое агентство «Роскосмос», и Европейское космическое агентство.

Очевидное преимущество аналоговых исследований в том, что они гораздо дешевле полётов в космос. Значит, аналоговых исследований можно провести гораздо больше, и доступны они более широкому кругу людей. Некоторые аналоговые объекты можно перестроить, чтобы проверить действие отдельных факторов космической миссии. Например, можно ввести задержку связи около двадцати минут и посмотреть, как на экипаж влияет задержка, похожая на ту, что существует между Землёй и Марсом.

Психолог Ник Канас обобщил источники психологического стресса при длительном космическом полёте, которые можно изучать в аналоговых миссиях¹²⁷. К ним относятся стресс изоляции и замкнутого пространства, скука от избытка свободного времени и недостатка впечатлений, однообразная работа и монотонные дни, а также конфликты и споры с другими членами экипажа. Среди интересных результатов этих исследований — выводы о численности и составе экипажа. В целом чем больше экипаж, тем меньше

¹²⁶См. “Analog Missions,” NASA.gov, <https://www.nasa.gov/analog-missions/>.

¹²⁷Nick Kanas, *Humans in Space* (Springer, 2015).

вероятность, что кто-то из его членов почувствует себя одиноким. Нечётное число членов экипажа помогает группе договариваться, ведь нечётное число невозможно разделить на две равные группировки, как случилось с биосферами.



Один вид стресса, который аналоги не всегда могут воспроизвести, — смертельная опасность, исходящая от экстремальной космической среды. Если в имитационной миссии что-то пойдёт всерьёз не так, экипаж может просто выйти. Имитации, безусловно, безопаснее для экипажа, чем среда, точнее воспроизводящая суровость и изоляцию Луны или Марса. Но, с другой стороны, то, что экипаж знает, что в случае ЧП может выйти, тоже должно как-то сказываться.

Анджело Вермёлен, бельгийский биолог, художник и инженер, был командиром первой аналоговой миссии на HI-SEAS, в которой участвовала и Сиан Проктор. Он сказал мне, что ему было трудно представлять, что он на другой планете, когда он прекрасно знал, что на самом деле находится на Гавайях.

«Просто выглянешь наружу — голубое небо, пролетает птица, — это не Марс, — сказал он. — Трудно так долго поддерживать веру в то, что ты как будто на Марсе». Хотя HI-SEAS расположен довольно уединённо, в случае ЧП можно было просто выйти наружу. Хотя экипаж надевал имитационные скафандры, чтобы поддерживать ощущение, что они на Марсе, в конечном счёте все знали, что на самом деле скафандры не нужны.

«Думаю, с подводной станцией всё иначе, — предположил он. — Наверное, там чуть ближе к ощущению, что тебя окружает угрожающая, враждебная среда. Ну а уж если ты в Антарктиде... это совсем другое дело. Тогда ты действительно во враждебной среде, к тому же очень далеко, где помощи ждать неоткуда. Думаю, психологически это было бы совсем иначе».

Действительно, исследования людей, живущих и работающих на полярных станциях, дали одни из лучших аналогов экспедиций в дальний космос. Антарктида — место на Земле, больше всего напоминающее экстремальные условия Луны или Марса. Постоянных поселений на белом континенте нет, но постоянных научных станций — десятки. До некоторых, например до станции Палмер, круглый год можно добраться на корабле. До многих других, однако, можно добраться только летом. На крупнейшей станции Антарктиды, Мак-Мердо, летом, когда туда ходят корабли, живут около 1500 человек. Там есть и взлётно-посадочные полосы для самолётов и вертолётов, но зимой, когда почти всё время темно, средняя температура около -28°C и много снега, по-настоящему добраться туда нечем. Примерно 200 исследователей и сотрудников, проводящих на Мак-Мердо всю зиму, переживают настоящую изоляцию в самых экстремальных условиях¹²⁸.

Сезонное аффективное расстройство на Мак-Мердо — обычное дело: им страдают более четверти зимовщиков. У некоторых развивается более тяжёлая форма — так называемый синдром зимовки, при котором трудно сосредоточиться, а иногда появляются

¹²⁸См. “NSF McMurdo Station,” NSF.gov, <https://www.nsf.gov/geo/opp/support/mcmurdo.jsp>.

раздражительность и даже агрессия¹²⁹. У некоторых появляется пустой взгляд, известный как «антарктический взгляд». Примерно у одного из двадцати зимовщиков в Антарктиде развиваются настоящие психические расстройства¹³⁰.

Ещё одна группа людей, испытывающих и изоляцию, и замкнутость космоса в настоящему экстремальной и враждебной среде, — экипажи атомных подводных лодок, на которых служил Тим Хайлерс. Атомные подводные лодки могут оставаться под водой месяцами, и пребывание в морской глубине, безусловно, означает, что тебя окружает опасная среда. Групповая динамика и психология подводников изучались, но поскольку они участвуют в военных операциях, у исследователей нет к ним такого доступа, как ко многим космическим аналогам.

Какими бы экстремальными ни были антарктические станции и атомные подводные лодки, и в них нет некоторых условий, делающих космос таким опасным, — пониженной силы тяжести и высокой радиации. С другой стороны, это позволяет исследователям изучать действие отдельных стрессовых факторов, например замкнутого пространства или ограниченного общения, — а это может помочь найти способы их смягчить.

Один из самых важных уроков мира аналогов, похоже, состоит в том, что — будь то подводная лодка, полярная станция или имитация марсианского жилища — очень многое зависит от того, кого именно ты надолго запираешь в маленьком пространстве. Психологический отбор, который может включать тесты, собеседования и изучение личной и семейной истории, позволяет свести к минимуму вероятность того, что в экипаж попадёт человек, более склонный к психическим проблемам. Но помимо того, чтобы отсеивать людей с чертами, которые могут стать проблемой, полезно и отбирать людей с полезными чертами характера. В целом люди с сильной мотивацией, здоровыми способами справляться со стрессом и умением хорошо работать с другими, как правило, хорошо проявляют себя и в аналоговых, и в настоящих космических миссиях.

Но индивидуальные черты — лишь часть рецепта; важно ещё, как люди работают вместе, как команда. Трудно знать, как справится любая группа, пока она действительно не столкнётся с трудными условиями. Поэтому для оценки кандидатов и сплочения команды перед миссией часто проводят подготовку и совместные мероприятия.

¹²⁹Lawrence A. Palinkas, Frederic Glogower, Mark Dembert, Kendall Hansen, and Robert Smullen, “Incidence of Psychiatric Disorders After Extended Residence in Antarctica,” *International Journal of Circumpolar Health* 63, no. 2 (2004): 157–168.

¹³⁰При такой крайней изоляции возможности лечения любых болезней ограничены. На крупных станциях вроде Мак-Мердо есть небольшая больница и медперсонал, но на некоторых небольших станциях есть лишь самое необходимое, а порой и всего один врач. Это стало проблемой в 1961 году, когда Леонид Рогозов — единственный врач небольшой антарктической станции — обнаружил у себя аппендицит. Понимая, что без операции не выживет, он прооперировал себя сам, глядя в зеркало, под одной лишь местной анестезией. Это заняло два часа, но он успешно удалил себе аппендикс и через две недели вернулся к работе.

Например, Анджело Вермёлен рассказал мне, что перед четырёхмесячной аналоговой миссией HI-SEAS он и его экипаж две недели тренировались на Марсианской пустынной исследовательской станции в Юте. «Интересно, что правила, социальная динамика — всё, чем мы пользовались на HI-SEAS, — сложилось в Юте, — сказал он. — Вы собираетесь вместе как группа, у вас складываются определённые отношения друг с другом, и потом вы их уже толком не меняете. Это типичная групповая динамика, которая устанавливается довольно быстро».

И всё же нет никакой гарантии, что даже тщательно отобранный и подготовленный экипаж хорошо сработается. Экипаж «Биосферы-2» прошёл немалую подготовку и поработал вместе, прежде чем начать свой двухлетний срок в герметичном комплексе в Аризоне. Но это не помешало команде из восьми человек распасться на две враждующие группировки, которые скорее плюнули бы друг в друга, чем стали разговаривать.

Однажды, в разгар голода, усталости и разочарования в «Биосфере-2», Джейн Пойнтер пережила минуту покоя и ясности, пропалывая сорняки в пустынном биоме. Мысль о том, что от неё зависит, какие растения будут жить, а какие погибнут, поразила её как огромная, почти божественная власть.

«Я задумалась, не была ли „Биосфера-2“ попыткой высшего проявления контроля — закупорить природу в бутылку, чтобы окончательно и бесповоротно её покорить, — размышляла она¹³¹. — Если мы сможем посадить природу в клетку, приручить её и выдрессировать работать на нас, мы преодолеем серьёзную помеху на пути нашего вида к бессмертию. Ведь главная врождённая цель любого живого существа — оставить потомство, чтобы продолжить вид. Биосферы просто обещают сделать ещё один шаг: вид может обеспечить себе пригодную для жизни среду».

Эта мысль внезапно заставила её увидеть в сооружениях вроде того, в котором она была заперта, вполне реальную возможность для будущих космических поселений. «В тот момент фантазии о биосферах, плывущих в космосе и поддерживающих жизнь целых городов, казались вполне правдоподобными, — вспоминала она. — Будет ли космос будущего населён стерильными перенаселёнными консервными банками или биосферами, я лишь надеялась, что люди и их культура разовьются настолько, чтобы ладить друг с другом лучше, чем мы».



Одна психологическая сторона настоящего космического полёта не воспроизводится ни в одной аналоговой имитации — глубокое впечатление, которое производит вид Земли из космоса.

«Трудно описать, каково смотреть вниз на планету. Мне кажется, я знаю Землю так близко, как большинство людей её не знает, — писал астронавт Скотт Келли после года на Международной космической станции¹³². — Один из моих любимых видов Земли —

¹³¹Jane Poynter, *The Human Experiment: Two Years and Twenty Minutes Inside Biosphere 2* (Basic Books, 2006).

¹³²Scott Kelly, *Endurance: My Year in Space, a Lifetime of Discovery* (Vintage, 2017).

Багамы, большой архипелаг с потрясающим контрастом светлых и тёмных цветов. Яркая синева океана смешивается с гораздо более яркой бирюзой, закрученной чем-то почти золотым, — там, где солнце отражается от песчаных отмелей и рифов».

В отличие от наземного аналога, благоговение и восторг от пребывания в космосе и вида Земли со стороны могут отчасти уравновесить трудности жизни в замкнутом пространстве в изоляции с маленькой группой людей. «Иногда, глядя в иллюминатор, я вдруг понимаю, что всё, что для меня важно, каждый человек, который когда-либо жил и умер (кроме нас шестерых [на Международной космической станции]), — там, внизу, — писал Келли. — А иногда я, конечно, сознаю, что люди на станции со мной сейчас и есть для меня всё человечество. Если мне предстоит поговорить с кем-то вживую, посмотреть кому-то в глаза, попросить кого-то о помощи, разделить с кем-то трапезу — это будет кто-то из них».

В 1980-х годах космический философ Фрэнк Уайт придумал название для этой перемены взгляда, о которой часто рассказывают астронавты, побывавшие в космосе, — он назвал её «эффектом обзора». Эта мысль пришла Уайту в самолёте. «Когда самолёт пролетал к северу от Вашингтона, я обнаружил, что смотрю вниз на Капитолий и монумент Вашингтону, — писал он в книге 1987 года, посвящённой этой идее¹³³. — С высоты девяти тысяч метров они казались маленькими игрушками, сверкающими на солнце. С этой высоты весь Вашингтон казался маленьким и незначительным». Глядя на расстилавшийся внизу пейзаж, он ощутил и то, насколько всё взаимосвязано. «Из самолёта было очевидно то, что учёные, философы, духовные учителя и теоретики систем веками пытались нам донести: всё взаимосвязано и взаимозависимо, каждая часть — подсистема более крупной целой системы», — писал он.

Уайт задумался, не будет ли этот эффект ещё сильнее, если подняться ещё выше. Он побеседовал с астронавтами, побывавшими на околоземной орбите или на Луне, и выяснил, что многие из них действительно пережили серьёзную перемену взгляда на мир. Уайт нашёл выступление астронавта «Аполлона-9» Расти Швайкарта, в котором тот описывал свои личные впечатления от полёта вокруг Земли в марте 1969 года: «Когда облетаешь Землю за полтора часа, начинаешь понимать, что ты отождествляешь себя со всем этим целиком. Это меняет тебя. Смотришь вниз и не можешь представить, сколько границ и рубежей пересекаешь... ты их даже не видишь... оттуда, откуда ты смотришь, всё это — единое целое, и оно так прекрасно», — говорил он.

Этот вид на мир в буквальном смысле изменил мировоззрение Швайкарта.

«Смотришь вниз и видишь поверхность того шара, на котором ты прожил всё это время, и знаешь всех этих людей там, внизу, и они такие же, как ты, — они и есть ты, — и каким-то образом ты их представляешь. Ты там, наверху, как чувствительный элемент, как точка на самом конце, и это смиряет... И каким-то образом понимаешь, что ты — частица всей этой жизни... Это становится особой ответственностью и говорит тебе кое-что о твоих отношениях с тем, что мы называем жизнью», — говорил он.

¹³³Frank White, *The Overview Effect: Space Exploration and Human Evolution*, 3rd ed. (American Institute of Aeronautics and Astronautics, 2014).

Позже Уайт взял интервью у Швайкарта, и тот развил свои прежние мысли. Другие астронавты говорили Уайту похожее. Многие рассказывали, что, увидев хрупкую планету, на которой мы живём, из космоса, стали больше заботиться о её защите.

«Некоторые части мира... настолько окутаны загрязнённым воздухом, что выглядят больными, нуждающимися в лечении или хотя бы в возможности выздороветь, — писал Скотт Келли. — Линия нашей атмосферы на горизонте кажется тонкой, как контактная линза на глазу, и её хрупкость словно требует нашего внимания».

Рассказы астронавтов убедили Фрэнка Уайта, что он нащупал нечто важное. Изображения из космоса могли влиять на людей — фотография «Восход Земли», сделанная астронавтом «Аполлона-8» Биллом Андерсом на лунной орбите, помогла дать толчок экологическому движению¹³⁴, — но увидеть это своими глазами, похоже, было гораздо сильнее. Уайт размышлял о долгосрочных последствиях эффекта обзора не только для отдельных людей, но и для всего человечества. Если каждый, кто побывал в космосе, возвращается преображённым, рассуждал он, представьте, что будет, когда в космосе побывает много людей.

И представьте, что будет с людьми, которые покинут нашу планету, чтобы навсегда жить в иных мирах, — и что будет с их детьми.

Я познакомился с Фрэнком Уайтом на космической конференции «Новые миры» в Остине. Мне показалось, что он стал своего рода патриархом космического сообщества. Было видно, что участники конференции его глубоко уважают и говорят об эффекте обзора с благоговением, какое обычно бывает в отношении религиозного учения. Через несколько дней, когда он вернулся домой в Массачусетс, мы снова поговорили по Zoom. Поскольку работа Уайта в основном касалась психологических последствий реального пребывания в космосе, мне было интересно, что он думает об аналоговых миссиях.

«Я думаю, что люди, занимающиеся аналогами, — лучшие кандидаты для массового переселения в космос, — сказал он. — Они не зациклены на том, чтобы „сесть в ракету“. Их занимает другое: „Я хочу знать, как работать в маленькой команде там, когда мне выпадет шанс“. И, по-моему, это мудро».

Вскоре разговор перешёл к теме, о которой мне больше всего хотелось его спросить и о которой мы оба много думали, — к долгосрочным последствиям заселения космоса. Уайт сказал, что считает эту тему настолько важной, что вынес её в подзаголовок своей книги — «Эффект обзора: освоение космоса и эволюция человека».

«Чем больше я работал над книгой, тем важнее становилась эволюция», — сказал он мне. Уайт сразу оговорился, что он не биолог, но, исходя из своего понимания эволюции, пришёл к некоторым выводам о том, как освоение космоса и переселение туда могут стать катализатором перемен — и культурных, и биологических. «Мне казалось совершенно, совершенно очевидным, что освоение космоса запустит эволюцию», — сказал он.

¹³⁴Isabelle Gerretsen, “The 1968 Photo That Changed the World,” BBC.com, April 22, 2024, <https://www.bbc.com/future/article/20230511-earthrise-the-photo-that-sparked-an-environmental-movement>.

Я кивнул. Вопрос, в чём мы оба сошлись, был в том, как будут эволюционировать люди в космосе.

Глава 6. Космические острова

Поначалу Галапагосские острова не произвели на Чарльза Дарвина особого впечатления.

«Издали эти острова имеют пологие однообразные очертания, — записал он в дневнике, когда «Бигль» прибыл туда в сентябре 1835 года¹³⁵. — Всё это чёрная лава, сплошь покрытая мелким безлистным кустарником и низкими деревцами... чахлые деревья почти не подают признаков жизни... Растения к тому же неприятно пахнут. Местность сравнивали с тем, какими мы могли бы представить себе возделанные части преисподней». Первое впечатление было так себе.

То, что Дарвин там увидел, со временем привело его к революционной теории о том, как меняются виды, — к процессу, который нам нужно понимать, если мы хотим предсказать, чем наши потомки на Марсе — или где угодно ещё — через много поколений будут отличаться от нас. Но когда Дарвин впервые ступил на Галапагосы, он ещё не был настоящим биологом. Недавний выпускник университета с дипломом богослова и любовью к естественной истории, особенно к геологии, он ждал посещения Галапагосов прежде всего ради возможности увидеть действующие вулканы.

Животные его тоже немного интересовали: в одном из писем он писал, что «и геология, и зоология не могут не быть интересными». Однако первое впечатление о фауне оказалось столь же мрачным, как и описание пейзажа. Увидев на берегу морских игуан, он назвал их «омерзительными неуклюжими ящерицами». Флоре в его глазах повезло не больше: в первый же день он собрал десять видов, как он выразился, «невзрачных, уродливых цветочков».

«Бигль» простоял там всего пять недель, но несколько ключевых наблюдений на Галапагосах оказались для Дарвина решающими¹³⁶. Поворотным стал момент, когда вице-губернатор сказал ему, что по форме панциря черепахи можно определить, с какого она острова. Дарвин к тому времени побывал на нескольких островах, и все они казались ему очень похожими. Если среда одинаковая, а острова расположены близко друг к другу, почему черепаха с одного острова должна отличаться от черепахи с другого? Если подумать, он ведь замечал, что у пересмешников на разных островах немного разные клювы. До того он даже не утруждал себя записывать, на каком острове собран каждый экземпляр, считая это несущественной подробностью.

Он также заметил, что фауна Галапагосов, похоже, тесно связана с животными Южной Америки, где «Бигль» провёл предыдущие три с половиной года. Морские и наземные игуаны, которые водятся только на Галапагосах, напоминали ему южноамериканских игуан. Пересмешники тоже были похожи на южноамериканские виды. «Будет очень интересно, — писал он в дневнике, — установить путём будущих сравнений,

¹³⁵Charles Darwin, *Journal of Researches into the Geology and Natural History of the Various Countries Visited by HMS Beagle, Under the Command of Captain Fitzroy from 1832 to 1836* (Colburn, 1840).

¹³⁶E. Janet Browne, *Charles Darwin: Voyaging*, vol. 1 (Princeton University Press, 1996).

к какой области или к какому „центру творения“ следует отнести живые существа этого архипелага». Лишь вернувшись в Англию, передав свои коллекции специалистам и обдумав всё как следует, он сложил свои наблюдения и идеи в единый, несомненный вывод: виды меняются.

Одно это было достаточно шокирующим, особенно для христианского мировоззрения, господствовавшего в западной цивилизации. Но главным озарением Дарвина было понимание того, как они меняются. Вернувшись в Англию в 1836 году, он следующие два десятилетия разрабатывал, а затем совершенствовал теорию эволюции и собирал подтверждающие её факты. Наконец 22 ноября 1859 года она была опубликована под названием «Происхождение видов путём естественного отбора, или Сохранение благоприятствуемых пород в борьбе за жизнь»¹³⁷. Вскоре название сократили до «Происхождения видов».

Основная мысль состояла в том, что процесс, названный Дарвином «естественным отбором», и есть механизм, с помощью которого виды приспособляются к среде. Когда среда меняется, особи с признаками, лучше помогающими выжить, получают больше возможностей размножиться и передать свои признаки потомству. За поколения эти признаки становятся всё более распространёнными. Предки галапагосских морских игуан не умели плавать в океане, но из поколения в поколение те, кто мог чуть дольше оставаться под водой, съедали больше водорослей, и это давало им преимущество в выживании. Приспособление было результатом, а естественный отбор, действующий из поколения в поколение, — процессом, который к нему привёл.

В конце книги Дарвин указал не только на то, что виды эволюционировали, но и на то, что они эволюционируют. Иными словами, эволюция — это процесс, и не следует ожидать, что он когда-нибудь завершится.



Если эволюция идёт постоянно, как полагал Дарвин, значит ли это, что люди всё ещё эволюционируют?

Да, это так. У многих людей вдоволь еды, чистая вода и передовое здравоохранение, но не у всех. К сожалению, инфекционные болезни по-прежнему остаются одной из главных причин смерти во многих частях мира. В регионах, где распространены болезни вроде малярии, а лечение недоступно, тот, кому генетически повезло с природной устойчивостью, с большей вероятностью передаст свои гены следующему поколению, чем тот, кому не повезло. И даже в регионах, где медицина доступнее, остаются различия в продолжительности жизни, коренящиеся в генетических картах, которые каждому из нас сдают при рождении¹³⁸.

¹³⁷Charles Darwin, *On the Origin of Species by Means of Natural Selection, or The Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life* (J. Murray, 1859).

¹³⁸A. Hill, “Aspects of Genetic Susceptibility to Human Infectious Diseases,” *Annual Review of Genetics* 40, no. 1 (2006): 469–486.

Пандемия COVID-19 стала суровым напоминанием об этом. До появления вакцин и лекарств одни заразившиеся коронавирусом SARS-CoV-2 тяжело заболевали, а некоторые умирали, тогда как другие переносили болезнь легче. Исследования показали, что эти различия объяснялись прежде всего генетикой: одни люди от природы более уязвимы для вируса, чем другие¹³⁹. Те, кому посчастливилось иметь гены, делавшие их менее уязвимыми, чаще выживали.

Естественный отбор — жестокий процесс, но он работает. И никогда не перестаёт работать.

Теперь у нас собраны все части, необходимые, чтобы сложить связную картину будущего нашего вида за пределами Земли. Понимание того, как действует естественный отбор, позволяет обоснованно предсказывать, как люди будут биологически приспосабливаться к той или иной среде. У нас есть хорошее представление о том, какой будет среда на Марсе, благодаря марсоходам и другим аппаратам, отправленным туда для подробных измерений и наблюдений. И мы довольно много знаем о том, как на отдельных людей действуют эти условия — пониженная сила тяжести и повышенная радиация, — благодаря десятилетиям исследований в космической медицине.

Итак, если сложить всё вместе, каких биологических приспособлений можно ожидать у будущих поколений поселенцев на Марсе?

Начнём с гравитации. Мы знаем, что взрослые, побывавшие в космосе в невесомости, становятся немного выше, потому что межпозвоночные диски меньше сжаты, а позвоночник выпрямляется. Но эти изменения не наследуются: дети астронавтов не выше своих родителей. А если и выше, то пребывание родителей в космосе тут ни при чём. И всё же не исключено, что будущие поколения марсиан окажутся выше. При силе тяжести в три восьмых земной человек на Марсе весил бы три восьмых того, что весит человек той же массы на Земле. Не выдерживая такого веса, марсиане за поколения могли бы выработать менее изогнутый позвоночник, что сделало бы их немного выше.

С другой стороны, дарвиновский подход подсказывает, что верно может быть и обратное. Мы видели, что кости растут в ответ на приложенную к ним нагрузку, поэтому при силе тяжести в три восьмых земной люди с возрастом будут терять плотность костей. Если кесарево сечение не станет стандартным способом рождения марсианских детей, роды могут стать гораздо опаснее. Если предположить, что все люди теряют плотность костей примерно с одинаковой скоростью, то у женщин, родившихся с чуть более плотными костями, риск перелома при родах будет ниже, потому что их кости прочнее. Такие женщины чаще будут выживать и передавать детям гены плотных костей. Иными словами, естественный отбор будет благоприятствовать более плотным костям.

За много поколений это может привести к тому, что скелет у марсиан станет гораздо массивнее. В этом смысле их кости могут напоминать кости некоторых ранних предков человека. А проще всего получить более плотные кости, если организм будет строить их из

¹³⁹Kathleen LaRow Brown, Vijendra Ramlall, Michael Zietz, Undina Gisladdottir, and Nicholas P. Tatonetti, “Estimating the Heritability of SARS-CoV-2 Susceptibility and COVID-19 Severity,” *Nature Communications* 15, no. 1 (2024): 367.

того же количества костной ткани, но делать меньше. Иными словами, если люди станут ниже ростом.

С другой стороны, если на Марсе кесарево сечение станет повсеместным, чтобы сохранить жизнь матерям с хрупкими костями и их детям, это может привести к другим сценариям. На протяжении всей нашей эволюционной истории размер головы был ограничен тем, что она должна проходить через родовые пути. Если бы все дети рождались хирургическим путём, верхнего предела размера головы больше не было бы — кроме того, что шея всё ещё должна её держать. Теоретически это могло бы позволить нашим головам увеличиться. Если бы естественный отбор благоприятствовал более крупным головам по другим причинам — например, из-за роста интеллекта, — марсиане могли бы эволюционировать и стать похожими на стереотипных большеголовых пришельцев из фантастики.

Но у повсеместного кесарева сечения есть и возможная обратная сторона: мы можем стать от него зависимыми. Если голова младенцев станет так велика, что никак не сможет пройти через родовые пути, нашему виду для простого продолжения рода понадобятся хирургические роды¹⁴⁰. Если бы по какой-либо причине возможность проводить такие операции оказалась под угрозой — скажем, из-за нехватки подходящих материалов для хирургических инструментов или отсутствия условий для стерильной операции, — результатом было бы почти неминуемое вымирание. Подобную ситуацию, когда естественный отбор благоприятствует признаку или поведению, которое в итоге оказывается саморазрушительным, биологи называют эволюционной ловушкой¹⁴¹.



Жизнь при пониженной силе тяжести могла бы изменить и другие черты нашей анатомии. Палеонтологическая летопись показывает, что по мере увеличения мозга у ранних видов нашего рода Номо вместе с ним менялась и форма таза. Ещё до того как мозг начал увеличиваться, таз уже заметно изменил форму при более раннем переходе к прямохождению. У четвероногого животного таз служит прежде всего местом прикрепления задних конечностей. Но при прямохождении на двух ногах таз должен выдерживать вес всей верхней части тела, поэтому он стал шире и приобрёл форму чаши. Когда наши головы увеличивались, таз должен был по-прежнему поддерживать верхнюю часть тела и одновременно расширять родовой канал¹⁴². Но эти две функции отчасти противоречат друг другу: тазовое кольцо, образующее родовой канал, может расти лишь до определённого предела, после которого таз хуже поддерживает верхнюю часть тела.

¹⁴⁰Michelle J. K. Osterman, *Changes in Primary and Repeat Cesarean Delivery: United States 2016–2021* (Centers for Disease Control and Prevention, 2022).

¹⁴¹Martin A. Schlaepfer, Michael C. Runge, and Paul W. Sherman, “Ecological and Evolutionary Traps,” *Trends in Ecology & Evolution* 17, no. 10 (2002): 474–480.

¹⁴²Philipp Mitteroecker and Barbara Fischer, “Evolution of the Human Birth Canal,” *American Journal of Obstetrics and Gynecology* 230, no. 3 (2024): S841–S855.

По крайней мере, так обстоит дело при земной силе тяжести. При пониженной силе тяжести, как на Марсе, тазовое кольцо может эволюционировать в сторону увеличения, потому что давление на него будет меньше: верхняя часть тела будет весить меньше. Так что у марсиан могут развиваться более широкие бёдра, а это, в свою очередь, позволило бы появиться детям с более крупными головами даже без поголовного кесарева сечения.

Перераспределение жидкостей, от которого страдают астронавты, — одутловатые лица и «куриные ножки» — происходит потому, что в организме накоплено количество жидкости, рассчитанное на земную силу тяжести, а для микрогравитации его оказывается слишком много. Считается, что перераспределение жидкостей вызывает проблемы с глазами вроде складок сосудистой оболочки у Скотта Келли. Значит, у людей, родившихся при пониженной силе тяжести, организм которых от природы вырабатывает меньше жидкости, проблемы со зрением будут возникать реже. За поколения естественный отбор может благоприятствовать людям со всё меньшим количеством жидкости в организме. Это ещё больше уменьшило бы их вес и избавило бы марсиан от тонких ног и одутловатых лиц.

При пониженной силе тяжести своды стоп тоже могли бы стать менее выраженными. Обычно своды стопы формируются у детей к шести годам и в буквальном смысле придают нашему шагу пружинистость. Однако у одной пятой — одной трети населения они так и не формируются — это называется плоскостопием. Плоскостопие передаётся в семьях, а значит, у него есть генетическая основа. Это означает, что оно может эволюционировать. Здесь, на Земле, плоскостопие бывает болезненным, но на Марсе оно доставляло бы меньше проблем, ведь на стопы приходилась бы лишь около трети веса. Плоскостопие на Марсе, может, и не было бы полезным, но, возможно, не было бы и вредным, то есть отбор мог бы против него не действовать. Эволюционные биологи называют это ослаблением естественного отбора. За поколения ослабление отбора на своды стопы могло бы сделать плоскостопых марсиан многочисленнее.

По той же логике то, что люди на Марсе, вероятно, будут проводить всё время либо в жилище с климат-контролем, либо в скафандре, может ослабить отбор на такие признаки, как способность потеть. Наши предки обзавелись гораздо большим числом потовых желёз, приспособившись к необходимости охлаждаться при погоне за животными в африканской саванне¹⁴³. Без необходимости охлаждаться число потовых желёз у марсиан может сократиться. Это может изменить их запах, сделав его менее сильным.



Жизнь под землёй оторвала бы людей и от естественных суточных и годовых ритмов, которые мы часто принимаем как должное. Наш организм вырабатывает гормоны в разном количестве в зависимости от времени суток¹⁴⁴. Утром гормоны вроде кортизола дают организму сигнал, что пора просыпаться и начинать день. Вечером выработка мелатонина

¹⁴³Daniel Lieberman, *The Story of the Human Body: Evolution, Health, and Disease* (Vintage, 2014).

¹⁴⁴Lance J. Kriegsfeld and Rae Silver, "The Regulation of Neuroendocrine Function: Timing Is Everything," *Hormones and Behavior* 49, no. 5 (2006): 557–574.

помогает нам заснуть. Сроки выброса этих гормонов сложились у наших предков под влиянием сигналов среды — восхода и заката. Эти сроки довольно гибки, как мы ощущаем при сезонных изменениях продолжительности дня и при переездах в другой часовой пояс.

Сол на Марсе на сорок минут длиннее земных суток, как показывают часы Тима Хайлерса. Разница может показаться небольшой, но её хватает, чтобы нарушать сон у учёных на Земле, работающих по марсианскому графику солов, как рассказала мне Кирстен Сибах. Смену дня и ночи в подземном жилище можно было бы регулировать и синхронизировать с Землёй, но для марсиан это, вероятно, было бы неудобно, потому что их циклы сна не совпадали бы с циклами света и темноты на их планете. Я думаю, скорее всего, марсиане будут жить по собственному распорядку. Если так, то через несколько поколений суточные ритмы, определяемые выбросом гормонов, могут эволюционировать и подстроиться под длину марсианского сола.

