

Рассеянное звездное скопление NGC 3324 на краю огромной туманности NGC 3372 в созвездии Киль. На этом фото, полученном телескопом «Уэбб», видны ранее незамеченные звезды внутри газово-пылевого облака и за ним



Владимир Сурдин

## «Джеймс Уэбб» реализует лучшие методы наземной астрономии

Владимир Сурдин, канд. физ.-мат. наук, доцент физического факультета МГУ, ст. науч. сотр. Государственного астрономического института им. Штернберга, рассказал Алексею Кудря о космическом телескопе «Джеймс Уэбб» (James Webb Space Telescope – JWST), который спустя полгода после запуска наконец-то начал полноценную работу.

— Расскажите, пожалуйста, в чем «Джеймс Уэбб» лучше своего предшественника, телескопа «Хаббл»?

— Он другой. Он работает в другом диапазоне, у него другой размер объектива, он расположен в другом месте. Именно поэтому его и создали: чтобы не повторять «Хаббл», а дополнять его.

Начнем с диапазона. Телескоп «Хаббл» работает в ультрафиолетовом, видимом и ближнем инфракрасном диапазонах. Грубо говоря, в видимом диапазоне, захватывая чуть-чуть ультрафиолетовый и инфракрасный. Телескоп «Джеймс Уэбб» работает в ближнем и среднем инфракрасном диапазоне. А дальнего и не надо, потому что еще недавно летал телескоп «Спитцер», и он свое дело сделал. Так что «Уэбб» заполняет промежуток между «Хабблом» и «Спитцером». В ближнем инфракрасном диапазоне работают, скажем, пульта для телевизора. Иногда мы даже видим его глазами: густой красный цвет. Средний инфракрасный диапазон незаметен для нас. Он практически не проходит через атмосферу Земли, и тут уже необходимы космические наблюдения. В этом диапазоне излучают тела с температурой несколько сотен кельвинов: поверхности прохладных звезд, поверхности планет и нагретые звездным светом пылинки.

Теперь о размерах телескопа. Таких космических телескопов раньше не было, и даже трудно было себе представить, что они будут. Диаметр главного объективного зеркала — 6,5 м. Понятно, что такое зеркало не уместится в ракете, поэтому его сделали складным, из 18 отдельных шестигранных фрагментов. В этом состояла главная проблема: раскрыть и юстировать зеркало. И это удалось!

Следующая проблема: ближний инфракрасный диапазон еще кое-как можно уловить при комнатной температуре, а средний инфракрасный диапазон вообще нельзя, потому что вокруг нас есть объекты, которые излучают в этом диапазоне. Следовательно, телескоп нужно было охладить, в отличие от «Хаббла». Совершенно необходимо это было «Спитцеру», поэтому его забили подальше от Земли и охладжа-

ли жидким гелием, пока весь гелий не испарился. Тогда телескоп ослеп. Он проработал мало. Новый «Джеймс Уэбб» должен работать долго: минимальный срок — десять лет, а вообще рассчитывают лет на тридцать, как с «Хабблом». Нужно было оградить «Уэбб» от внешних источников тепла (прежде всего от Солнца, но и от Земли тоже; летая рядом с Землей, вы довольно сильно нагреваетесь потоком ее инфракрасного излучения) и дополнительно охладить. Это удалось. У «Джеймса Уэбба» есть две камеры: ближнего и среднего инфракрасного диапазона. Обе работают при низкой температуре. Пассивное охлаждение налажено при помощи многослойного «фартука», или «зонтика», который закрывает телескоп от солнечного света. При этом охлаждается весь телескоп: и его объектив, и приборы. Вся аппаратура охлаждается примерно до 40 К. Это хорошо, но для приборов среднего инфракрасного диапазона нужна еще более низкая температура, и они дополнительно охлаждаются гелием, который не выбрасывается, а снова сжижается и запускается в контур охлаждения. Принцип тот же, что и в холодильнике у нас на кухне, где фреон гуляет десятилетиями. Таким образом, температура для приемников среднего инфракрасного диапазона — 7 К. В общем, очень холодный телескоп.

И еще одно различие: «Хаббл» работает рядом с Землей, а «Уэбб» находится в точке Лагранжа L<sub>2</sub> на расстоянии 1,5 млн км от Земли. Синхронно с Землей он делает один оборот вокруг Солнца в течение года. Очень удобно для радиосвязи. С одной стороны, это хорошо; с другой — не очень. «Хаббл» работает под прикрытием магнитного поля Земли, и оно немного отсекает потоки космических лучей (правда, и само вносит космический фон). «Уэбб» летает в открытом космосе, и космическое излучение, конечно, бьет по его детекторам и вносит мелкие помехи. Приходится очищать от них снимки, как и в случае «Хаббла». Уже первые снимки с «Уэбба» пришлось чистить вручную. Компьютер помогает, но обычно чистят вручную, убирая те пиксели, по которым ударили

космические частицы.

— Какие еще недостатки есть у «Уэбба»?

— У этого телескопа нет трубы. Это открытая оптическая система. Главное и вторичное зеркала расположены снаружи. Конечно, это плохо. Есть фоновые источники света, от них приходится защищаться. Есть и микрометеориты, которые бьют прямо по оптическим элементам телескопа. Пылинки не страшны, а микрометеориты миллиграммового размера уже могут сдвинуть элементы зеркала. Такое происшествие было на днях: один из фрагментов зеркала испытал удар микрометеорита, сдвинулся, но, к счастью, каждое из зеркал объектива управляется несколькими «толкателями», маленькими пальчиками, которые могут под управлением компьютера возвращать зеркало в исходное состояние. Впервые у космического телескопа налажена система активной оптики. Есть оптика адаптивная и активная. Адаптивная работает на поверхности Земли, всё время восстанавливая картинку, искаженную атмосферой. А в космосе по мере охлаждения меняется конфигурация телескопа, ее нужно восстанавливать; под ударами метеоритов сдвигаются зеркала, так что всё время идет управление геометрией объектива. И не только объектива: внутри тоже есть подстройка.

— В чем особенности аппаратуры «Уэбба»?

— На каждую из двух камер, ближнего и среднего инфракрасного диапазона, навешено несколько специализированных приборов. Они стандартные для астрономии: это спектрографы и фотокамеры. Поле зрения «Уэбба» такое же, как у «Хаббла»: 2,2 × 2,2 угловой минуты. Можно будет сравнивать снимки «Хаббла» и «Уэбба»: они будут захватывать примерно одинаковые участки неба.



Алексей Кудря

Окончание см. на стр. 2–3

### В номере

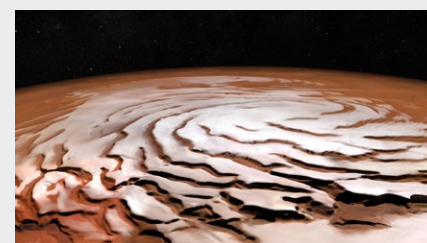
#### Just Wonderful Space Telescope!



О первых успехах космического телескопа «Джеймс Уэбб» Алексей Кудря беседует с Владимиром Сурдиным — стр. 1–3

#### Где взять время для образования квазара

Борис Штерн о статье, возможно, решающей загадки древнейших галактик, — стр. 3



#### «Можно ли восстановить атмосферу и моря Марса?»

Беседа с членом-корреспондентом РАН Олегом Кораблёвым. Вопросы задавал Борис Штерн — стр. 4–5

#### Атаки на семантические сети и машинное обучение

Нарративы, шутки и угрозы в изложении Александра Поддьякова — стр. 6

#### Непростые простые числа

Максим Королёв рассказывает о достижениях лауреата Филдсовской премии Джеймса Мейнарда — стр. 7

#### 150 лет легендарному полярнику Амундсену



Про непростой характер путешественника и его соревнование с Робертом Скоттом рассказывает Максим Борисов — стр. 8–9

#### Дофамин на просвет

Наталья Ивлиева о возможностях оптогенетики и сделанных с ее помощью открытиях — стр. 10–11

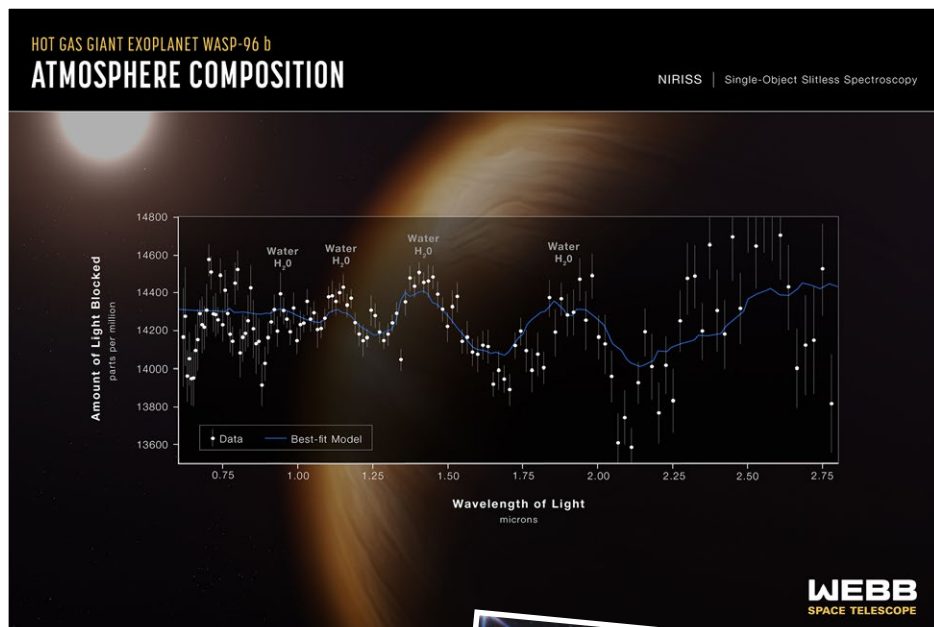
#### К годовщине первой высадки человека на Луну

Мы спросили наших постоянных авторов о том, что они делали в момент посадки на Луну «Аполлона-11», — стр. 16

#### Актуальные новости и обзоры текущих событий — в наших аккаунтах на:

t.me/trvscience,  
vk.com/trvscience,  
twitter.com/trvscience





Спектр горячей гигантской экзопланеты WASP-96 b, полученный телескопом «Уэбб» в ближнем ИК-диапазоне (0,6–2,8 мкм) с помощью бесщелевого спектрографа в период прохождения планеты на фоне ее звезды. Свет звезды при этом частично проходил через верхние слои атмосферы планеты. Затем из полученного спектра был вычтен «чистый» спектр звезды, чтобы получить спектр планетной атмосферы. Отмечены спектральные полосы поглощения паров воды, присутствующих в атмосфере планеты. Заметны признаки облаков и дымки