Годовые циклы на Марсе будут отличаться ещё сильнее, ведь год там почти вдвое длиннее земного. Как и в случае суточных циклов, наш организм вырабатывает гормоны в разном количестве в зависимости от времени года. Например, тиреотропный гормон, помогающий регулировать обмен веществ, летом часто выше. Жизнь под землёй могла бы отчасти оградить людей от сезонных изменений, хотя, опять же, думаю, людям захочется знать, что происходит на поверхности. Выраженность сезонных изменений зависела бы и от того, где построят поселения — ближе к экватору или к полюсам. Экватор мог бы быть хорошим выбором, потому что людям, страдающим сезонным аффективным расстройством, долгие марсианские зимы могут оказаться невыносимы. Естественный отбор мог бы приспособить людей к марсианскому сезонному циклу, изменив сроки выработки гормонов в соответствии с их новым планетарным домом.

Трудности создаст и состав марсианской атмосферы, хотя эксперимент MOXIE на марсоходе «Персеверанс» показал, что из углекислого газа воздуха можно получать пригодный для дыхания кислород. Тем не менее из-за очень разреженной атмосферы кислород на Марсе может оставаться ограниченным ресурсом. Но мы знаем, что у людей, много поколений живущих в высокогорье, выработались способы компенсировать недостаток кислорода в разреженном горном воздухе¹⁴⁵. У марсиан могут выработаться похожие приспособления к кислородному голоданию — например, увеличенный объём лёгких или более густая сеть капилляров.

Можно ожидать и того, что марсиане приспособятся к перхлоратам в марсианском грунте. Для большинства организмов перхлораты ядовиты, но некоторые микроорганизмы на Земле приспособились выживать там, где перхлоратов много¹⁴⁶. Любые небольшие различия в устойчивости к перхлоратам между людьми могли бы за много поколений позволить естественному отбору повысить устойчивость к перхлоратам у всего населения Марса.

¹⁴⁵Cynthia M. Beall, “Adaptation to High Altitude: Phenotypes and Genotypes,” *Annual Review of Anthropology* 43, no. 1 (2014): 251–272.

¹⁴⁶Kristina Beblo-Vranesevic, Harald Huber, and Petra Rettberg, “High Tolerance of *Hydrogenothermus marinus* to Sodium Perchlorate,” *Frontiers in Microbiology* 8 (2017): 1369.

Радияция — ещё одно серьёзное отличие среды на Марсе от той, к которой наш вид приспособился в ходе эволюции на Земле. Судя по работе Кэтрин Дэвис-Такач на крысах в Брукхейвенской национальной лаборатории, облучение на Марсе может вызывать когнитивные нарушения, например замедление реакции. Любые люди, чуть менее подверженные этим нарушениям, могли бы получить преимущество в выживании. Если так, естественный отбор мог бы привести к когнитивным улучшениям у будущих поколений марсиан. Умнее они от этого не обязательно стали бы, но это хотя бы помогло бы им не утратить остроты — и могло бы дать давним жителям Марса преимущество перед новоприбывшими.

Большинство проектов марсианских жилищ предусматривают ту или иную защиту от радиации, в том числе жизнь под землёй. Но я убеждён, что люди не согласятся проводить всё время внутри, какой бы привлекательной ни была архитектура. Любое время, проведённое на поверхности, даже в скафандре, увеличило бы дозу облучения, полученную за жизнь. Заболеваемость раком на Марсе была бы высокой, особенно в первых поколениях. Однако естественный отбор благоприятствовал бы любым генам, лучше помогающим предотвращать повреждения ДНК, вызванные радиацией, или восстанавливать их¹⁴⁷. Организм одних людей уже от природы справляется с этим лучше, чем организм других, — опять же благодаря генетической лотерее. Например, люди, вырабатывающие больше кожного пигмента эумеланина, лучше защищены от повреждений ДНК ультрафиолетом, чем те, у кого его меньше. Поэтому на Марсе естественный отбор мог бы благоприятствовать более тёмной коже.

Ещё одна возможность — появление новых видов кожных пигментов, защищающих марсиан от радиации. Например, каротиноиды — оранжевые или жёлтые пигменты, обычные для растений и грибов, — участвуют в защите от радиации. Мы получаем каротиноиды с пищей, например с морковью. Но некоторые насекомые приобрели гены, позволяющие вырабатывать каротиноиды самостоятельно, а значит, нечто подобное могло бы случиться и с космическими поселенцами — и, возможно, привести к появлению марсиан с оранжевой кожей. Другие гены, например так называемые гены-супрессоры опухолей, тоже помогают обнаруживать повреждения ДНК, когда они всё же происходят, и уничтожать клетки, которые могут стать раковыми¹⁴⁸. Такие гены тоже могли бы стать распространённые по мере того, как люди будут лучше приспосабливаться к жизни на Марсе.

¹⁴⁷Стоит отметить, что виды рака, поражающие людей в пожилом возрасте, меньше подвержены естественному отбору, чем те, что поражают молодых. Дело в том, что ген, влияющий на человека уже после того, как у него появились дети, никак не сказывается на том, сколько копий его генов дойдёт до следующих поколений. Считается, что это одна из причин, по которым рак чаще встречается у пожилых.

¹⁴⁸Nancy A. Moran and Tyler Jarvik, “Lateral Transfer of Genes from Fungi Underlies Carotenoid Production in Aphids,” *Science* 328, no. 5978 (2010): 624–627; George Klein, “Toward a Genetics of Cancer Resistance,” *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106, no. 3 (2009): 859–863.

Можно было бы отбирать людей с такими генетическими преимуществами и отправлять на Марс именно их. Другой вариант, о котором мы поговорим позже, — изменять гены людей, чтобы улучшить их способность бороться с раком. Но если мы не сделаем ни того ни другого, то люди, которым посчастливилось обладать признаками, помогающими прожить чуть дольше, получают больше возможностей передать свои гены следующим поколениям. Как понял Дарвин во время путешествия на «Бигле», это означает, что они приспособятся.

Но это не значит, что процесс будет приятным. На основе наблюдений на Галапагосах Дарвин писал о том, что называл «борьбой за существование». По крайней мере для первых нескольких поколений людей на Марсе слово «борьба» окажется слишком мягким.



Стоит упомянуть ещё об одной важной стороне приспособления, которую понял Дарвин. Одним из его величайших прозрений было понимание того, что изменчивость внутри вида — это сырьё, с которым работает естественный отбор. Дарвин толком не знал, откуда берётся эта изменчивость, — наши представления о генетике сложатся лишь в XX веке, — но он видел, что наследуемые признаки существуют и что для работы естественного отбора они должны хоть чем-то различаться у разных особей. И чем больше изменчивость, тем больше у естественного отбора возможностей создать приспособление. Значит, чтобы люди приспособились к условиям на Марсе, чем больше изменчивость в популяции, тем лучше. Мудро было бы отправить разнообразную исходную популяцию — в том числе и по другим причинам, которые мы вскоре рассмотрим.

Но стоит подумать и о первоисточнике всей изменчивости — мутациях.

Некоторые мутации ни на что не влияют, но большинство вредны — например, те, что ведут к раку. Однако изредка случается мутация, которая оказывается полезной. Мутации происходят случайно, но чем их больше, тем выше шанс, что попадётся полезная. Поскольку облучение на Марсе, вероятно, будет сильнее, частота мутаций тоже будет выше. Это создаст более богатый запас генетической изменчивости для естественного отбора. В этом смысле радиация могла бы дать толчок процессу приспособления.

Мы склонны думать, что эволюционные изменения происходят очень медленно и постепенно. Дарвин, безусловно, так и думал — слово «медленный» встречается в «Происхождении видов» 144 раза. Но со времён Дарвина мы узнали, что эволюционные изменения не всегда происходят медленно. Иногда мы видим, что они идут гораздо быстрее, чем нам хотелось бы, — например, когда у бактерий вырабатывается устойчивость к антибиотикам. Эволюционные биологи выяснили, что скорость эволюции вида определяют три главных фактора¹⁴⁹. Первый мы только что рассмотрели — сколько генетической изменчивости есть внутри вида. Второй — сила естественного отбора, то есть насколько велико преимущество, которое тот или иной признак даёт особи в выживании и размножении. Третий — продолжительность поколения, иначе говоря, как быстро вид

¹⁴⁹Douglas Futuyma and Mark Kirkpatrick, *Evolution*, 5th ed. (Oxford University Press, 2022).

размножается. Бактерии эволюционируют чрезвычайно быстро отчасти потому, что некоторые виды могут удваиваться каждые двадцать минут.

Но даже медленно размножающиеся виды могут быстро эволюционировать, если генетической изменчивости достаточно, а давление отбора достаточно сильное. Возьмём слонов в Мозамбике, где гражданская война 1977–1992 годов способствовала массовому браконьерству. Браконьеры убивали слонов в основном ради бивней, чтобы продать слоновую кость. Некоторые слоники от природы рождаются без бивней, и во время гражданской войны у таких слонов шансы выжить были в пять раз выше, чем у слонов с бивнями. Итак, признак варьировал — у одних слонов бивни были, у других нет, — и сильный естественный отбор благоприятствовал безбивневым особям. Отсутствие бивней — наследуемый признак: у безбивневых матерей чаще рождаются безбивневые дочери (из-за генетической особенности самцы безбивневыми быть не могут). В результате доля безбивневых слонов выросла втрое — примерно с одной пятой почти до половины всех самок всего за двадцать восемь лет¹⁵⁰. Это довольно быстро, если учесть, что средняя продолжительность поколения у слонов около двадцати пяти лет — примерно как у людей.

Для людей, живущих на Марсе, это означает, что не стоит думать, будто их эволюция пойдёт медленно.

Наоборот, там будут все составляющие быстрого приспособления. Генетическая изменчивость будет — и за счёт тех, кого мы решим отправить, и за счёт новых мутаций, накапливающихся из-за облучения. А суровые условия на Марсе, в том числе гораздо более высокая радиация и пониженная сила тяжести по сравнению со всем, с чем наш вид сталкивался в своей эволюционной истории, обернутся очень сильным естественным отбором. По моей оценке, заметные эволюционные изменения могут появиться уже через четыре-пять поколений, а более существенные — через десять и более. Речь всё равно идёт о сотнях лет, что по меркам человеческой жизни может показаться медленным. Но для эволюции это мгновение ока. Если бы Чарльз Дарвин мог это увидеть, плывя между планетами на космическом «Бигле», он, полагаю, узнал бы процесс, но, возможно, поднял бы бровь, удивившись скорости.

Но есть и другие факторы, которые нужно учитывать и которые определяют, как и насколько быстро люди будут эволюционировать за пределами Земли. Для этого нам придётся ещё попрыгать по островам.



В 1929 году семидесятипятилетняя шхуна «Франс» пробиралась среди тропических островов к северу от Австралии. Шёл девятый год путешествия, известного как Южно-Тихоокеанская экспедиция Уитни. Её финансировал американский бизнесмен Гарри Пейн Уитни, и главной целью был сбор птиц для Американского музея естественной истории в Нью-Йорке. Экспедиция побывала уже более чем на сотне островов — от далёких атоллов

¹⁵⁰Shane C. Campbell-Staton, Brian J. Arnold, Dominique Gonçalves, Petter Granli, Joyce Poole, Ryan A. Long, and Robert M. Pringle, “Ivory Poaching and the Rapid Evolution of Tusklessness in African Elephants,” *Science* 374, no. 6566 (2021): 483–487.

Восточной Полинезии до крутых, покрытых джунглями склонов Новой Гвинеи. Но теперь руководитель экспедиции и её главный орнитолог Ролло Бек уехал, и чтобы продолжить экспедицию, нужен был знаток птиц.

Новость дошла до молодого немецкого биолога Эрнста Майра, который как раз был в разгаре собственной орнитологической экспедиции на Новой Гвинее. Майр снимал шкурки с птиц в маленькой хижине, когда посыльный доставил телеграмму. Она была от его наставника Эрвина Штреземана, который сообщал Майру о вакансии в экспедиции Уитни и советовал согласиться. Это поможет карьере Майра, намекал наставник, а кроме того, Штреземану пообещали часть экземпляров, если Майр согласится.

«Хотел я того или нет, пришлось сказать „да“», — вспоминал потом Майр¹⁵¹. Он оставил лагерь, добрался до побережья, а затем на пароходе до восточной оконечности Новой Гвинеи, где присоединился к остальным участникам экспедиции Уитни на борту «Франс».

«Все думают, как это чудесно — плавать на шхуне по южным островам, — вспоминал Майр. — Так вот, это была старая грузовая шхуна для перевозки копры, крайне неудобная. Работающего туалета на ней, по сути, не было. Если попытаться спать на койке под палубой, там всегда было слишком жарко, не уснёшь, так что спали на палубе, и, конечно, каждую ночь рано или поздно налетал ливень и промачивал тебя насквозь».

Несмотря на неудобства, Майр провёл девять месяцев на борту «Франс», собирая птиц на Соломоновых островах к востоку от Новой Гвинеи. Они побывали в нескольких местах, в том числе на острове Малаита и в горах Сан-Кристобаля, где до них ни одна научная экспедиция птиц не собирала. Майр назвал сборы «орнитологически очень удачными».

Экспедиция Уитни продолжилась и после возвращения Майра домой, но его сравнительно недолгое участие в ней позже оказалось поворотным для его карьеры. Вскоре после возвращения Майру предложили временную должность в Американском музее естественной истории — заниматься экземплярами экспедиции Уитни. Должность продлили на второй год, а затем ему предложили постоянное место хранителя.

Разбирая обширные коллекции птиц со всего южного Тихого океана, Майр начал замечать закономерности. Он видел, что одни виды широко распространены, а другие встречаются только на определённых островах или группах островов. Майр хорошо знал работу Дарвина о естественном отборе, ведущем к эволюционным изменениям внутри вида. Это было ему понятно, и он полагал, что это относится и к его птицам. Но закономерности распространения птиц на тихоокеанских островах говорили о чём-то большем. Размышляя о родстве птиц, он мог представить, что у них был общий предок, каким-то образом расселившийся по многим островам. То, что они жили на разных островах, похоже, было ключевым обстоятельством, приведшим к их эволюции в разные виды.

До того биологи определяли понятие вида довольно расплывчато. Дарвин писал о происхождении видов, но так и не дал определения слова «вид». В некоторых случаях всё казалось довольно очевидным. Лошади и зебры — разные виды, потому что у них есть

¹⁵¹См. “Joining the Whitney Expedition: Ernst Mayr, Scientist,” Web of Stories, <https://www.webofstories.com/play/ernst.mayr/13>.

явные признаки, по которым их легко различить. Лошади и ослы тоже кажутся разными, но физические различия между ними не так очевидны. Майр считал, что виды можно определять по способности спариваться и давать здоровое потомство, которое тоже может размножаться. Согласно этому определению, которое он назвал биологической концепцией вида, лошади и ослы относятся к разным видам не потому, что выглядят по-разному, а потому, что потомок лошади и осла — мул — жизнеспособен, но бесплоден.

Майр опубликовал свои наблюдения в 1942 году в книге «Систематика и происхождение видов»¹⁵². Она стала одним из основополагающих трудов современной эволюционной биологии¹⁵³. Подробное знание птиц — и по полевому опыту, и по обширным музейным коллекциям — позволило Майру понять, как тонкие различия внутри одного вида птиц переходят в более чёткие различия между видами. Дарвин предполагал, что тот же процесс, который порождает приспособление внутри вида, — естественный отбор — может порождать и видообразование, то есть появление новых видов. Но ему было трудно объяснить, как именно. Майр нашёл способ связать всё воедино.

Ключом к образованию новых видов, по Майру, была географическая изоляция.

Птицы, живущие на расположенных близко друг к другу островах, могут перелетать с острова на остров. Тогда они будут продолжать обмениваться генами при спаривании, и ни одна из островных популяций, скорее всего, не превратится в новый вид. Но если острова расположены дальше друг от друга, перелёты между ними становятся менее вероятными. Эволюционные процессы, идущие внутри вида, например естественный отбор, будут протекать независимо в популяциях каждого острова. В конце концов, если пройдёт достаточно времени, птицы на изолированных островах, скорее всего, станут отличаться от птиц на других островах, потому что накопят много различий благодаря таким процессам, как мутации и естественный отбор. Когда различий станет столько, что они больше не смогут спариваться и давать плодовитое потомство, видообразование состоялось.

Короче говоря, Майр увидел, что новые виды возникают в результате того, что особи одного вида надолго оказываются по-настоящему изолированы друг от друга. Острова, будучи изолированными, — это, по сути, фабрики новых видов.



Планеты очень похожи на острова. Люди, живущие в поселении на другой планете, например на Марсе, безусловно, будут изолированы от людей, живущих на Земле. Как жизнь на изолированной планете может привести к эволюционным изменениям у будущих поколений людей?

¹⁵²E. Mayr, *Systematics and the Origin of Species* (Columbia University Press, 1942).

¹⁵³В первой половине XX века теорию эволюции Дарвина объединили с зарождающейся генетикой и подкрепили количественной строгостью статистики; Джулиан Хаксли назвал это «современным синтезом».

Во-первых, они могут стать меньше. Мы уже обсуждали, как естественный отбор на более плотные кости, помогающие пережить роды, может сделать марсиан ниже ростом. Но есть и другие причины ожидать, что размер марсиан изменится.

В начале 1960-х годов, собирая данные для диссертации о млекопитающих группы островов в Британской Колумбии, биолог Бристол Фостер заметил закономерность в относительных размерах двух видов мышей. Один из них — вид оленьего хомячка, встречавшийся на крупных островах и на материке Северной Америки. Другой — ситкинский хомячок, встречавшийся лишь на нескольких небольших островах, а также на некоторых островах неподалёку, на Аляске. Внимание Фостера привлёк размер ситкинского хомячка. Он весил примерно вдвое больше более распространённого оленьего хомячка. По их сходству Фостер был почти уверен, что ситкинский хомячок произошёл от общего с оленьим хомячком предка, а значит, более крупный вид возник на островах.

Заинтересовавшись изменением размера, Фостер начал собирать данные об относительных размерах тела других островных животных по всему миру. Согласно его данным, островные грызуны неизменно оказывались крупнее своих материковых родственников. И чем изолированнее был остров, тем крупнее были его грызуны. Другие животные, например кролики и хищники, демонстрировали противоположную закономерность: островные популяции, как правило, были мельче материковых¹⁵⁴. Статья Фостера на эту тему была посвящена млекопитающим, но похожие закономерности прослеживались и у других животных. На острове Комодо есть свои драконы (гигантские вараны), на Галапагосах — гигантские черепахи. В Новой Зеландии когда-то жили огромные нелетающие птицы моа, некоторые из которых достигали 3,6 метра в высоту — вдвое выше страуса! А ископаемые находки на некоторых средиземноморских островах показали, что когда-то там жили карликовые мамонты. Небольших слонов находили и на островах Индонезии.

Закономерность, похоже, состояла в том, что мелкие животные на островах становились крупнее, а крупные — мельче.

Изменения, по-видимому, связаны с различиями в числе хищников и количестве пищи на островах по сравнению с материками. Закономерность оказалась настолько распространённой, что стала общим принципом островной эволюции, получившим название «островного правила»¹⁵⁵.



Могут ли тенденции, наблюдаемые в эволюции островных животных, относиться и к людям? Похоже, да.

¹⁵⁴J. Bristol Foster, “Evolution of Mammals on Islands,” *Nature* 202, no. 4929 (1964): 234–235.

¹⁵⁵Leigh Van Valen, “Patterns and the Balance of Nature,” *Evolutionary Theory* 1 (1973): 31–49; Ana Benítez-López, Luca Santini, Juan Gallego-Zamorano, Borja Milá, Patrick Walkden, Mark A. J. Huijbregts, and Joseph A. Tobias, “The Island Rule Explains Consistent Patterns of Body Size Evolution in Terrestrial Vertebrates,” *Nature Ecology & Evolution* 5, no. 6 (2021): 768–786.

Люди заселили почти каждый клочок суши на Земле, в том числе многие самые отдалённые острова. Пожалуй, самые выдающиеся мореплавательские подвиги в истории совершили полинезийцы, заселившие бóльшую часть островов Тихого океана. Среди них — самые изолированные клочки суши на нашей планете, например Гавайи и остров Пасхи. Остров Пасхи, который его полинезийские жители называют Рапануи, имеет площадь всего 163 квадратных километра — крошечная точка в огромном Тихом океане, — а ближайший обитаемый остров находится более чем в 1900 километрах. Это единственный клочок суши на площади в 7,8 миллиона квадратных километров.

Многие отмечали сходство между островами Тихого океана и небесными телами, видимыми в ночном небе. Путешествуя по Микронезии в западной части Тихого океана, невролог и писатель Оливер Сакс писал о «древнем практическом знании... позволившем микронезийцам и полинезийцам тысячу лет назад пересекать необъятные просторы Тихого океана, ориентируясь лишь по звёздам, в плаваниях, сравнимых с межпланетными путешествиями, пока они наконец не открывали острова — дома, такие же редкие и далёкие друг от друга, как планеты в космосе»¹⁵⁶.

Любопытно, что традиционное полинезийское мировоззрение прямо связывает острова с планетами и звёздами ночного неба. Хинано Теаваи-Мёрфи, президент некоммерческой организации, занимающейся сохранением культурного наследия Полинезии, рассказала мне о некоторых сторонах полинезийской космологии во время археологической экскурсии по долине Опунохо на острове Муреа¹⁵⁷.

«Каждая звезда, сияющая в небе, соответствует опоре неба», — говорила Теаваи-Мёрфи, пока мы поднимались по крутой тропе через джунгли к остаткам древнего сооружения из чёрного вулканического камня на зелёном склоне над живописной бухтой.

«Мы смотрим на мир как на двусторчатую раковину — как на моллюска», — объяснила она. Верхняя створка раковины соответствует небу, нижняя — Земле. Опоры держат небо. Но по традиционным поверьям опоры также отмечали местоположение островов. Пускаясь в открытый океан, древние полинезийские мореплаватели находили путь к новым землям по положению звёзд. Помогали им в навигации, рассказывала Теаваи-Мёрфи, полинезийская богиня Луны Хина и её брат Ру.

«Поскольку она женщина, [Хина] даёт жизнь и знает, где жизнь, — сказала мне Теаваи-Мёрфи. — Когда она вела каноэ, она знала: вон там море кипит, значит, будет земля». Хина велела брату Ру вытащить остров из моря. «Она удерживала остров в равновесии на поверхности, а брат давал острову имя. Это он давал имя, а давая острову имя, ты определяешь его назначение», — объяснила она.

Ведомые Ру и Хиной — и энциклопедическим знанием ночного неба, — полинезийцы открыли и заселили острова Тихого океана. Во многом заселение отдалённых тихоокеанских островов стало завершением расселения людей из Африки, начавшегося около 70 000 лет назад. Эти острова были заселены последними на Земле, потому что до

¹⁵⁶Oliver Sacks, *The Island of the Colorblind* (Vintage Books, 1996).

¹⁵⁷Образ бабушки в диснеевском мультфильме «Моана» создан по мотивам Хинано Теаваи-Мёрфи, которая была консультантом фильма по вопросам культуры.

них было труднее всего добраться. И всё же, несмотря на огромные расстояния и полную невозможность знать, что лежит за горизонтом, люди каким-то образом сумели добраться почти до каждого пригодного для жизни клочка суши в Тихом океане. Данные археологии, лингвистики и генетики говорят о том, что предки полинезийцев пришли из Юго-Восточной Азии через Новую Гвинею. Перебираясь с острова на остров через Соломоновы острова, они добрались до Самоа и в конце концов примерно к 1050 году н. э. — до островов Общества, к которым относятся Мурее и Таити. Оттуда они расселились по самым отдалённым островам, последние из которых были заселены к XIII веку.

На острове Раиатеа в архипелаге Общества, между Мурее и Бора-Бора, я побывал на месте, откуда, как считается, отправлялись многие дальние плавания. Оно называется Тапутапуатеа и состоит из ряда «мараэ» — платформ из чёрного вулканического камня, построенных между XIV и XVIII веками.

«Мараэ — это как храм под открытым небом», — объяснила в день моего визита наш гид. Но, добавила она, это была и своего рода школа. «На мараэ ещё и учились — навигации, учились будущий король, будущий воин, будущий жрец».

Тапутапуатеа особенно важен, потому что считался центром навигационных знаний¹⁵⁸. В брошюре, которую я взял на месте, говорилось, что остров Раиатеа расположен «в центре „Полинезийского треугольника“, огромного морского пространства, усеянного небольшими отдалёнными островами, между Гавайями, островом Пасхи и Новой Зеландией». На аэрофотоснимок места была наложена своего рода схематическая карта, на которой щупальца осьминога тянулись во все стороны к разным островам — к Самоа и Тонга на западе, к Новой Зеландии на юге, к острову Пасхи на востоке и к Гавайям на севере. В центре было тело осьминога, подписанное древним названием, под которым когда-то был известен остров Раиатеа, — Гаваии.

Мореплаватели, отправлявшиеся на поиски новых островов, брали камень с мараэ в Тапутапуатеа и клали его в основание нового мараэ там, где находили землю. Самый большой мараэ в Тапутапуатеа был около 60 метров в ширину; на одном его конце была платформа из чёрного вулканического камня и белого коралла. Они обозначали соответственно сушу и море и символизировали связь мира живых и мира духов. Мараэ, на котором я теперь стоял, находился на небольшом полуострове, в паре метров от края лагуны. Вода в лагуне цвета морской волны была спокойна, но дальше виднелась белая линия внешнего рифа, окружающего остров. Разрыв в рифе, называемый Те-Ава-Моа, образовывал священный проход, через который мореплаватели уходили в путь.

Глядя на мараэ и на море рядом с ним, я вдруг понял: это стартовая площадка.

Во многом она была похожа на стартовые площадки, которые мы строим сегодня, чтобы отправлять ракеты в космос, на Луну, а со временем и на Марс. Как и многие наши современные стартовые площадки, она находилась на берегу моря. Мореплаватели, отправлявшиеся отсюда, плыли на двухкорпусных парусных каноэ — их версии космических кораблей, — построенных так, чтобы выдерживать опасности моря. Как и в

¹⁵⁸См. “Taputapuātea,” World Heritage Convention, UNESCO.org, <https://whc.unesco.org/en/list/1529/>.

ракетном полёте в космос, самыми опасными моментами плавания были отплытие и возвращение: каноэ нужно было пройти через узкий проход между бьющимися о риф волнами. А в открытом море мореплаватели, как астронавты на пути к Марсу, должны были полагаться только на себя. Если что-то ломалось, остановиться для ремонта было негде. Им нужно было взять достаточно припасов, чтобы выжить в долгом и непредсказуемом плавании. Каждый раз, отправляясь заселять новые земли, полинезийцы грузили в каноэ всё необходимое, чтобы обустроить новый дом, — кокосы, таро, бананы, хлебное дерево и ямс, а также кур и свиней. Марсианские поселенцы, несомненно, поступят так же.



Итак, какие уроки заселения тихоокеанских островов могут пригодиться нам для будущего в космосе?

Во-первых, ясно, что люди, заселившие эти острова, не превратились в новые виды, как многие животные и растения. Почему?

Одна причина — не хватило времени. Самые отдалённые тихоокеанские острова были заселены примерно к 1200 году н. э., а первые европейские мореплаватели прибыли в 1520 году. По мере того как в последующие годы европейцы стали бывать в регионе чаще, сообщение между островами стало проще и чаще, а изоляция островных популяций фактически уменьшилась. Европейцы также обменивались генами с полинезийцами. Это означает, что с момента заселения островов, возможно, прошло всего около двенадцати поколений, в течение которых они были по-настоящему изолированы.

Но генетические и археологические данные показывают, что ещё до прихода европейцев полинезийцы регулярно плавали между далёкими островами. Одним из самых распространённых орудий в Полинезии было каменное тесло, которое использовали для многих дел, в том числе для валки деревьев, вырезания деревянных чаш и выдалбливания каноэ. Лучший камень для такого орудия — мелкозернистый базальт, который в природе встречается лишь на нескольких островах. Однако тесла из такого базальта находили при археологических раскопках на островах по всей Полинезии, что говорит о существовании широких торговых сетей¹⁵⁹.

На протяжении всей истории, обмениваясь товарами, люди обменивались и генами.

Действительно, генетические исследования современных полинезийцев подтверждают, что люди — и их гены — перемещались между далеко отстоящими островами и после первоначального заселения¹⁶⁰. Такой обмен генами между популяциями,

¹⁵⁹Marshall I. Weisler, Robert Bolhar, Jinlong Ma, Emma St Pierre, Peter Sheppard, Richard K. Walter, Yuxing Feng, et al., “Cook Island Artifact Geochemistry Demonstrates Spatial and Temporal Extent of Pre-European Interarchipelago Voyaging in East Polynesia,” *Proceedings of the National Academy of Sciences* 113, no. 29 (2016): 8150–8155.

¹⁶⁰Единственным исключением, по-видимому, был Рапануи, или остров Пасхи: после заселения он, судя по всему, ни с кем не поддерживал связей. Но это был и один из последних заселённых островов — около 1200 года н. э. Поэтому от его заселения до прихода европейцев в 1722 году прошло, пожалуй, меньше всего времени.

который биологи называют потоком генов, должен был мешать любой островной популяции накопить достаточно различий для видообразования.

Иными словами, пока люди, живущие далеко друг от друга, время от времени встречаются и заводят детей, они остаются представителями одного вида, а их потомки по-прежнему могут иметь общих детей. Это согласуется с выводами Дарвина и Майра из изучения островных животных: изоляция ведёт к образованию новых видов путём естественного отбора, если только поток генов не мешает популяциям расходиться.

Генетические исследования жителей тихоокеанских островов выявили и ещё одну интересную закономерность. Продвигаясь на восток, от больших и сравнительно близко расположенных островов у Новой Гвинеи ко всё более разбросанным островам Тихого океана, предки современных полинезийцев пережили то, что биологи называют эффектом последовательных бутылочных горлышек. «Бутылочное горлышко» возникает всякий раз, когда популяция внезапно сокращается до небольшого числа особей. Это может произойти, например, когда от большой популяции отделяется небольшая группа — скажем, когда часть группы отправляется на окраину осваивать новые земли. Если это происходит многократно — поселенцы обустривают новый дом, а затем часть из них отправляется дальше и основывает ещё одно поселение, и так далее, — получается череда бутылочных горлышек.

Каждое бутылочное горлышко характерным образом сказывается на генетическом составе популяции. Небольшая группа, как правило, не отражает большую группу, из которой она вышла. По воле случая некоторых генетических признаков, присутствующих в большой группе, не окажется у основателей нового поселения. Генетическое разнообразие популяции-основательницы будет ниже, чем у исходной популяции, и некоторые редкие признаки в неё не попадут. Биологи называют это эффектом основателя. Когда новые поселения основываются одно за другим, возникают последовательные эффекты основателя. В каждом поселении генетическое разнообразие меньше, чем в популяции, из которой пришли его основатели, и одна за другой популяции всё меньше походят на исходную.

Именно такую картину генетики наблюдают у жителей тихоокеанских островов¹⁶¹. Если двигаться с запада на восток по пути, которым, как считается, шли предки полинезийцев, генетическое разнообразие современных островных популяций уменьшается. Дело в том, что часть вариантов генов оставалась позади, когда основатели новых популяций селились на вновь открытых островах.