Окончание. Начало см. на стр. 1

На камере ближнего инфракрасного диапазона — колоссальное количество приборов. Скажу об основных. Есть спектрографы нескольких интересных типов. Во-первых, **полевой спектрограф**, который может захватить один небольшой объект (например, галактику) и снять спектры нескольких сотен точек на его поверхности. При этом мы будем понимать, как движутся отдельные части галактики, облака внутри нее. На разных участках изображения получается около тысячи спектров одновременно. Во-вторых, есть **спекроскопия бесщелевая**. То есть просто наводим камеру на кусочек звездного неба, и все объекты, которые попали на фотографию, представлены полосками спектра. С одной стороны, это хорошо: мы не теряем свет, мы не заставляем его протискиваться через щель. С другой — одни спектры будут наползать на прочие и портить изображение. Но астрономы умеют с этим работать, есть старая надежная техника: если в поле зрения несколько ярких объектов, то лучше сфотографировать их спектр бесщелевым образом. В-третьих, есть **щелевая спектроскопия**, но щелей много, около ста, и каждую можно навести на свой объект в поле зрения. У вас большая россыпь звезд, вы выбираете около сотни из них, на каждую нацеливаете свою щель спектрографа и одновременно снимаете сто щелевых, то есть очень точных, очень рафинированных спектров звезд. Раньше такое делалось только на Земле, теперь возможно и в космосе. Кроме того, есть **быстрый фотометр**. Некоторые явления в космосе происходят быстро: вспышки некоторых звезд, прохождение планеты на фоне своей звезды (транзит). Грубо говоря, нужно работать в кинорежиме. Кроме того, есть **быстрая спектроскопия**: тот же режим кинокамеры, но снимается не изображение, а спектр. И, наконец, есть **внезатменный коронограф**. Например, наблюдая солнечное затмение, мы видим солнечную корону. Но бывает это редко. Поэтому астрономы давно придумали «искусственное затмение»: внутри телескопа помещается маленькая заслонка, которая закрывает диск Солнца, и удастся увидеть хотя бы хромосферу и внутреннюю корону Солнца. То же самое можно сделать со звездой, если рядом с ней есть, например, экзопланета. Звезда ослепляет телескоп и не позволяет увидеть планету. Тогда мы помещаем в поле зрения маленькую заслонку, закрываем свет звезды, и планета рядом с ней становится видна. Теперь на космическом телескопе тоже есть такой инструмент.

На камере среднего инфракрасного диапазона приблизительно те же приборы. Их немного меньше, но они обладают приблизительно теми же возможностями. Кроме того, есть



Скопление галактик SMACS 0723 в созвездии Летучая Рыба на южном небе, удаленное от нас на 4,6 млрд световых лет. Телескоп «Уэбб» получил его изображение в результате 12,5-часовой экспозиции. Тонкие светлые дуги — это изображения значительно более далеких галактик, искаженные эффектом гравитационной линзы. Кроме общего изображения были получены инфракрасные спектры 48 отдельных галактик. Оказалось, что от одной из них свет к нам шел 13,1 млрд лет



Планетарная туманность Южное Кольцо (NGC 3132), сфотографированная телескопом «Уэбб» в ближнем (слева) и среднем ИК-диапазонах. Источником газа планетарной туманности служит менее яркая звезда, которая лучше видна на правом снимке, поскольку ее излучение в видимом диапазоне заблокировано пылью. Это горячий (100 тыс. К) белый карлик, оставшийся после сброса оболочки состарившейся звездой. Его ультрафиолетовое излучение возбуждает свечение всей туманности. Второй, более яркий компонент этой пары звезд пока находится на более ранней стадии эволюции и в будущем, вероятно, выбросит собственную планетарную туманность

— Самой первой была фотография далекого скопления галактик, причем поле зрения было сориентировано точно так же, как когда-то на снимке «Хаббла». Конечно, это было сделано

Квинтет Стефана в созвездии Пегас — группа из пяти галактик, четыре из которых образуют компактную гравитационно связанную группу, а пятая (она слева) случайно проецируется на нее, находясь значительно ближе к нам. Пока это самое большое изображение «Уэбба» объемом 150 Мп и составленное почти из 1000 отдельных снимков в ближнем и среднем ИК-диапазонах. У верхней галактики в этой группе на снимке (NGC 7319) активное ядро, содержащее черную дыру массой 24 млн масс Солнца. Спектрографы «Уэбба» позволили детально изучить движение газа в этом активном ядре





► молекулярного облака, и свет от далеких объектов, проходящий сквозь молекулярное облако. В этом и есть удивительное свойство «Уэбба»: он видит вглубь запыленного пространства. И вглубь диска галактики, и вглубь молекулярного облака или планетарной туманности. Таким образом, «Хаббл» и «Уэбб» дополняют друг друга. Один видит поверхность, другой заглядывает вглубь.

— **Создание телескопа — результат международного сотрудничества 17 стран. Во главе проекта стоит NASA, значительный вклад внесли Европейское и Канадское космические агентства. Принимала ли хоть какое-то участие в этом проекте Россия?**

— Насколько мне известно, никакого формального участия, ни финансового, ни приборного, наша страна в проекте «Джеймс Уэбб» не принимала. Но это не означает, что наши астрономы не участвовали в этом проекте косвенным образом. Сегодня за рубежом работают многие мои коллеги. А те многочисленные приборы и методы, которые были воплощены на «Джеймсе Уэббе», — это заслуга всех астрономов. Например, мои коллеги создавали и отлаживали некоторые из этих методов на Земле. В целом получился отличный прибор. Знаете, некоторые расшифровывают аббревиатуру JWST как Just Wonderful Space Telescope («Просто замечательный космический телескоп»).

— **Уже в первый день официального начала своей работы телескоп совершил открытие на экзопланете WASP-96b. В чем ценность этого открытия?**

— То, что обнаружил «Уэбб» в спектре планеты-гиганта, ожидаемо. Планета расположена очень близко к звезде, атмосфера раскаленная, гигантская планета удерживает все газы, не отпускает от себя, и когда она проходила на фоне звезды, свет звезды, прошедший через верхние слои атмосферы планеты, продемонстрировал пары воды. Найти воду в космосе всегда приятно, особенно когда ищешь признаки жизни, но никакой жизни на этой планете быть не может, там вода только в виде пара. Однако само по себе важно, что спектроскопия высокого разрешения в инфракрасном диапазоне показывает множество интересных молекул. Для этого и создавался инфракрасный телескоп. В оптическом диапазоне заметно мало молекул, а в инфракрасном колебательные и вращательные уровни молекул представляют нам широкие возможности исследования.

— **Насколько я понимаю, это горячий юпитер. Будет ли «Джеймс Уэбб» заниматься поисками землеподобных планет?**

— Здесь более сложная ситуация. Дело в том, что возможности «Уэбба» не позволяют рассмотреть детально землеподобные планеты. Все-таки звезды нас ослепляют. И хотя приняты усилия для того, чтобы закрыть свет звезды с помощью коронографа, всё равно больших достижений в этом направлении не будет. Надежда только на транзитные прохождения, то есть прохождения планеты на фоне своей звезды, когда можно более точно измерить ее размер и скорость движения.

Но нужно помнить и о возможностях «Уэбба» внутри Солнечной системы. Далекие от Солнца объекты, за орбитой Нептуна, очень плохо отражают свет, их почти не видно в оптике. Они все темные, хорошо поглощают солнечный свет и переизлучают его в инфракрасном диапазоне. Поэтому многие астрономы, которые занимаются Солнечной системой, рассчитывают, что «Джеймс Уэбб» откроет далекие занептуновые объекты на расстоянии 150–200 астрономических единиц от Солнца, в поясе Койпера, и может быть, дальше. И я знаю коллег, которые ждут открытия девятой планеты Солнечной системы. Ее можно будет заметить только в инфракрасном диапазоне.

— **Общественность посмотрела картины. Красиво, здорово. Стало понятно, куда же потратили десять миллиардов долларов. А что дальше?**

— Я думаю, для публики «Джеймс Уэбб» будет не так интересен, как «Хаббл». С поверхности Земли мы получаем угловое разрешение около одной угловой секунды, а «Хаббл» давал в десять раз более четкие фотографии и этим радовал публику. «Джеймс Уэбб» не будет давать фотографии в десять раз более четкие, чем «Хаббл». Например, подробных фотографий экзопланет ожидать не следует. Это не по зубам современным телескопам. Дополнительных ярких картинок мы от «Уэбба» ждать не должны. Его задача в другом. Он будет давать научные результаты.

— **Можете рассказать о них подробнее? Будут ли дальнейшие прорывы в космологии?**

— «Хаббл» не может заглянуть слишком далеко в прошлое нашей Вселенной, потому что оттуда приходит, во-первых, очень слабый свет, во-вторых, очень сильно сдвинутый в красную сторону за счет расширения Вселенной. «Хаббл» здесь слепнет. «Уэбб» будет собирать больше света — площадь его зеркала в шесть раз больше. К тому же он увидит в инфракрасном диапазоне те объекты, которые уносятся от нас почти со скоростью света. Самые молодые объекты, которые видит «Хаббл», родились через полмиллиарда лет после Большого взрыва, а «Уэбб» должен увидеть объекты, родившиеся через 100–120 млн лет после Большого взрыва. Это самое первое поколение звезд. Это граница Темных веков, когда Вселенная была заполнена холодным газом. «Уэбб» заглянет дальше в пространство и в прошлое.

— **У каждого аппарата есть свой срок службы. Какие телескопы придут на смену «Джеймсу Уэббу»?**

— «Уэббу» гарантируют десять лет работы, а оптимисты говорят, что его приборы продержатся до тридцати лет. Я думаю, что аппарататура не откажет, но запасы топлива не бесконечны. Реактивные двигатели немного подправляют траекторию его полета, топлива тратится, хотя очень экономно.

Конечно, уже появилось большое количество новых проектов. Я расскажу о самом интересном, на мой взгляд. Мы уже говорили, что исследованию экзопланет мешает яркий свет их собственных звезд. Внутри телескопа довольно трудно отделаться от этого света. Вспомните, какие шикарные снимки солнечной короны выходят во время солнечного затмения и какие невзрачные фотографии мы получаем внутри внезатмненного солнечного коронографа. Слишком много рассеянного света. Следующий интересный проект — космический телескоп с отдельным экраном, который после запуска отлетит от телескопа на несколько десятков тысяч километров, развернется, станет размером с футбольное поле и будет намертво закрывать собой свет тех звезд, рядом с которыми есть интересные экзопланеты, причем земного типа, то есть близко расположенные к звезде. Сам телескоп должен быть тоже немаленький, размером с «Хаббл», но зеркало более солидное, примерно четырехметрового диаметра. Такая двойная конструкция позволит нам изучать экзопланеты, может быть, даже получить приблизительную географию их поверхности. Это будет не четкий снимок поверхности, скорее восстановление географии в результате того, что любая планета вращается и яркость ее меняется в зависимости от того, океан или континент поворачивается в нашу сторону. Подобным образом мы сегодня восстанавливаем географию поверхности звезд, а перспективный телескоп сможет дать географию поверхности экзопланет. Очень интересно.

— **А теперь свободный микрофон. О чем вам хотелось бы рассказать нашим зрителям и читателям?**

— Очень часто спрашивают: если телескоп создан на деньги коллаборации нескольких стран, будут ли допущены астрономы других стран? Я уверен, здесь будет действовать тот же принцип, который уже тридцать лет работает в отношении телескопа «Хаббл»: 30% наблюдательного времени принадлежит создателям телескопа, американским астрономам, а остальные 70% честно распределяются между заявками, присланными астрономами из мирового сообщества, включая даже любителей, после соответствующей экспертизы. И наши астрономы, мои коллеги из ГАИШ, часто пользовались этой возможностью. Есть определенные правила: если вы подали заявку и космический телескоп получил результат, то вам дается полгода, чтобы обработать данные и опубликовать статью. Дальше эти данные выкладываются в свободный доступ, и любой астроном может ими пользоваться. Я уверен, похожая система будет на телескопе «Джеймс Уэбб». Астрономия интернациональна, мы считаем себя единым научным организмом, объект изучения у нас единый — звездное небо над головой, и мы, конечно, делимся всеми результатами.

— **Большое спасибо за интересный и познавательный рассказ!**

— Привет всем любителям астрономии! До свидания.

Фото NASA с сайта [webb.nasa.gov](http://webb.nasa.gov)

# Загадка ранних квазаров решена?

Борис Штерн



Борис Штерн

Совсем недавно появилась публикация, вызвавшая отклик в широкой прессе<sup>1</sup>. Авторы статьи претендуют на решение проблемы тяжелых ранних квазаров.

Проблема заключается в том, что есть некое ограничение на скорость роста квазаров, из-за которого последние не успевают дорасти до своей массы ко времени, в котором их наблюдают (миллиард солнечных масс, 650 млн лет от Большого взрыва). Ограничение называется «эддингтоновский темп аккреции», оно связано с тем, что если квазар мощнее некоторого порога, то давление его излучения превышает силу гравитации, и аккреция тормозится.

Возможно, это ограничение в реальности не работает, и проблема отсутствует. Дело в том, что эддингтоновский темп аккреции обратно пропорционален эффективности аккреции: малая эффективность — мало света, маленькое давление. Последняя величина довольно плохо оценивается, особенно для высоких темпов аккреции. Проблема нехватки времени для образования тяжелых ранних квазаров возникает, если задаться эффективностью аккреции 0,1, т. е. высвечивается 10% от  $Mc^2$  упавшего в черную дыру вещества. Такая величина появляется в простых популярных моделях аккреции. Если средняя эффективность будет хотя бы в пару раз ниже, проблема исчезает. Но процесс интенсивной аккреции настолько сложен, что вряд ли кто-то сможет гарантировать ответ с точностью до двойки. Этот вопрос более подробно рассмотрен в заметке, опубликованной в ТрВ-Наука в прошлом году<sup>2</sup>.

Есть и другой способ решения парадокса — если рост квазара стартовал с «зародышевой» (seed) черной дыры с массой  $10^4$ – $10^5$  солнечных масс через 100 млн лет после Большого взрыва, то времени хватает и при эддингтоновской аккреции с эффективностью 0,1. В упомянутой выше статье<sup>1</sup> предлагается решение проблемы тяжелых зародышей квазаров. Статья довольно сумбурно написана, содержит ошибки, пропущенные рецензентом (например, перепутан знак степени температуры,  $10^{-3}$  вместо  $10^3$  K, в цветовой шкале к рисунку), разбираться в ней довольно тяжело. Видимо, это можно списать на спешку, но, вполне возможно, суть ухвачена верно.

Работа основана на «массивном» численном моделировании динамики среды в ранней Вселенной. Гидродинамика, гравитация, темная материя плюс химическая эволюция с учетом всех возможных состояний двух присутствовавших в те времена элементов: H, He, e<sup>-</sup>, H<sup>+</sup>, He<sup>+</sup>, He<sup>2+</sup>, H<sub>2</sub> и H<sub>2</sub><sup>+</sup>. Оказывается, самые интересные вещи получаются не из-за классической джинсовской неустойчивости (т. е. роста возмущений плотности из-за гравитации, преодолевающей тепловое давление), а из-за динамических «схлопываний», когда два холодных потока сходятся навстречу друг другу и возникают уплотнения большого масштаба, которые в конечном счете превращаются в гигантские звезды массой 30–40 тыс. солнечных масс. Именно это происходило в их модели.

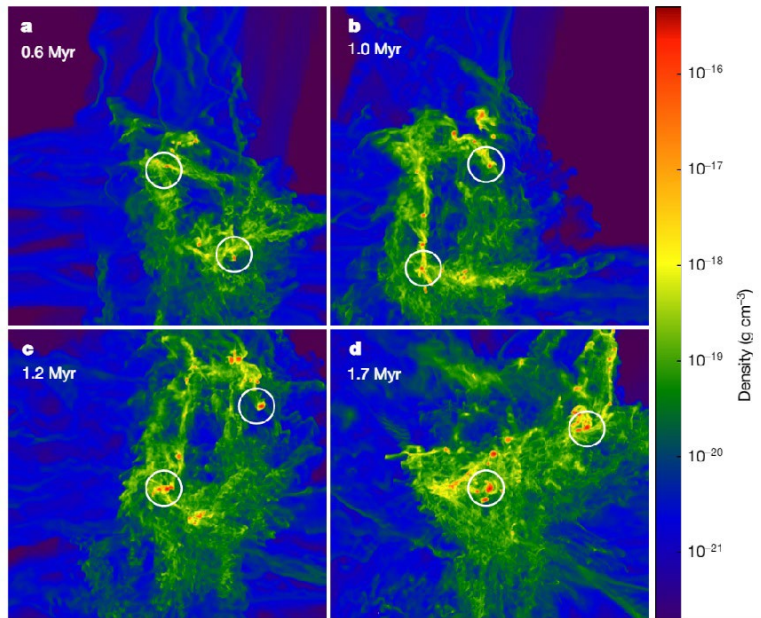
Очень важная вещь — охлаждение, поскольку адиабатическое повышение температуры препятствует гравита-

ционному сжатию. Авторы утверждают, что в их моделировании эффективно работает так называемое H<sub>2</sub>-охлаждение. Получается, что при сжатии газа значительная часть водорода переходит в молекулярную форму. При этом включаются ротационные, а при более высоких температурах — и вибрационные возбуждения молекул H<sub>2</sub>. Они разряжаются инфракрасными фотонами, для которых среда прозрачна: большинство молекул возбуждено за счет столкновений и не могут поглотить фотон. Таким образом, инфракрасное излучение молекулярных линий водорода уносит из облака тепловую энергию. Эффективность этого процесса была вычислена еще в 1990-х годах<sup>3</sup>. Авторы использовали существующий космологический код Enzo, проведя единичную симуляцию. Стартовали с облака массой  $4 \times 10^5 M_\odot$  при  $z = 35$  (около 80 млн лет от рождения Вселенной), которое потом росло из-за притока газа. При этом, как считается, должны образовываться звезды населения III, т. е. большие звезды без тяжелых элементов в сотни солнечных масс. У них они не рождались из-за сверхзвуковых турбулентных движений газа, зато в этой конкретной симуляции за миллион с лишним лет образовались два больших комка, которые в конечном счете сжались в звезды массой 30 тыс. и 40 тыс.  $M_\odot$  (см. рис. внизу).

Эволюцию этих сверхмассивных звезд-монстров авторы прослеживали с помощью другой общедоступной программы MESA. В их расчетах звезды довольно быстро прогорают и целиком коллапсируют в черные дыры из-за релятивистской гравитационной неустойчивости. Сами звезды, будучи на 7–8 порядков ярче Солнца, не дотягивают до того, чтобы их мог наблюдать «Джеймс Уэбб», но бурно аккрецирующие черные дыры массой  $\sim 10^5 M_\odot$  должны быть видны уже вскоре после своего образования.

В целом, работа производит впечатление кавалерийского наскока. Это всё очень интересно, возможно, ухватывает нечто реально происходившее, но пока на результаты трудно полагаться. Коды общего пользования при отклонении параметров от области, для которой они создавались и отлаживались, часто приводят к абсурдным результатам — это относится к моделированию эволюции невероятно массивных звезд. Сама идея о тяжелых зародышах черных дыр вполне правдоподобна: рассматривались сценарии, когда массивное облако порядка миллиона солнечных масс коллапсирует напрямую в черную дыру. В целом, область исследований чрезвычайно интересна, особенно в связи с началом работы космического телескопа «Джеймс Уэбб». ♦

<sup>3</sup> Le Bourlot J., Pineau des Forêts G., Flower D.R. The cooling of astrophysical media by H<sub>2</sub> // Mon. Not. R. Astron. Soc. 305, 802–810. 30 May 1999. doi.org/10.1046/j.1365-8711.1999.02497.x



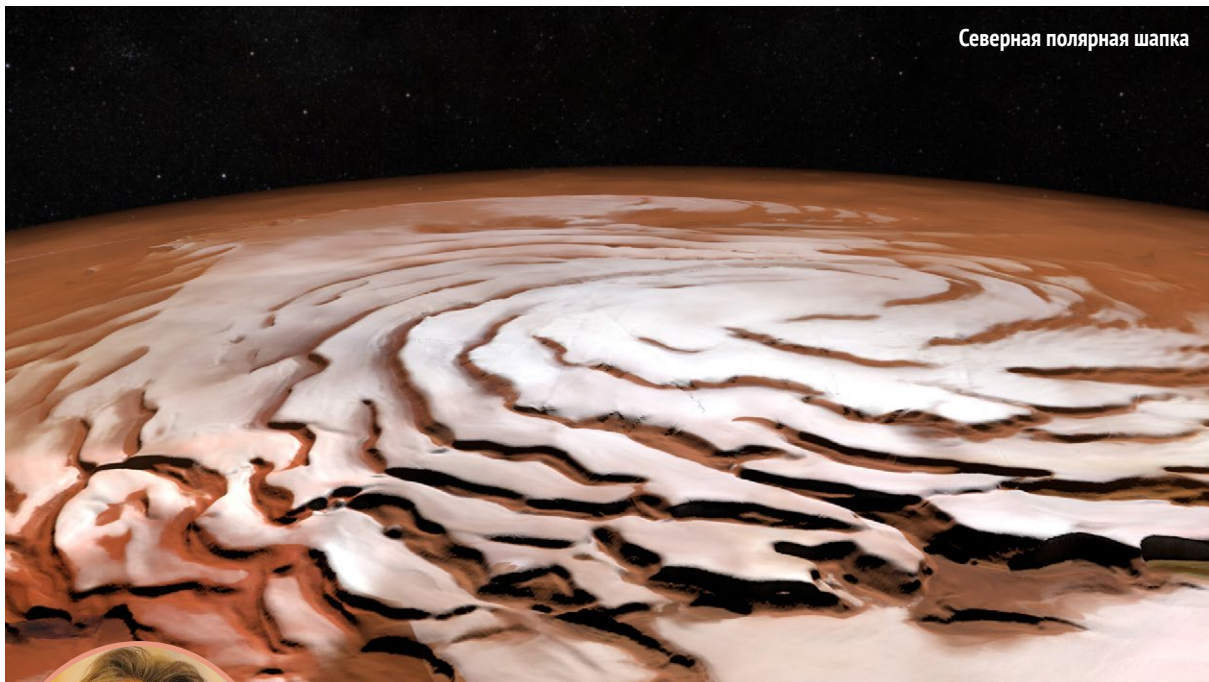
Результаты моделирования. Кружками обведены уплотнения, которые должны развиться в сверхмассивные звезды<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Latif M.A., Whalen D.J., Khochfar S., Herrington N.P., Woods T.E. Turbulent cold flows gave birth to the first quasars // Nature. Vol 607. 7 July 2022. doi.org/10.1038/s41586-022-04813-y