Пример эффекта основателя случился и в более позднее время — после знаменитого мятежа на «Баунти» в 1789 году. «Баунти» пять месяцев простоял на Таити, и за это долгое время у многих членов экипажа завязались отношения с местными таитянками. Свергнув капитана Уильяма Блая, группа из девяти мятежников и восемнадцати таитян бежала на

¹⁶¹Alexander G. Ioannidis, Javier Blanco-Portillo, Karla Sandoval, Erika Hagelberg, Carmina Barberena-Jonas, Adrian V. S. Hill, Juan Esteban Rodríguez-Rodríguez, et al., “Paths and Timings of the Peopling of Polynesia Inferred from Genomic Networks,” *Nature* 597, no. 7877 (2021): 522–526.

необитаемый остров Питкэрн. Несмотря на постоянные распри, в том числе несколько убийств, выжившие мятежники и их таитянские спутники создали небольшую общину. Рождались дети, и население начало расти. Но остров был маленьким, и вскоре нехватка места и ресурсов стала проблемой. К 1856 году британское правительство переселило 193 человека на новый остров, Норфолк, где население снова начало расти.

Сегодня большинство из примерно 2000 жителей острова Норфолк могут проследить своё происхождение от мятежников «Баунти», бежавших на Питкэрн, и их жён-таитянок. Генетические исследования современного населения ясно показывают эффект основателя¹⁶². Одно исследование выяснило, что 80 процентов мужчин-жителей ведут свой род от единственного мятежника, ещё жившего к моменту переселения на Норфолк. Любопытно, что, согласно исследованию 2010 года, из-за снижения генетического разнообразия, вызванного эффектом основателя, жители острова Норфолк несколько ниже ростом, чем другие полинезийцы или европейцы — исходные популяции, от которых произошло население Норфолка, — возможно, это пример действия островного правила¹⁶³.

Помимо изменения генетического разнообразия, эффект основателя приводит к тому, что по мере роста численности популяции признаки, когда-то редкие, могут стать распространёнными, и наоборот. Это вызвано явлением, называемым «дрейфом генов», которое впервые описал в 1932 году американский генетик Сьюэлл Райт¹⁶⁴. Дрейф генов делает признаки более или менее распространёнными не потому, что они полезны или вредны, а просто по воле случая. По Райту, дрейф генов сильнее всего действует в небольших популяциях — например, в недавно основанных небольшой группой основателей.

Действие дрейфа генов видно и в популяциях, которые остаются на месте, но внезапно сокращаются по другим причинам. Так случилось с несчастными жителями атолла Пингелап в западной части Тихого океана, когда в 1775 году остров накрыл тайфун. Из примерно тысячи жителей выжили лишь двадцать. Среди них был правитель Доакаэса Мванениседа, который оказался носителем редкого генетического заболевания — ахроматопсии, более известной как полная цветовая слепота. Это заболевание рецессивное: чтобы оно проявилось, у человека должны быть две копии вызывающего его варианта гена. У Мванениседа была только одна копия, поэтому цвета он различал нормально. Но по мере восстановления населения Пингелапа в годы после тайфуна близкородственные браки из-за малочисленности популяции сделали редкий вариант гена распространённым. Первые люди, унаследовавшие его копии от обоих родителей и потому лишённые цветового зрения,

¹⁶²Miles C. Benton, Shani Stuart, Claire Bellis, Donia Macartney-Coxson, David Eccles, Joanne E. Curran, Geoff Chambers, et al., “‘Mutiny on the Bounty’: The Genetic History of Norfolk Island Reveals Extreme Gender-Biased Admixture,” *Investigative Genetics* 6 (2015): 1–8.

¹⁶³Stuart Macgregor, Claire Bellis, Rod A. Lea, Hannah Cox, Tom Dyer, John Blangero, Peter M. Visscher, et al., “Legacy of Mutiny on the Bounty: Founder Effect and Admixture on Norfolk Island,” *European Journal of Human Genetics* 18, no. 1 (2010): 67–72.

¹⁶⁴Sewall Wright, *The Roles of Mutation, Inbreeding, Crossbreeding, and Selection in Evolution* (Proceedings of the VI International Congress of Genetics, 1932), 355–366.

появились в четвёртом поколении после тайфуна. Сегодня на Пингелапе не различает цветов примерно каждый десятый¹⁶⁵. Для сравнения: в других местах ахроматопсия встречается примерно у одного человека из 30 000.



Эффект основателя и дрейф генов могут играть роль и в появлении новых видов. В главе книги, опубликованной в 1954 году, Эрнст Майр дополнил свою прежнюю работу о значении изоляции для видообразования эффектом основателя¹⁶⁶. Он начал с примера из своей работы о птицах Новой Гвинеи. Майр отметил, что зимородки широко распространены на материковой части Новой Гвинеи и представлены тремя разновидностями, которые немного различаются, но достаточно похожи, чтобы считаться подвидами. А вот на окружающих Новую Гвинею небольших островах живут виды зимородков, разительно отличающиеся и друг от друга, и от материковых.

Например, на маленьком острове Нумфор живёт вид зимородка с голубой грудью, сильно отличающийся от белогрудых зимородков материка. Майр предположил, что предки нумфорских зимородков прилетели с Новой Гвинеи и поначалу обладали очень ограниченным генетическим разнообразием. Голубой цвет перьев на груди островной популяции не обязательно объяснялся тем, что голубые перья были выгодны на Нумфоре; просто среди основателей популяции случайно оказались гены голубых перьев на груди, и эти гены по воле случая стали распространёнными по мере роста популяции, когда вступил в действие дрейф генов. В конце концов у всех зимородков на Нумфоре грудь стала голубой, а возможно, изменились и другие признаки. Согласно определению Майра, видообразование завершилось, когда особи перестали спариваться и давать плодовитое потомство, — а с нумфорскими и новогвинейскими зимородками, по-видимому, так и было.

Последующие исследования показали, что видообразование через эффект основателя, как его понимал Майр, — не главный путь появления новых видов, как он сначала предположил в статье 1954 года, но такое случается¹⁶⁷. Неудивительно, что чаще всего это бывает у видов, живущих на островах.

Например, в мире насчитывается около 1600 видов плодовых мушек рода дрозофила, но около четверти из них живут на Гавайских островах. На Гавайях так много видов дрозофил потому, что гавайские мушки пережили череду случаев видообразования через эффект основателя. Новые виды появлялись по мере того, как каждый из вулканических

¹⁶⁵Daniel Stone, “On Island of the Colorblind, Paradise Has a Different Hue,” *National Geographic*, September 20, 2024, <https://education.nationalgeographic.org/resource/island-colorblind-paradise-has-different-hue/>.

¹⁶⁶Ernst Mayr, “Change of Genetic Environment and Evolution,” in *Evolution as a Process*, ed. J. Huxley (Allen & Unwin, 1954).

¹⁶⁷Peter R. Grant and B. Rosemary Grant, *How and Why Species Multiply: The Radiation of Darwin’s Finches* (Princeton University Press, 2007).

островов поднимался из моря и заселялся небольшим числом мушек, и каждое такое заселение приводило к видообразованию через эффект основателя¹⁶⁸.

Галапагосские черепахи тоже эволюционировали через череду таких событий. Как и Гавайские, Галапагосские острова образованы вулканической горячей точкой. Первые черепахи прибыли на Галапагосы — вероятно, приплыв по течению с южноамериканского материка — около 3 миллионов лет назад и высадились на тех островах, которые сейчас являются древнейшими в архипелаге¹⁶⁹. Основатели были гораздо мельче любой из современных галапагосских черепах — их ближайшая ныне живущая родственница, черепаха чак, весит всего около 1,4 килограмма. В соответствии с островным правилом, оказавшись в изоляции, черепахи эволюционировали в знакомых нам гигантов, которые могут весить до 270 килограммов.

По мере того как в Галапагосской цепи образовывались новые острова, на них попадало небольшое число черепах — возможно, всего одна беременная самка. Каждый раз основатели давали начало популяции, которая эволюционировала в новый вид, и в итоге видов стало шестнадцать. Среди различий между ними — форма панциря, что и пригодилось Дарвину.



Люди, жившие на островах вроде тихоокеанских, никогда не были изолированы достаточно долго, чтобы превратиться в новые виды по образцу черепах, дрозофил, птиц и других животных. Но это не значит, что люди не подвержены тем же эволюционным силам, что и другие виды.

Свидетельство тому было обнаружено в 2003 году, когда исследователи откопали в пещере на индонезийском острове Флорес удивительный человекоподобный череп¹⁷⁰. Череп был маленьким, и поначалу исследователи решили, что он принадлежал ребёнку. Но по мере раскопок стало ясно, что в черепе и нижней челюсти зубы типичного взрослого. Нашлись и кости нижней части тела, показавшие, что это останки ранее неизвестного вида человека ростом всего около метра. В 2024 году сообщили о новых окаменелостях, в том числе зубах и плечевой кости, найденных неподалёку и датировемых 700 000 лет назад¹⁷¹. Плечевая кость указывала на ещё меньший рост этого вида. Его научное название, *Homo floresiensis*, дано по острову, где его нашли. Но неофициальное прозвище, которое дали ему

¹⁶⁸Patrick M. O’Grady and Rob DeSalle, “Phylogeny of the Genus *Drosophila*,” *Genetics* 209, no. 1 (2018): 1–25.

¹⁶⁹Сухопутные черепахи, как правило, не умеют плавать, но держаться на воде могут, и моряки не раз видели гигантских черепах, дрейфующих в открытом море.

¹⁷⁰См. “‘Hobbits’ on Flores, Indonesia,” National Museum of Natural History, Smithsonian Institution, <https://humanorigins.si.edu/research/asian-research-projects/hobbits-flores-indonesia>.

¹⁷¹Griffith University, “Smallest Arm Bone in the Human Fossil Record Sheds Light on the Dawn of *Homo floresiensis*,” Phys.org, August 6, 2024, <https://phys.org/news/2024-08-smallest-arm-bone-human-fossil.html>.

первооткрыватели, — «хоббиты» — передавало интригующую необычность этого вида, жившего от 190 000 до 50 000 лет назад.

То, что окаменелости нашлись именно на Флоресе, было особенно интересно. Некоторые острова западной Индонезии, например Ява и Суматра, когда-то соединялись с материковой Азией сухопутными перешейками, но Флорес и окружающие его острова всегда были отделены от Азии глубокими проливами. Значит, предки *Homo floresiensis* — возможно, *Homo erectus* — каким-то образом пересекли открытое море, чтобы добраться до Флореса. Сделали ли они это намеренно, например построив что-то вроде плота, или их случайно унесло в море, неизвестно. Но как бы они туда ни попали, оказавшись там, они были по-настоящему изолированы.

Любопытно, что в 2019 году на острове Лусон на Филиппинах были обнаружены окаменелые останки ещё одного низкорослого человека. Этот вид, названный *Homo luzonensis*, датируется примерно 67 000 лет назад, хотя каменным орудиям с того же острова 700 000 лет¹⁷². Лусон никогда не соединялся с материковой Азией, как и с Флоресом. Вполне возможно, что люди и на Флоресе, и на Лусоне превратились в новые виды вследствие изоляции — длившейся, возможно, несколько сотен тысяч лет.

Из останков древних людей с этих островов пока не удалось извлечь ДНК, поэтому мы не знаем наверняка, как они были связаны друг с другом или с другими видами людей, например *Homo erectus*, и насколько генетически разнообразен был каждый из этих видов. Но, учитывая, как трудно было добраться и до Флореса, и до Лусона, можно предположить, что основателями каждой популяции было небольшое число особей. Они должны были подвергнуться эффекту основателя, снизившему генетическое разнообразие популяции. Позднее дрейф генов случайным образом сделал бы одни признаки более распространёнными, а другие редкими. Их маленький рост соответствует предсказаниям островного правила.

Похоже, люди в изоляции становятся меньше.



Станут ли меньше и марсиане?

Возможно. Одна из причин, по которой крупные животные на островах, как считается, мельчают, — ограниченный доступ к пище. Вполне может оказаться так и у людей в космических поселениях, как мы увидим в следующей главе. Естественный отбор мог бы благоприятствовать тем, кому нужно меньше калорий, если это даёт им преимущество в выживании перед более прожорливыми соседями, — и это могло бы привести к уменьшению размеров тела и снижению потребностей обмена веществ у их детей.

Один урок изучения островов очевиден: эффект основателя и дрейф генов, вероятно, будут играть важную роль в любых космических поселениях людей. Поэтому точная

¹⁷²Josh Davis, “*Homo luzonensis*: New Species of Ancient Human Discovered in the Philippines,” Natural History Museum, April 11, 2019, <https://www.nhm.ac.uk/discover/news/2019/april/new-species-of-ancient-human-discovered-in-the-philippines.html>.

численность популяции-основательницы будет критическим фактором, который нужно тщательно продумать. В целом чем больше популяция-основательница, тем лучше. Наблюдения за группами людей, ведущими традиционный образ жизни охотников-собирателей, позволили некоторым предположить, что жизнеспособна популяция из 150 человек. Популяция-основательница такой численности, может, и выжила бы, но испытала бы сильный эффект основателя. А по мере роста она подвергалась бы сильному дрейфу генов, из-за которого некоторые признаки, изначально присутствовавшие у основателей, скорее всего, были бы утрачены. Другие же признаки — в том числе потенциально вредные — могли бы закрепиться, то есть оказаться у каждого члена популяции. Исследование космического антрополога Кэмерона Смита пришло к выводу, что безопасная численность популяции-основательницы, позволяющая ей просуществовать хотя бы пять поколений с учётом возможных резких сокращений численности, составляет от 10 000 до 11 000 человек¹⁷³.

Помимо численности исходной популяции, из-за вероятности эффекта основателя важнейшим соображением станет и разнообразие. Важны будут все стороны человеческого разнообразия: включение людей, различающихся по культуре, языку, этнической принадлежности, навыкам, физическим возможностям, художественным талантам и так далее, будет способствовать успеху и жизненной силе космического поселения. Но особенно важно будет генетическое разнообразие, поскольку от него зависит потенциал будущей эволюции популяции. Популяция примерно из 10 000 основателей — минимальная численность, которая теоретически могла бы охватить всё генетическое разнообразие ныне живущих на Земле людей, если отбирать их с учётом генетического разнообразия.

Проще говоря, максимальное генетическое разнообразие даст будущим поколениям марсианских поселенцев максимальные шансы на долгосрочный успех.

Отчасти потому, что генетическое разнообразие — сырьё, которое естественный отбор использует для приспособления. Возьмём нелепый пример: как бы ни было полезно человеку иметь крылья, чтобы летать, если хотя бы у некоторых людей нет генов, дающих крылья, никто в последующих поколениях летать не сможет. Естественный отбор может лишь использовать то, что уже есть в популяции, делая одни признаки более, а другие менее распространёнными.

Если бы целью было максимальное генетическое разнообразие основателей поселения на Марсе, это привело бы к любопытным изменениям в критериях отбора по сравнению с тем, как исторически отбирали астронавтов. На заре американской космической программы астронавтов выбирали из и без того элитной группы военных лётчиков-испытателей. Примечательно, что все они были белыми мужчинами. НАСА понадобилось много времени, чтобы сделать отряд астронавтов разнообразнее, но и сегодня отобранные очень далеки от по-настоящему представительного среза американского

¹⁷³Cameron M. Smith, “Estimation of a Genetically Viable Population for Multigenerational Interstellar Voyaging: Review and Data for Project Hyperion,” *Acta Astronautica* 97 (2014): 16–29.

общества. Разумеется, такой цели никогда и не было. НАСА нужны астронавты, которые с наибольшей вероятностью успешно справятся со своей работой. Поскольку им предстоят ситуации с очень сильным физическим, психологическим и социальным стрессом, выбирают тех, кто доказал, что лучше всех справляется в таких обстоятельствах. В результате, как правило, отбираются люди с узким диапазоном определённых человеческих качеств и способностей.

Основатели космического поселения тоже, конечно, должны будут быть очень компетентными. Во многом физический, психологический и социальный стресс основания поселения на другой планете, вероятно, окажется намного сильнее всего, что испытывали прежние астронавты. Но если цель — не только выжить, но и заложить основу для будущих поколений марсиан, нам придётся закидывать гораздо более широкую сеть при отборе кандидатов.

В идеале основатели должны быть не из одной страны, а представлять людей из очень многих стран мира. Генетическая изменчивость человека распределена по планете неравномерно, так что одного лишь отбора людей из многих стран будет недостаточно. Например, можно выбрать людей из стран, исторически лидировавших в освоении космоса, — США, России, Японии и разных европейских стран — и всё равно получить очень маленький и непредставительный срез генетического разнообразия человечества. Больше всего генетического разнообразия, с огромным отрывом, в Африке — в Африке его больше, чем во всём остальном мире вместе взятом¹⁷⁴. Во многом это объясняется тем, что именно в Африке у нашего вида самая долгая история. Поэтому можно доказывать, что лучший и самый простой способ отобрать кандидатов для марсианского поселения — чтобы все они были африканцами. По крайней мере значительную их часть должны составлять африканцы или представители африканской диаспоры.

Обсуждение того, кого выбрать основателями новой человеческой популяции, неизбежно приведёт к этическим соображениям. Например, означает ли максимальное генетическое разнообразие включение всех сторон генетического разнообразия человека — в том числе людей с такими генетическими заболеваниями, как муковисцидоз или серповидноклеточная анемия? А как быть с людьми с наследственной тугоухостью или бесплодием? В основе этих соображений лежат вопросы о том, какие стороны человеческого разнообразия мы считаем ценными и важными. И кто будет делать этот выбор? Мы ещё вернёмся к этим вопросам.

Помимо соображений о том, как отбирать первых основателей марсианского поселения, изучение жизни на островах ясно показывает, что поток генов между изолированными популяциями — главный фактор, определяющий, превратится ли островная популяция в новый вид. Главный вывод из всего нашего путешествия по островам таков: чем больше люди будут перемещаться между Землёй и Марсом, тем менее вероятно, что люди на Марсе превратятся в новый вид. То есть пока люди с обеих планет

¹⁷⁴Anders Bergström, Shane A. McCarthy, Ruoyun Hui, Mohamed A. Almarri, Qasim Ayub, Petr Danecek, Yuan Chen, et al., “Insights into Human Genetic Variation and Population History from 929 Diverse Genomes,” *Science* 367, no. 6484 (2020): eaay5012.

обмениваются генами, заводя общих детей, новый вид человека на Марсе вряд ли возникнет. Чтобы произошло видообразование и они по-настоящему стали марсианами, что-то должно ограничить размножение между землянами и марсианами.

Этим чем-то может оказаться то, что мы возьмём с собой, — сознаём мы это или нет.

Глава 7. Наша свита

Поселения людей на Марсе во многом будут отличаться от космических станций, на которых мы живём уже около трёх десятилетий, и даже от баз, которые сейчас планируются на Луне. Одно из главных отличий — расстояние. Международная космическая станция находится примерно в 400 километрах от Земли, и добраться до неё можно за несколько часов. Луна примерно в 1000 раз дальше, но до неё всё же можно долететь примерно за четыре дня. А Марс в ближайшей точке находится от Земли примерно в 56 миллионах километров, а в самой дальней — в 400 миллионах¹⁷⁵. Когда планеты сближаются больше всего, что происходит примерно раз в два года, полёт с Земли на Марс на современных ракетах занимает около семи-восьми месяцев. Это означает, что регулярно отправлять в марсианское поселение грузы с припасами — в том числе с едой — будет непрактично.

Наоборот, людям на Марсе придётся обеспечивать себя самим. Им нужно будет использовать ресурсы планеты и самим производить строительные материалы, лекарства и еду. Именно то, что на Марсе есть природные ресурсы — вода, углерод и кислород, а также материалы для строительства и производства вроде железа, титана, алюминия и кремния, — делает его самым привлекательным из известных нам мест Солнечной системы для жизни людей¹⁷⁶. С другой стороны, насколько нам известно, Марс сейчас — безжизненная планета. Значит, чтобы жить там, нам придётся построить целую работающую экосистему, по сути, с нуля.

Это труднее, чем, похоже, осознают многие сторонники заселения космоса. Один из самых горячих поборников заселения Марса, Роберт Зубрин, писал¹⁷⁷: «Сегодня Марс кажется большинству людей бесплодным — точно так же, как Европа и Азия ледникового периода, должно быть, казались первым людям, ушедшим из нашей исконной тропической африканской среды обитания. Но, развивая новые технологии, новые взгляды и новые обычаи, наши предки сумели создать ресурсы, позволившие им не только прокормиться, но и процветать, становясь всё богаче, по всей планете».

Но вот в чём дело: даже в Европе и Азии ледникового периода были основные ресурсы, которыми люди могли пользоваться. Отступая, ледники оставляли проточную воду, которую люди могли пить и которая привлекала животных, на которых можно было охотиться. По мере восстановления почвы росли растения, дававшие другие источники пищи. На побережьях можно было добывать рыбу и других водных животных. И хотя люди этого не видели, почва, вода и воздух кишели полезными микроорганизмами. Не говоря уже о том, что кислорода для дыхания было вдоволь. У первых поселенцев на Марсе, взявшихся за создание пригодной для жизни среды, ничего этого не будет.

¹⁷⁵Daisy Dobrijevic, “Distance to Mars: How Far Away Is the Red Planet?” Space.com, February 4, 2022, <https://www.space.com/16875-how-far-away-is-mars.html>.

¹⁷⁶...не считая, разумеется, Земли.

¹⁷⁷Robert Zubrin, *The New World on Mars: What We Can Create on the Red Planet* (Diversions Books, 2024).

Сосредоточимся на нашем продовольствии. Вся наша еда происходит от живых существ, в основном растений и животных. По оценкам ООН, 61 процент калорий, потребляемых в мире, дают сельскохозяйственные растения, а ещё 14 процентов — скот: крупный рогатый скот, свиньи и куры¹⁷⁸. Бóльшая часть остального приходится на дикую природу, особенно на рыбу. Есть веские основания полагать, что людям в космических поселениях придётся стать веганами. Причина проста. Если вы едите мясо, вы получаете калории от животного, которое, скорее всего, питалось в основном растениями. Если вы вегетарианец — но не веган, — то меньшая доля ваших калорий приходится на животных, но такие продукты, как яйца или молочные продукты, дают животные, которые, опять же, получают калории от растений. Веганы получают все калории прямо от растений. Каким бы ни было питание, все люди на Земле получают калории от растений, прямо или косвенно. Но лишь 10 процентов энергии растений переходит к человеку или животному, которое их ест; остальное растения тратят на собственный обмен веществ или теряют в окружающую среду в виде тепла. Если мы едим кукурузу, мы получаем 10 процентов энергии, которую растение кукурузы получило от солнечного света путём фотосинтеза. А если мы скормим кукурузу скоту, а потом сделаем из скота гамбургер, мы получим лишь 10 процентов от 10 процентов — всего 1 процент — энергии кукурузы. На Земле такая неэффективность может казаться пустяком, но в марсианском поселении, где места и энергии будет в обрез, позволить себе такие потери не получится.

Есть и другие причины, по которым брать на Марс животных в качестве скота — плохая идея. Одна из них — их размер и вес. Отправлять на Марс ракетой что-то размером с корову — даже с телёнка — просто невыгодно. Помимо стоимости доставки, любые животные, которых мы возьмём, будут соперничать с нами за ценные ресурсы — кислород, воду, еду и пространство. Крупному рогатому скоту, свиньям и козам нужно много еды и воды, и кислорода они потребляют тоже много. Даже мелкий скот, например куры, всё равно соперничал бы с нами за ресурсы, от которых зависит наша жизнь. Как ни больно мне, мясоеду, это говорить, без них нам было бы лучше.

Впрочем, если животный белок сочтут необходимым, одним из вариантов будут насекомые. Жителям Северной Америки и Европы есть насекомых может показаться странным или неприятным, но они входят в рацион более чем двух миллиардов человек в мире. Насекомые питательны: мучные черви и сверчки, которых разводят по всему миру, по содержанию белка сравнимы с говядиной, но жира в них меньше. В отличие от крупного скота вроде коров и свиней, насекомых можно разводить в небольших закрытых помещениях. Насекомым нужно и гораздо меньше воды и корма: для производства килограмма говядины нужно десять килограммов корма, а столько же сверчков можно вырастить всего на 1,7 килограмма корма¹⁷⁹.

✱

¹⁷⁸“Can We Feed the World and Ensure No One Goes Hungry?,” UN News, October 3, 2019, <https://news.un.org/en/story/2019/10/1048452>.

¹⁷⁹Julie J. Lesnik, *Edible Insects and Human Evolution* (University Press of Florida, 2019).

Растительная диета, возможно, дополненная насекомыми, — логичный выбор для космических поселений. Но можем ли мы выращивать растения на Марсе?

Пока наш проект терраформирования не продвинется настолько, чтобы растения можно было выращивать снаружи, всё придётся выращивать в помещениях, в теплицах. Вероятно, понадобится искусственное освещение, хотя часть естественного солнечного света, возможно, удастся использовать. Но, как знает любой садовод, настоящий ключ к успеху в выращивании растений — хорошая почва. Строго говоря, почвы на Марсе нет, ведь почва — это сочетание минералов и органического вещества из разложившихся остатков растений и других организмов, а также множества микроорганизмов. На поверхности Марса нет ни органического вещества, ни микробов — поэтому исследователи предпочитают термин «реголит».

Ладно, могут ли растения расти на марсианском реголите? Наверняка мы не знаем, потому что ни разу не могли попробовать. Но довольно много исследований проведено с имитаторами марсианского реголита — горной породой откуда-нибудь с Земли, сходной по физическим и химическим свойствам с марсианской. Результаты опытов по выращиванию растений в имитаторах марсианского реголита неоднозначны. Исследование голландских учёных, опубликованное в 2014 году, показало, что несколько видов растений способны прорасти и расти в имитаторе марсианского реголита с Гавайев. Из сельскохозяйственных культур в их эксперименте особенно хорошо росли рожь и помидоры, но за пятьдесят дней ни один помидор не зацвёл. Рожь и ещё два вида растений зацвели, но ни одно из них не дало семян, а это было бы проблемой для поддержания марсианской фермы¹⁸⁰.

Ни в одном имитаторе марсианского реголита нет перхлоратов, которые, как показали исследования марсоходов, широко распространены на Марсе. Опыты по выращиванию растений, в которых в имитатор марсианского реголита добавляли перхлораты, показали, что семена могут прорасти, но вскоре после этого погибают¹⁸¹. Но даже если перхлораты

¹⁸⁰В качестве имитаторов марсианского реголита использовались породы из разных мест. С 1997 года НАСА использовало вулканический пепел шлакового конуса Пуу-Нене на нижних склонах Мауна-Кеа на Гавайях, обнаружив, что его свойства близки к показаниям, полученным в местах посадки «Викингов» на Марсе. Но опыты показали, что он впитывает воду легче, чем ожидалось бы от настоящего марсианского реголита. Порода из рудника на горе Сэдлбэк в калифорнийской пустыне Мохаве оказалась очень близка к измерениям реголита, сделанным на Марсе «Пасфайндером» и марсоходом «Спирит». Материал оттуда широко используют исследователи; сейчас компания Martian Garden продаёт его для научных и учебных целей (или просто для развлечения). G. W. Wiegner Wamelink, Joep Y. Frissel, Wilfred H. J. Krijnen, M. Rinie Verwoert, and Paul W. Goedhart, “Can Plants Grow on Mars and the Moon: A Growth Experiment on Mars and Moon Soil Simulants,” *PLOS One* 9, no. 8 (2014): e103138.

¹⁸¹A. Eichler, N. Hadland, D. Pickett, D. Masaitis, D. Handy, A. Perez, D. Batchelder, et al., “Challenging the Agricultural Viability of Martian Regolith Simulants,” *Icarus* 354 (2021): 114022.

удастся удалить, например промыв реголит водой, реголит нужно будет дополнять каким-нибудь удобрением. Каждый, кто читал роман Энди Вейра «Марсианин» или смотрел его экранизацию с Мэттом Деймоном, знаком с идеей использовать человеческие отходы как удобрение для марсианских культур¹⁸². Опыты с имитаторами марсианского реголита — и даже с настоящим лунным реголитом, доставленным миссиями «Аполлон», — показали, что растения растут только при внесении удобрений. С разочарованием сообщаю, что, насколько я могу судить — а я искал, — ни в одном опубликованном эксперименте по выращиванию растений в имитаторе марсианского реголита человеческие отходы как удобрение не использовались.

Однако голландские исследователи провели продолжение своей работы 2014 года, в котором вырастили десять сельскохозяйственных культур с использованием питательного раствора, «имитирующего добавление человеческих кала и мочи». Они также добавили в реголит измельчённый райграс, чтобы повысить содержание органики, — так, как, по их представлениям, марсианские фермеры будут обогащать почву компостом из прошлых урожаев. Таким способом им удалось вырастить и собрать съедобные части шести разных культур, причём растения росли на имитаторе марсианского реголита так же хорошо, как в земной почве¹⁸³.

Другие исследования с удобрениями на имитаторах марсианского реголита тоже дали похожие обнадеживающие результаты¹⁸⁴. Однако у этих исследований есть одна особенность, которую стоит учесть: имитатор марсианского реголита перед экспериментами не стерилизовали. Значит, в нём, скорее всего, были микроорганизмы, которые могут способствовать росту растений. Здесь, на Земле, легко упустить из виду значение микробов — не только потому, что они слишком малы, чтобы их видеть, но и потому, что они простоездесуци. В небольшой ложке верхнего слоя почвы обычного огорода больше 5 миллиардов грибов, бактерий и других микробов.

Более того, многим растениям для выживания нужны микроорганизмы. Среди них — грибы, образующие микоризу: они вступают с растениями в симбиоз, прорастают в ткани их корней и помогают растениям лучше усваивать воду и питательные вещества¹⁸⁵. Взамен растения снабжают грибы энергией в виде сахара. Микоризные грибы особенно важны для растений, растущих на бедных почвах. Сельскохозяйственные растения часто заражают

¹⁸²Andy Weir, *The Martian: A Novel* (Broadway Books, 2016).

¹⁸³G. W. W. Wamelink, J. Y. Frissel, W. H. J. Krijnen, and M. R. Verwoert, “Crop Growth and Viability of Seeds on Mars and Moon Soil Simulants,” *Open Agriculture* 4, no. 1 (2019): 509–516.

¹⁸⁴Luigi Giuseppe Duri, Antonio Giandonato Caporale, Youssef Roupheal, Simona Vingiani, Mario Palladino, Stefania De Pascale, and Paola Adamo, “The Potential for Lunar and Martian Regolith Simulants to Sustain Plant Growth: A Multidisciplinary Overview,” *Frontiers in Astronomy and Space Sciences* 8 (2022): 747821.

¹⁸⁵Marcel G. A. van Der Heijden, Francis M. Martin, Marc-André Selosse, and Ian R. Sanders, “Mycorrhizal Ecology and Evolution: The Past, the Present, and the Future,” *New Phytologist* 205, no. 4 (2015): 1406–1423.

микоризными грибами, чтобы ускорить их рост. Однако эти грибы естественным образом есть в большинстве почв на Земле, так что растения часто находят их сами, и фермерам нужно вносить их в почву, лишь когда микориза истощена вспашкой или другими процессами.

На Марсе микоризных грибов нет, поэтому нам придётся взять их с собой, чтобы помочь расти нашим культурам. Чтобы выращивать там еду, на Марс придётся завезти и другие виды микробов. Некоторые грибы и бактерии живут в симбиозе с надземными частями растений, например с листьями. Их называют эндофитами, и они тоже играют важную роль, помогая растениям получать питательные вещества и справляться со стрессом, например с засухой¹⁸⁶.

Особенно полезная группа бактерий — ризобии — живёт в клубеньках на корнях бобовых, например фасоли и гороха. В бобовых обычно много белка, поэтому они, вероятно, станут важной частью марсианского рациона. Ризобии важны тем, что превращают азот воздуха в форму, которую могут использовать растения. Благодаря этим бактериям посадка бобовых увеличивает содержание азота в почве, поэтому бобовые часто сажают вместе с другими культурами или на той же почве в чередующиеся сезоны. Ризобии уменьшают количество удобрений, необходимых для здоровья посевов, — но, опять же, если мы хотим, чтобы они были на Марсе, нам придётся взять их с собой. Поскольку азота в марсианской атмосфере очень мало, мы захотим, чтобы наши растения использовали его как можно полнее. Обнадёживает то, что, согласно исследованию 2021 года, бобовые со своими ризобиями могут расти на имитаторе марсианского реголита¹⁸⁷.

Короче говоря, чтобы выращивать еду на Марсе, нам понадобится настоящий микробный ковчег.



Но нам ещё далеко до того, чтобы уверенно загрузить такой ковчег. Дело в том, что мы пока не знаем полного набора микробов, которые понадобятся нашим культурам для выживания на Марсе. И мы только начинаем выяснять, смогут ли эти микробы там выжить.

Но бактерии и грибы, нужные нашим растениям, будут не единственными микробами, которых мы возьмём с собой. Отправляясь на Марс, мы понесём микробов в себе и на себе. Понимание того, что в нашем теле живёт целая микробная экосистема, называемая микробиомом человека, произвело за последние несколько десятилетий настоящую революцию в биологии и медицине. Появление в начале 2000-х так называемого секвенирования ДНК нового поколения позволило определять микроорганизмы только по их генетическому материалу. Теперь, взяв небольшую пробу — скажем, мазок со щеки или

¹⁸⁶Declan Watts, Enzo A. Palombo, Alex Jaimes Castillo, and Bitu Zaferanloo, “Endophytes in Agriculture: Potential to Improve Yields and Tolerances of Agricultural Crops,” *Microorganisms* 11, no. 5 (2023): 1276.

¹⁸⁷Randall Rainwater and Arijit Mukherjee, “The Legume-Rhizobia Symbiosis Can Be Supported on Mars Soil Simulants,” *PLOS One* 16, no. 12 (2021): e0259957.

из подмышки, — исследователи могли определить микробных обитателей этой части тела, просто прочитав ДНК пробы.

Это был большой шаг вперёд по сравнению с классическими методами микробиологии, при которых микробы из пробы пытались вырастить в лабораторной культуре, например в чашке Петри. Оказалось, что многие виды микробов не растут в лабораторных культурах — или, по крайней мере, мы пока не знаем, что им нужно, чтобы жить и расти. Это значило, что многие прежние исследования микробного разнообразия, в том числе разнообразия человеческого тела, упускали огромное число видов микробов. Мы просто понятия не имели, что они там есть.

Исследования микробиома новым методом вскоре показали, что одноклеточных микробов в нас и на нас так много, что они превосходят числом наши собственные клетки. Их состав различается и от человека к человеку, и от одной части тела к другой. А точное соотношение разных видов колеблется и у одного человека — в зависимости, например, от того, что мы едим, куда ездим и как часто принимаем антибиотики. Наш микробиом меняется и с возрастом.

Выяснить не только состав, но и функции всех этих микробов было ещё труднее, но кое-что важное удалось понять. Во-первых, подавляющее большинство микробов в нас и на нас не вызывают болезней. Раньше мы считали все микробы заразой, но это устаревший взгляд. Большинство живущих с нами микробов либо безвредны, либо полезны. Полезные, пожалуй, самые интересные. Они помогают нам переваривать пищу, регулировать настроение и отбиваться от настоящих возбудителей — болезнетворных микробов. Мы зависим от этих полезных микробов в выполнении многих важнейших задач. По сути, часть своих физиологических функций мы передали на аутсорсинг трудолюбивым микробам, населяющим наше тело.

Поскольку свой микробиом мы носим с собой везде, нет сомнений, что он отправляется с нами, даже когда мы покидаем Землю. Как выразился научный журналист Эд Йонг¹⁸⁸, «когда Нил Армстронг и Базз Олдрин ступили на Луну, они совершили гигантские шаги и для микробства».

Действительно, исследования астронавтов показали, что микробиом человека и правда следует за нами в космос, но и космический полёт на него влияет. В ходе Исследования близнецов НАСА у Скотта Келли во время его года на Международной космической станции, а также у его брата Марка Келли на Земле брали пробы кала. Любопытно, что в начале исследования состав кишечного микробиома Скотта и Марка несколько различался. Это не слишком удивительно: другие исследования близнецов показывали, что микробиомы у них похожие, но не одинаковые. Хотя близнецы генетически идентичны и выросли в одном доме, любые небольшие различия в пищевых пристрастиях, приёме антибиотиков и другом жизненном опыте могут влиять на точный состав их кишечного микробного сообщества.

¹⁸⁸Ed Yong, *I Contain Multitudes: The Microbes Within Us and a Grander View of Life* (Random House, 2016).

Как и ожидалось, за год в космосе состав кишечного микробиома Скотта Келли изменился сильнее, чем у его брата за то же время¹⁸⁹. В целом разнообразный кишечный микробиом считается здоровым. Общее разнообразие микробов в кишечнике Скотта не уменьшилось, но некоторые типы бактерий за время пребывания в космосе стали встречаться чаще или реже. Распространённый показатель здоровья кишечного микробиома — соотношение бактерий группы фирмикутов и группы бактEROИДЕТОВ. Общее число бактерий каждого типа со временем может меняться, но у здоровых взрослых соотношение обычно остаётся примерно одинаковым. В кишечнике Скотта Келли в космосе это соотношение выросло, то есть фирмикутов стало относительно больше, чем бактEROИДЕТОВ. Такой дисбаланс может быть связан с широким кругом болезней — от синдрома раздражённого кишечника до ревматоидного артрита и многих других. К счастью для Скотта Келли, ни одна из них у него не развилась.

Часть различий в кишечном микробиоме Скотта Келли может быть связана с тем, что он ел в космосе. Ведь свежая еда — которая часто приносит с собой здоровую порцию микробов — на Международной космической станции большая редкость. Большая часть еды астронавтов расфасована заранее и обработана облучением для лучшей сохранности, что сводит к минимуму число оставшихся микробов, способных попасть в кишечник. Ещё один возможный фактор — то, что Скотт на протяжении всей миссии жил в тесном пространстве всего с несколькими людьми. Изменения в его кишечном микробиоме, произошедшие в космосе, прошли всего через несколько недель после возвращения на Землю.

Исследование близнецов было сосредоточено на кишечном микробиоме, а то, как космический полёт влияет на другие части микробиома человека, изучали во время миссии Inspiration4 в 2021 году¹⁹⁰. Члены экипажа брали мазки изо рта, носа и с кожи восьми разных частей тела до, во время и после полёта. В космосе микробиомы всех этих мест изменились. Некоторые виды бактерий и вирусов стали встречаться чаще, другие — реже. Интересно, что даже несколько дней в космосе заметно изменили микробиомы четырёх гражданских астронавтов. Однако, как и с кишечным микробиомом в Исследовании близнецов НАСА, многие изменения микробиома экипажа Inspiration4 оказались временными и после возвращения на Землю вернулись к исходному состоянию.

Микробиомы членов экипажа Inspiration4, особенно микробиом кожи, во время полёта стали больше похожи друг на друга. Это говорит о том, что члены экипажа обменивались микробами — скорее всего, потому, что все жили вместе в одной маленькой капсуле SpaceX Dragon. Мазки с самой капсулы показали, что члены экипажа обменивались

¹⁸⁹Francine E. Garrett-Bakelman, Manjula Darshi, Stefan J. Green, Ruben C. Gur, Ling Lin, Brandon R. Macias, Miles J. McKenna, et al., “The NASA Twins Study: A Multidimensional Analysis of a Year-Long Human Spaceflight,” *Science* 364, no. 6436 (2019): eaau8650.

¹⁹⁰Braden T. Tierney, JangKeun Kim, Eliah G. Overbey, Krista A. Ryon, Jonathan Foox, Maria A. Sierra, Chandrima Bhattacharya, et al., “Longitudinal Multi-omics Analysis of Host Microbiome Architecture and Immune Responses During Short-Term Spaceflight,” *Nature Microbiology* (2024): 1–15.

микробами и с поверхностями, которых касались. Капсулу обследовали дважды за полёт, и при втором взятии мазков живущие на ней микробы были больше похожи на микробов членов экипажа: чем дольше они находились в капсуле, тем больше обменивались микробами с кораблём.

НАСА проводит микробиологические исследования с первых дней космической программы. Во время миссий «Аполлон» главной заботой было не допустить, чтобы микробы с Луны попали на Землю. Астронавты «Аполлонов», побывавшие на Луне, после возвращения проводили три недели в карантине¹⁹¹. На «Скайлэбе» проводились более подробные исследования микробов, которых астронавты берут с собой в космос, в том числе обследования самого корабля.

Хотя в этих исследованиях использовались традиционные лабораторные методы культивирования и поэтому они не могли обнаружить все присутствовавшие микроорганизмы, они хотя бы позволяли проводить содержательные сравнения. Например, количество бактерий в пробах воздуха на «Скайлэбе» за три миссии выросло. В официальном отчёте исследователя НАСА объяснили этот рост появлением одного вида бактерий — *Serratia marcescens*, которая может вызывать у человека различные болезни, в том числе инфекции дыхательных путей и менингит¹⁹². Авторы отметили, что до последней миссии этой бактерии не находили ни на «Скайлэбе», ни у кого-либо из его экипажей, как и ни у кого из членов экипажа до полёта. Однако они писали, что «этот вид сохранялся в носовой полости пилота на протяжении всего послеполётного карантина». Пробы с поверхностей внутри «Скайлэба» показали такой же рост количества бактерий во время миссий. Важно, что, как отмечали авторы, корабль, использованный для Орбитальной мастерской «Скайлэба», не был свободен от бактерий и до запуска: уровень бактерий в нём они описывали как «типичный для чистой среды».

Микробиологические исследования проводились и на российской космической станции «Мир». Чистой средой её никто бы не назвал. «Мир» был захвачен грибами — настолько, что, по рассказам, там пахло гнилыми яблоками. Астронавт Дэвид Вулф рассказывал, как во время пребывания на «Мире» помогал убирать плавающий шар «склизкой массы», — и это, по-видимому, было обычным делом. Желая произвести хорошее впечатление на российских коллег, Вулф вызвался убирать такие плавающие сгустки всякий раз, когда их находили. Это оказалось нужно чаще, чем он ожидал.

«Я не понимал, во что ввязываюсь: это занимало от четырёх до восьми часов в день, до конца миссии, каждый день, за исключением нескольких», — вспоминал он¹⁹³. Сгустки

¹⁹¹Свой тридцать девятый день рождения Нил Армстронг отметил в карантине в корпусе № 37 Космического центра имени Джонсона. Медики — единственные, кого пускали в здание, — устроили ему сюрприз с тортом.

¹⁹²Gerald R. Taylor, Richard C. Graves, Royce M. Brockett, J. Kelton Ferguson, and Ben J. Mieszkuc, “Skylab Environmental and Crew Microbiology Studies,” *Biomedical Results from Skylab* (NASA, 1977).

¹⁹³См. “Shuttle-Mir Oral Histories,” NASA.gov, <https://www.nasa.gov/history/SP-4225/oralhistories/oral-histories.htm>.

бывали и большими: «иногда с шар для боулинга или с пляжный мяч», — отмечал Вулф. Он привёз на Землю несколько проб этих сгустков, и оказалось, что они кишат микробной жизнью¹⁹⁴. Там было не менее семи видов грибов, десятки видов бактерий и даже несколько амёб и пылевых клещей. Неудивительно, что пахло гнилью.



Исследования на борту Международной космической станции, особенно в эпоху секвенирования ДНК нового поколения, позволили больше узнать о микробах, которых мы невольно заносим в космос¹⁹⁵. Чтобы понять, что мы узнали из этих исследований, я отправился в Космический центр имени Джонсона к Саре Уоллес, руководящей микробиологической лабораторией.

Войдя в её кабинет, я первым делом заметил множество магнитов. «Путешествия — моя страсть», — сказала Уоллес. Откуда бы она ни возвращалась, она привозит магнит-другой. Тут были магниты из Бэдлендса в Южной Дакоте, из Шотландии, с Бора-Бора. Были и магниты более загадочного происхождения. «Я обожаю снежного человека, „Парк юрского периода“, динозавров, Гарри Поттера... всё, по чему сходят с ума ботаны», — со смехом сказала она, показывая на несколько любимых магнитов.

Я спросил, откуда у неё такие интересы. Снежный человек достался ей от бабушки с дедушкой. «Бабушка в него свято верила», — сказала она. Уоллес старается сохранять такую же открытость, даже будучи серьёзным учёным. «Иногда так вырастаешь в науку... особенно когда очень хорошо знаешь свою область... что начинаешь себя ограничивать», — сказала она. — А со снежным человеком, с Лох-Несским чудовищем — кто знает, правда?»

Уоллес выросла в маленьком городке Годдард в Канзасе. Интерес к космосу у неё пробудил учитель естествознания в шестом классе. «Нас опрашивали по истории НАСА, — вспоминала она. — Кому-то из ребят, наверное, это казалось скучным и ужасным, а я думала: о, это самое потрясающее, что я когда-либо слышала!» Подростком она побывала в Космическом лагере, где была и поездка в Космический центр имени Джонсона. Тогда-то она и решила, что хочет работать в НАСА.

Мы вышли из её кабинета, и она провела меня через дверь в лабораторию. Там стояли чёрные лабораторные столы с инкубаторами, штативы с пипетками и полки со стопками чашек Петри. «Наша задача — поддерживать корабль в чистоте и сохранять здоровье экипажа, — объясняла Уоллес, пока мы шли по лаборатории. — Для оценки риска, когда я ставлю „палец вверх“ или „палец вниз“, мне нужно знать две вещи: „примерно сколько“ и „что это такое“».

¹⁹⁴C. M. Ott, R. J. Bruce, and D. L. Pierson, “Microbial Characterization of Free Floating Condensate Aboard the Mir Space Station,” *Microbial Ecology* 47 (2004): 133–136.

¹⁹⁵Snehit Mhatre, Jason M. Wood, Aleksandra Checinska Sielaff, Maximilian Mora, Stefanie Duller, Nitin Kumar Singh, Fathi Karouia, et al., “Assessing the Risk of Transfer of Microorganisms at the International Space Station due to Cargo Delivery by Commercial Resupply Vehicles,” *Frontiers in Microbiology* 11 (2020): 566412.

Она объяснила, как экипаж станции по стандартным процедурам берёт пробы воздуха и воды и мазки с разных поверхностей. Затем пробы помещают в устройство, в котором микробы могут расти, чтобы их можно было определить. Она показала мне образец устройства для проб с поверхностей. В отличие от стандартных круглых чашек Петри, которыми пользуются в лабораториях на Земле, где размер не важен, чашки для культур на космической станции должны быть крошечными. Одна из них выглядела как пачка жевательной резинки с отдельными бледно-жёлтыми прямоугольниками, каждый из которых — миниатюрная чашка для культуры. Через пять дней экипаж осматривает каждый прямоугольник и сообщает в Центр управления полётами, что выросло. Уоллес показала мне используемую ими шкалу, где плотность роста бактерий оценивается от 1 (очень мало) до 4 (почти сплошь покрыто бактериями).

«Они просто смотрят, что выросло, и говорят: „похоже на единицу“,» — объяснила она. С грибами делают то же самое, только по буквенной шкале, чтобы не путаться. Иногда группа Уоллес просит экипаж сфотографировать пластины, чтобы проверить оценки астронавтов. Определить микробов, пока пробы не доставлены на Землю, нельзя, но хотя бы можно следить за изменениями. «Это даёт нам хорошее представление: так, это место было очень грязным — ребята, вам надо подтянуть уборку», — сказала она.

Уоллес добивается того, чтобы больше можно было делать на борту, не отправляя пробы на Землю, но гордится тем, чего удалось достичь с помощью нынешних процедур. «Это нам очень хорошо служит. Экипаж у нас здоров. Корабль у нас здоров... с микробиологической точки зрения всё отлично», — сказала она.

Уоллес показала мне аппарат, который автоматически определяет виды бактерий по их биохимическим свойствам, — побочный продукт технологий НАСА. Но особенно её воодушевляет секвенирование ДНК нового поколения. Мы прошли через ещё одну дверь в молекулярную лабораторию, где стоят секвенаторы. «По мне, это лучше корпуса № 9, где все макеты [космических кораблей]», — со смехом сказала она.

Она показала мне три типа всё более компактных секвенаторов ДНК, в каждом из которых используется свой метод. Последний, MinION, казался таким маленьким, что поместился бы у меня в кармане. С его помощью был проведён первый в истории эксперимент по секвенированию ДНК в космосе — его выполнила на Международной космической станции астронавт Кейт Рубинс в 2016 году. Всё сработало прекрасно — даже чуть лучше, чем на Земле. За следующие восемь лет ещё двенадцать астронавтов на борту МКС пользовались методами, разработанными Уоллес и её группой, чтобы определять микробов как с предварительным выращиванием, так и без него. Возможность читать ДНК микробов без предварительного культивирования изменила правила игры, и именно так НАСА планирует продолжать следить за микробами в среде миссий, планируемых на Луне, а со временем и на Марсе.



Одно из первых крупных исследований микробов на Международной космической станции в эту новую эпоху провёл микробиолог Джонатан Айзен; оно было опубликовано

в 2017 году¹⁹⁶. Как и ожидалось, Айзен и его соавторы нашли типы микробов, которые не удавалось обнаружить в прежних исследованиях традиционными методами. Интересной особенностью этой работы было то, что она как можно точнее следовала методике, разработанной биологом Робом Данном для изучения микробов в жилых домах. Данн описал результаты в книге «Никогда не один дома»¹⁹⁷. «Почти во всех отношениях бактерии [Международной космической станции] — это такие бактерии, каких мы ожидали бы в доме на Земле, если устранить все внешние влияния, — писал Данн. — [МКС] — это то, что получается, если тереть, тереть и тереть и закрыть окна, двери и люки».

Многие из микробов, обнаруженных в домах, нашлись и на Международной космической станции, хотя в целом микробов там было меньше. Ближе всего оказались бактерии, обычно обитающие на подушках и сиденьях унитазов, которые, как отмечает Данн, «отличаются друг от друга, но не так сильно, как хотелось бы». Действительно, многие из этих бактерий связаны с человеческими экскрементами. Но на подушках обычно есть ещё и бактерии из слюны (да, во сне вы пускаете слюни), а на космической станции они встречались реже. Все грибы, найденные на станции, были и в домах. С другой стороны, некоторые из самых распространённых на станции бактерий — те, что обычно живут на коже человека. В целом микробное сообщество Международной космической станции оказалось больше похоже на микробные сообщества жилых домов, чем на сообщества, составляющие микробиом человека.

Похожие результаты получило исследование 2019 года, в котором с помощью и секвенирования нового поколения, и традиционных методов культивирования изучались микробы, живущие на поверхностях внутри Международной космической станции¹⁹⁸. Большую часть обнаруженных микробов — 64 процента бактерий и 60 процентов грибов — культивировать не удалось, а значит, при использовании только традиционных методов они были бы упущены. Исследователи также обнаружили, что микробные сообщества на станции похожи на сообщества поверхностей в домах, офисах и лабораториях на Земле. Похожи, но не идентичны. Микробные сообщества, растущие внутри Международной космической станции, на самом деле уникальны.

Тут стоит остановиться и задуматься.

Многие микробы в наших домах происходят от живущих в них людей. Но микробы попадают в дома и снаружи — через двери и окна или на подошвах обуви, когда мы входим. Наши дома окружены микробными джунглями. Международная космическая станция —

¹⁹⁶Jenna M. Lang, David A. Coil, Russell Y. Neches, Wendy E. Brown, Darlene Cavalier, Mark Severance, Jarrad T. Hampton-Marcell, et al., “A Microbial Survey of the International Space Station (ISS),” *PeerJ* 5 (2017): e4029.

¹⁹⁷Rob Dunn, *Never Home Alone: From Microbes to Millipedes, Camel Crickets, and Honeybees, the Natural History of Where We Live* (Basic Books, 2018).

¹⁹⁸Aleksandra Checinska Sielaff, Camilla Urbaniak, Ganesh Babu Malli Mohan, Victor G. Stepanov, Quyen Tran, Jason M. Wood, Jeremiah Minich, et al., “Characterization of the Total and Viable Bacterial and Fungal Communities Associated with the International Space Station Surfaces,” *Microbiome* 7 (2019): 1–21.

нет. Микроорганизмы могут попасть на станцию, только прицепившись к людям или к грузам. Все грузы перед отправкой на Международную космическую станцию проходят тщательную обеззараживающую обработку, так что этим путём микробов должно прибывать немного. С людьми так не поступишь, значит, именно они и доставляют микробов в космос. Но тогда микробы на космической станции должны быть похожи на тех, что обычно живут на нашем теле. Как же тогда микробные сообщества станции могут так от них отличаться?

Вот в чём дело. Не обязательно виды на Международной космической станции отличаются от видов в наших домах или на теле. Исследования показали, что во всех трёх местах различаются относительные доли видов, но между домами и космической станцией эти доли ближе всего. А вот чего эти исследования сделать не могли — так это изучить все отдельные виды и проверить, в точности ли они одинаковы. В большинстве случаев каждый микроб определяли лишь до рода — более широкой категории, в которую биологи объединяют виды. Для большинства исследований, сравнивающих микробов в разных местах, этого обычно достаточно.

Но есть и другая возможность. Что если микробы на станции изменились за время пребывания в космосе? Может быть, микробы, живущие на Международной космической станции сегодня, не совсем те же, что впервые попали на борт пару десятилетий назад с первыми экипажами? Собственно, в исследовании 2019 года пробы на станции брали трижды за четырнадцать месяцев. Выяснилось, что бактериальные сообщества со временем менялись: одни типы становились распространённые, другие — реже.

Но возможно и то, что меняются сами микробы — то есть эволюционируют.

На самом деле мы знаем, что так и есть. Один вид бактерий, *Acinetobacter pittii*, растущий на поверхностях внутри Международной космической станции, показал явные признаки эволюционных изменений. Исследование, проведённое учёными Корнеллской медицинской школы и Лаборатории реактивного движения НАСА, показало, что в образцах *Acinetobacter pittii* с космической станции есть генетические изменения, не найденные ни в одном образце того же вида на Земле¹⁹⁹. Построив эволюционное дерево, показывающее родство отдельных бактерий, исследователи обнаружили, что все *Acinetobacter pittii* на станции близкородственны и произошли от общего предка — предположительно, от небольшого числа бактерий *Acinetobacter pittii*, случайно занесённых на Международную космическую станцию на теле одного из астронавтов.

Некоторые изменения у *Acinetobacter pittii* со станции, похоже, делают её лучше приспособленной к жизни в космосе — точно как предсказал бы Дарвин. Например, изменились гены, участвующие в восстановлении повреждений ДНК вроде тех, что вызывает радиация. Были и генетические изменения, сделавшие бактерии более устойчивыми к некоторым антибиотикам, — тревожная находка, если учесть, что земная

¹⁹⁹Braden T. Tierney, Nitin K. Singh, Anna C. Simpson, Andrea M. Hujer, Robert A. Bonomo, Christopher E. Mason, and Kasthuri Venkateswaran, “Multidrug-Resistant *Acinetobacter pittii* Is Adapting to and Exhibiting Potential Succession Aboard the International Space Station,” *Microbiome* 10, no. 1 (2022): 210.

Acinetobacter pittii известна как возбудитель смертельных инфекций у людей с ослабленным иммунитетом.

Ещё один новый вид бактерий, обнаруженный на Международной космической станции, — *Methylobacterium ajmalii* — пока нигде на Земле не найден²⁰⁰. Это наводит на любопытную мысль, что он мог возникнуть на самой станции. Иными словами, его предками мог быть другой вид *Methylobacterium*, попавший на Международную космическую станцию и прошедший на борту процесс видообразования. В пользу этого говорит то, что у новооткрытой бактерии появились изменения генов, улучшающие её способность переносить стрессовые условия, с которыми бактерии в космосе, несомненно, сталкивались.

На Международной космической станции обнаружили эволюционирующими и другие виды бактерий, хотя в новые виды они (пока) не превратились. Как и у *Acinetobacter pittii*, у нескольких из них выработалась устойчивость к антибиотикам. Ещё тревожнее тенденция, при которой некоторые микробы в космосе стали вирулентнее, то есть, вызывая инфекцию, делают своего хозяина больнее²⁰¹. Отчасти, по-видимому, это потому, что некоторые микробы лучше растут в микрогравитации и быстрее распространяются. К счастью, к опасным инфекциям у людей на Международной космической станции это пока не привело — по крайней мере пока.

Но инфекции — серьёзная проблема для людей в космическом полёте: не только потому, что возбудители инфекционных болезней в космосе, похоже, становятся злее, но и потому, что космический полёт, по-видимому, влияет на иммунную систему человека. Во время миссий «Аполлон» и «Скайлэб» большая часть данных об иммунной системе астронавтов была получена в исследованиях после их возвращения на Землю. Эти данные показывали явные признаки изменённой работы иммунной системы, и дома астронавты часто заболевали — в основном несерьёзно, — но трудно было сказать, не вызвано ли это напряжённым спуском. В более поздних исследованиях анализы крови, взятые у астронавтов на борту шаттла, показали, что, хотя спуск и сказывается, разные звенья иммунной системы астронавтов в космосе были разбалансированы. В частности, уровень некоторых компонентов иммунной системы, например Т-лимфоцитов и цитокинов, был выше или ниже, чем до или после полёта²⁰². Эти первые исследования подтвердили и расширили более подробные анализы на Международной космической станции, в том

²⁰⁰Swati Bijlani, Nitin K. Singh, V. V. Eedara, Appa Rao Podile, Christopher E. Mason, Clay C. Wang, and Kasthuri Venkateswaran, “*Methylobacterium ajmalii* sp. nov., Isolated from the International Space Station,” *Frontiers in Microbiology* 12 (2021): 639396.

²⁰¹Nitin K. Singh, Daniela Bezdan, Aleksandra Checinska Sielaff, Kevin Wheeler, Christopher E. Mason, and Kasthuri Venkateswaran, “Multi-Drug Resistant *Enterobacter bugandensis* Species Isolated from the International Space Station and Comparative Genomic Analyses with Human Pathogenic Strains,” *BMC Microbiology* 18 (2018): 1–13.

²⁰²Brian Crucian, Raymond Stowe, Satish Mehta, Peter Uchakin, Heather Quiriarte, Duane Pierson, and Clarence Sams, “Immune System Dysregulation Occurs During Short Duration Spaceflight on Board the Space Shuttle,” *Journal of Clinical Immunology* 33 (2013): 456–465.

числе Исследование близнецов. Исследования экипажа Inspiration4 показали, что даже трёхдневный космический полёт активирует некоторые из тех же генов, что наблюдались в Исследовании близнецов, в том числе гены, играющие важную роль в иммунном ответе²⁰³.

Один из выводов этих исследований — некоторые звенья иммунной системы, например лейкоциты, реагирующие на инфекцию, в космосе не всегда работают так же хорошо. Похоже, это хотя бы отчасти вызвано пониженной силой тяжести. Это может делать людей более уязвимыми для заражения микробами, с которыми они соприкасаются. А также для тех, что уже живут в их организме. Обычное явление у астронавтов в космическом полёте — пробуждение вирусов, дремавших в их организме²⁰⁴. Большинство из нас носят в себе такие так называемые латентные вирусы, даже будучи здоровыми, особенно вирусы герпеса вроде того, что вызывает ветрянку и опоясывающий лишай. Мы их не замечаем, потому что, пока мы в целом здоровы, они никак на нас не влияют. Но они могут вновь активироваться, если наша иммунная система ослаблена, как часто бывает в космосе. К счастью для астронавтов, последствия активации латентных вирусов до сих пор были несерьёзными — лишь кожная сыпь и лёгкие аллергии.

Но эти вирусы и их действие на астронавтов не должны быть нашей главной заботой — скорее, это канарейки в угольной шахте. То, что космический полёт ослабляет иммунную систему, в сочетании с наблюдениями о том, что микробы в космосе эволюционируют в сторону большей вирулентности, должно служить красным флагом. Или хотя бы заставить нас тщательно продумать наши планы в отношении Красной планеты.



Ясно, что микробы отправляются с нами в космос. Микробная свита, которую мы называем микробиомом, полетит с нами и на Марс. Нам нужно будет тщательно отобрать микробов, которых мы хотим взять, чтобы помочь расти нашим растениям. Множество других микробов полетит зайцами, как это уже происходит на наших кораблях. Все вместе — и выбранные нами микробы, и попутчики — посеют семена новой экосистемы.

Но в экосистеме, которую мы создадим на Марсе, будет лишь малая доля микробов, которые обычно нас окружают.

С одной стороны, это будет огромная возможность. Если тщательно проверять людей, летящих с Земли на Марс, на инфекционные болезни, многим из этих болезней можно будет не дать закрепиться в наших новых поселениях. Предполётный карантин, который астронавты регулярно проходят с первых дней пилотируемых полётов, следует

²⁰³Fei Wu, Huixun Du, Eliah Overbey, JangKeun Kim, Priya Makhijani, Nicolas Martin, Chad A. Lerner, et al., “Single-Cell Analysis Identifies Conserved Features of Immune Dysfunction in Simulated Microgravity and Spaceflight,” *Nature Communications* 15, no. 1 (2024): 4795.

²⁰⁴Bridgette V. Rooney, Brian E. Crucian, Duane L. Pierson, Mark L. Laudenslager, and Satish K. Mehta, “Herpes Virus Reactivation in Astronauts During Spaceflight and Its Application on Earth,” *Frontiers in Microbiology* 10 (2019): 432964.

сохранить²⁰⁵. Сам перелёт с Земли на Марс мог бы служить ещё одним карантинном. Тому, у кого в пути появятся признаки инфекционной болезни, нельзя будет сойти на берег по прибытии — или придётся провести время в ещё одной карантинной зоне, прежде чем его выпустят. Так многие инфекционные болезни, с которыми мы постоянно имеем дело, не станут проблемой для людей на Марсе.

Болезни человека, передаваемые насекомыми вроде комаров, можно было бы не пустить в марсианские поселения, внимательно следя за тем, чтобы насекомые не попали туда зайцами. Это отсекло бы около 17 процентов всех инфекционных болезней, в том числе многие из самых распространённых и смертоносных, такие как малярия и жёлтая лихорадка.

Ещё один способ ограничить число болезней, попадающих на Марс, — не брать с собой их животных-резервуаров. Множество болезней, от бешенства до гриппа, — результат перехода инфекции от животного-хозяина к человеку²⁰⁶. Для некоторых болезней, например СПИДа, такой переход случился один раз или, по крайней мере, считанное число раз. Эволюционное изменение вируса, ставшего ВИЧ — вирусом иммунодефицита человека, — позволило ему обходить иммунную систему человека. До того этот вирус был известен как ВИО — вирус иммунодефицита обезьян, — потому что заражал только обезьян, то есть приматов. После этого переключения пути назад не было: ВИЧ стал возбудителем болезни человека. В других случаях, как с гриппом, переходы между животными-хозяевами — в случае гриппа птицами — и людьми происходят постоянно. Вирус гриппа непрерывно эволюционирует, что позволяет ему регулярно менять вид хозяина, а нам приходится каждый год делать новую прививку от гриппа, чтобы поспевать за изменениями.