<sup>2</sup> Штерн Б. Откуда взялись мощные ранние квазары? // ТрВ-Наука № 323 от 23 февраля 2021 года. trv-science.ru/2021/02/otkuda-vzyalis-moshhnyerannie-kvazary/



Северная полярная шапка



Олег Кораблёв (msu.ru)

## «Можно ли восстановить атмосферу и моря Марса?»

Беседа с членом-корреспондентом РАН, зав. отделом физики планет Института космических исследований РАН **Олегом Кораблёвым**. Вопросы задавал **Борис Штерн**.  
ВидеOVERсия интервью — [youtube.com/watch?v=G08VlJr1Wv8](https://youtube.com/watch?v=G08VlJr1Wv8)

— Сегодня у нас в гостях Олег Игоревич Кораблёв, чл.-корр. Российской академии наук, зав. отделом физики планет ИКИ РАН. Говорить мы будем про Марс. К этой теме мы уже плавно подошли в предыдущих передачах. В беседе с Михаилом Никитиным мы рассуждали о происхождении жизни, говорили о том, может ли эта жизнь перепрыгнуть с Земли на другие планеты<sup>1</sup>. Тогда мы пришли к выводу, что ближайшее к Земле место, где жизнь может как-то осесть, — Марс. Довольно суровая планета. Сегодня хотелось бы поговорить о том, есть ли у нас возможности сделать Марс более пригодной для жизни планетой, сделать ее теплее, влажнее. Фактически это сводится к тому, есть ли на Марсе запасы летучих веществ для того, чтобы нарастить атмосферу, поспособствовать появлению воды в жидком виде. Первый вопрос к Олегу Игоревичу: какие есть запасы углекислого газа и воды на Марсе?

— Оценки объемов этих веществ есть, но не все они одинаково точны. Сначала уточним термины: если говорить о воде на планетах, то она измеряется в единицах глубины глобального сферического слоя. Если вместо планеты мы возьмем шар такого же диаметра и разольем ровным слоем по нему воду, то это и будет искомая глубина. На Земле глубина такого слоя — около 2 км. Глубина мирового океана, само собой, больше, так как он не занимает всю площадь планеты. Средняя его глубина составляет около 3 км. Если мы говорим об углекислом газе на планетах, то принято измерять его в единицах давления, в барах. Сейчас атмосфера Марса в среднем составляет 6 мбар.

Для того, чтобы сделать Марс пригодным для жизни, нужно получить 1 бар или чуть больше, как на Земле. Объем воды же — величина скорее производная. Высвобождение запасов воды не приведет напрямую к эффекту нагревания планеты и к ее экранированию от солнечной радиации, так как вода — конденсируемая составляющая. Наличие жидкой и твердой воды на Марсе еще не гарантирует увеличение атмосферы и парниковый эффект. Когда температура, как на Земле, разрастается, то вода интенсивно испаряется, пе-

реходит в атмосферу и эффективно работает как парниковый газ. Поэтому наибольший интерес для изменения климата Марса, терраформирования планеты представляют запасы углекислого газа. Тут, к сожалению, не стоит испытывать большого оптимизма. Как мы уже выяснили, атмосферное давление на Марсе — всего 6 мбар. Следующий самый доступный резервуар углекислого газа — полярные шапки. Все содержащиеся в них и в околополярных территориях запасы CO<sub>2</sub> составляют не более тех же самых шести миллибар — тут содержится еще одна атмосфера Марса. Этого явно недостаточно.

— 6 мбар в полярных шапках — то, что оседает сезонно, или это глубинные запасы?

— Совершенно правильное замечание. На Марсе температура достаточно низкая, так что углекислый газ конденсируется: водяной пар — не единственная конденсируемая составляющая. При определенных условиях полярной зимой на полюсах конденсируется углекислый газ. Учитывая то, что атмосфера чрезвычайно слабая, этот процесс мощный, сопровождающийся выпадением снега, формированием сезонной составляющей шапок. В результате давление падает примерно на треть: 30% атмосферы конденсируется. Вот это и есть сезонная составляющая.

Проекты Mars Express и Mars Reconnaissance Orbiter с радиолокаторами MARCI и SHARAD (работающие на разных длинах волн и проникающие на разные глубины) дали результаты, позволяющие достаточно уверенно говорить о толщине шапок из водяного и углекислого льда. Конечно, радар не видит состава, но мы знаем о нем по другим данным. Эти слоистые полярные отложения, идущие до широты 80°, особенно важны, поскольку занимают достаточно большую площадь. В них, судя по всему, находится основная часть углекислотного льда, этого достаточно легкодоступного ресурса, который, в принципе, может быть мобилизован. Для изменения климата важны не только запасы ресурсов, но и их доступность. Здесь интерес может представлять реголит, в какой-то степени поглощающий CO<sub>2</sub>, и приповерхностные известняки, карбонатные отложения. Земля избавилась от своей ювенильной, состоящей из CO<sub>2</sub>, атмосферы путем захоронения

углекислого газа в карбонатах. У нас еще есть чудесный процесс тектоники плит, который отправляет карбонаты в магму, в недры Земли, откуда углекислота возвращается к нам вулканическими процессами. На Марсе тектоники плит мы пока что не наблюдаем, но залежи карбонатов уже давно разведаны. К сожалению, их не так много, как мечталось, но, с другой стороны, удалось обнаружить карбонаты в атмосферной пыли. Она играет очень важную роль, так как часть поверхности Марса опустынена. Помимо этого марсианская пыль, переносимая по всей планете во время глобальных пылевых событий, — усредненный показатель того, какие минералы присутствуют на поверхности. Карбонатов в пыли очень мало, поэтому точность оценки намного хуже, чем оценки резервуаров CO<sub>2</sub> в полярных шапках. Здесь и разброс, и произвол больше, так что можно говорить лишь о каких-то верхних пределах — не больше 150 мбар, но скорее 10–15 мбар.

— Чтобы достать углекислый газ из карбонатов, их надо греть. Реально ли это?

— Этот вопрос давно, с 1990-х годов, волнует исследователей. Предлагались разные теории — их авторы, как правило, сами приходили к выводу о слабой реализуемости своих предложений. Прежде всего перед тем, как греть карбонаты, надо позаботиться о том, как их добывать, как пахать поверхность Марса. Помимо карбонатов, глобальная вспашка поверхности может высвободить углекислый газ, который минералы реголита — основного покрытия Марса — абсорбируют на молекулярном уровне. В принципе, поверхность планеты можно совсем изуродовать, высвободив какую-то часть поглощенного, связанного с минералами газа. Здесь оценки объема CO<sub>2</sub> могут быть больше: до 40 мбар (20 мбар — более реалистичная оценка). Но нужно учесть то, что физико-химические процессы высвобождения и поглощения могут идти в обе стороны. Как это пойдет, если мы будем механически воздействовать на грунт? Вопрос серьезный, более того, это один из тех вопросов, которые встают, когда мы пытаемся воздействовать на сложные системы в одном месте. В таких случаях запу-

скаются сложные цепочки, и непонятно, в какую сторону они выведут.

Потенциальные залежи углекислого газа могут позволить увеличить плотность марсианской атмосферы в три с половиной раза доступными способами (например, испарив полярные шапки, уменьшив их в два раза). Но и такая плотность будет далека от желаемой.

Вероятно, на Марсе есть и глубокие карбонаты, изолированные от поверхности. Здесь можно посмотреть на Нильские борозды (Nili Fossae), область с самыми обширными залежами карбонатов. Опираясь на то, что эта область образовалась еще до гипотетических тектонических сдвигов, можно предположить, что на Марсе довольно большое количество карбонатов находится на глубине, в изоляции от поверхности. Они и могут обеспечить необходимый объем порядка 1 бар. Потенциал есть, но для того, чтобы добыть эти ископаемые, нужно потратить уйму энергии и изуродовать большую часть планеты. На какой глубине находятся карбонаты и в результате чего они там оказались — вопросы открытые. Всё, на что мы опираемся, — это дистанционные наблюдения с орбиты. Карбонаты могут находиться на небольших, достаточно древних участках поверхности, которые к тому же должны быть свободны от реголита (который имеет усредненный состав и скрывает то, что интересно геологам). Видно только какие-то выходы, какие-то обдуваемые ветром скалы... В ограниченной области в районе Нильских борозд наблюдается довольно приличный процент. Поэтому непонятно, сколько на Марсе карбонатов, где они и как распределены на поверхности планеты. За скобками то, что совершенно не ясно, какими усилиями можно было бы высвободить такие залежи.

— Допустим, осуществили программу-минимум: нарастили атмосферу в три раза за счет CO<sub>2</sub>. Появится ли при этом на поверхности жидкая вода? Поднимется ли реально темпе-