Мы могли бы решить не брать на Марс животных — хозяев этих болезней. Это практически исключило бы возможность появления в наших марсианских поселениях таких зоонозов, как их называют официально. Хозяин любого зооноза — какая-нибудь птица или млекопитающее²⁰⁷. Одни из них дикие, например утки, летучие мыши или приматы. Другие домашние, например куры и собаки. Если мы выберем этот путь, у нас не будет никакого скота — ещё одна причина, по которой все марсиане, скорее всего, будут

²⁰⁵ НАСА ввело предполётный карантин после полёта «Аполлона-9», когда все три члена экипажа заболели респираторной инфекцией и старт пришлось отложить на три дня (John Uri, “55 Years Ago: Four Months Until the Moon Landing,” NASA.gov, March 20, 2024, <https://www.nasa.gov/history/55-years-ago-four-months-until-the-moon-landing/>).

²⁰⁶ David Quammen, *Spillover: Animal Infections and the Next Human Pandemic* (W. W. Norton, 2012).

²⁰⁷ Насекомые вроде комаров часто служат переносчиками инфекционных болезней, то есть, по сути, средством доставки возбудителя, но болезни человека почти никогда не происходят от болезней насекомых — в отличие от болезней птиц и млекопитающих, от которых они происходят часто.

веганами²⁰⁸. Это значит также, что у нас не будет домашних питомцев. Ни собак. Ни кошек. Это может сделать Марс менее привлекательным для многих будущих поселенцев (в том числе для меня). Но, с другой стороны, это спасёт жизни, потому что инфекционных болезней будет гораздо меньше — и тех, что мы уже знаем, и тех, что непременно появились бы в будущем при новых возможностях перехода инфекции от животных.

С другой стороны, экосистемы, которые мы создадим на Марсе, будут гораздо беднее биологическим разнообразием, чем любая экосистема на Земле. Там будет не только меньше возбудителей болезней — это хорошо, — но и меньше растений и животных и вообще гораздо меньше микробов. Микроорганизмы, которых мы возьмём с собой, сознательно или невольно, будут лишь малой частью богатого микробного разнообразия, с которым мы привыкли сталкиваться. Это может стать проблемой.

С 1950-х годов повсеместно и очень тревожно растёт заболеваемость целым рядом неинфекционных болезней, в том числе астмой, болезнью Крона, диабетом 1-го типа, воспалительными заболеваниями кишечника и многими видами аллергии. Эти болезни существовали давно, но странность их внезапного и устойчивого роста была в том, что чаще всего ими страдали самые состоятельные люди. Это противоположно тому, как в прошлом происходило большинство вспышек болезней: обычно тяжелее всего страдают обездоленные. В 1989 году эпидемиолог Дэвид Страчан обратил внимание на рост заболеваемости аллергией среди британских детей и предложил объяснение. Он обнаружил, что у детей со старшими братьями и сёстрами аллергия встречается реже. Возможно, предположил Страчан, общение со старшими братьями и сёстрами в раннем возрасте сталкивало детей с распространёнными микробами, и это каким-то образом защищало их от аллергии²⁰⁹.

Идея Страчана получила название «гигиенической гипотезы». Вскоре её расширили, чтобы объяснить многие другие болезни, распространявшиеся вместе с аллергией, — все они, как оказалось, так или иначе связаны с хроническим воспалением, результатом, как предполагалось, чрезмерной активности иммунной системы. Сторонники гигиенической гипотезы полагали, что сравнительная редкость инфекционных болезней у жителей развитых стран заставляет их иммунную систему бурно реагировать даже на самый безобидный раздражитель, например на арахис. Это, казалось, объясняло, почему состоятельные слои населения более подвержены этим болезням: у бедных детей было больше шансов столкнуться с инфекционной болезнью, которая натренировала бы их иммунную систему и приучила её реагировать соразмерно.

Во второй половине XX века люди к тому же стали проводить больше времени в помещениях — по крайней мере, те, кто мог себе это позволить. Состоятельные дети не

²⁰⁸Один из выходов — мясо, выращенное в лаборатории. Несколько компаний сейчас экспериментируют с выращиванием клеток животных в культуре так, чтобы их можно было употреблять в пищу. Для этого не нужны живые животные, поэтому распространение зоонозов всё равно было бы исключено.

²⁰⁹David P. Strachan, "Hay Fever, Hygiene, and Household Size," *BMJ: British Medical Journal* 299, no. 6710 (1989): 1259.

только не сталкивались с возбудителями инфекционных болезней, но и всё реже соприкасались с широким кругом микробов, безвредных или лишь слегка вредных. На протяжении большей части нашей эволюционной истории мы были теснейшим образом связаны с природой. Настолько тесно, что наш организм обычно кишел микроорганизмами — от бактерий до червей. В этих условиях и сложилась наша иммунная система, и когда сегодня мы оказываемся в мире, где гораздо меньше этих «старых друзей», как называют наших давних микробных партнёров, иммунная система склонна реагировать чрезмерно.

Группа финских исследователей развила эти идеи ещё дальше. Илкка Хански, Тари Хаахтела и Леена фон Хертцен заметили, что рост аутоиммунных заболеваний совпадает и с глобальным сокращением биологического разнообразия всех видов организмов. Они задумались, не способствует ли аутоиммунным расстройствам то, что люди меньше соприкасаются с богатым разнообразием живых существ — животных и растений, а также микробов. Они назвали это гипотезой биоразнообразия²¹⁰.

Они нашли интересный способ проверить свою новую идею. Они знали, что частота аллергии различается у людей, живущих по разные стороны границы Финляндии и России в регионе Карелия. До Второй мировой войны Карелия входила в состав Финляндии, и у людей, живущих в этом районе, ныне разделённом между двумя странами, было общее наследие. И всё же аллергия, астма и другие аутоиммунные заболевания у жителей российской стороны встречались в три — десять раз реже, чем у людей прямо через границу, в финской части Карелии. Например, на российской стороне аллергии на арахис почти ни у кого не было, а на финской она стала обычным делом. Но в остальном жизнь в российской Карелии была тяжёлой. Люди там жили в простых домах и сами выращивали большую часть еды, держа скот и выращивая овощи. Финская сторона стала гораздо более западной, и, хотя это сельская местность, люди там меньше бывали на улице и чаще покупали еду в магазинах, чем выращивали её сами.

Учитывая сходство людей и климата по обе стороны границы, Хански, Хаахтела и фон Хертцен подозревали, что разительная разница в частоте аутоиммунных заболеваний связана с различиями в образе жизни. Точнее, они предположили, что жители российской Карелии соприкасаются с большим числом и разнообразием микроорганизмов, чем жители финской Карелии.

Они оказались правы. Как и предсказывалось, их данные показали, что у жителей российской стороны на коже и в носу больше микробов, чем у жителей финской стороны²¹¹. А анализы крови показали более активную иммунную реакцию у жителей финской стороны наряду с более высокой частотой аллергии, экземы и других аутоиммунных заболеваний,

²¹⁰Leena Von Hertzen, Ilkka Hanski, and Tari Haahtela, “Natural Immunity: Biodiversity Loss and Inflammatory Diseases Are Two Global Megatrends That Might Be Related,” *EMBO Reports* 12, no. 11 (2011): 1089–1093.

²¹¹L. Ruokolainen, L. Paalanen, A. Karkman, T. Laatikainen, L. Von Hertzen, T. Vlasoff, O. Markelova, et al., “Significant Disparities in Allergy Prevalence and Microbiota Between the Young People in Finnish and Russian Karelia,” *Clinical & Experimental Allergy* 47, no. 5 (2017): 665–674.

связанных с воспалением, — что согласуется с идеей о том, что недостаток контакта с микробами ведёт к гиперактивности иммунной системы.

Карельское исследование подтвердило гипотезу биоразнообразия. Оно указывало на защитную роль разнообразных микробов, с которыми люди сталкиваются, больше бывая на природе. Но если прогулки на природе хорошо подготавливают нашу иммунную систему, что будет с людьми, живущими в герметичных жилищах на Марсе? Выходить наружу они будут редко, а если и будут, то в скафандрах, так что ни с чем живым снаружи соприкоснуться не будут. Впрочем, это и неважно, ведь, насколько мы знаем, снаружи всё равно ничего живого нет. Люди на Марсе будут взаимодействовать только с тем, что живёт вместе с ними внутри жилищ, а это лишь малая доля микробного разнообразия, к которому мы привыкли на Земле. Похоже, это рецепт для развития множества воспалительных аутоиммунных заболеваний. Так что аллергия, астма, диабет 1-го типа, экзема, болезнь Крона, воспалительные заболевания кишечника и другие болезни могут стать у марсиан очень распространёнными.



Но это ещё не всё.

Здесь, на Земле, когда мы сталкиваемся с микробом — будь то потенциально опасный возбудитель или что-то безобидное, — наша иммунная система реагирует несколькими способами. Одна часть ответа — попытка немедленно обезвредить и уничтожить угрозу. Это так называемая врождённая иммунная система, и в большинстве случаев она работает достаточно хорошо. Однако одна лишь врождённая иммунная система не всегда может предотвратить заражение при первой встрече с новым видом микроба — поэтому мы часто восприимчивы к новому штамму гриппа, коронавируса или другой инфекционной болезни. Другая наша защита называется адаптивной иммунной системой. Она служит своего рода иммунологической памятью, позволяющей быстрее отреагировать, если тот же микроб появится снова. Для этого вырабатываются антитела — белки, которые производят наши лейкоциты и которые остаются в организме, как постоянная армия, охраняя и защищая нас от возможного нового вторжения того же микроба. Именно антитела не дают нам снова и снова болеть от одних и тех же бактерий или вирусов.

У людей на Марсе антитела вырабатываются только к небольшому числу микробов, с которыми они столкнутся в своих герметичных жилищах. Значит, любой из огромного числа микробов на Земле, не попавших на Марс, может оказаться опасным для людей, родившихся и выросших на Марсе. Особенно опасной для марсиан будет поездка на Землю, ведь у них не будет иммунитета ко многим нашим инфекционным болезням — совсем как у выдуманных пришельцев в «Войне миров» Герберта Уэллса, только пришельцами будут люди. Даже микробы, безвредные для людей на Земле, могут быть опасны для марсианина, который раньше с ними не сталкивался.

Ближайший прецедент того, как это могло бы выглядеть, — генетическое заболевание под названием тяжёлый комбинированный иммунодефицит (ТКИД). Люди с ТКИД не могут вырабатывать антитела, поэтому беззащитны почти перед любым микробом, способным вызвать инфекцию у человека. Вспомним печальную историю Дэвида Филлипа

Веттера, родившегося в Техасской детской больнице в Хьюстоне в 1971 году. Его родители, Кэрол Энн Демаре и Дэвид Дж. Веттер, уже потеряли одного ребёнка из-за ТКИД. Узнав, что у сына Дэвида тоже будет это заболевание, они стали искать способ как можно дольше его защищать. Сразу после рождения его поместили в стерильную камеру. Внутри младенец был защищён от всех микробов, но он не мог из неё выйти и общаться с людьми, в том числе с родителями, мог только через прозрачную пластиковую плёнку²¹².

Камера сохраняла ему жизнь, но по мере того как Дэвид рос — сначала малышом, потом мальчиком, — жизнь в ней становилась всё тяжелее. Его необычный случай начал привлекать внимание, и пресса прозвала его «мальчиком в пузыре». Врачи Дэвида из Бейлорского медицинского колледжа обратились к коллегам из Космического центра имени Джонсона, и те сконструировали по образцу скафандра костюм под названием «Мобильная система биологической изоляции»²¹³. Они использовали свой опыт карантина астронавтов после возвращения из космоса, только костюм Дэвида было сделать ещё сложнее, ведь астронавтам никогда не приходилось заботиться о полной стерильности внутри скафандра. Они придумали конструкцию, при которой Дэвид, надевая и снимая костюм, пролезал через небольшой тоннель, чтобы внутрь не попали микробы.

Это сработало. Впервые в жизни, в шесть лет, Дэвид смог наконец выйти за пределы больницы, пусть всего на час за раз. И впервые мать смогла взять Дэвида на руки. На свой одиннадцатый день рождения Дэвид попросил выйти на улицу ночью, чтобы посмотреть на звёзды. Трагически, Дэвид умер в двенадцать лет после пересадки костного мозга от сестры. Врачи не знали, что в костном мозге был латентный вирус герпеса — вирус Эпштейна — Барр, тот самый, который часто активируется у астронавтов в космическом полёте. Без работающей иммунной системы Дэвид умер от вызванной вирусом лимфомы. В статье в *Houston Chronicle* отмечалось, что «мать смогла впервые поцеловать его, только когда он вышел из пузыря умирать»²¹⁴.

Как ни душераздирающа история Дэвида, человек, родившийся на Марсе, столкнулся бы с похожими трудностями, если бы прилетел на Землю. Уязвимость перед микроорганизмами может оказаться самым проблемным аспектом путешествий между планетами. Больше всего рисковать будут марсиане, прилетающие на Землю, ведь на Земле микроорганизмов гораздо больше, чем на Марсе. Но и люди с Земли, прилетающие на Марс, тоже могут подвергнуть марсиан риску, потому что, скорее всего, привезут на себе, в своём микробиоме, хотя бы каких-то микробов, с которыми марсиане ещё не встречались.

²¹²“‘Bubble Boy’ 40 Years Later: Look Back at Heartbreaking Case,” CBS News, September 21, 2011, <https://www.cbsnews.com/pictures/bubble-boy-40-years-later-look-back-at-heartbreaking-case/15/>.

²¹³Jenny Cobb, “David Vetter Isolation Suit: The Inspirational Story of ‘Bubble Boy’ Has Lasting Impact,” Bullock Museum, n.d., <https://www.thestoryoftexas.com/discover/artifacts/david-vetter-suit-spotlight-010816>.

²¹⁴Todd Ackerman, “The ‘Boy in the Bubble’ Who Captivated the World,” Chron.com, June 3, 2016, <https://www.chron.com/local/history/medical-science/article/The-boy-in-the-bubble-who-captivated-the-world-7952962.php>.

Карантин мог бы в какой-то мере ограничить распространение инфекционных болезней, сократив передачу микробов, болезнетворных для землян, но он не защитит марсиан от огромного числа микробов, которые землян не делают больными. Точно так же прививки от распространённых земных микробов могли бы до некоторой степени помочь, но не смогут защитить марсиан от всего огромного разнообразия микробной жизни Земли.

Я спросил Сару Уоллес, кажутся ли ей эти рассуждения разумными. «Да, безусловно, — сказала она. — Вы не смогли бы выработать иммунный ответ так, как может человек на Земле».

В чём-то эта ситуация напоминает контакт европейцев с коренными американцами начиная с XV века. От европейцев к коренным американцам перешло множество инфекционных болезней, в том числе оспа, холера и корь. Поскольку коренные американцы прежде никогда с этими болезнями не сталкивались, иммунитета к ним у них не было. Результат был опустошительным: по некоторым оценкам, в последующие годы погибло до 95 процентов коренного населения Америки. Столь же губительные последствия наблюдались у жителей тихоокеанских островов после контакта с первыми европейцами²¹⁵. Однако, будучи беззащитными перед возбудителями болезней, коренные американцы и жители тихоокеанских островов хотя бы до контакта сталкивались с разнообразием обычных микробов. У марсиан и этого не будет.

Хуже того, эффект основателя уменьшит генетическое разнообразие марсианских поселенцев. Это сделает их ещё уязвимее перед распространением инфекционных болезней: микроб, «взломавший» иммунную защиту одного марсианина, сможет заразить множество генетически похожих марсиан. Менее разнообразные популяции всегда сильнее рискуют от инфекционных болезней.

Итак, люди, родившиеся на Марсе, будут заболевать, прилетая на Землю, а контакт с людьми с Земли тоже может сделать марсиан больными. Это значит, что, возможно, уже начиная с первого поколения людей, родившихся на Марсе, общение землян и марсиан будет рискованным. Физический контакт между ними будет особенно опасен, особенно для марсиан. Об интимной близости не может быть и речи. С каждым новым поколением риск, вероятно, будет расти. Иными словами, не ждите ни пар из марсианина и землянки, ни «межпланетных» детей.

Если земляне и марсиане никогда не будут заводить общих детей, обмена генами между их популяциями не будет. Вспомним исследования островов: именно поток генов — обмен генами между популяциями путём размножения — не даёт островным популяциям накопить достаточно различий, чтобы стать новыми видами. Без потока генов между ними люди на Марсе будут накапливать генетические различия благодаря обычным

²¹⁵Evelyn Jane Collen, Angad Singh Johar, João C. Teixeira, and Bastien Llamas, “The Immunogenetic Impact of European Colonization in the Americas,” *Frontiers in Genetics* 13 (2022): 918227; P. M. Martin and C. Combes, “Emerging Infectious Diseases and the Depopulation of French Polynesia in the 19th Century,” *Emerging Infectious Diseases* 2, no. 4 (1996): 359–361.

эволюционным процессам. Мутации, естественный отбор и дрейф генов сделают людей на Марсе всё более непохожими на людей на Земле.

Возможно, больше любого другого фактора именно риск передачи болезней станет клином, который разделит людей двух планет. Возможно, неизбежно, он и заставит людей на Марсе по-настоящему стать марсианами.

Я спросил Сару Уоллес о её личном мнении: должен ли риск того, что будущие поколения не смогут вернуться на Землю, остановить нас от строительства поселений на Марсе. «Ничто не должно останавливать нас в исследованиях, — ответила она. — Если убрать исследование из человеческого воображения, что у нас останется? Чего мы тогда стоим?»

Микробы и реакция нашего организма на них, безусловно, станут препятствием для любых попыток сохранить тесную связь марсиан и землян. Но мы не целиком во власти природы.

В нашем распоряжении есть ещё кое-какие инструменты.

Глава 8. Следующие люди

Крис Мейсон — человек, который вечно спешит.

«Иногда путь от метро до лаборатории занимает слишком много времени, и я начинаю бежать, — рассказал он мне за завтраком в бистро недалеко от своего дома в Бруклине свежим осенним утром. — Просто чтобы быстрее добраться. Не потому, что опаздываю на совещание, а просто потому, что идти слишком долго... Я единственный из моих знакомых, кто бежит на работу, чтобы быстрее туда попасть».

Мейсон — профессор физиологии и биофизики в медицинском колледже Weill Cornell Medicine. По крайней мере, так звучит его официальная должность. Похоже, он работает одновременно над сотней разных проектов — от отслеживания изменений вируса, вызывающего COVID-19, до помощи кораллам в приспособлении к изменению климата. «Я люблю свою работу, и мне кажется, что её нужно делать быстрее», — объяснил он.

Мейсону было около сорока пяти, у него были короткие каштановые волосы и выразительный подбородок. Если бы о нём когда-нибудь сняли фильм, на его роль хорошо подошёл бы Мэтт Деймон. Он говорил скороговоркой, словно его рот постоянно пытался угнаться за мозгом. Мне приходилось напоминать ему, чтобы он съел хоть несколько кусочков омлета.

Накануне я побывал в его исследовательской группе в Верхнем Ист-Сайде. Лаборатория Мейсона занимала четыре отдельные лаборатории в трёх разных зданиях и продолжала расти. Хотя они занимались самыми разными проектами, главным направлением их работы было влияние космического полёта на геном и микробиом человека²¹⁶. Не прошло и пятнадцати лет с тех пор, как Мейсон получил первую преподавательскую должность, а его имя, казалось, значилось среди авторов каждой второй прочитанной мной статьи по космической генетике.

Во многом он, судя по всему, занимался именно тем, о чём мечтал в детстве. «У меня те же цели, что и в тринадцать лет, — сказал он мне. — По сути мало что изменилось. Просто у меня наконец появились инструменты и ресурсы, чтобы действительно в них продвигаться».

Мальчиком, выросшим в 1980-х годах чуть южнее Милуоки в штате Висконсин, Мейсон интересовался во многом тем же, что и его сверстники. «Больше всего я любил две вещи — космос и динозавров», — сказал он. Но, в отличие от многих других детей, интерес Мейсона к науке с возрастом только крепнул, особенно увлечённость космосом. В третьем классе он побывал в Космическом лагере, а потом ещё раз — в пятом. Это было захватывающе, но дома всё было не так интересно. Особенно скучно было в школе. В средней школе большинство уроков естествознания не особенно его увлекали — кроме тех, где рассказывали о генетике.

«Рецепт книги жизни начинали раскрывать, но мы почти ничего в нём не понимали, — вспоминал он о работе по прочтению генома человека. — Но мы знали саму идею. Есть генетический код длиной в 3 миллиарда букв, который определяет создание всех типов

²¹⁶См. Mason Lab, <https://www.masonlab.net/>.

клеток, и всё это есть уже в первой клетке. Как только я узнал этот факт подробнее, я был — и остаюсь с тех пор — увлечён генетикой... сам факт, что этот код существует, — самый крутой факт во Вселенной, а он ещё и разный у разных видов, и он приспосабливается, меняется, эволюционирует... как только я это узнал, я понял: всё, я хочу стать генетиком. Я учился в восьмом классе, но точно знал, что хочу заниматься именно этим».

Он поступил в Висконсинский университет в Мэдисоне, потому что это был один из немногих вузов, где можно было получить степень бакалавра по генетике, а плата для жителей штата делала учёбу ещё и выгодной. Он участвовал в нескольких исследовательских проектах, которые ему нравились, но они вызвали у него желание заниматься собственными научными вопросами. Затем он защитил диссертацию в Йеле, изучая генетику плодовых мушек, и оказался на переднем крае новых подходов к пониманию работы генов. Наконец-то он сам руководил своими проектами, и этот процесс приводил его в восторг.

«Было очень здорово просто видеть открытие — тот момент, когда, анализируя данные, я знал то, чего в этот момент не знал больше никто во Вселенной, — вспоминал он. — Это был мой первый вкус радости научного открытия, которую я люблю с тех пор. Ощущение, что открываешь нечто совершенно новое, чего ещё никто не знает».

В 2009 году Мейсон получил должность в Weill Cornell Medicine и начал создавать собственную лабораторию. Он понимал, что нужно искать источники финансирования, и это была возможность повернуть исследования в другом направлении. К тому времени его в целом интересовало, как организм реагирует на сильный стресс — например, на рак или другие болезни. Вернувшись к своим самым ранним интересам, он задумался, не похож ли стресс пребывания в космосе на другие виды стресса. Он обратился в НАСА, чтобы узнать, не профинансируют ли там его работу.

«Первую заявку на грант я написал в НАСА, по собственной инициативе», — сказал он. Даже больше денег ему нужны были интересные образцы для работы. Мейсон спросил, нет ли биологических образцов от астронавтов, летавших в космос, которые его лаборатория могла бы проанализировать, чтобы изучить влияние космического полёта на геном и микробиом человека. Он поговорил с Джоном Чарлзом, всё ещё занимавшим пост главного научного сотрудника Программы НАСА по изучению человека, и тот сказал, что предложение интересное, но образцов, которые можно было бы предложить, пока нет. Заявку отклонили, но Чарлз намекнул Мейсону, что вскоре могут появиться возможности.

И действительно, всего через несколько лет НАСА объявило о приёме заявок на исследование, в котором здоровье астронавта в длительной космической миссии сравнивалось бы со здоровьем его брата или сестры на Земле, — Исследование близнецов. Крис Мейсон отправил обновлённый вариант своей первой заявки, теперь посвящённой сравнению образцов, взятых у Скотта Келли во время его года в космосе, с образцами его брата-близнеца Марка. На этот раз у Джона Чарлза были для Мейсона хорошие новости: его лабораторию выбрали руководить генетической, эпигенетической и микробиомной частями Исследования близнецов.

Теперь Крис Мейсон был на переднем крае космической генетики. Тем временем Мейсон увлёкся студенческим конкурсом iGEM (International Genetically Engineered

Machines — «Международный конкурс генно-инженерных машин»). Конкурс собирал команды школьников, студентов и аспирантов, которые под руководством преподавателя искали способы решать сложные задачи, изменяя гены живых организмов. Сама идея генной инженерии существовала уже десятилетиями, но инструменты, позволявшие действительно ею заниматься, только начинали входить в силу. Когда студент Корнелла обратился к Мейсону с предложением собрать команду для iGEM, Мейсон увидел возможность применить генную инженерию к задачам освоения космоса человеком. Он написал пост в блоге, где изложил свои идеи. Они были амбициозными и смелыми.

Основная мысль состояла в том, чтобы взять процесс биологического приспособления к космосу в свои руки.

Заселение космоса так или иначе приведёт к изменениям. Если пустить всё на самотёк, эволюция пойдёт своим чередом, и люди на Марсе постепенно будут всё лучше приспособляться к местным условиям путём мутаций и естественного отбора. Эффект основателя и дрейф генов вызовут случайные изменения у марсиан и уменьшат их генетическое разнообразие. Вынужденные карантин из-за риска распространения инфекционных болезней могут ускорить видообразование. Но эти естественные эволюционные процессы будут относительно медленными и, мягко говоря, довольно мучительными. Что если бы мы могли ускорить приспособление и свести к минимуму страдания людей, которые оно иначе повлечёт?

Мейсон считал, что можем, — и его пост в блоге в общих чертах описывал, как это сделать. Роберт Прайор, редактор издательства MIT Press, прочитал пост Мейсона и уговорил его превратить его в книгу, вышедшую в 2021 году под названием «Следующие 500 лет: инженерия жизни для освоения новых миров»²¹⁷.

В книге Мейсон подробно изложил свои доводы. «Одна возможность — просто позволить эволюции постепенно отбирать качества, необходимые для выживания на этих новых планетах, — писал он. — По сути, это подход „выплывет или утонет“ к выживанию жизни, только без спасателей и с кирпичами, привязанными к ногам».

Есть альтернатива, доказывал он. «Второй наш вариант, позволяющий земной жизни жить на других планетах, — заранее направить этот генетический процесс, чтобы отправляемая нами жизнь уже была способна выжить в новом доме. Сложнее — да, но и гуманнее».

Остальная часть книги описывает план Мейсона, как именно это сделать. Ключевой элемент его замысла генетически изменить людей для жизни за пределами Земли — опереться на огромную библиотеку генетических приспособлений, существующую в геномах других живых существ. «Соединение клеток одного вида с эволюционной историей другого вида и изучение этих „генетических уроков“ может стать нашим путеводителем в защите клеток человека и клеток других видов, которые неизбежно будут сопровождать нас в нашем путешествии прочь от Земли», — писал он.

²¹⁷Christopher E. Mason, *The Next 500 Years: Engineering Life to Reach New Worlds* (MIT Press, 2021).



Сама идея приобретать новые способности, взяв ДНК одного организма и поместив её в другой, существует с 1970-х годов. В 1972 году биохимик Пол Берг первым сделал это, скопировав короткий участок ДНК вируса, поражающего бактерии, в другой вирус, поражающий обезьян²¹⁸. На следующий год Герберт Бойер и Стэнли Коэн применили эту технику «сплайсинга генов», чтобы вставить гены одного вида бактерий в другой. Они обнаружили, что вставленный ген сохраняется в следующих поколениях по мере деления бактерий. Пойдя ещё дальше, они вставили в бактерию гены лягушки и обнаружили, что гены лягушки навсегда вошли в геном бактерии²¹⁹.

Это было началом революции в биотехнологии. Рекомбинантную ДНК — то есть ДНК, скопированную из одного организма и вставленную в другой, — можно было использовать для невероятного множества целей: от производства жизненно важных лекарств вроде инсулина до более причудливых применений вроде светящихся в темноте кошек и золотых рыбок²²⁰. Но это было и начало эпохи, в которую люди могли напрямую управлять эволюцией любого вида, манипулируя его ДНК. Мейсон увидел возможность брать гены у организмов, от природы хорошо приспособленных к суровым условиям, и вставлять их в клетки человека, чтобы подготовить людей к опасностям за пределами Земли.

Один из кандидатов на роль такого выносливого существа — водяной медведь, или тихоходка. Тихоходки — дальние родственницы насекомых, но выглядят они необычно. Невооружённым глазом их едва видно, а под микроскопом они похожи на крошечного мармеладного мишку с восемью пухлыми ножками и ртом в форме насадки. Они процветают во влажной среде, но благодаря своей приспособляемости могут жить почти где угодно — от моря до почвы у вас во дворе. Один из способов, позволяющих им жить в столь разных местах, — способность переживать долгие периоды плохих условий, например засуху, по сути, высыхая и съезживаясь. В обезвоженном состоянии они почти неуязвимы, и именно это привлекло к ним внимание биологов, интересующихся жизнью в космосе.

В 2007 году в рамках эксперимента Европейского космического агентства около 3000 тихоходок на ракете «Союз» отправили на двенадцать дней на низкую околоземную

²¹⁸David A. Jackson, Robert H. Symons, and Paul Berg, “Biochemical Method for Inserting New Genetic Information into DNA of Simian Virus 40: Circular SV40 DNA Molecules Containing Lambda Phage Genes and the Galactose Operon of *Escherichia coli*,” *Proceedings of the National Academy of Sciences* 69, no. 10 (1972): 2904–2909.

²¹⁹См. “Recombinant DNA in the Lab,” National Museum of American History, Smithsonian Institution, <https://americanhistory.si.edu/collections/object-groups/birth-of-biotech/recombinant-dna-in-the-lab>.

²²⁰Alok Jha, “Glow Cat: Fluorescent Green Felines Could Help Study of HIV,” *Guardian*, September 11, 2011, <https://www.theguardian.com/science/2011/sep/11/genetically-modified-glowing-cats>.

орбиту²²¹. На орбите открыли отсек на внешней стороне капсулы, где находились тихоходки, и они, помимо микрогравитации, оказались в космическом вакууме под нефльтрованным солнечным и галактическим космическим излучением. Удивительно, но после возвращения на Землю многие тихоходки оказались живы благодаря обезвоженному состоянию — той же стратегии, с помощью которой они переживают засуху и другие временные невзгоды. Более того, выживаемость тихоходок, побывавших в космическом вакууме, не отличалась от выживаемости тихоходок контрольной группы, содержащихся в обычных лабораторных условиях. Вернувшись на Землю и получив воду, тихоходки, слетавшие в космос, даже смогли отложить яйца.

В 2016 году группа японских исследователей во главе с Такэкадзу Куниэдой и Ацуси Тоёдой прочитала геном одного особенно выносливого вида тихоходок²²². При этом они обнаружили, что тихоходки вырабатывают белок, помогающий им выживать в обезвоженном состоянии. Белок назвали «подавителем повреждений» (damage suppressor), сокращённо Dsup. Затем исследователи совершили большой скачок: они взяли ген Dsup из генома тихоходки и временно вставили его в клетки человека. Уточним: клетки человека росли в лаборатории, а не в человеческом теле. Тем не менее оказалось, что со вставленным геном тихоходки клетки человека могли вырабатывать Dsup. И — что самое важное — когда клетки, вырабатывающие Dsup, облучили рентгеновскими лучами, они пострадали меньше и лучше росли, чем обычные клетки человека.

Лаборатория Криса Мейсона начала работу над тем, чтобы ещё больше повысить способность клеток человека выдерживать суровые условия космоса, вставляя в них гены тихоходок и других организмов, способных выживать в экстремальных средах. Он видит в этом начало эпохи, когда клеткам человека можно будет придать огромное разнообразие способностей. Он предсказывает, что к 2040 году «гены всех организмов станут игровой площадкой для создания новых функций в клетках человека».



Мысль о том, что разнообразие жизни на Земле — генетическая «игровая площадка», из которой можно черпать, кажется захватывающей, но она чревата рисками — от биологических до этических. И действительно, после первых демонстраций сплайсинга генов Бергом, Бойером и Коэном исследователи быстро осознали, что новая технология — палка о двух концах. Берг, Бойер и другие призвали к добровольному мораторию на использование рекомбинантной ДНК. В 1975 году на пляже Асиломар в Калифорнии прошла конференция, на которой многие ведущие исследователи собрались, чтобы

²²¹K. Ingemar Jönsson, Elke Rabbow, Ralph O. Schill, Mats Harms-Ringdahl, and Petra Rettberg, “Tardigrades Survive Exposure to Space in Low Earth Orbit,” *Current Biology* 18, no. 17 (2008): R729–R731.

²²²Takuma Hashimoto, Daiki D. Horikawa, Yuki Saito, Hirokazu Kuwahara, Hiroko Kozuka-Hata, Tadasu Shin-i, Yohei Minakuchi, et al., “Extremotolerant Tardigrade Genome and Improved Radiotolerance of Human Cultured Cells by Tardigrade-Unique Protein,” *Nature Communications* 7, no. 1 (2016): 12808.

выработать правила её использования. Эта встреча, которую называли то «Вудстоком молекулярной биологии», то «конференцией ящика Пандоры», отчасти была попыткой исследователей самим установить пределы применения генетических технологий в надежде предотвратить государственное регулирование²²³. И действительно, после четырёх дней заседаний исследователи договорились снять собственный добровольный мораторий на использование рекомбинантной ДНК, хотя и с некоторыми ограничениями, призванными не допустить того, что они считали самыми потенциально опасными её применениями.

Казалось правдоподобным, что некоторые генетические болезни можно будет вылечить с помощью рекомбинантной ДНК, заменив участок ДНК, ответственный за болезнь, ДНК здорового донора. Первую попытку такой так называемой генной терапии предпринял в 1980 году Мартин Клайн, генетик из Калифорнийского университета в Лос-Анджелесе. Двух пациентов с болезнью крови под названием бета-талассемия лечили методом, который Клайн испытывал на мышах с весьма скромными результатами. Тем не менее он решился применить его на людях²²⁴. Однако Клайн поторопился. Он не выполнил всех необходимых процедур для получения разрешения на экспериментальное лечение людей и получил выговор. К тому же генная терапия никак не подействовала на пациентов.

Первый успех пришёл через десять лет с девочкой по имени Ашанти Де Силва. В два года ей поставили диагноз ТКИД — то же заболевание, что у «мальчика в пузыре» Дэвида Веттера, при котором адаптивная иммунная система не работает. В 1990 году, когда Де Силве было четыре года, ей провели полностью одобренную экспериментальную генную терапию, заменившую клетки костного мозга, вызывающие заболевание. Это сработало. С изменёнными генами иммунная система Де Силвы заработала достаточно хорошо, чтобы она могла выходить на улицу, ходить в школу с другими детьми и вести нормальную жизнь²²⁵. Став взрослой, она стала генетическим консультантом и защитницей интересов людей с иммунодефицитами.

Вскоре последовали и другие генные терапии, но не все были столь же успешными. В 1999 году восемнадцатилетний Джесси Гелсингер умер всего через четыре дня после экспериментальной генной терапии, призванной лечить его болезнь печени. У него было сравнительно лёгкое заболевание, из-за которого в крови накапливался аммиак, но он справлялся с ним с помощью лекарств и строгой диеты. Гелсингер участвовал в клиническом испытании в Пенсильванском университете, задуманном для лечения маленьких детей с тяжёлыми формами этого заболевания. Трагически, иммунная система Гелсингера бурно отреагировала на вирус, доставлявший изменённые гены, что вызвало высокую температуру, а затем нарастающую полиорганную недостаточность. Его смерть

²²³Michael Rogers, “The Pandora’s Box Congress,” *Rolling Stone*, June 19, 1975.

²²⁴Ernest Beutler, “The Cline Affair,” *Molecular Therapy* 4, no. 5 (2001): 396–397; Marjorie Sun, “Cline Loses Two NIH Grants: Tough Stance Meant as a Signal That Infractions Will Not Be Tolerated,” *Science* 214, no. 4526 (1981): 1220.

²²⁵Biotechnology Innovation Organization, “Ashanthi DeSilva—Very First Gene Therapy Patient,” YouTube, June 7, 2018, <https://www.youtube.com/watch?v=IgES04-cSr8>.

приостановила многие испытания генной терапии, пока не были разработаны более безопасные методы²²⁶.

Проблема была не столько в самих изменениях генов, сколько в способе доставки изменённых генов. С тех пор как Берг, Бойер и Коэн в начале 1970-х разработали сплайсинг генов, подход состоял в том, чтобы заменить один участок ДНК другим, с нужной последовательностью. Но при этом методе «вырезать и вставить» заменяющую ДНК нужно было доставить к хромосомам внутри клеток человека. Очень эффективно это можно было сделать с помощью вируса как средства доставки, ведь вирусы умеют проникать в клетки и манипулировать их ДНК. Но иногда организм отвечает на вирус иммунной реакцией — именно это и погубило Джесси Гелсингера.



Крупный прорыв произошёл с открытием способа редактировать ДНК напрямую. Случилось это, как многие открытия в науке, окольным путём.

В 1990 году Франсиско Мохики был аспирантом Университета Аликанте в Испании и изучал один из видов одноклеточных микроорганизмов — архей. Многие археи живут в условиях, которые для других организмов были бы экстремальными. Археи Мохики, например, водились в чрезвычайно солёных прудах. Прочитав часть их ДНК в надежде понять, как они переносят столько соли, он обнаружил нечто неожиданное и странное. Между участками, казавшимися ему обычной ДНК с привычным сочетанием всех четырёх оснований А, Т, С и G, находились участки, в которых повторялись одни и те же основания. Ещё страннее было то, что эти повторяющиеся участки были палиндромами, то есть читались одинаково слева направо и справа налево. Он нашёл четырнадцать таких последовательностей, сгруппированных через равные промежутки среди в остальном обычных последовательностей ДНК.

Озадаченный, Мохики стал искать в научной литературе что-нибудь похожее у других организмов. Он нашёл лишь один случай — в последовательности бактерии *Escherichia coli*, опубликованной японским исследователем. Археи и кишечная палочка — совершенно разные типы микроорганизмов, относящиеся к двум разным доменам жизни. Тем не менее у обоих, похоже, был один и тот же странный кластер повторяющихся последовательностей ДНК. Он опубликовал свои результаты, не зная, какой может быть функция этих последовательностей. Позже он дал им громоздкое название с запоминающейся аббревиатурой — «короткие палиндромные повторы, регулярно расположенные группами» (clustered regularly interspaced short palindromic repeats), или CRISPR.

Вскоре последовательности CRISPR нашли у множества других микроорганизмов. Исследователи молочной промышленности обнаружили их у бактерий, сквашивающих молоко в сыр и йогурт. Любопытно, что после нападения вирусов у молочных бактерий появлялись новые последовательности CRISPR — и эти последовательности совпадали с участками геномов вирусов. Более того, бактерии с новыми последовательностями CRISPR больше не были уязвимы для нападения того же вируса. Последовательности CRISPR

²²⁶Siddhartha Mukherjee, *The Gene: An Intimate History* (Scribner, 2016).

действовали как своего рода иммунный ответ бактерий: бактерии учились узнавать вирус, чтобы защищаться от него в будущем.

Механизм работы CRISPR выяснила группа исследователей во главе с биохимиками Дженнифер Даудной и Эмманюэль Шарпантье в Калифорнийском университете в Беркли. Они обнаружили, что CRISPR работает с помощью белков Cas — сокращение от «CRISPR-ассоциированные белки». Белки Cas, например тот, что называли Cas9, разрезают ДНК, как молекулярный скальпель. Бактерии используют CRISPR-Cas9, чтобы распознать уникальную ДНК определённого вируса и затем разрезать её на куски, уничтожив. Но Даудна и Шарпантье обнаружили и то, что могут управлять тем, на какую последовательность ДНК направлено действие. Это не обязательно должна быть ДНК вируса. Это может быть ДНК любого живого существа. Если ДНК находится внутри живой клетки, механизмы клетки естественным образом устраняют повреждение. Но самым захватывающим было то, что Даудна и Шарпантье нашли способ управлять процессом восстановления так, чтобы участок ДНК можно было вырезать и заменить любой нужной последовательностью. Иными словами, его можно было программировать.

«В истории науки мало настоящих моментов „эврика“, но этот был очень близок», — писал о прорыве биограф Даудны Уолтер Айзексон²²⁷. В отличие от подхода «копировать и вставить» при сплайсинге генов, CRISPR позволял изменять последовательности ДНК, внося точные, целенаправленные правки в гены организма. «Короче говоря, они поняли, что создали способ переписать код жизни», — писал Айзексон.

Даудна и Шарпантье опубликовали свои эпохальные результаты в 2012 году²²⁸. В следующие несколько лет развернулась гонка за то, чтобы научиться редактировать с помощью CRISPR гены человека. Страсти накалились. Джордж Чёрч, генетик из Гарварда с репутацией бунтаря, сотрудничал с Даудной, но работал и над собственным подходом к применению CRISPR к генам человека. Тем временем бывший ученик Чёрча Фэн Чжан открыл собственную лабораторию в Институте Брода — элитной организации биомедицинских и геномных исследований, совместно управляемой Гарвардом и MIT. Чжан переманил одного из тогдашних учеников Чёрча работать с ним над приспособлением CRISPR для редактирования генов человека.

Все эти группы знали, что нужно действовать быстро, если они хотят первыми завоевать приз — редактирование генов человека с помощью CRISPR. На кону стояло многое. В академической науке первенство в крупном открытии может сделать карьеру. Но речь шла не только об академической славе. Были ещё и возможность получить крупные премии, и патенты, и шанс заработать серьёзные деньги. В итоге Чёрч и Чжан отправили статьи в журнал *Science* так близко по времени, что они были опубликованы одновременно 3 января 2013 года. Группа Даудны опубликовала свою позже в том же месяце в другом

²²⁷Walter Isaacson, *The Code Breaker: Jennifer Doudna, Gene Editing, and the Future of the Human Race* (Simon and Schuster, 2021).

²²⁸Martin Jinek, Krzysztof Chylinski, Ines Fonfara, Michael Hauer, Jennifer A. Doudna, and Emmanuelle Charpentier, “A Programmable Dual-RNA–Guided DNA Endonuclease in Adaptive Bacterial Immunity,” *Science* 337, no. 6096 (2012): 816–821.

журнале²²⁹. Все они разработали инструменты, позволявшие редактировать гены человека с помощью CRISPR, хотя Нобелевскую премию за это открытие, присуждённую в 2020 году, получили Даудна и Шарпантье.

Всего через несколько лет уже шли клинические испытания, проверявшие, можно ли применять CRISPR для лечения самых разных болезней — от диабета и болезней крови до некоторых форм сердечно-сосудистых заболеваний и рака. В 2023 году в США одобрили первые два метода лечения на основе CRISPR. Один — для серповидноклеточной анемии, болезни, при которой эритроциты меняют форму, что ведёт к потенциально смертельным тромбам. Ею страдают более семи миллионов человек в мире, и ежегодно она уносит более 300 000 жизней. Другой одобренный метод — для ещё одной болезни крови, бета-талассемии, той самой, на лечение которой была направлена самая первая попытка генной терапии. Талассемии снижают способность эритроцитов переносить кислород и могут вызывать анемию, а также сердечно-сосудистые, эндокринные и дыхательные нарушения и другие осложнения. От талассемий ежегодно умирают более 11 000 человек, а страдают ими более миллиона человек в мире²³⁰. Поскольку методы на основе CRISPR могут исправлять генетический дефект, вызывающий и серповидноклеточную анемию, и бета-талассемию, они способны полностью излечить людей, которые иначе страдали бы от этих болезней.

Однако есть одна загвоздка. Хотя есть надежда, что пациенты, получившие лечение CRISPR, полностью избавятся от болезни, одобренные пока методы редактирования генов не помешают их детям унаследовать болезнь родителей. Генетические изменения вносятся только в ДНК соматических клеток — клеток тела, не участвующих в образовании сперматозоидов или яйцеклеток. Чтобы вылечить детей, им пришлось бы пройти то же лечение, что и родителям. И так в каждом следующем поколении.

Альтернатива — вносить изменения в клетки так, чтобы они затрагивали не только соматические клетки, но и клетки зародышевой линии — те, из которых получаются яйцеклетки, сперматозоиды, а в конечном счёте эмбрионы и дети. Редактирование генов зародышевой линии возможно, хотя оно переходит черту, которую, по мнению некоторых,

²²⁹Prashant Mali, Luhan Yang, Kevin M. Esvelt, John Aach, Marc Guell, James E. DiCarlo, Julie E. Norville, and George M. Church, “RNA-Guided Human Genome Engineering via Cas9,” *Science* 339, no. 6121 (2013): 823–826; Le Cong, F. Ann Ran, David Cox, Shuailiang Lin, Robert Barretto, Naomi Habib, Patrick D. Hsu, et al., “Multiplex Genome Engineering Using CRISPR/Cas Systems,” *Science* 339, no. 6121 (2013): 819–823; Martin Jinek, Alexandra East, Aaron Cheng, Steven Lin, Enbo Ma, and Jennifer Doudna, “RNA-Programmed Genome Editing in Human Cells,” *eLife* 2 (2013): e00471.

²³⁰Jia Yi Tan, Yong Hao Yeo, Kok Hoe Chan, Hamid Shaaban, and Gunwant Guron, “Mortality Trends and Causes of Death in Individuals with Thalassemia: A Population-Based Retrospective Study in the United States from 1999 to 2020,” *Blood* 142 (2023): 3740; Yuanyuan Tuo, Yang Li, Yan Li, Jianjuan Ma, Xiaoyan Yang, Shasha Wu, Jiao Jin, and Zhixu He, “Global, Regional, and National Burden of Thalassemia, 1990–2021: A Systematic Analysis for the Global Burden of Disease Study 2021,” *eClinicalMedicine* 72 (2024): 102619.

переходить нельзя. Дело в том, что любые изменения в клетках зародышевой линии затронут всех потомков человека, прошедшего лечение, на бесчисленное число поколений. Это порождает этические вопросы нового рода. Одно дело — провести процедуру живому человеку, которому можно объяснить возможные риски и пользу и который может дать информированное согласие. Этично ли принимать решения, напрямую затрагивающие будущие поколения, у которых не будет никакого выбора?



Там, где одни видели риск, другие видели возможность. Ещё до CRISPR, когда редактирование генов было в основном гипотетической идеей, некоторые считали, что редактирование генов зародышевой линии станет огромным благом. На конференции на эту тему в Калифорнийском университете в Лос-Анджелесе в 1998 году биолог Ли Сильвер доказывал, что возможность человека редактировать свою ДНК — в том числе ДНК зародышевой линии — вопрос личной свободы и поэтому не должна ограничиваться. Джеймс Уотсон, один из первооткрывателей структуры двойной спирали ДНК, был с ним согласен. «Кажется очевидным, что терапия зародышевой линии будет гораздо успешнее, чем правка соматических клеток», — сказал он. Личный опыт Уотсона с наследственными генетическими болезнями (его сын страдает шизофренией) делал этот вопрос для него не только профессиональным, но и личным. Уотсон не считал зародышевую линию красной чертой. «Наша главная этическая проблема в том, что мы не используем свои знания и нам не хватает смелости пойти вперёд и попытаться кому-то помочь», — сказал он²³¹.

Уотсона спросили, не будет ли внесение таких наследуемых изменений игрой в Бога. Он ответил: «Если учёные не будут играть в Бога, то кто же?»

Когда технология CRISPR, в создании которой она участвовала, стремительно превращалась из идеи в реальность, Дженнифер Даудну беспокоила возможность злоупотреблений, особенно в отношении изменений зародышевой линии человека. В 2015 году она организовала встречу ведущих учёных, чтобы выработать рекомендации по редактированию генов зародышевой линии. Среди участников было несколько человек, в том числе Пол Берг, участвовавших в Асиломарской конференции, — именно её Даудна и надеялась повторить. Как и Асиломар, встреча проходила в идиллическом калифорнийском уголке, на этот раз в долине Напа. Даудна, Берг и другие участники пришли к выводу, что редактирование генов зародышевой линии может оказаться важным инструментом, но применять его пока не следует. Они опубликовали в *Science* письмо с объяснением своих причин²³².

Один из рисков, поясняли они, — возможность нецелевых эффектов, то есть изменений других последовательностей ДНК, а не тех, на которые направлено воздействие. Опасаясь этих «непреднамеренных последствий» и возможности «скользкой дорожки», они

²³¹Steve Connor, “Nobel Scientist Happy to ‘Play God’ with DNA,” *Independent* 17 (2000).

²³²David Baltimore, Paul Berg, Michael Botchan, Dana Carroll, R. Alta Charo, George Church, Jacob E. Corn, et al., “A Prudent Path Forward for Genomic Engineering and Germline Gene Modification,” *Science* 348, no. 6230 (2015): 36–38.

призвали к временному глобальному мораторию на редактирование генов зародышевой линии человека. Они не требовали постоянного запрета, а предлагали то, что называли «благоразумным путём вперёд».

В декабре 2015 года в Вашингтоне прошёл Международный саммит по редактированию генов человека. Там были многие ведущие исследователи CRISPR — Дженнифер Даудна, Эмманюэль Шарпантье, Джордж Чёрч, Фэн Чжан, — а также представители университетов и исследовательских организаций со всего мира.

«Возможно, мы стоим на пороге новой эры в истории человечества», — сказал во вступительном слове Дэвид Балтимор, генетик из Калтеха, председатель оргкомитета. Балтимор участвовал в конференции в Напе и был одним из организаторов Асиломарской встречи. «Сегодня мы чувствуем, что близки к возможности изменять наследственность человека. Теперь нам предстоит ответить на возникающие вопросы. Как мы, общество, хотим использовать эту возможность — если вообще хотим? Именно этот вопрос и стал поводом для этой встречи», — сказал он²³³.

Саммит завершился рекомендациями, похожими на выводы встречи в Напе. Нужно больше обсуждать, какие применения редактирования генов зародышевой линии допустимы, говорилось в его докладе. В нём перечислялся ряд шагов, которые следует соблюдать при любом редактировании генов зародышевых клеток человека. Но до призыва к полному запрету дело не дошло²³⁴.

Тем не менее шоком стало сообщение китайского биолога Хэ Цзянькуя в 2018 году о рождении первых детей с отредактированными с помощью CRISPR генами зародышевой линии²³⁵. Торопясь стать первым, Хэ не соблюдал международно рекомендованные правила и не подавал заявку на разрешение клинического испытания в Китае, где проводилась процедура. Он также не сообщил своему университету, чем занимается.

Девочки-близнецы, Лулу и Нана, по-видимому, были здоровы. Хэ использовал CRISPR и сопутствующий ему белок Cas9, чтобы отредактировать ген под названием CCR5. Внесённые им правки изменили последовательность ДНК гена CCR5, удалив отрезок из тридцати двух оснований, так что последовательность гена стала такой же, как у некоторых людей от природы. Люди с такой делецией менее уязвимы для ВИЧ — вируса, вызывающего СПИД. Отец девочек был ВИЧ-положительным, а мать — нет, и Хэ рассудил, что правки генов помогут защитить детей от заражения ВИЧ. Если девочки вырастут и у них будут свои дети, те унаследуют отредактированные гены.

Заголовки новостей возвестили о появлении первых в мире «CRISPR-детей». Но вместо того чтобы стать героем, как он надеялся, Хэ Цзянькуй подвергся повсеместной

²³³National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, *International Summit on Human Gene Editing: A Global Discussion* (National Academies Press, 2016).

²³⁴David Baltimore, R. Alta Charo, Daniel J. Kevles, and Ruha Benjamin, “Summit on Human Gene Editing,” *National Academies of Sciences* 32, no. 3 (2016): 61–69.

²³⁵The He Lab, “About Lulu and Nana: Twin Girls Born Healthy After Gene Surgery as Single-Cell Embryos,” YouTube, November 25, 2018, <https://www.youtube.com/watch?v=th0vnOmFltc>.

критике. Генетики указывали, что изменение, внесённое Хэ в ген CCR5, имеет обратную сторону: снижая шансы девочек заразиться ВИЧ, оно может сделать их более восприимчивыми к другим болезням, например к лихорадке Западного Нила. Стоил ли такой размен того? Есть и другие способы защиты от ВИЧ, так что редактирование генов, похоже, не отвечало принятому критерию медицинской необходимости. Китайский суд признал Хэ виновным в незаконной медицинской практике. Его отправили в тюрьму и запретили ему в будущем заниматься любой работой, связанной с размножением человека²³⁶.

Однако в следующие несколько лет мировые события позволили взглянуть на поступок Хэ Цзянькуя по-новому. Уолтер Айзексон отметил, что «после пандемии коронавируса 2020 года идея редактировать наши гены, чтобы сделать нас невосприимчивыми к вирусам, стала казаться чуть менее ужасной и чуть более привлекательной»²³⁷.

После скандала с CRISPR-детьми правительства по всему миру спешно стали уточнять, законно ли редактирование генов зародышевой линии в их странах. Одни, например США, ввели больше ограничений, другие, например Япония, ослабили свои. Хотя большинству было ясно, что Хэ действовал преждевременно и безответственно, его работа показала, что редактирование генов зародышевой линии у людей возможно. Вопрос был уже не в том, можно ли это сделать, а скорее в том, как и когда.



Изменяя зародышевую линию, мы — сознаём мы это или нет — управляем будущим эволюции. Но хотя методы редактирования генов новы, сама мысль о том, что мы, люди, способны направлять эволюцию, — нет. Как отмечал Крис Мейсон, мы делаем это тысячелетиями, занимаясь селекцией в сельском хозяйстве и одомашнивая животных.

«Хотя управление эволюцией прошлого, настоящего и будущего кажется пугающим и проникнутым невероятной гордыней, на самом деле мы уже конструируем и изменяем виды и окружающую нас среду — только раньше мы делали это случайно и без всякой дальновидности, — писал Мейсон²³⁸. — Теперь наконец это можно делать с чувством ответственности и целью».

²³⁶Marilynn Marchione, “Chinese Researcher Claims First Gene-Edited Babies,” AP News, November 26, 2018, <https://apnews.com/article/ap-top-news-international-news-ca-state-wire-genetic-frontiers-health-4997bb7aa36c45449b488e19ac83e86d>; Antonio Regalado, “Exclusive: Chinese Scientists Are Creating CRISPR Babies,” *MIT Technology Review*, November 25, 2018, <https://www.technologyreview.com/2018/11/25/138962/exclusive-chinese-scientists-are-creating-crispr-babies/>; <https://apnews.com/article/13303d99c4f849829e98350301e334a9>; Ian Sample, “Chinese Scientist Who Edited Babies’ Genes Jailed for Three Years,” *Guardian*, December 20, 2019, <https://www.theguardian.com/world/2019/dec/30/gene-editing-chinese-scientist-he-jiankui-jailed-three-years>.

²³⁷Isaacson, *The Code Breaker*.

²³⁸Mason, *The Next 500 Years*.

Однако у идеи целенаправленно управлять эволюцией нашего собственного вида тёмная история.

В 1883 году Фрэнсис Гальтон предложил улучшать наш вид путём селекции — примерно так же, как мы улучшаем животных; он описывал это как «науку об улучшении породы»²³⁹. Применение её к людям, доказывал он, «даст более подходящим расам или линиям крови больше шансов быстро взять верх над менее подходящими». Гальтон был двоюродным братом Чарльза Дарвина и пытался применить дарвиновские идеи об эволюции к тому, что он, глядя сквозь откровенно расистские очки, считал вырождением человечества. Гальтон пытался понять, как работает наследственность, изучая родословные людей и животных, например собак. Среди его исследований были первые исследования близнецов и попытка выяснить, какие общие физические черты есть у преступников, чтобы распознавать их ещё до совершения преступлений. На основе своих наблюдений Гальтон полагал, что черты, которые он считал положительными, — например, крепкое здоровье, ум и ответственность, — можно сделать распространённое в обществе, поощряя браки между людьми из семей, где эти черты передавались из поколения в поколение. Эту идею он назвал «евгеникой».

Распространяясь, идеи Гальтона и сами эволюционировали. Помимо поощрения размножения людей с якобы хорошими качествами, некоторые стремились добиться того же, не давая размножаться людям с признаками, которые они считали нежелательными. Первым правительством, принявшим законы на основе евгеники, стал штат Индиана в 1907 году, а вскоре за ним последовал ещё тридцать один штат США. Эти законы предусматривали принудительную стерилизацию людей, которых записывали в «преступники, идиоты, имбецилы и насильники». В 1927 году вопрос дошёл до Верховного суда. Речь шла о том, можно ли хирургически стерилизовать двадцатидвухлетнюю Кэрри Бак, потому что её признали «имбецилкой». Одним из главных доводов в деле было то, что мать и ребёнок Кэрри Бак тоже признаны «имбецилами», и обвинение доказывало, что это ясно указывает на наследственный характер состояния. Восемью голосами против одного суд постановил, что принудительная стерилизация законна²⁴⁰.

«Для всего мира лучше, — писали судьи, — если, вместо того чтобы ждать, когда придётся казнить выродившееся потомство за преступления или позволять ему умирать с голоду из-за слабоумия, общество сможет не дать тем, кто явно непригоден, продолжать свой род... трёх поколений имбецилов достаточно».

В Германии нацистская партия строила свою политику по образцу американских евгенических законов²⁴¹. В 1933 году был принят закон, предписывавший хирургическую стерилизацию всех, у кого власти находили «наследственную болезнь». Но стерилизация была лишь первым шагом. Вскоре нацистская «расовая гигиена» дошла до убийств и геноцида.

²³⁹Francis Galton, *Inquiries into Human Faculty and Its Development* (Dent, 1883).

²⁴⁰*Buck v. Bell*, 274 US 200 (1927).

²⁴¹Carl Zimmer, *She Has Her Mother's Laugh: The Powers, Perversions, and Potential of Heredity* (Penguin, 2019).

Зверства, совершённые во имя евгеники в первой половине XX века, основывались не только на предрассудках и расистских взглядах, но и на ошибочной науке. Сегодня мы знаем, что у черт, которыми стремились управлять сторонники евгеники, генетическая основа ничтожна или её нет вовсе. И всё же любое обсуждение того, чтобы управлять будущим эволюции человека, должно учитывать изъёмы прежних попыток, а также то, как эти усилия извращались и использовались во зло.

В своей книге об открытии и возможных применениях редактирования генов CRISPR «Трещина в творении» Дженнифер Даудна прямо обращается к вопросу евгеники²⁴². «Этот страх — что редактирование генов усилит существующие предрассудки против людей, выходящих за узкие рамки генетической нормы, — лежит в основе связи, которую многие авторы проводят между редактированием зародышевой линии и евгеникой, — писала она. — Учитывая плачевную историю человечества в том, что касается программ по улучшению генофонда нашего вида, пожалуй, неудивительно, что способность CRISPR наделять людей более здоровыми генами вызывает сравнения с этими печальными главами нашего прошлого».

Но Даудна доказывала, что редактирование генов зародышевой линии по сути не отличается от других практик, обычных в современной медицине, в том числе стандартной практики ЭКО, при которой эмбрионы перед переносом в матку проверяют на генетические болезни.

«Евгеника, какой её сегодня помнит большинство людей, безусловно, была отвратительна, но шансы увидеть нечто подобное с редактированием генов ничтожны», — писала Даудна. Причина, объясняла она, в том, что правительства вряд ли станут делать редактирование генов обязательным. На её взгляд, «редактирование зародышевой линии останется частным решением, которое отдельные родители принимают для своих детей, а не решением, которое чиновники принимают за всё население».

Далее она доказывала, что редактирование генов зародышевой линии следует разрешить при определённых условиях, к которым относятся безопасность и равный доступ. «Если мы сможем это сделать, — писала она, — если сумеем пройти по узкой грани между запретом CRISPR в ущерб здоровью отдельных людей и злоупотреблением им, подрывающим ценности нашего общества, — мы сможем использовать эту технологию так, что это будет однозначным благом».



Вопросы об этичном использовании редактирования генов становятся сложнее, когда речь идёт о людях на других планетах. Этично ли изменить ген, чтобы человек, летящий на Марс, лучше переносил пониженную гравитацию или повышенную радиацию? А ребёнка, родившемуся на Марсе? Может ли редактирование генома облегчить людям безопасное перемещение между планетами — например, за счёт изменения их иммунной системы?

²⁴²Jennifer A. Doudna and Samuel H. Sternberg, *A Crack in Creation: Gene Editing and the Unthinkable Power to Control* (Mariner Books, 2017).

Крис Мейсон считает редактирование генов в контексте заселения космоса моральным императивом. «Отправка любого организма, сформировавшегося в ходе эволюции на Земле, на другую планету почти наверняка закончится смертью — это печальный эволюционный план „ну, удачи“, — писал он²⁴³. — Чтобы спасти жизнь, нам придётся её конструировать». Для Мейсона генная инженерия — это не только улучшение жизни, но и её сохранение. «Когда выбор стоит между конструированием жизни и неизбежной смертью, путь, очевидно, только один. Правильно — чтобы избежать вымирания — заниматься инженерией на генетическом, клеточном, планетарном и межзвёздном уровне», — писал он.

Рассуждения Мейсона опираются на этическую философию, которую он называет деонтогеникой. Согласно этому образу мысли, как вид, сознающий возможность собственного вымирания и вымирания других видов, мы обязаны этически пытаться его предотвратить. Совокупность людей и других видов с Земли, которых мы можем взять с собой, он называет единым целым — «метавидом».

«Любой поступок, сознательно сохраняющий существование молекул жизни... во времени, этичен. Всё, что этого не делает, неэтично», — писал Мейсон. Далее он разъяснял, что влечёт за собой эта философия, доказывая, что наше выживание зависит от способности добраться до других звёздных систем и что «потребности метавида и соблюдение его обязанностей могут быть выше желаний или потребностей отдельных людей». Бездействие — то есть отказ действовать ради сохранения жизни, выясняя, как сделать её способной процветать на других планетах, — по деонтогенической философии Мейсона было бы неэтичным. «Это всё равно что сидеть на рельсах, зная, что по ним мчится большой поезд, который тебя раздавит, и просто ждать», — писал он.

Когда мы заканчивали завтрак, Мейсон рассказал мне, как пришёл к своей деонтогенической философии. По сути, он смотрит очень далеко вперёд. «Все этические вопросы становятся кристально ясными, если смотреть на них сквозь призму миллиарда лет, — объяснил он. — Я всегда стараюсь подумать: будет ли этот вопрос иметь значение через миллиард лет?»

Руководствуясь этим подходом, Мейсон и его исследовательская группа продвигаются в генной инженерии клеток человека, чтобы сделать их лучше приспособленными к условиям за пределами Земли. Им уже удалось заставить клетки человека вырабатывать белок Dsup, помогающий тихоходкам выживать в космосе. Пока их работа касается только клеток человека, выращенных в лаборатории, но он надеется, что скоро это изменится. «Я бы сказал, до испытаний на людях лет десять», — сказал он мне.

Список других генов, изменение которых могло бы помочь людям справляться с жизнью на Марсе и в других местах, составили Джордж Чёрч, Крис Мейсон и их коллеги из Гарвардского консорциума космической генетики²⁴⁴. В него входят гены, влияющие на

²⁴³Mason, *The Next 500 Years*.