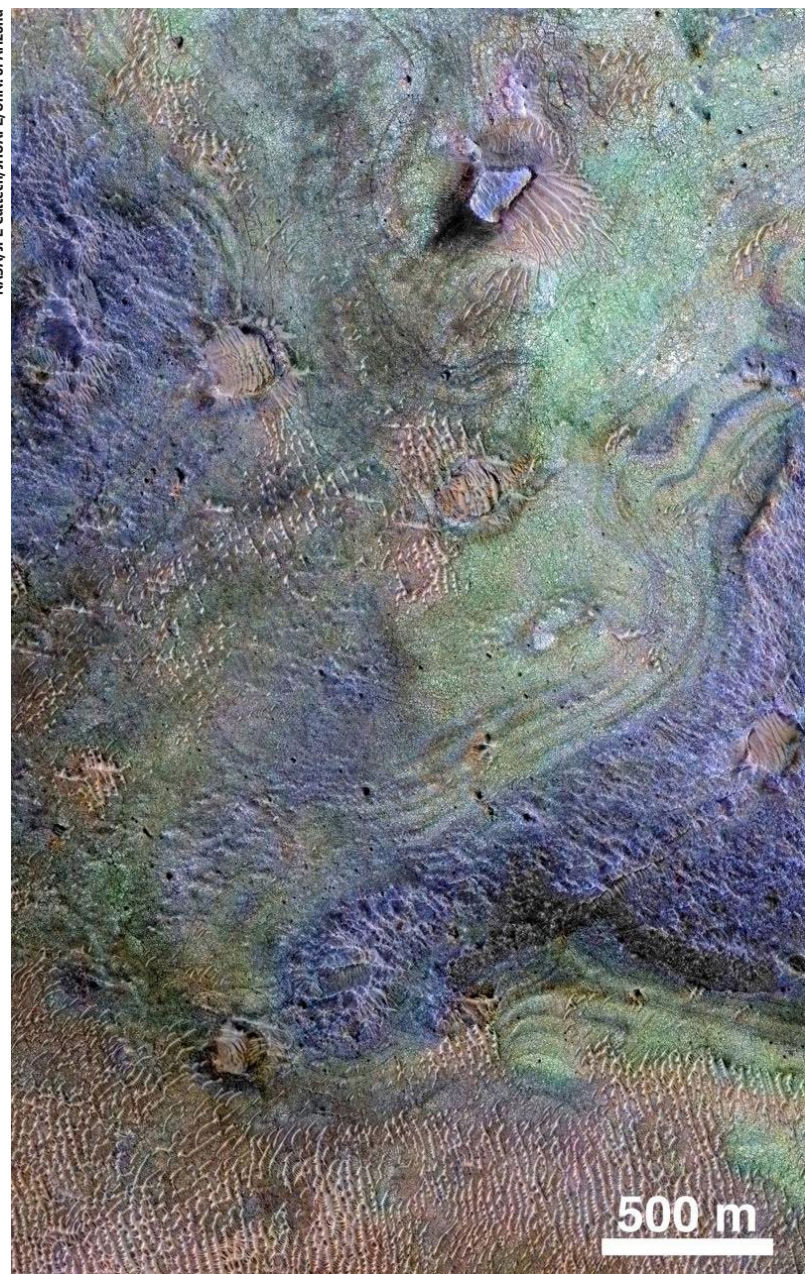
ратура? Будет ли какой-нибудь толк, хотя бы небольшой?

— Нет, толку не будет. Немного, конечно же, повысится температура, но трудно предсказать, что произойдет с климатом Марса. Процессы сублимации и конденсации углекислоты, переноса воды из полушария в полушарие всё равно будут происходить, но как-то по-другому. Тут есть еще одна особенность Марса, аспект, который обычно не рассматривается в оценках. Орбита Марса и наклон оси очень нестабильны. Про Землю мы знаем: есть циклы Миланковича. Изменения орбитальных параметров нашей планеты приводят к соответствующим изменениям инсоляции — нагрева поверхности Солнцем. Перемены незначительные, но, тем не менее, именно они считаются главным и единственным инициатором изменений климата на масштабе ледниковых-межледниковых периодов. На Марсе, в силу того, что планета меньше и Юпитер со своим гравитационным влиянием ближе (прямо как у астрологов — «планеты встали не туда»), эти изменения могут иметь куда более значительные последствия.

В начале 1990-х считалось, что орбиту Земли стабилизирует Луна. Позже более точные расчеты с использованием новых интеграторов показали, Луна не так сильно влияет на нашу планету. Марс же, будучи ближе к Юпитеру, «болтается» очень сильно. Эксцентриситет орбиты Красной планеты и без того весьма велик — 10–11%, что в квадрате дает огромную разницу по нагреву в зависимости от сезона, и сезоны весьма несимметричны. Этот эксцентриситет меняется, и вместе с ним меняется наклон орбиты от нескольких градусов до 45°. Сейчас наклон орбиты на Марсе примерно как на Земле, а меняться он может вот в таких пределах.

При этом вся система переходит в другие состояния. Геологи обнаружили следы оледенения в экваториальных областях. Оказывается, там, как и на

NASA/JPL-Caltech/JHUAPL/Univ. of Arizona



Нильские борозды

<sup>1</sup> [youtube.com/watch?v=7u0TRCmMbRI](https://youtube.com/watch?v=7u0TRCmMbRI)



► Земле, при больших наклонах орбиты начинают нарастать ледники — не только на полярных шапках, но и в экваториальных областях, на возвышенностях. От ледников остаются морены, которые однозначно свидетельствуют об оледенении. Если на Марсе взяться что-то греть и пахать, то на такие процессы уйдут десятки, если не сотни тысяч лет. Например, прогрев реголита на сотни метров по законам физики займет колоссальное время. Пока мы будем трудиться, Марс поменяет орбиту и все старания пойдут насмарку. Это важный момент, который в разговорах о колонизации часто забывается. Конфигурация полярных шапок несимметрична — большая северная и маленькая южная; состав льдов тоже разный (водяной лед преобладает на северной шапке). По современным представлениям это, скорее всего, переходное состояние, не поддерживающееся на большом масштабе времени. Такие длинные процессы всегда трудно моделировать: детальная модель требует больших затрат. Гораздо проще интегрировать задачи многих тел. Всё равно ясно, что Марс постоянно находится в переходном состоянии и, тем не менее, в состоянии замерзшем. Может быть, увеличение атмосферы в два-три раза даст какой-то эффект, но потом из-за естественных процессов последует обратный эффект. Такие вещи

интересны, так как она радиационно неактивна. Азот практически не поглощается в инфракрасной области; он газ неблагоприятный, но, тем не менее, увидеть его можно лишь с помощью масс-спектрометров, работающих на поверхности планеты. Безусловно, азота на Марсе мало; есть чувство, что он был утрачен в пропорции с углекислым газом, либо еще сильнее.

В эволюции планетных атмосфер есть теория гидродинамического выноса — одна из тех теорий, которые могут объяснить всё (поскольку непонятно ничего). Суть концепции заключается в том, что на раннем этапе Солнце, будучи горячей звездой с интенсивным ультрафиолетовым излучением, вызывало диссоциацию всех газов. Так создавался некий гидродинамический поток, который выносил без разбору всё подряд, не учитывая изотопную массу. Процессы, происходящие сейчас, как правило, зависят от массы участвующих элементов. Тяжелые элементы улетучиваются гораздо сложнее, чем легкие, идет фракционирование: дейтерий накапливается в больших количествах по сравнению с водородом. Азот тоже пострадал от гидродинамического выноса на ранней стадии.

На Земле, видимо, или ситуация была спокойней, или же оценки того, какие запасы летучих веществ были

Деталь рельефа, похожая на ледник, присыпанный грунтом. 3D-реконструкция



— На Марсе есть то, о чем можно говорить определенно, и то, относительно чего можно лишь строить гипотезы. Давайте последовательно. В атмосфере Марса воды очень мало. Как и на Земле, она вымерзает, когда становится холодно. Основные разведанные запасы воды на Марсе находятся в полярных шапках и околополярных

тытаются на воду в предположении, что в приповерхностном слое нефти или других водородосодержащих соединений на Марсе нет. Тут вода уже добавляет несколько метров в объеме: в легкомобилизуемых соединениях водород может быть в форме льда, а может быть и в форме гидротированных минералов. Как и в случае с адсорбированным углекислым газом, такие прицепившиеся молекулы воды получить обратно трудно.

Кстати, здесь есть интересная гипотеза. У поверхности Марса могут стабильно существовать клатраты, соединения воды и углекислого газа: молекула  $\text{CO}_2$  окружена молекулами  $\text{H}_2\text{O}$ . Есть ли они там на самом деле или нет — задача для будущих исследователей. Но даже если Марс забит этими клатратами, даже если их удастся обнаружить вместо водяного льда, то большого объема углекислого газа в этих экзотических соединениях не найти. По отношению к нашим двум-трем атмосферам этот  $\text{CO}_2$  не сыграет большой роли.

В общей сложности 30 м разведанной воды — запас ощутимый, этот объем можно разлить по всей поверхности Марса.

— Может, я ошибаюсь, но, по моему, некоторые формы марсианского рельефа интерпретируются как присыпанный ледник. Так ли это?

— Не возьмусь сказать нет: тут лучше расспросить специалиста по геоморфологии. Я не читаю подряд всю литературу на эту тему, но ничего сенсационного мне не попадалось. Но формы, оставшиеся от ледников, совершенно точно есть. Среди новостей по этому поводу стоит упомянуть новую статью группы Игоря Митрофанова, указывающую на очень высокое содержание льда в экваториальной области в долинах Маринер<sup>2</sup>. Если это еще как-то независимо подтвердится, то, действительно, может обнаружиться присыпанный ледник. Пока что же это лишь косвенное измерение.

Вероятно, на Марсе есть больше воды, чем предполагается, поскольку гидратированные минералы и какие-то скрытые ледяные отложения, которые не очень четко можно зафиксировать радаром, могут быть глубже. Нейтронные данные идут только по самой поверхности; радары в случае, если нет четкой границы льда и грунта, не дают стопроцентной уверенности, так что 30 м — оценка явно нижняя. Другие оценки могут давать и 500 м, и даже целый километр общего содержания воды, но это скорее резервуары глубинные, не связанные непосредственно с поверхностью. Такие оценки, в принципе, совпада-

ют с оценками геологическими, утверждающими, что на Марсе когда-то были формы рельефа, размыты, русла рек, долины. Это коррелирует с полукилометровыми оценками толщи марсианской воды в то время.

— Возможны ли колонии на Марсе, по вашим собственным ощущениям? Возможна ли постоянная жизнь на планете, пуск и в закрытых помещениях?

— Безусловно. Колония в том же понимании, как на Антарктиде, возможна: постоянные научно-исследовательские поселения на Марсе — это реальность. Как они будут выглядеть, сказать трудно, ведь надо как-то защищаться от радиации, от плохих погодных условий, но это выглядит вполне реальным и представляется достойной целью для человечества, продвижением за границы нашей Земли-матушки. Переселения или какие-то расселения на Марсе же пока что, по моему, остаются далеко за пределами разумного понимания.

— Нет, конечно же, речь об обычной жизни не идет. Но считаю, что было бы здорово, если бы на Марсе существовала в значительной степени самостоятельная колония: от Земли, пуск, будет в чем-то зависеть, но такая зависимость должна быть минимальной.

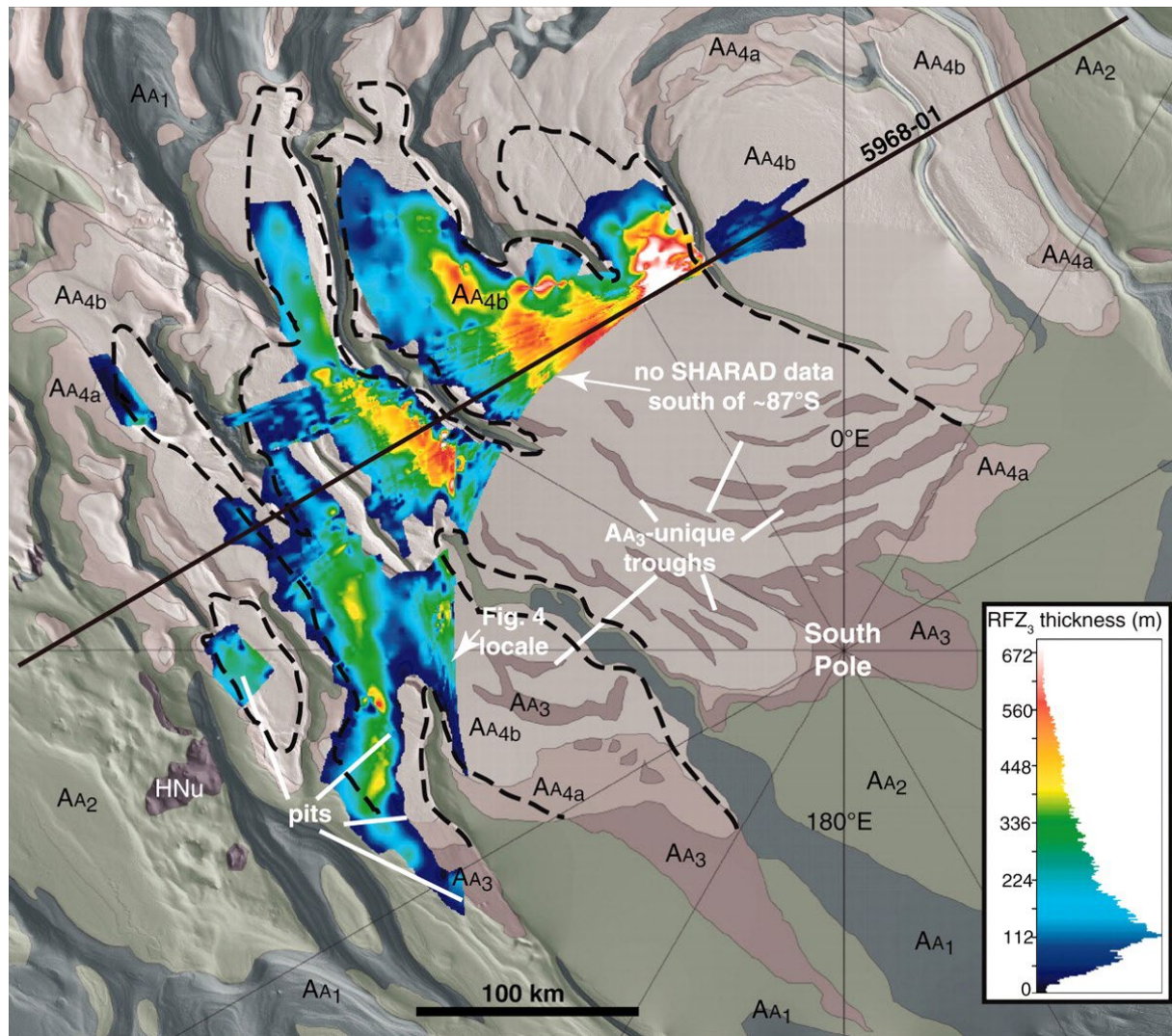
— Это мне кажется совершенно разумным. Надеюсь, на Марсе можно будет обеспечить снабжение водой — важнейшим ресурсом, из которого при наличии энергии можно получать воздух для дыхания. После чего развивать небольшую замкнутую экосистему, поскольку грунт на Марсе есть, и он достаточно плодороден — всё, как в романе и фильме «Марсианин». Единственное, мне кажется, надвунные жилища, как в фильме, вряд ли спасут будущих исследователей от напастей: придется соорудить нечто более фундаментальное. Усилия, которые делаются в отношении Луны, могут послужить хорошим предварительным шагом: если удастся построить что-то более-менее посещаемое на Луне, то и в отношении Марса схожие проблемы разрешатся достаточно просто.

— Резюмируем: терраформировать Марс возможно теоретически, но на практике это выливается в безумные сроки, а вот жить — можно.

— Жить можно... Есть термин *ecopoiesis* — создание экосистемы на безжизненной планете, переходный этап между исследованием и терраформированием. Вот к этому этапу и следует стремиться. А в разумные сроки изменить Марс, как и любую другую планету Солнечной системы, реальным не представляется.

— На этом, наверное, и закончим нашу беседу. Большое спасибо! До свидания, а тем, кто нас слушает, — спасибо за внимание!

— И вам большое спасибо! Рад был побеседовать. До свидания. ♦



Радарные исследования залежей углекислого льда в южной полярной шапке

требуют более детального исследования. Есть подробные палеоклиматические модели, в которых пытаются чем-то пожертвовать, получив возможность гонять модель на длительные сроки — на десятки миллионов лет.

— Вопрос вдогонку: куда делся азот? Наверняка на Марсе он изначально был. Вроде бы  $\text{N}_2$  — молекула достаточно тяжелая. Элемент убежит из-за недостаточной гравитации или из-за солнечного ветра?

— Куда делся азот на Марсе, сказать трудно. Сейчас я на это не готов ответить. Мы пытаемся судить о воде по отношению изотопов. По кислороду ситуация более проблемная, по углероду же есть неплохие измерения. Что касается азота, то трудно сказать, сколько его было и куда он ушел. С точки зрения формирования климата эта молекула неин-

в начале, не совсем точны. Процессы конденсации летучих веществ на внутренних планетах тоже могли происходить немножко по-другому, чем представляется.

— Да, но есть и простейшая, вульгарная точка зрения: казалось бы, что чем дальше от Солнца, тем больше должно быть летучих...

— Да, чем дальше от Солнца, тем больше льдов, сохранившихся в спутниках и кометах, которые, в свою очередь, могут содержать азот. Тут, наверное, имеет смысл спросить, что происходило с элементами, у специалиста по космогонии. Я затрудняюсь прокомментировать профессионально...

— Хоть и понятно, что без углекислого газа жидкой воды не будет, но все-таки: сколько ее в виде льда? На Земле — слой 2 км, а на Марсе?

областях — примерно там же, где и залежи углекислого газа. Но здесь ситуация немного другая: основной запас марсианской воды приходится на северную полярную область. Северная полярная шапка напращивается на аналогию с антарктическим ледяным щитом: ее толщина доходит до 3,5 км. Очень хороший, мощный ледник; опять же, радары позволяют прекрасно видеть, где кончается лед и начинается грунт. Измерения весьма точны — в марсианской северной полярной шапке содержится около 20 м воды (глобального сферического слоя). Суммарно количество воды по ледникам примерно такое же, включая незначительную прибавку воды, разведанной приборами (Mars Odyssey, TGO ECHO Mars) методом нейтронного каротажа, поверхностной гидратации грунта. Глубина, на которую видят такие приборы, составляет 1–2 м. Небольшое содержание водорода пересчи-

<sup>2</sup> Mitrofanov I., Malakhov A., Djachkova M., Golovin D., Litvak M., Mokrousov M., Sanin A., Svedhem H., Zelenyi L. The evidence for unusually high hydrogen abundances in the central part of Valles Marineris on Mars // *Icarus*, Vol. 374. 2022. DOI: 10.1016/j.icarus.2021.114805.



# Автаркия — невыученный урок XIX века



Олег Губарев

Олег Губарев

История — это классная дама, которая наказывает за невыученные уроки.

Владимир Май

Давний печальный опыт изоляции от мировой торговли и попыток «импортозамещения» знаком многим европейским странам, в частности Великобритании и Германии.

В XIX веке, после отмены в Великобритании так называемых хлебных законов, игравших роль таможенных барьеров, был сделан первый шаг к свободной торговле. В стране был введен режим фритредерского неограниченного капитализма. Результаты превзошли все ожидания. Детская смертность — бич средневековой Англии — снизилась в пять раз. Началось развитие науки и технологий. Появление ткацкого станка привело к развитию массового мануфактурного производства. Из учебников советского времени мы знаем, что мануфактурное производство эксплуатировало более дешевый женский и детский труд. И это было действительно так.

Но это также означало, что впервые в истории у женщин появились собственные накопления, что освобождало их от домашнего семейного рабства. Теперь Англия производила на экспорт только те товары, которые могла с большой прибылью выпускать качественно и по дешевым ценам.

\*\*\*

Конечно, ситуация в стране, стремящейся к изоляции, может быть смягчена параллельным импортом из стран, продолжавших торговать со страной в режиме автаркии. Экономическая изоляция никогда не может быть полной. Но эти «дружеские» страны, отслеживающие катастрофическую экономическую ситуацию соседа, попавшего в трудное положение, будут диктовать ему свои условия поставок. И на эти условия придется соглашаться.

Германия выдерживала этот экономический режим до 1918 года, но перед ней вставал вопрос, насколько хватит золотовалютных резервов и сколько еще можно нести на себе бремя автаркии и, как сейчас говорят, «импортозамещения».

На последнем этапе на рынке появились — как средство преодоления дефицита — так называемые эрзац-продукты. Яичный порошок вместо яиц, кофейный напиток вместо кофе, сахарин вместо сахара и т. п.

\*\*\*

Тогда, в XIX и начале XX века, не могла прийти в голову мысль, что с помощью режима автаркии можно развивать свою экономику. В экономике точно так же, как и в естественных науках, таких, как физика и химия, действуют непреложные законы, и действие этих законов столь же неотвратимо, как и действие законов гравитации. Экономисты XIX века открыли эти законы и следовали им. Адам Смит, Жан-Батист Сэй и другие экономисты просвещенного XIX века в своих трудах описывали их действие. К сожалению, в XX века многие так называемые экономисты принялись изобретать особую терминологию, использующую эвфемизмы, чтобы всячески затушить действие этих законов<sup>1</sup>. В наши дни наряду с термином «импортозамещение» стали появляться такие термины, как «импортоопережение», и попытки на псевдонаучном уровне представить убыточное «импортозамещение» как средство развития региональной промышленности<sup>2</sup>, а между тем действие экономических законов остается столь же неумолимым, как и прежде. И необдуманные решения в области экономики вызывают определяемые этими законами заранее ожидаемые последствия. И как бы ни старались экономические «эксперты» доказать, что эти законы уже не действуют и что их действия можно избежать, «невидимая рука» Адама Смита<sup>3</sup> продолжает работать и в XXI века так же, как в XIX. Любые попытки представить убыточное производство как средство развития экономики заранее обречены на неудачу. Урок XIX века так и остался невыученным. ♦

<sup>1</sup> Рэнд А. Капитализм. Незнакомый идеал. — М.: Альпина Паблишер, 2011

<sup>2</sup> Гулин К.А. и др. Импортозамещение как инструмент активизации социально-экономического развития территорий // Проблемы развития территории, Выпуск № 3 (77), 2015. С. 7–25

<sup>3</sup> Смит А. Исследование о природе и причинах богатства народов. — М.: Эксмо, 2016

# Атаки на семантические сети и машинное обучение: нарративы, шутки и угрозы



Александр Поддьяков

Александр Поддьяков, докт. психол. наук

Начну с забавного фрагмента книги Марины Райкиной «За кулисами. Москва театральная»:

«Из суфлерской же будки видно и слышно такое, что даже опытный зритель не заметит. Например, заговор мастеров против новичков. Их любил устраивать любитель публики Василий Топорков. Спектакль „Лиса и виноград“. Эзопа поймали, привели в дом хозяина и кричат: „Привели Эзопа под стражей!“ И вот Топорков, который играет Эзопа, на репетиции подходит к молоденькой артистке, исполняющей роль служанки, и на полном серьезе говорит ей: „Деточка, поверьте мне, старому опытному артисту, такое бывает: если вы говорите «привели Эзопа под стражей», то зритель слышит...“».