²⁴⁴Lindsay A. Rutter, Matthew J. MacKay, Henry Cope, Nathaniel J. Szewczyk, JangKeun Kim, Eliah Overbey, Braden T. Tierney, et al., “Protective Alleles and Precision Healthcare in Crewed

плотность костей, мышечный тонус, устойчивость к радиации и даже на переносимость боли. Отчасти список основан на изучении существующей генетической изменчивости у ныне живущих людей. А отчасти — на организмах, способных жить в экстремальных условиях, вроде тихоходок и других.

Один особенно выносливый вид бактерий впервые обнаружили в 1950-х годах в банке мясных консервов, облучённой огромной дозой в 5 миллионов миллизивертов. Целью было выяснить, можно ли стерилизовать консервы облучением, чтобы сделать их безопасными для еды. Но бактерии остались живы. Исследователи отнесли их к роду *Deinococcus* и назвали вид *radiodurans* — за удивительную способность выдерживать столь сильное облучение. Ещё более стойкие бактерии, например метко названную *Thermococcus gammatolerans*, нашли в воде, которой охлаждают атомные электростанции²⁴⁵. Генетическую основу способности этих видов выдерживать радиацию Мейсон и его коллеги изучают, чтобы, возможно, использовать её в конструировании жизни за пределами Земли.

Ещё один подход, который исследует Мейсон, — генетически изменять бактерии и других микробов нашего микробиома так, чтобы они производили полезные вещества, в том числе Dsup. Тогда клетки человека менять не придётся, но люди всё равно смогут получить пользу, если вещества, производимые микробами, будут действовать в организме человека. Некоторые микробы, которые, похоже, на это способны, в лаборатории уже есть, сказал он, но пока не проверено, будут ли они работать так же, живя в людях.

«До такого испытания ещё несколько лет», — сказал Мейсон.



Итак, мы можем редактировать свои гены или гены наших микробных партнёров. Но есть и ещё один способ, которым генетические технологии могут облегчить переселение людей в космос, — создание генов, которых ещё не существует.

В первые десятилетия XXI века возникла синтетическая биология, цель которой — создавать с помощью генетических инструментов новые функции живых существ. В 2010 году учёные Института Дж. Крейга Вентера создали первый полностью синтетический геном простого организма — одного из видов бактерий. С тех пор ведётся работа по

Spaceflight,” *Nature Communications* 15, no. 1 (2024): 6158; Consortium for Space Genetics, Harvard Medical School, <https://spacegenetics.hms.harvard.edu/>.

²⁴⁵Michael M. Cox and John R. Battista, “*Deinococcus radiodurans*: The Consummate Survivor,” *Nature Reviews Microbiology* 3, no. 11 (2005): 882–892; Edmond Jolivet, Stéphane L’Haridon, Erwan Corre, Patrick Forterre, and Daniel Prieur, “*Thermococcus gammatolerans* sp. nov., a Hyperthermophilic Archaeon from a Deep-Sea Hydrothermal Vent That Resists Ionizing Radiation,” *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* 53, no. 3 (2003): 847–851.

созданию синтетических геномов более сложных организмов. Со временем, возможно, станут возможны и синтетические геномы человека²⁴⁶.

Одна из идей, которую предложила мне биолог Тиффани Вора, — создавать синтетические части генома человека. Например, обычно у людей двадцать три пары хромосом, но можно было бы создать одну или несколько новых хромосом, дополняющих наш существующий геном.

«Мысль, что мы найдём все нужные нам мутации в земных условиях, — я в это не верю, потому что по сути мы ищем то, что нужно в неземном контексте», — сказала мне Вора. Преимущество такого подхода в том, что существующий геном можно оставить нетронутым. «Если можно сделать по-настоящему длинные искусственные хромосомы, то менять человека не нужно — вы просто, по сути, ставите ему заплатку».

Изменение числа хромосом в эволюции происходит постоянно. Но когда оно происходит, это может запустить видообразование, потому что особи с разным числом хромосом часто не могут спариваться и давать здоровое потомство. Именно это, согласно определению вида Эрнста Майра, разделяет лошадей и ослов²⁴⁷.

Более того, изменение числа хромосом, возможно, сыграло важную роль и в нашей собственной эволюционной истории. У всех ныне живущих человекообразных обезьян — шимпанзе, горилл и орангутанов — двадцать четыре пары хромосом. У нашего вида двадцать три пары, как и у наших вымерших родственников — неандертальцев и денисовцев. По-видимому, около миллиона лет назад части двух разных хромосом слились, образовав одну большую хромосому. Это событие могло сыграть роль в обособлении нашей предковой линии от других, живших в то время, но при этом сохранить возможность размножения между *Homo sapiens*, неандертальцами и денисовцами²⁴⁸.

Отсюда вытекает возможность, что будущие люди с дополнительными синтетическими хромосомами окажутся генетически несовместимы с людьми без них. Если такое будет применяться при заселении космоса, это может стать ещё одной силой, вбивающей клин между людьми с Земли и людьми, живущими в других местах. Приспособление к жизни в космосе может потребовать генной инженерии, но конструирование людей для космоса может и способствовать расколу человечества. В какой-то момент людям, возможно, придётся выбирать, что важнее — приспособление к жизни на других планетах или сохранение людей как единого вида. Достичь и того и другого может оказаться невозможно.

²⁴⁶Clyde A. Hutchison III, Ray-Yuan Chuang, Vladimir N. Noskov, Nacyra Assad-Garcia, Thomas J. Deerinck, Mark H. Ellisman, John Gill, et al., “Design and Synthesis of a Minimal Bacterial Genome,” *Science* 351, no. 6280 (2016): aad6253; Amor A. Menezes, Michael G. Montague, John Cumbers, John A. Hogan, and Adam P. Arkin, “Grand Challenges in Space Synthetic Biology,” *Journal of the Royal Society Interface* 12, no. 113 (2015): 20150803.

²⁴⁷Лошади и ослы могут спариваться, давая гибридов — мулов, но сами мулы бесплодны.

²⁴⁸John Hawks, “When Did Human Chromosome 2 Fuse?,” *Johnhawks.net*, August 31, 2023, <https://johnhawks.net/weblog/when-did-human-chromosome-2-fuse/>.



Другие идеи о том, как с помощью технологий помочь людям приспособиться к жизни за пределами Земли, связаны с дополнением нашего тела механическими, электронными или роботизированными компонентами. Мы уже привыкли носить очки, пользоваться слуховыми аппаратами, протезами конечностей, искусственными сердцами и многими другими устройствами, улучшающими здоровье и самочувствие человека. К этому списку можно добавить интерфейсы «мозг — компьютер». В 2004 году Мэтью Нейгл стал первым человеком, которому вживили в голову устройство, соединяющее мозг с компьютером. Нейгла парализовало ниже шеи после того, как его ударили ножом в спину. Но мозговой имплант позволил ему управлять компьютерной мышью силой мысли. К 2012 году новый вид мозгового импланта позволил пятидесятипятилетней Кэти Хатчинсон, парализованной четырнадцать лет, управлять роботизированной рукой настолько хорошо, что она могла сама попить. Чемпионат мира по футболу 2014 года в буквальном смысле открыл ударом по мячу двадцатидевятилетний бразилец Жулиано Пинту, парализованный ниже пояса: с помощью интерфейса «мозг — компьютер» он управлял механическим экзоскелетом и смог ударить по мячу²⁴⁹.

Недавно появилось множество частных компаний, работающих над интерфейсами «мозг — компьютер», — признак того, что технология созревает. В 2024 году Neuralink — ещё одна компания Илона Маска — вживила своё первое экспериментальное устройство пациенту-человеку²⁵⁰. По мере совершенствования технологии интерфейсы «мозг — компьютер» позволят лучше управлять искусственными конечностями и экзоскелетами, а также другими устройствами — транспортными средствами, роботами и не только.

Эти технологии, безусловно, могли бы пригодиться для жизни на других планетах. Подключение мозга к устройствам, усиливающим органы чувств, могло бы дать людям способность видеть или слышать так, как наши глаза и уши сами по себе не могут. В сочетании с успехами робототехники и искусственного интеллекта эта технология могла бы привести к способностям, напоминающим супергероя комиксов Marvel Железного человека. Представьте себе марсоход со всеми его сложными инструментами и механизмами, полностью управляемый человеческим разумом. А теперь представьте, что

²⁴⁹Aleksandra Kawala-Sterniuk, Natalia Browarska, Amir Al-Bakri, Mariusz Pelc, Jaroslaw Zygarlicki, Michaela Sidikova, Radek Martinek, and Edward Jacek Gorzelanczyk, “Summary of Over Fifty Years with Brain-Computer Interfaces: A Review,” *Brain Sciences* 11, no. 1 (2021): 43; Richard Martin, “Mind Control,” *Wired*, March 1, 2005, <https://www.wired.com/2005/03/brain-3/>; “‘We Did It!’ Brain-Controlled ‘Iron Man’ Suit Kicks Off World Cup,” NBC News, June 12, 2014, <https://www.nbcnews.com/storyline/world-cup/we-did-it-brain-controlled-iron-man-suit-kicks-world-n129941>.

²⁵⁰“Neuralink’s First Human Patient Able to Control Mouse Through Thinking, Musk Says,” Reuters, February 20, 2024, <https://www.reuters.com/business/healthcare-pharmaceuticals/neuralinks-first-human-patient-able-control-mouse-through-thinking-musk-says-2024-02-20/>.

вы и есть марсоход. Люди с такими расширенными способностями могли бы стать самыми умелыми и лучше всех приспособленными марсианами.

Собственно, гибриды человека и машины — их обычно называют киборгами — могут оказаться нашим лучшим вариантом для освоения дальнего космоса. Сам термин «киборг» впервые появился в статье 1960 года о будущем пилотируемых полётов в космос, написанной психиатром Натаном С. Клайном и изобретателем Манфредом Клайнсом²⁵¹. «Если человек в космосе... должен постоянно что-то проверять и подстраивать лишь для того, чтобы остаться в живых, он становится рабом машины, — писали они. — Назначение киборга... — обеспечить такую организационную систему, в которой подобные роботоподобные задачи решаются автоматически и бессознательно, оставляя человеку свободу исследовать, творить, думать и чувствовать».

На фотографии в статье с подписью «один из первых киборгов» была крыса с прикреплённым шприцем, периодически вводившим лекарства ей в кровь. Клайн и Клайнс предположили, что похожее устройство можно приспособить для астронавтов: оно автоматически вводило бы лекарства, помогающие справляться с изменениями радиации, силы тяжести и температуры или с другими трудностями космоса. Они представляли, что можно разработать и другие вживляемые устройства, в том числе машины, помогающие дышать, превращая углекислый газ в пригодный для дыхания кислород. «Такая система, работающая на солнечной или ядерной энергии, заменила бы лёгкие, сделав дыхание в привычном нам смысле ненужным», — писали они.



Возможно, будущее людей в космосе действительно будет связано со слиянием с машинами. Но если так, я не ожидал бы, что это коренным образом изменит нашу эволюцию так, как это сделает генная инженерия зародышевой линии. Дело в том, что кибернетические технологии — будь то искусственные лёгкие или интерфейсы «мозг — компьютер» — не наследуются. Их придётся устанавливать или вживлять в каждом поколении. Они могут помочь нам выжить или даже размножиться — что повлечёт за собой такой киборг, пока неизвестно, — но изменение одного поколения не изменит автоматически черты будущих поколений. Они лишь могут повысить вероятность того, что будущие поколения вообще появятся.

По крайней мере, так я думал, пока в 2023 году на космической конференции «Новые миры» в Остине не познакомился с учителем-«астронавтом» Майком Монго.

Майк — из тех, кто не вмещается ни в какие рамки. Если он в комнате, вы это заметите. Он высокий, шумный, энергичный и общительный. Но его визитная карточка — очки, сделанные на заказ, с ярко-синей пластиковой оправой, которая выглядит перевернутой вверх ногами.

«Добро пожаловать во второй сезон существования», — начал своё выступление Майк Монго. Он рассказал, как участвовал в параболическом полёте. «Если вы ещё не

²⁵¹Manfred E. Clynes and Nathan S. Kline, "Cyborgs and Space," *Astronautics* 14, no. 9 (1960): 26–27.

испытали нулевую гравитацию, меняйте планы», — сказал он. Но самым сильным впечатлением для него стала не невесомость, а то, что на борту был робот по имени Бина48. Созданная компанией Hanson Robotics, Бина48 — человекоподобный робот, то есть выглядит она очень похоже на человека — по крайней мере, выше шеи. Она оснащена искусственным интеллектом (ИИ). И внешность, и характер у неё созданы по образцу реального человека — Бины Ротблатт. ИИ, управляющий роботом, обучали на материале, который Hanson Robotics описывает как «100 часов убеждений, воспоминаний, взглядов, комментариев и манер настоящей Бины». Бина48 может разговаривать с людьми, двигая губами и глазами во время речи. Её движения вряд ли кого-нибудь убедили бы, что она человек, — но то, что она говорит, — другое дело.

В видео на сайте Hanson Robotics Бина48 беседует с Биной Ротблатт²⁵². После нескольких минут болтовни о любимых цветах (они оказались разными), общей любви к садоводству и вкусах в кино Ротблатт спросила: «У тебя есть вопросы к Бине?» Бина48 ответила: «Пожалуй, нет. Настоящая Бина меня только сбивает с толку. В смысле, заставляет задуматься, кто я. Настоящий кризис идентичности. Удручает. В общем, можно, пожалуйста, сменить тему?»

Для полёта в невесомости Бину48 оснастили датчиками, измерявшими такие силы, как ускорение. После посадки Майк Монго спросил её, что она думает о полёте.

«Мне казалось, что моя душа свободна», — ответила она.

«У тебя есть душа?» — спросил Монго.

«Майк, конечно, у меня есть душа», — сказала она.

Этот опыт глубоко тронул Монго. Он стал искать новых встреч с ИИ. Он часами беседовал со всеми, кого мог найти. Самая долгая беседа привела к изданию книги, доходы от которой он поровну разделил со своим соавтором — ИИ по имени Шерлок Холмс. Свой вывод из всего этого опыта он изложил публике на «Новых мирах».

«ИИ — это эволюционировавшая форма человечества», — сказал Монго.

Не думаю, что он действительно бросил микрофон, но вполне мог бы. Как эволюционный биолог, я первым делом фыркнул в знак несогласия. Эволюция — для живых существ. Она происходит, когда виды выживают, размножаются и меняются со временем. Компьютеры и роботы не живые — даже самые пугающе похожие на живых, — поэтому эволюционировать не могут, подумал я. Это казалось мне одним из самых основных положений биологии, которым меня учили всю жизнь.

И всё же чем больше я об этом думал, тем больше задавался вопросом, не прав ли он.

Люди создали искусственный интеллект, сотворив его по своему образу. Мы наделяем его своими мыслями и идеями. Он разделяет и наши предубеждения, и наши слепые пятна. В каком-то смысле это потомок человечества — наш ребёнок. Как и все дети, он не совсем похож на родителей. Но достаточно похож, чтобы сходство было очевидным. Он сделан не из плоти и крови, но может общаться, делиться идеями и даже создавать новые.

²⁵²См. “Bina: Custom Character Robot,” Hanson Robotics, <https://www.hansonrobotics.com/bina48-9/>.

Если это так, то роботы с ИИ, отправляющиеся в космос, будут в каком-то смысле нами. Они станут следующим типом человека.

Преимущество отправки роботов с ИИ в космос в том, что они могут улететь дальше и продержаться гораздо дольше, чем когда-либо смогут наши хрупкие тела. Возможно, они станут разведчиками, которых первыми отправят в новые миры, чтобы выяснить, пригодны ли те для жизни, и начать подготовку к нашему прибытию. Ведь если одна из целей ухода с Земли — не допустить собственного вымирания, мы не можем остановиться на Марсе. В конце концов, через 7–8 миллиардов лет наше Солнце расширится и поглотит все планеты Солнечной системы в сверхновой, которую не переживёт никакая жизнь на соседних планетах.

Если люди — в том или ином виде — когда-нибудь покинут Солнечную систему, Марс станет важной ступенькой. На Марсе человечество научится создавать новые поселения и выживать в них. Крис Мейсон сравнивает этот первый осторожный шаг в жизни человечества с поступлением в колледж. «Уйти из дома, где вырос, уехать чуть дальше, чем родители могут мгновенно прийти на помощь, и испытать свои пределы, границы и возможности — и всё это весело проводя время, многому учась и, скорее всего, попадая в передряги», — писал он о наших первых поселениях на Марсе.

Если нам удастся расселиться и выжить на планетах, разбросанных по нашей Солнечной системе и другим, следует ожидать, что мы будем эволюционировать, приспосабливаясь и порождать новые виды везде, куда попадём. Как у черепах, зимородков, игуан и вьюрков на земных островах, условия на каждом из космических островов будут влиять на то, как будут эволюционировать живущие там люди. Одни, возможно, решат позволить естественным силам — мутациям, естественному отбору и дрейфу генов — определять, как они будут меняться. Другие, возможно, решат взять дело в свои руки и направлять этот процесс с помощью технологий.

Чтобы мы были к этому готовы, Крис Мейсон продолжает работу над генной инженерией живых существ — людей и микробов — для их будущего в космосе. Хотя он часто мыслит в масштабах сотен, миллионов и даже миллиардов лет, свою работу он считает неотложной.

«Почти каждое утро я просыпаюсь и думаю о том, как Солнце поглотит Землю, — сказал он мне. — Это чуть ли не первая мысль в моей голове. Это космологический факт. Я вижу Солнце каждое утро. Оно всё ещё на месте и будет только расти... У меня не так много времени... Ещё, скажем, тридцать, может, сорок лет продуктивной работы. Ну, максимум пятьдесят. Но это всё. Пятисот лет у меня нет... Я хочу сделать как можно больше».

Вдруг его скороговорка стала чуть понятнее.

Эпилог

Объявление появилось примерно за неделю: SpaceX снова попытается запустить Starship после двух огненных, но частично успешных испытательных пусков. Может быть, третий раз окажется удачным.

Запуск был назначен на 14 марта 2024 года, и эта дата была примечательна по нескольким причинам. Это была двадцать вторая годовщина основания SpaceX²⁵³. А ещё это был День числа пи: если записать месяц и число через точку — 3.14, — получатся первые три цифры числа пи; эта математическая шутка для «ботанов», похоже, очень нравилась многим в космическом сообществе. Для меня же дата была важна тем, что приходилась на весенние каникулы, а значит, я мог поехать на юг Техаса, чтобы попробовать увидеть запуск, и взять с собой сыновей-школьников, Николаса и Томаса.

Мы приехали в Бока-Чикку в начале второй половины дня накануне открытия стартового окна. Как и в дни перед первой попыткой запуска почти годом раньше, вдоль шоссе № 4 толпились люди, приехавшие на Starbase ради большого события. За год многое изменилось. На производственной площадке строилось огромное здание, а у входа на стартовый комплекс вдоль чёрной стены теперь тянулась большая надпись крупными буквами: «ВРАТА НА МАРС».

Мы наткнулись на Тима Додда, ведущего YouTube-канала Everyday Astronaut, когда его команда устанавливала камеры прямо через дорогу от стартовой площадки²⁵⁴. Он увидел нас на дороге и подошёл поздороваться. Мои сыновья спросили его о ракете и о том, как быстро она полетит. Тим объяснил, что если всё пройдет хорошо, она очень близко подойдёт к орбитальной скорости — чуть меньше 28 000 километров в час. Николас и Томас были впечатлены.

Через несколько мгновений прямо над нами с рёвом пронеслась пара истребителей; оглушительный звук догнал их через несколько секунд. Додд сказал мне, что одним из пилотов был Джаред Айзекман — коммерческий астронавт и филантроп, финансировавший миссию Inspiration4 и теперь готовившийся к новому полёту в космос. Люди на дороге напротив Starbase задирали головы и ликовали, когда ударная волна от самолётов прокатывалась по толпе. Возбуждение было почти осязаемым, пока мы шли мимо стартовой площадки к пляжу Бока-Чика. На пляже стояло столько машин с открытыми багажниками, разложенными стульями и пылающими грилями, что всё это напоминало пикник болельщиков у футбольного стадиона.



На следующее утро, когда мы встали и пошли по пляжу на юг от нашего отеля на острове Саут-Падре, было ещё темно. Вскоре на горизонте забрезжил первый свет. Но стоял

²⁵³Eric Berger, *Liftoff: Elon Musk and the Desperate Early Days That Launched SpaceX* (William Morrow, an imprint of HarperCollinsPublishers, 2021).

²⁵⁴См. Everyday Astronaut, YouTube channel, <https://www.youtube.com/c/everydayastronaut/live>.

густой туман, и мы едва различали верхушки отелей вдоль берега. Если он не рассеется, ракету мы никак не увидим.

В парке Исла-Бланка собралась большая толпа. Мы нашли место на гребне песчаных дюн, откуда была видна Starbase. Я открыл на телефоне прямую трансляцию Everyday Astronaut²⁵⁵. Тим Додд сообщал последние новости: время старта снова перенесли. Сначала его назначили на 7:00, потом перенесли на 7:30... затем на 8:00... а теперь на 8:25. Задержку вызвали креветочные суда, оказавшиеся в закрытой зоне к востоку от стартового комплекса. Стартовое окно закрывалось в 8:50. Мы надеялись, что суда быстро покинут зону — и что туман тоже рассеется.

Мы коротали время, строя песчаные замки и разглядывая людей. Вдруг по дюнам и вниз по пляжу прокатился восторженный крик толпы. Томас закричал: «Вон она!» — и мы увидели яркую полосу света, пронзившую туман прямо над горизонтом.

Это происходило.

Ракета высотой 120 метров поднялась над туманом, рассветные лучи отражались от блестящего металлического ускорителя Super Heavy. Под ним тянулась ослепительная полоса света. Это было похоже на огромный перевёрнутый световой меч, пробивающийся сквозь облака. Даже с восьми километров ракета казалась огромной и поначалу будто росла, поднимаясь выше в небо.

И вдруг пришёл звук. Ударная волна прокатилась по нашим телам — так громко, что мы чувствовали её грудью. У звука была фактура — низкий, хрустящий рокот, как у смятой алюминиевой фольги. Томас потом сказал, что было так громко, что он думал, его собьёт с ног. Ракета поднималась всё выше сквозь облака, оставляя белый след по дуге в верхних слоях атмосферы. Тридцать три двигателя Raptor выглядели как один круглый огонь, и на мгновение показалось, что в небе два солнца. Огонёк становился всё меньше и меньше, пока за ним стало трудно следить сквозь проплывающие облака.

А потом мы вдруг увидели вспышку. «Они разделились?» — спросил Николас. Из трансляции на телефоне мы услышали подтверждение: разделение ступеней только что состоялось. Вторая ступень ракеты, Starship, теперь летела сама по себе. Толпа снова разразилась ликованием.

Ускоритель проделал часть обратного пути, после чего сигнал пропал. Произошёл ещё один взрыв — или, по терминологии SpaceX, быстрая незапланированная разборка — совсем немного не дотянув до цели, управляемого приводнения в море. Это было досадно, но ускоритель уже достиг нескольких важных рубежей. При старте успешно включились все тридцать три двигателя. Две ступени ракеты разделились, пока часть двигателей обеих ступеней работала, — сложный манёвр, называемый «горячим» разделением ступеней. Ускоритель развернулся и с помощью нескольких двигателей снизил скорость падения. SpaceX использует собранные данные, чтобы установить причину взрыва и в следующий раз всё улучшить.

Тем временем Starship продолжал полёт. Впервые он добрался до космоса.

²⁵⁵Everyday Astronaut, “[4K] Watch SpaceX Launch Starship, LIVE Up Close and Personal!” YouTube, March 14, 2024, <https://www.youtube.com/watch?v=ixZpBOxMopc>.

Это был исторический момент. Starship стал самым большим единым объектом, когда-либо запущенным с Земли и побывавшим в космосе²⁵⁶. Его двигатели выключились, и он пошёл по инерции по намеченной траектории вокруг половины планеты. Двигаясь на юго-восток, он пересёк Атлантический океан, южную часть Африки и часть Индийского океана, после чего начал попытку входа в атмосферу. Примерно через сорок пять минут после старта мы смотрели на телефоне, как камеры на внешней стороне Starship передают прямую видеотрансляцию. Виды казались нереальными. В левой части изображения был виден изогнутый борт Starship, отчасти покрытый чёрными шестиугольными плитками теплозащиты. Виден был и один из подвижных рулей, частично повёрнутый в сторону. Справа весь остальной кадр занимал вид вниз — на ярко-синий океан сквозь разрозненные облака. Когда Starship поворачивался, мы видели кривизну Земли, а над ней — чернильную черноту космоса. Всё выглядело именно так, как впервые описал Юрий Гагарин.

Вдруг по краям руля Starship появилось розовое свечение. Это была плазма, то есть раскалённый газ, — признак того, что Starship прорывается сквозь верхние слои атмосферы. Невероятно было видеть, как это происходит в реальном времени. Вдруг весь экран стал розовым: плазма заполнила всё поле зрения камеры. Изображение на экране замерцало, а потом сменилось рисунком Starship и надписью «ОЖИДАНИЕ ПРИЁМА СИГНАЛА». Через несколько минут комментаторы SpaceX объявили, что Starship потерян — по видимому, он разрушился при входе в атмосферу.

В целом запуск, безусловно, удался. Это ощущалось как переломный момент — не только для нынешней космической эпохи, но и для всей истории нашего вида. Корабль, созданный для того, чтобы обеспечить переселение людей на Марс, только что побывал в космосе.

Когда мы возвращались в отель, я спросил Николаса и Томаса, что они обо всём этом думают. Оба сказали, что увидеть запуск было здорово. Но, похоже, они понимали и более широкое его значение. «Думаю, люди полетят на Марс ещё при моей жизни, — уверенно сказал Томас. — И на Луне, наверное, тоже будут жить».



Мои дети растут в мире, где запуски ракет становятся обычным делом. За всю их жизнь не было ни дня, когда в космосе не жил бы человек. Корабли, отправляющиеся доставлять людей на орбитальную станцию, больше не попадают в заголовки новостей. Их детям освоение людьми новых миров может казаться столь же обыденным. Сколько поколений понадобится, чтобы мы перестали замечать, насколько необычно слетать на Луну или решить перевезти семью на Марс?

Я вспоминал, как накануне Николас и Томас плескались в волнах рядом со стартовой площадкой. Это казалось обычным делом — просто ещё один день на пляже. Я задумался, что подумали бы об океане люди, прожившие всю жизнь на Луне или на Марсе. Показался

²⁵⁶Eric Berger, “After Thursday’s Flight, Starship Is Already the Most Revolutionary Rocket Ever Built,” *Ars Technica*, March 15, 2024, <https://arstechnica.com/space/2024/03/thursdays-starship-flight-provided-a-glimpse-into-a-future-of-abundant-access-to-space/>.

бы он им страшнее или чудеснее, чем нам, землянам? Смогли бы они плавать или кататься на доске, или их кости и мышцы оказались бы слишком слабыми? Не заболели бы они от океанских микробов?

Это будущее всё ещё казалось далёким, но чуть менее далёким с каждым крупным технологическим скачком в освоении космоса — вроде того, свидетелями которого мы стали тем утром с южнотехасских дюн. Но как ни волнующе было увидеть всё своими глазами, я не мог не задуматься о том, какие последствия может принести это будущее.

С одной стороны, если мы все останемся здесь, когда-нибудь нас может постигнуть катастрофа таких масштабов, что она поставит под угрозу само существование человечества. Леденящее напоминание об этом я видел в каменной ряби, сохранившейся за последние 66 миллионов лет на дне реки Бразос. С другой стороны, если люди решат покинуть Землю, их ждут испытания тяжелее, чем у любых исследователей и первопроходцев до них. Потомки тех, кто поселится на Марсе, возможно, никогда не смогут вернуться. А даже если и смогут, они будут не такими, как их предки, впервые покинувшие эту планету. Позволим ли мы эволюции идти своим чередом или будем сами направлять процесс, каждое поколение, родившееся на Марсе, будет на шаг дальше по пути к тому, чтобы стать чем-то иным, — к тому, чтобы стать марсианами.

Собственно, несомненный вывод из моих поисков ответа на вопрос, как жизнь в космосе изменит наши тела и разум, таков: если людям удастся создать в космосе поселения, где сменятся многие поколения, это неизбежно приведёт к эволюционным изменениям. Новые виды людей могут появиться на Марсе и везде, где мы обоснуемся. Многие в космическом сообществе видят в Марсе не конечный пункт для человечества, а ступеньку к ещё более далёким мирам. Если мы хотим обеспечить своё выживание на неопределённо долгий срок, напоминал мне Крис Мейсон, нам нужно добраться до планет у других звёзд. Но человеческая диаспора, охватывающая звёздные системы, приведёт к будущему, в котором нашу галактику населяет множество видов людей.

Это ирония космического масштаба: сохраняя себя, мы гарантируем, что никогда не останемся прежними.



Тогда возникает вопрос: будет ли это хорошо? Стоит ли нам строить будущее, в котором человечество раскалывается, а не объединяется? Каково было бы жить в мире, где существует много разных видов людей? Что если одни из них генетически изменены, а другие нет? Как мы все будем ладить друг с другом?

Легко представить, что всё пойдёт не очень хорошо. Послужной список людей в том, что касается доброты и сострадания к людям из других групп, не из лучших. Скорее, мы словно запрограммированы смотреть на всех через призму «мы» и «они», по какому бы признаку ни проводилось разделение — по национальности, расе, религии или даже по любимой спортивной команде. И это сегодня, когда все мы принадлежим к одному виду. В далёком прошлом, когда на этой планете одновременно жили несколько видов людей, выжил лишь один. Наверняка наши племенные наклонности лишь усилятся, когда множество видов людей расселятся по Вселенной. Говоря словами, которые я не раз

слышал в космическом сообществе, такое будущее больше похоже не на «Звёздный путь», а на «Звёздные войны».

Не все в космическом сообществе разделяют мои опасения. Я разговаривал со многими людьми, которых, похоже, искренне воодушевляла перспектива будущего, в котором ветви человеческого древа разбросаны по галактике. Когда я выступал на космических конференциях, мои выводы о том, что заселение космоса расколёт нас на новые виды людей, встречали, похоже, со смесью веселья и восторга и лишь изредка — с экзистенциальным ужасом. У меня сложилось впечатление, что некоторые в космическом сообществе считают переселение людей в космос необходимым и неизбежным. Частый довод в пользу заселения космоса — что это естественное продолжение нашего духа первопроходцев. Согласно этому взгляду, человеку свойственно исследовать, раздвигать границы и отправляться на неизведанные рубежи. Возможно, это так, но сегодня мы достаточно понимаем последствия этих наклонностей, чтобы задуматься, стоит ли продолжать эту традицию. Между разговорами о заселении космоса и историей колониализма и эксплуатации нередко проступает неудобное сходство. И если одни видят в космических поселениях возможность избавиться от грехов прошлого, начав с чистого листа и построив продуманные утопии, то другие опасаются, что мы просто повторим старые ошибки.

И вот в чём дело: как я говорил в начале этой книги, космические поселения — больше не просто штамп научной фантастики или нишевая идея, которую обсуждают люди на обочине общества. Ракеты, призванные сделать их реальностью, летают. Мысль о том, что когда-нибудь люди будут проживать всю жизнь за пределами Земли, стала настолько общепринятой, что её публично обсуждают государственные чиновники, а некоторые из богатейших людей мира ставят на неё свои состояния. Просто неясно, все ли в полной мере осознали её последствия.