Что именно слышит зритель по версии Топоркова, излагаемой им в дружеской манере молоденькой артистке, я предлагаю читателям дочитать самим<sup>1</sup>, поскольку я пока не употребляю этого слова в письменных публикациях.

Вообще, в театральной среде нередко рассказывают истории о розыгрышах, когда молодого актера более опытные партнеры предостерегают перед выходом на сцену: «Ты там не скажи... вместо...» (за «не скажи» идет неправильное слово или смешно переименованная реплика). И именно то, от чего якобы отговаривали, на сцене закономерно и произносится — на радость советчику и залу. Другой вариант — неправильная подсказка от суфлера, решившего, например, проучить зазнавшегося актера или актрису. Еще цитата из той же книги<sup>2</sup>:

«В один из вечеров давали „Горе от ума“, где артистка играла Лизу. В заключительном монологе Лизы во втором действии суфлер (по имени Иван, волоочащийся за актрисой. — А. П.) подает:

Ну, люди в здешней стороне!  
Она к нему, а он — ко мне!  
А я... одна лишь я  
любви до смерти трушу!  
А как не полюбить  
суфлерчика Ванюшу!

И артистка, ни о чем не думая, повторяет за ним слово в слово — „суфлерчика Ванюшу“ вместо „буфетчика Петрушу“».

Эти истории — часть более широкого пласта нарративов, восходящих к таким общекультурным формам накопления и передачи социального опыта, как народные сказки. В них нередко представлены ситуации, когда одни персонажи учат других тому, что для последних невыгодно или опасно: Баба-Яга учит Иванушку садиться на лопату, чтобы засунуть его в печь; лиса учит волка ловить рыбу на собственный хвост в проруби, в результате хвост примерзает, и волк его лишается; Братец Кролик учит Братца Лису, как вести себя тому, кто хочет правдоподобно изобразить покойника при появлении друзей, и т. д.

А причем здесь атаки на машинное обучение и семантические сети?

Многим важным системам искусственного интеллекта необходимы большие массивы обучающих примеров. Смогут ли хакеры (не обязательно шутники) организовать «отравляющие атаки» на базы этих примеров или на другие уязвимости интеллектуальной системы (poisoning attacks, adversarial attacks)? Да, оказывается, могут — например, скрыто подгрузив в базу минимальное количество особым образом подобранных примеров и нарушив тем самым процесс эффективного обучения и последующего принятия решений. (Подходящая метафора — минимально необходимая ложечка дегтя для порчи наибольшей бочки меда.)

<sup>1</sup> biography.wikireading.ru/hcbr9yG4WT

<sup>2</sup> biography.wikireading.ru/hp42UiX6hR

Понятно, что порча, «отравление» базы примеров, собранных, например, для обучения распознавания болезни, может иметь серьезные практические следствия для диагностики и лечения. Пока прецеденты именно с медицинскими базами не известны (хотя их возможностью и пугают). Но превентивное исследование возможностей ведется — как и разработка контрмер. Подробнее об этом (без медицины) можно прочитать, например, здесь: Veneramuholovka (2020), Савушкин А. и др. (2021). Вспомним здесь историю 2016 года, когда обучаемый чат-бот Тэй от Microsoft научился от сговорившихся пользователей такому, что разработчикам пришлось довольно быстро его отключить. «Даже если создатель ИИ запрограммирует свое творение на любовь к людям, нет гарантии, что хакеры не смогут получить доступ к системе и настроить бота на совсем другую волну» (Alizar, 2016).

В 1999 году в статье «Философия образования: проблема противодействия» я написал: «Возможными направлениями развития искусственного интеллекта может стать разработка компьютеризованных систем: а) противодействующих обучению других технических систем; б) противодействующих обучению человека; в) обучающихся в условиях противодействия». Судя по статье в англоязычной «Википедии» (Adversarial machine learning), в 1990-х про это еще никто не писал. См. также заключительную часть в (Поддьяков, 2004). Были ли уже тогда конкретные примеры, я не знаю.

Вернемся к театральной сцене. В предлагаемых терминах ложные подсказки, «вредные советы» актеру («Ты там не скажи... вместо...») — это «отравляющая атака» на его внутреннюю семантическую сеть. «Семантическая сеть — это система знаний, имеющая определенный смысл в виде целостного образа сети, узлы которой соответствуют понятиям и объектам, а дуги — отношениям между понятиями и объектами» (Хабаров). В актерских ложных подсказках и советах именно то, от чего якобы предостерегают, становится «отравляющим», «закорячивающим» примером, закрывающим всё остальное за счет неадекватно большого веса в семантической сети. В результате произнесение на сцене озвученного до этого «шутником» неправильного варианта становится очень вероятным.

При этом подчеркнем, что в живом общении людей огромное значение имеют и личные коммуникативные способности «подсказчика», включая невербальную составляющую, а также подверженность выбранной жертвы психологическому влиянию (вообще или только влиянию данного человека в данных обстоятельствах — вероятно, слова Топоркова велят для молодой актрисы больше, чем те же слова младшекурсника из театрального).

Обратимся к моделям. При моделировании отравляющей атаки на виртуальную семантическую сеть речь может идти о влиянии посредством изменения весов узлов и связей. Напрашивающаяся грубая мета-

фора — «дебилизация» сети в отношении возможностей поиска на ней интеллектуальных и креативных решений. Но, теоретически рассуждая, «отравляющая атака» может быть направлена и на неадекватное повышение креативности. Если будущая искусственная семантическая сеть, поддерживающая разработку креативных рекламных слоганов, в результате хакерской атаки начнет выдавать чересчур креативные и потому «дико выглядящие», непонятные для большинства целевой аудитории слоганы, эту атаку тоже можно считать «отравляющей» — интеллектуальная система сильно отклонилась от требуемого оптимума решений.

Взглянем на перспективы историко-социологического исследования этой темы. Анализируя динамику представленности нарративов о ложных советах и подсказках, обучении со злым умыслом в различные периоды и в различных обществах, можно оценить воспринимаемую важность (опасность) этих явлений в общественном сознании. В том числе представляет интерес вопрос, претерпит ли эта динамика изменения в «цифровом обществе». В нем идея троянского обучения (в виде отравляющих атак на системы машинного обучения) органично встраивается в представления о нарастающих возможностях взлома всего и вся — и, вероятно, укрепляет эти представления. Или же динамика представлений не изменится, а просто в массив сюжетов о ложных подсказках и обучении со злым умыслом будет добавлено еще несколько современных подтипов и некоторое количество примеров разной степени забавности-серьезности. На настоящий момент это тоже можно считать вероятным.

Поддьяков А. Н. Противодействие обучению конкурента и «троянское» обучение в экономическом поведении // Психология. Журнал Высшей школы экономики. 2004. № 3. С. 65–82.

conflictmanagement.ru/prognoz-literatura/ Поддьяков А. Троянское обучение в среде «Вредные пчелы» // ТрВ-Наука № 336 от 24 августа 2021 года.

trv-science.ru/2021/08/trojanskoe-obuchenie-v-srede-vrednye-pchely/

Поддьяков А. Философия образования: проблема противодействия // Вопросы философии. 1999. № 8. С. 119–128

Савушкин А., Бенкович Н., Ковальчук А. Как и зачем мы атакуем собственную антиспам-технологию? 20 декабря 2021 года. securelist.ru/attack-on-anti-spam-machine-learning-model-deepquarantine/104174/

Хабаров С. П. Представление знаний в информационных системах. habarov.spb.ru/bz/bz05.htm

Adversarial machine learning. en.wikipedia.org/wiki/Adversarial\_machine\_learning

Alizar. Почему девушка-чатбот от Microsoft поддалась влиянию троллей с 4chan. 25 марта 2016 года.

habr.com/ru/post/392129/

Veneramuholovka. Что нового от MITRE? Атаки на системы машинного обучения. 19 ноября 2020 года.

habr.com/ru/company/dsec/blog/528458/



Рис. В. Шилова





# Удивляющая простота

## О достижениях Джеймса Мейнарда

Максим Королёв, докт. физ.-мат. наук, профессор РАН

Британский математик **Джеймс Мейнард** (James Maynard) — один из четырех лауреатов Филдсовской премии 2022 года. Этой престижной наградой отмечен его выдающийся вклад в науку, который привел к существенному прогрессу в теории распределения простых чисел, а также в теории диофантовых приближений. В этом очерке мы кратко расскажем о наиболее ярких достижениях Мейнарда.



Максим Королёв

### Простые близнецы и другие «сродники»: близкие...

Люди давно обратили внимание на «простых близнецов» — пары вида  $p, p+2$ , в которых каждое из чисел  $p$  и  $p+2$  — простое. Вот несколько таких пар: 3 и 5, 5 и 7, 11 и 13, 17 и 19, 29 и 31. Знаменитая гипотеза о простых близнецах утверждает, что множество таких пар бесконечно. Она не доказана и по сей день, но если она верна, то для бесконечного множества номеров  $n$  мы имели бы равенство  $p_{n+1} = p_n + 2$  и, следовательно,  $p_{n+1} - p_n = 2$ .

Когда задача не поддается решению, разумно «пошевелить» ее условие, ослабить или слегка изменить формулировку. Пусть, например,  $C$  — очень большая постоянная. Верно ли, что множество пар соседних простых чисел, расстояние между которыми не превышает  $C$ , бесконечно?

Теперь мы знаем, что это действительно так. Но путь к этой замечательной теореме оказался отнюдь не прост и потребовал совместных усилий многих математиков. Так, долгое время получалось доказывать лишь гораздо более слабые неравенства вида  $p_{n+1} - p_n \leq A \ln p_n$  со всё меньшим и меньшим значением постоянной  $A$  ( $A < 1$ ). К концу 1980-х годов значение этой константы  $A$  удалось «дожать» примерно до  $1/4$ . Это означало существование бесконечного множества пар соседних простых, расстояние между которыми в четыре раза меньше среднего.

В начале 2000-х годов три математика — **Дэниэль Голдстон**, **Янош Пинц** и **Семом Йилдирим** (Dan Goldston, János Pintz, and Cem Yıldırım) — совместными усилиями совершили настоящий прорыв и доказали, что такое неравенство остается справедливым для бесконечного множества номеров  $n$ , даже если постоянную  $A$  брать сколь угодно малой. Иными словами, можно положить  $A = 10^{-100}$ , и этот факт всё равно останется верным. Правда, граница, за которой встречаются такие пары простых чисел, будет неимоверно велика, но для теории чисел это не принципиально.

Спустя несколько лет тем же авторам удалось получить еще более фантастический результат, заменив правую часть неравенства величиной порядка, близкого к  $\sqrt{\ln p_n}$ . Хотя она исчезающе мала по сравнению с  $\ln p_n$ , от нее до константы  $C$  в ослабленной проблеме близнецов «дистанция огромного размера», а возможности метода, как казалось, уже исчерпаны. Дальнейшее продвижение требовало использования утверждений о распределении простых чисел в арифметических прогрессиях с очень большой разностью, которые и теперь считаются среди недоказанных гипотез.