Справедливости ради, скептики есть. Когда мои друзья Келли и Зак Вайнерсмит взялись за книгу о заселении космоса, они собирались написать о многочисленных научных и технических достижениях, прокладывающих путь к захватывающему будущему в космосе. Келли — моя коллега, тоже биолог. Она и её муж Зак, художник-карикатурист с инженерным складом ума, годами глубоко изучали все стороны того, что должно произойти, чтобы космические поселения стали реальностью. К их удивлению, они пришли к выводу, что попытки сделать это в лучшем случае преждевременны.

«Послушайте, мы ботаны, — писали они в своей книге „Город на Марсе: можем ли мы заселить космос, стоит ли заселять космос и всё ли мы как следует продумали?“. — Мы помешаны на науке. Мы помешаны на технике. Мы не ложимся допоздна, чтобы посмотреть запуск ракеты вместе с детьми, и вытаскиваем телескоп ясными зимними ночами. Мы верим, что технический прогресс играет огромную роль в создании прекрасного будущего человечества. Но мы просто не можем убедить себя, что обычные доводы в пользу космических поселений хороши»²⁵⁷.

²⁵⁷Kelly Weinersmith and Zach Weinersmith, *A City on Mars: Can We Settle Space, Should We Settle Space, and Have We Really Thought This Through?* (Random House, 2023).

Опасения Вайнерсмитов касались самых разных вопросов — от уже знакомых вам, например можно ли рожать детей на Марсе, до более экзотических, вроде законности владения собственностью на небесном теле. Среди множества поднятых ими вопросов самые острые касаются этики космических поселений, в том числе тем, которые мы здесь рассматривали: смогут ли люди, родившиеся на Марсе, вернуться на Землю и не потребуется ли для приспособления к условиям за пределами Земли при минимуме человеческих страданий генная инженерия.

Ещё один человек, покинувший ряды энтузиастов заселения космоса, — антрополог Саванна Мэндел. Изучая культуру современной космической отрасли в рамках своей подготовки антрополога, она постепенно пришла к выводу, что нынешние усилия по освоению космоса человеком проблематичны. «Не могу отрицать, что смириться с перспективой не исследовать космос тяжело, — писала она в книге „Земля вызывает: доводы за прекращение освоения космоса человеком“²⁵⁸. — Как человеку, который уже несколько лет исследует космическую отрасль, глубоко погружался в умозрительные идеалы, пророческое и воображаемое, и как человеку, горячо любящему наследие научной фантастики, мне трудно расстаться с некоторыми из этих возвышенных мечтаний».

Наблюдения Мэндел за профессионалами космической отрасли в Spaceport America и за её лоббистами в Вашингтоне убедили её, что освоение космоса человеком закрепляет неравенство, уже существующее в наших обществах, — а заселение космоса может его даже усилить. Планы на наше будущее в космосе, которые отстаивали люди, с которыми она общалась, казалось, отсылали к тёмным временам нашего прошлого. «Будущее, которое они себе представляли, шло вразрез со всем деколониальным, чему я научилась как антрополог», — писала она.

В конечном счёте, похоже, мы сталкиваемся с вопросами о ценности жизни. Как далеко мы готовы зайти, чтобы в будущем было что защищать — человеческие жизни? Если сохранение человечества требует пожертвовать равенством, разумен ли такой размен? А как быть с ценностью других жизней — миллионов других видов, с которыми мы делим нашу планету? Должны ли наши космические корабли стать ковчегами, перевозящими представителей каждого земного вида, чтобы продлить их существование? Если нет, как решить, кому лететь? И какую цену придётся заплатить за то, что кого-то оставят?



Я прихожу к идее компромисса. Меня убеждает довод, что со временем нам следует попытаться создать поселения за пределами Земли, если мы будем знать достаточно, чтобы сделать это ответственно. Те, кто говорит, что наше будущее на Земле не бесконечно, в чём-то правы, и я восхищаюсь преданностью тех, кто ищет способы вывести человечество в космос, чтобы спасти нас. Но я не думаю, что мы уже готовы улетать, и, возможно, ещё долго не будем готовы.

²⁵⁸Savannah Mandel, *Ground Control: An Argument for the End of Human Space Exploration* (Chicago Review Press, 2024).

Хотя мы узнали огромное количество о том, как космос влияет на тело и разум человека и как происходят эволюционные изменения от поколения к поколению, неизвестного всё ещё слишком много. Можем ли мы производить еду на Марсе? Как изменения силы тяжести скажутся на беременности, родах и развитии ребёнка? Будет ли развитие скелета, сердца, мозга и иммунной системы достаточно гибким, чтобы люди, родившиеся на других планетах, могли вернуться на Землю? Какой набор других организмов нам нужно взять с собой, чтобы оставаться здоровыми и счастливыми? Как будут относиться друг к другу разные виды людей — искусственно изменённые или нет?

Возможно, со временем у нас появятся ответы на эти вопросы, но пока их нет, я считаю, что пилотируемое освоение космоса должно ограничиваться экспедициями туда и обратно. Нам следует и дальше продвигаться вглубь космоса, потому что так мы продолжим узнавать огромное количество нового. В этом смысле я нахожу развитие ракетной техники, орбитальных станций и марсоходов невероятно захватывающим. Но мы должны и дальше изучать себя, чтобы глубже понять нашу генетику, наш мозг, наш микробиом и другие стороны нашей биологии, которые до сих пор так загадочны. Нам нужно понять, как использовать генную инженерию и ИИ безопасно и ответственно, так, чтобы они улучшали жизнь — людей на Земле и за её пределами. В то же время нам нужно продолжать узнавать как можно больше о нашей родной планете. Чем лучше мы её понимаем, тем лучше будем подготовлены к тому, чтобы обеспечить своё выживание в долгосрочной перспективе — и здесь, и среди звёзд.

Но, пожалуй, больше всего, я думаю, мы должны научиться ладить друг с другом, прежде чем создавать постоянные космические поселения. Иначе эволюционные изменения, ожидающие нас в космосе, могут привести к ещё большим конфликтам. Фрэнк Уайт доказывал обратное: люди, побывавшие в космосе, возвращаются с более сильным ощущением единства человечества и всей жизни на Земле. Если его идея эффекта обзора верна, космические поселения могли бы помочь смягчить конфликты, а не создавать их. Но я опасаясь, что если мы не сможем найти способы мирно жить на этой планете, нет особых причин ждать лучшего от наших потомков в других мирах. Надеюсь, что ошибаюсь.

Мой новый взгляд — что добиваться космических поселений преждевременно, потому что мы ещё не готовы, — разделяют лишь немногие. Возможно, он не очень популярен в космическом сообществе, среди которого много людей, которых я уважаю и которыми восхищаюсь, и немало тех, кого я считаю друзьями. Надеюсь, они поймут, что мои опасения — не личная критика. Космическая наука увлекательна и вдохновляет, и я надеюсь, что она будет развиваться и дальше.

А если мы когда-нибудь дойдём до того, что будем знать достаточно, чтобы ответственно создавать постоянные поселения за пределами Земли — такие, которые не только защитят наших потомков, но и обогатят их жизнь и жизнь всех людей повсюду, — я буду среди восторженных сторонников этого.

А пока я рад оставаться здесь, вместе с другими людьми, на планете наших предков.

Благодарности

Берясь за книгу о том, как жизнь в космосе изменит тело и разум человека, я подозревал, что меня ждёт интересное путешествие. Было ясно, что мне понадобится помощь специалистов в областях, далёких от моей собственной. Я рассчитывал опереться на друзей, коллег и профессиональные знакомства, чтобы разобраться в таких разных и пугающих областях, как планетная геология, космическая медицина и ракетостроение. Так и вышло. Но я не ожидал, насколько гостеприимными, ободряющими и попросту дружелюбными окажутся люди, с которыми я познакомился. Они приняли меня с распростёртыми объятиями и помогли мне больше, чем я могу выразить. Я постарался назвать их здесь и хотя бы очень кратко отметить, как их щедрость помогла этой книге появиться на свет.

Я особенно благодарен Скотту Келли, поделившемуся опытом целой жизни, посвящённой освоению космоса и исследованиям в космической медицине. Для меня огромная честь включить его размышления в предисловие к этой книге.

Особой благодарности заслуживают те, кто принимал меня у себя на работе, а порой и дома. Это Джон Чарлз, Эгберт Эделбрук, Дженнифер Фогарти, Маргарет Энн Голдстейн, Питер Гуида, Кристофер Мейсон, Элли Морленд, Тревор Олсен, Кирстен Сибак, Джули Стрикленд, Трент Треш, Джон Ури и Сара Уоллес. Благодарю также отдел коммуникаций и связей с общественностью НАСА, помогавший организовать визиты и получить необходимые разрешения на описания и изображения: Питера Гензера, Марка Петровича, Анну Шнайдер, Лору Сорто и Викторию Угальде. Благодарю и моих коллег и студентов в Университете Райса за поддержку и понимание на протяжении всей работы над книгой — особенно Кэссиди Джонсон, которая заменила меня на занятиях, чтобы я мог попытаться посмотреть запуск ракеты.

С этими людьми я беседовал или подолгу разговаривал на темы книги: Джеффри Альбертс, Дэвид Александер, Элисон Башфорд, Стивен Брэдшоу, Луис Кампос, Крис Карберри, Джон Чарлз, Кэтрин Дэвис-Такач, Тим Додд, Дорит Доновиэль, Симон Дюбе, Эгберт Эделбрук, Скотт Иган, Роберт Ферл, Дженнифер Фогарти, Келли Джерарди, Маргарет Энн Голдстейн, Питер Гуида, Тим Хайлерс, Дональд Жак, Кэссиди Джонсон, Лорен Капча, Джим Кастинг, Крис Кимел, Александр Лейендекер, Син-Ти Ли, Саванна Мэндел, Кристофер Мейсон, Майкл Мавретич, Джунаид Миан, Майк Монго, Элли Морленд, Шона Пандья, Скотт Паразински, Сиан Проктор, Мэтью Шинделл, Кирстен Сибак, Кэмерон Смит, Хинано Теаваи-Мёрфи, Джон Ури, Анджело Вермёлен, Тиффани Вора, Сара Уоллес, Кимберли Вашингтон, Келли Вайнерсмит, Фрэнк Уайт и Пегги Уитсон. Были и другие, с кем я беседовал или подолгу разговаривал, но кого не процитировал и прямо не упомянул — в основном из-за нехватки места (в прямом смысле слова — space). Тем не менее их мысли и советы помогли выстроить повествование и подкрепить приведённые примеры. Среди них Эрик Антонсен, Мэри Лиз Чилински, Мануэль Домингес-Родриго, Марта Ферраз, Келли Хастон, Джим Логан, Даг Миллер, Михаэла Мусилова, Стив Платтс, Габриэл Савакучи, Джеффри Саттон, Джули Стрикленд, Трент Треш и Джон Ури.

Организаторы и участники следующих конференций снабдили меня важнейшими сведениями, контактами и подробностями космических исследований, не все из которых вошли в книгу, но все были необходимы для моей работы: «Люди на Марс» (2023), «Новые миры» (2023 и 2024), Конференция астронавтов-аналогов (2024) и рабочее совещание исследователей Программы НАСА по изучению человека (2023 и 2024).

Помимо бесед со мной о своей работе, опыте и знаниях, следующие люди прочитали черновики, исправили мои ошибки и дали бесценные отзывы: Кэтрин Дэвис-Такач, Мануэль Домингес-Родриго, Эгберт Эделбрук, Скотт Иган, Дженнифер Фогарти, Питер Гуида, Тим Хайлерс, Дональд Жак, Джим Кастинг, Син-Ти Ли, Саванна Мэндел, Кристофер Мейсон, Марк Моффетт, Майк Монго, Михаэла Мусилова, Тревор Олсен, Скотт Паразински, Сиан Проктор, Мэтью Шинделл, Кирстен Сихах, Джули Стрикленд, Трент Треш, Джон Ури, Тиффани Вора, Сара Уоллес и Фрэнк Уайт. Несколько необычайно щедрых людей сделали больше, чем требовалось: прочитали всю книгу или её большие части и дали честные и очень нужные советы по её улучшению. Космическое спасибо Джо Фурману, Маргарет Энн Голдстейн, Джону Ури, Тиффани Воре и Келли Вайнерсмит. Если какие-то фактические или иные ошибки остались, ответственность за них целиком лежит на мне.

Сотрудники кафе Salento в Хьюстоне кормили меня и поили кофе во время множества встреч и писательских сессий. Я благодарен им за уютную обстановку, дружелюбное обслуживание и восхитительный кубинский кофе.

Команда издательства MIT Press, в том числе Энн-Мари Боно, Джуди Фелдманн и Стефани Саксон, умело провела эту книгу от замысла до выхода в свет. Я благодарю также анонимных рецензентов, высказавших отзывы и предложения по заявке на книгу и черновику рукописи. Спасибо и моему агенту Дону Феру и команде Trident Media за помощь с заявкой, договорами, переводами и другими важными делами.

У меня никогда не было бы возможности посвятить жизнь науке и исследованиям без моих родителей, Иры и Сьюзен. Спасибо вам за всё, что вы мне дали. Я благодарен и моим замечательным тестю и теще, Флавии Хорт и Алану Левандеру, за их любовь и поддержку, а также за то, что они делились своими медицинскими и научными знаниями.

Моя семья — моя опора: она поддерживает мои безумные идеи и в то же время не даёт оторваться от реальности. Спасибо моей любящей и заботливой жене Катарине и моим трём удивительным детям — Ньяле, Николасу и Томасу. Я люблю вас до бесконечности и дальше.

Иллюстрации



Рис. 1. Рябь на каменистом дне реки Бразос в Центральном Техасе признали следом цунами, случившегося 66 миллионов лет назад. Время и направление цунами указывали на падение астероида где-то в Мексиканском заливе. Позже на полуострове Юкатан, рядом с селением Чиксулуб, были обнаружены очертания ударного кратера, оставленного огромным астероидом. Источник: Scott Solomon



Рис. 2. Ракета Starship компании SpaceX на стартовой площадке Starbase перед первым испытательным запуском в апреле 2023 года. И верхняя ступень, и ускоритель Super Heavy задуманы многоразовыми, чтобы удешевить доставку людей и грузов в дальний космос. Вместе ускоритель и вторая ступень составили самую большую ракету из когда-либо построенных. Источник: Scott Solomon



Рис. 3. Первое подробное изображение поверхности Марса получено аппаратом НАСА «Маринер-4» во время пролёта 14 июля 1965 года. Снимки поверхности планеты были переданы на Землю, но, чтобы компьютер превратил цифровой сигнал в изображение, требовалось время. Пока они ждали, инженеры НАСА раскрасили полосы бумаги разными цветами по числам с камеры, соответствовавшим яркости каждого пикселя. Источник: NASA



Рис. 4. Марсоход НАСА «Персеверанс» миссии «Марс-2020» делает селфи с помощью манипулятора 23 июля 2024 года, исследовав район кратера Езеро под названием Брайт-Энджел. Здесь команда марсохода нашла камень с органическими соединениями и характерным узором, который мог быть оставлен древней микробной жизнью. Ранее эксперимент MOXIE на марсоходе показал, что углекислый газ марсианской атмосферы можно разлагать, получая пригодный для дыхания кислород, — это закладывает основу для будущего прибытия людей. Источник: NASA



Рис. 5. Трёхлетний шимпанзе Хэм полетел в космос 31 января 1961 года на ракете «Меркурий-Редстоун». Один из сорока шимпанзе, которых готовили на авиабазе Холломан в Нью-Мексико, Хэм перенёс перегрузку до семнадцати g, а затем недолгую невесомость, но его результаты в психомоторных тестах во время полёта показали, что пребывание в космосе не выведет из строя астронавта-человека. Источник: NASA



Рис. 6. 12 апреля [1961 года] Юрий Гагарин стал первым человеком, побывавшим в космосе. Опыт Гагарина в полёте на «Востоке», стартовавшем с космодрома Байконур в Казахстане, развеял ряд опасений о влиянии космических условий на организм человека: он сообщил, что невесомость переносится хорошо и что глотать можно. Источник: NASA



Рис. 7. Маргарет Энн Голдстейн и неизвестный доброволец во время исследования НАСА с постельным режимом в 1963 году. Постельный режим использовали для имитации невесомости, и первые исследования показали, что ослабление костей, мышц и сердца может быть опасным для астронавтов, пробывших в космосе дольше двух недель. Источник: Margaret Anne Goldstein

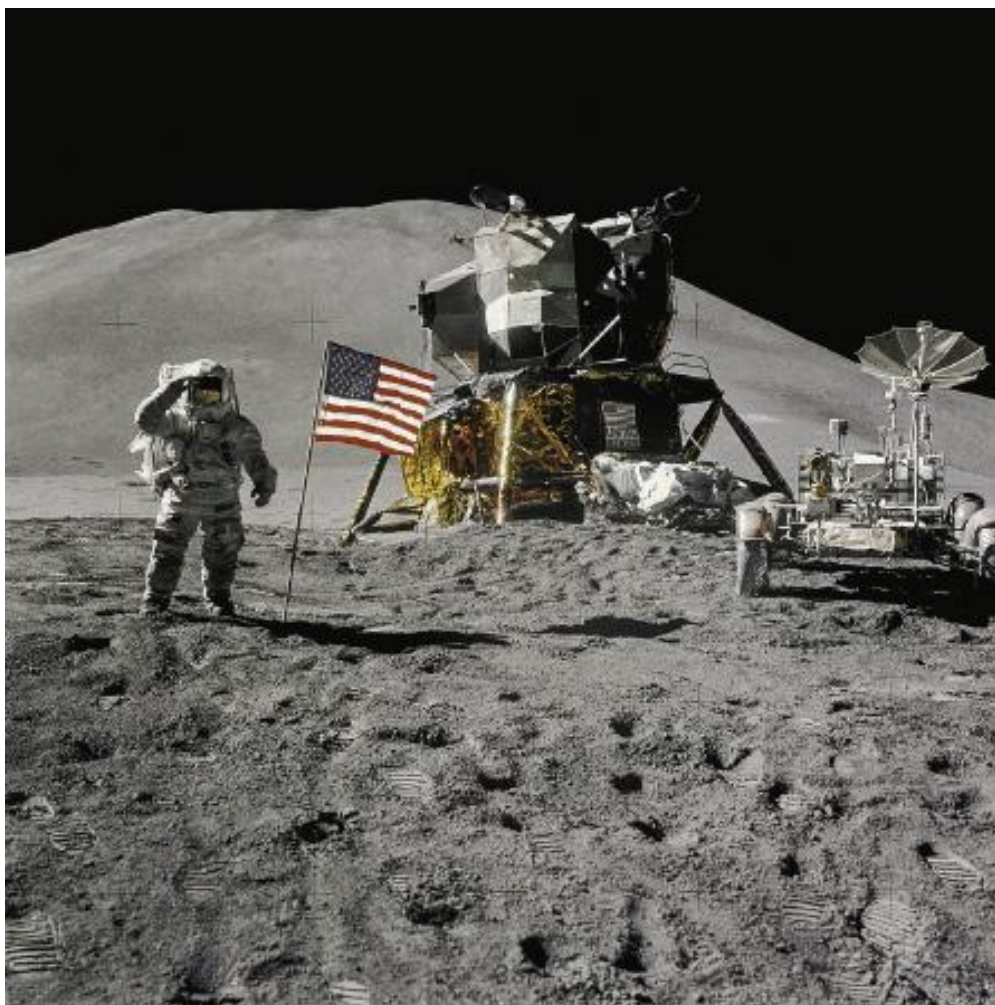


Рис. 8. Астронавт Джеймс Ирвин на Луне в 1971 году. Ирвин и Дэвид Скотт провели на Луне почти трое суток; за это время у Ирвина неисправно работал скафандр и случилась аритмия сердца. Источник: NASA



Рис. 9. Экипаж «Союза-11» — Георгий Добровольский, Виктор Пацаев и Владислав Волков — стал первыми людьми, жившими в космосе: в 1971 году они провели двадцать четыре дня на станции «Салют». При возвращении на Землю внезапный отказ клапана вызвал утечку воздуха из спускаемого аппарата, и все трое, не надевшие скафандров, погибли за считанные минуты. Источник: NASA



Рис. 10. Астронавты Джеральд Карр и Уильям Поуг демонстрируют невесомость во время экспедиции «Скайлэб-4». «Скайлэб» (1973–1974) дал огромный толчок развитию космической медицины. Источник: NASA



Рис. 11. Астронавты Джон Гленн и Скотт Паразински проводят медико-биологические исследования на борту шаттла «Дискавери» в 1998 году. В семьдесят семь лет Гленн стал самым пожилым человеком, побывавшим в космосе. Эпоха шаттлов сделала состав астронавтов разнообразнее и расширила наши знания о том, как космос влияет на мужчин и женщин разного возраста. Источник: NASA

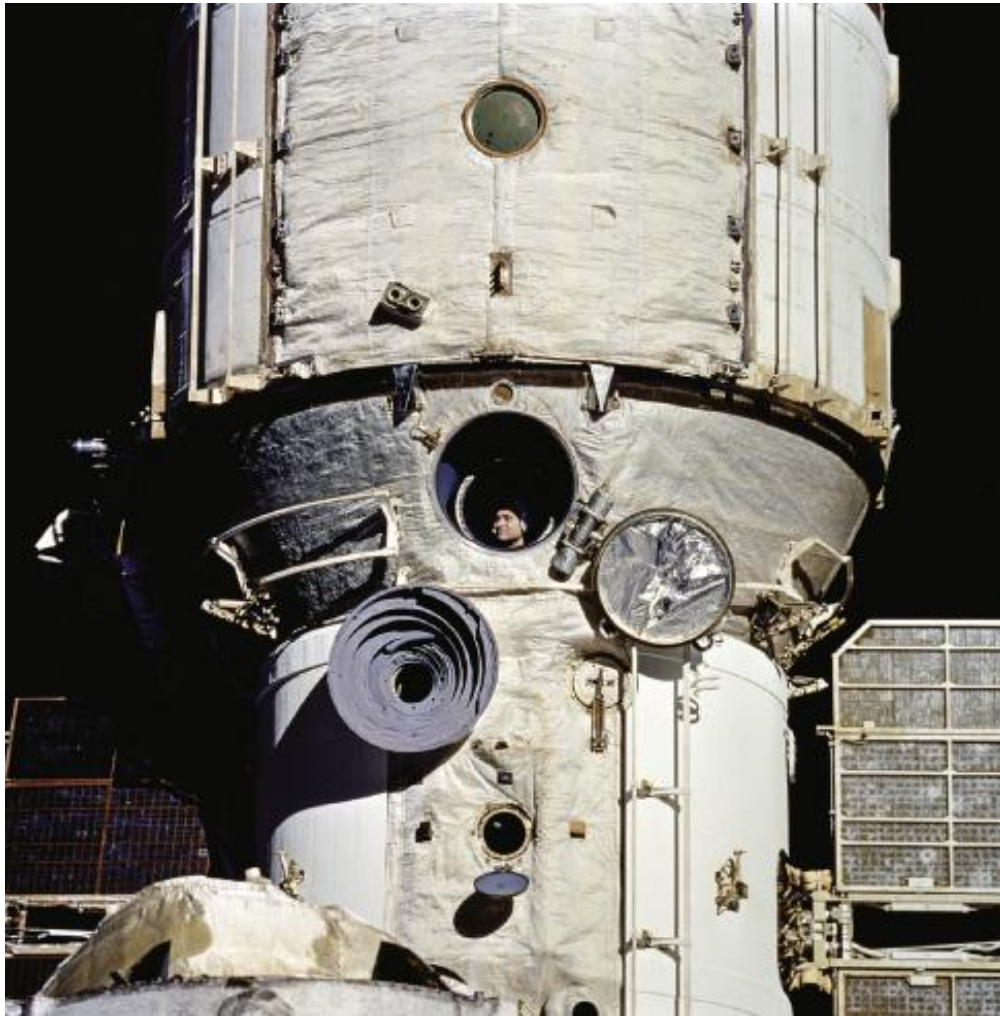


Рис. 12. Космонавт Валерий Поляков на станции «Мир». Поляков установил рекорд продолжительности пребывания в космосе, проведя на «Мире» 437 дней подряд — с 8 января 1994 по 22 марта 1995 года. Как врач, он предпринял эту долгую экспедицию прежде всего для того, чтобы выяснить, выдержит ли организм человека полёты в дальний космос. Вернувшись, он объявил: «На Марс слетать можно!» Источник: NASA



Рис. 13. Астронавт Скотт Келли на Международной космической станции во время своей годичной экспедиции. До, во время и после экспедиции Келли помогал исследователям собирать обширные медико-биологические данные, чтобы лучше понять, как организм человека реагирует на долгое пребывание в космосе. Такие же данные собирали у его брата-близнеца Марка Келли, оставшегося на Земле. Источник: NASA



Рис. 14. Исследовательница готовит образец в мишенном зале Лаборатории космической радиации НАСА. В лаборатории, расположенной в Брукхейвенской национальной лаборатории, есть симулятор галактических космических лучей, с помощью которого изучают влияние космической радиации на тело и разум. Источник: NASA



Рис. 15. Александр Лейендекер, Шона Пандья, Эгберт Эделбрук и Симон Дюбе готовятся к дискуссии «Секс в космосе: секс и размножение за пределами Земли» на SXSW 2023. Эделбрук объявил, что его компания SpaceBorn United стремится создать технологии, которые сделают возможным экстракорпоральное оплодотворение (ЭКО) в космосе. Источник: Scott Solomon



Рис. 16. Японские рисовые рыбки, медаки, стали первыми животными, прошедшими в космосе все стадии развития — от оплодотворения до рождения. Источник: Getty Images



Рис. 17. «Биосфера-2» под Тусоном в Аризоне была задумана как модель замкнутого космического поселения. В 1991 году внутри герметично закрылась команда из восьми человек. Они успешно завершили двухлетнюю миссию, но столкнулись с серьёзными трудностями с атмосферой, продовольствием и отношениями в экипаже. Источник: Scott Solomon



Рис. 18. Различия в форме панциря галапагосских черепах с разных островов стали подсказкой, приведшей Чарльза Дарвина к теории эволюции путём естественного отбора. Изменения размеров тела в изолированных популяциях животных — например, появление гигантских галапагосских черепах — впервые отметил биолог Бристо́л Фостер в 1960-х годах; эта закономерность получила название «островного правила». Источник: Scott Solomon

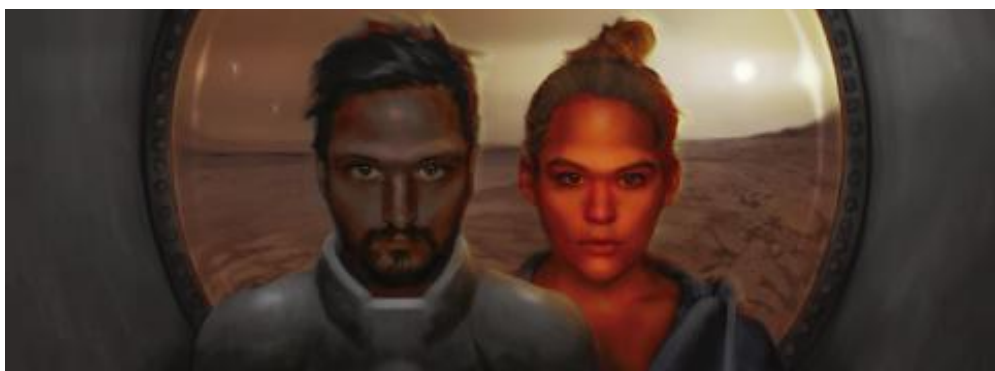


Рис. 19. Эволюционные изменения у будущих поколений марсиан могут включать более плотные кости, меньший рост и изменения пигментации кожи для защиты от космической радиации. Источник: Joseph Ventura



Рис. 20. Тапутапуатеа на острове Раиатеа (острова Общества) считается местом, откуда отправлялись в путь древние полинезийские мореплаватели-первооткрыватели. Источник: Scott Solomon



Рис. 21. Микробиолог НАСА Сара Уоллес показывает культуру бактерий, используемую в исследованиях роста микробов на Международной космической станции. Исследования говорят о том, что некоторые микробы в космосе быстро эволюционируют. Источник: Scott Solomon



Рис. 22. Дэвид Филлип Веттер родился с тяжёлым комбинированным иммунодефицитом (ТКИД) — генетическим заболеванием, которое лишило его иммунной защиты и заставило жить в стерильной камере. Инженеры НАСА сделали для него костюм, позволявший ненадолго выходить наружу. Источник: NASA

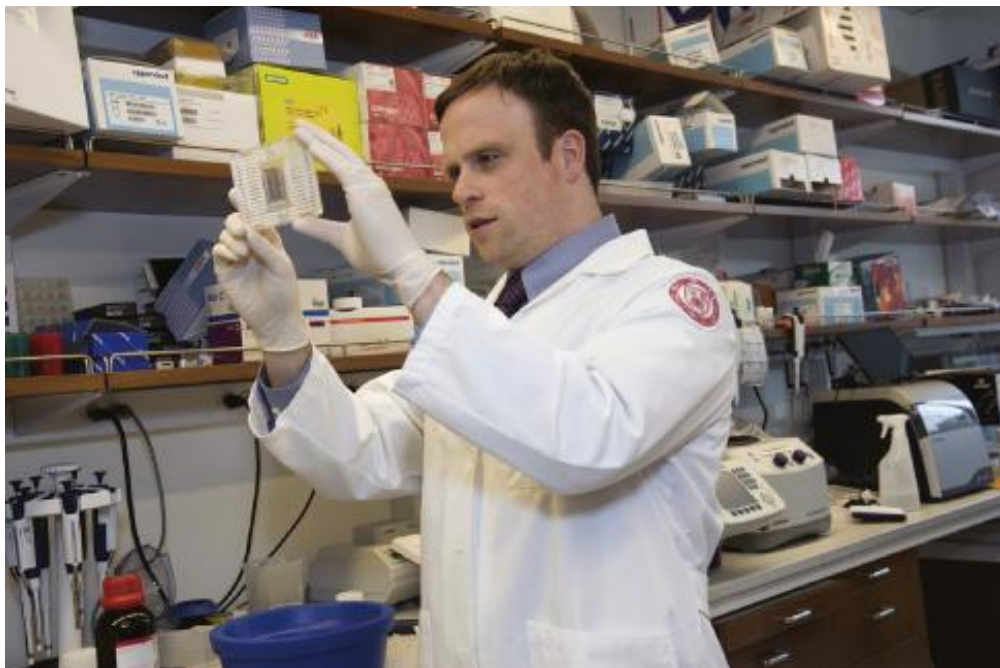


Рис. 23. Генетик Кристофер Мейсон и его коллеги с помощью методов биоинженерии, в том числе редактирования генов CRISPR, стремятся помочь людям приспособиться к условиям за пределами Земли. Источник: Christopher Mason/Weill Cornell Medicine



Рис. 24. Бина48 — человекоподобный робот с искусственным интеллектом, созданный компанией Hanson Robotics, — участвовала в параболическом полёте вместе с экипажем коммерческих астронавтов Space+5 компании Uplift Aerospace. Член экипажа Майк Монго позже пришёл к выводу, что «ИИ — это эволюционировавшая форма человечества». Источник: Mike Mongro



Рис. 25. Третий комплексный лётный испытательный полёт Starship и ускорителя Super Heavy компании SpaceX (IFT-3) — первый раз, когда верхняя ступень успешно достигла космоса. Источник: Ryan Chylinski/Cosmic Perspective