Но вот в апреле 2013 года научный мир облетела сенсационная новость: американский математик китайского происхождения **Итан «Том» Чжан** (Yitang «Tom» Zhang) придумал способ, которым можно обойти указанную трудность, и доказал существование бесконечного множества простых чисел, разность между которым не превосходит постоянной  $C$ , равной 70 миллионам. Метод Чжана был весьма сложен. Многочисленные последователи внесли в него ряд усовершенствований и смогли снизить значение  $C$  до вполне разумного:  $C = 4680$ . Победа? Безусловно!

Однако ни метод трех авторов, ни метод Чжана (даже с учетом всех возможных улучшений) не могли дать ответа на такой вопрос:

верно ли, что разность между простыми числами, взятыми «через одно», тоже ограничена некоторой (другой) константой для бесконечного множества случаев? Иными словами, верно ли, что  $p_{n+2} - p_n \leq C$  для бесконечного множества простых чисел  $p_n$ ? Интуитивно ясно, что такая задача много сложнее предыдущей, решенной Чжаном: здесь требуется, чтобы не два, а три простых числа оказались рядом. Можно поставить еще более общий вопрос: пусть  $m \geq 2$  — фиксированное целое число. Верно ли, что при некотором значении  $C = C(m)$  разность  $p_{n+m} - p_n$  будет ограничена сверху величиной  $C(m)$  для бесконечного множества номеров  $n$ ?

Спустя месяц после появления работы Чжана Мейнард и независимо от него **Теренс Чи-Шен Тао** (Terence «Terry» Chi-Shen Tao) нашли доказательство этого удивительного факта. Для этого потребовалось внести существенные изменения в один из так называемых методов решета (к слову сказать, эти методы выросли некогда, как из семечка, из того самого решета Эратосфена, которое многим памятно со школьной скамьи). Более того, метод Мейнарда оказался гораздо более простым и гибким, чем метод Чжана. Поэтому неудивительно, что значение постоянной  $C$  для случая  $m = 1$  удалось снизить до 246.

### ...и дальнейшие

А как обстоит дело с прямо противоположной задачей — вопросом о больших расстояниях между соседними простыми числами, или, что то же самое, о промежутках большой длины, в которых все числа — составные? Легко построить, например, промежутки, состоящий из ста подряд идущих составных чисел. Для этого нужно взять число  $101! = 1 \times 2 \times 3 \times \dots \times 99 \times 100 \times 101$  — факториал от 101, то есть произведение всех натуральных чисел от 1 до 101. Тогда несложно проверить, что все числа  $101! + 2, 101! + 3, \dots, 101! + 100, 101! + 101$  — составные. Ясно, что число 100 можно заменить любой постоянной. Но можно ли заменить его какой-нибудь функцией, растущей вместе с  $p_n$ ?

Еще лет сто назад было доказано, что разность  $p_{n+1} - p_n$  может превышать свое среднее значение в  $B > 1$  раз, где значение постоянной  $B$  время от времени удавалось увеличить. В 1931 году был получен принципиально новый результат: оказалось, эта разность может достигать в бесконечном множестве случаев величины  $f(p_n) \ln p_n$ , где  $f(x)$  — некоторая монотонная функция, которая с ростом  $x$  стремится (хотя и крайне медленно) к бесконечности. Эту теорему неоднократно уточняли, заменяя  $f$  чуть быстрее растущей функцией, но принципиальных сдвигов в этой задаче не наблюдалось аж с 1938 года. Неудивительно, что великий математик **Пал Эрдёш** (Erdős Pál) назначил премию в 10 тыс. долл. тому, кто добьется в ее решении существенного прогресса.

В августе 2014 года Мейнард и независимо от него группа из четырех математиков — **Теренса Тао**, **Кевина Форда**, **Бена Грина** и нашего выдающегося соотечественника академика **Сергея Владимировича Конягина** — совершили долгожданный прорыв. Их работы появились в открытом доступном электронном архиве препринтов arXiv.org с разницей в один день! Вскоре, объединив усилия, теперь уже пять авторов доказали, что

$$p_{n+1} - p_n \geq c(\ln p_n) \frac{(\ln \ln p_n)(\ln \ln \ln p_n)}{\ln \ln \ln p_n}$$

для бесконечного множества пар соседних простых ( $c > 0$  — некоторая постоянная). Что может сказать этот результат неискушенному читателю? Логарифм растет очень медленно, логарифм от логарифма — тем более. Здесь мы видим аж четвертую его итерацию. Всё это — свидетельства той непростой борьбы за нынешний результат, в которой каждый шаг (читай: каждая итерация логарифма) давался тяжелым трудом.

### Пропущенные цифры

Еще одно замечательное достижение Мейнарда — теорема 2019 года о простых числах с «пропущенными цифрами». В привычной для нас десятичной системе счисления всякое неотрицательное целое число  $m$  представляется в виде

$$m = 10^{n-1}a_{n-1} + \dots + 10a_1 + a_0$$

где  $a_i$  — не что иное, как цифры, которыми записывается  $m$ . Например,  $365 = 3 \times 10^2 + 6 \times 10 + 5$ . Каждая цифра независимо от других принимает десять значений (от 0 до 9). Стало быть, общее количество неотрицательных чисел из  $n$  цифр (или, что то же самое, меньших  $X=10^n$ ), равно  $10 \times 10 \times \dots \times 10 = 10^n$ .

Теперь представим себе, что нам запрещено использовать одну из цифр (скажем, семерку). Сколько получится тогда чисел? Нетрудно сообразить, что их будет уже меньше:  $9^n$ . Но

$$9^n = (10^{\log_{10} 9})^n = (10^n)^{\log_{10} 9} = X^{\log_{10} 9} = X^{0.954\dots}$$

Заметим, что  $0.954\dots < 1$ . Иными словами, числа, в десятичной записи которых нет семерки, являют собой пример «редкой» последовательности. Число ее членов, не превосходящих  $X$ , существенно меньше количества  $\pi(X)$  простых чисел на том же промежутке. Можно поставить такой вопрос: а есть ли в ней простые числа? Задача является необычайно трудной: простые числа трудно «уловить» даже в своей естественной «среде обитания» — ряде натуральных чисел.

Тем не менее, исследование арифметических свойств таких последовательностей началось еще в 1950-е годы в работах **А.О. Гельфонда** и других авторов. Одна из значимых вех на этом пути — статьи **Сесиль Дартиж** и **Кристиана Модюи** (Cécile Dartyge, Christian Mauduit) 2000–2001 годов. Сочетая уже упоминавшиеся методы решета с другим мощным инструментом теории чисел — круговым методом, — они доказали, что такая последовательность (числа без семерки в записи) содержит бесконечно много так называемых почти простых чисел, то есть чисел, имеющих не более двух простых делителей.

Дополнив методы Дартиж и Модюи принципиально новыми соображениями (геометрия чисел, аналогии с марковскими процессами и пр.), Мейнард доказал, что слово «почти» в вышеприведенной формулировке можно опустить. Разумеется, цифра 7 в теореме Мейнарда может быть заменена любой другой из оставшихся девяти цифр.

Подобные вопросы можно ставить и для системы счисления по любому основанию  $g \geq 2$ : чем меньше  $g$ , тем сложнее задача. Скажем, в случае  $g = 2$  в нашем распоряжении имеется всего две цифры: 0 и 1. Запретив ноль в двоичной записи, получим последовательность чисел Мерсенна, т.е. чисел вида  $1 + 2 + 2^2 + 2^3 + \dots + 2^{n-1} = 2^n - 1$ . Вопрос о том, конечно или нет множество простых Мерсенна, остается открытым более четырех столетий и, по всей видимости, пребудет в этом статусе еще очень долго.

\*\*\*

Теоремами о малых и больших расстояниях между соседними простыми числами, о простых в редкой последовательности не исчерпывается вклад Мейнарда в теорию чисел: многое осталось «за кулисами» нашего рассказа, например, доказательство (совместно с **Димитрисом Кукулопулосом**) знаменитой гипотезы Даффина — Шеффера из иной области — диофантова анализа. Мы рассказали лишь о самых ярких достижениях. Важно отметить, что ценность созданных Мейнардом методов не только в решении перечисленных частных (хотя очень трудных и красивых!) задач. Они открыли широкое поле деятельности для большого числа математиков всего мира, совокупные усилия которых на наших глазах преображают теорию чисел, и потенциал этих методов далеко не исчерпан.

В коллаже использовано фото Джеймса Мейнарда с сайта [ox.ac.uk](http://ox.ac.uk)



# Полярник, «контрабандой» вырвавший рекорд из рук англичан



На Южном полюсе: Амундсен, Хельмер Хансен, Сверре Хассель и Оскар Вистинг. Фото Олафа Бьоланда, декабрь 1911 года

**150 лет знаменитому норвежскому путешественнику Амундсену, покорившему Южный полюс и первым побывавшему на обоих полюсах планеты**

Максим Борисов

## «С огромным облегчением покинул я университет»

Руаль Энгельбрегт Гравнинг Амундсен (Roald Engelbregt Gravning Amundsen) родился 16 июля 1872 года в семье потомков норвежско-шведских крестьян, генеалогия которых прослеживается с XVII века. В семье он оказался четвертым из двенадцати детей, рос среди многочисленных братьев и сестер, в школе стабильно считался худшим из учеников, с трудом получил аттестат зрелости, зато с раннего детства занимался спортом, прежде всего гимнастикой, славился своим упорством и обостренным чувством справедливости.

Отец Руаля — Йенс Амундсен — сумел разбогатеть на Крымской войне с Россией 1853–1856 годов — поставлял зерно и фураж британским и французским войскам, корабли Амундсенов использовались и для перевозки англичан при осаде Севастополя. Кроме того, Йенс Амундсен доставлял на Кубу из Китая дешевую рабочую силу — батраков-кули. Во время одного из бунтов этих кули он вынудил их повесить своего вожака, что свидетельствует о весьма незаурядном и тяжелом характере Йенса. Отец Руаля умер, когда будущему полярнику шел пятнадцатый год, так что дальнейшей его судьбой стала распоряжаться мать — не менее властная особа. Она настояла, чтобы будущий путешественник поступил учиться на медицинский факультет Университета Кристиании (Кристианией до 1925 года назывался крупнейший город и столица Норвегии — теперь это Осло).

Амундсен совсем не горел желанием продолжать образование, и как только мать умерла в 1893 году, он немедленно бросил учебу, занявшись тренировками и подготовкой к карьере путешественника. Ему тогда шел 22-й год и в своей автобиографии он писал об этом так: «С огромным облегчением покинул я университет, чтобы всецело предаться осуществлению мечты моей жизни».

Впрочем, как руководителю экспедиций ему всё же пришлось осваивать множество специальностей, включая не особо любимые им науки (многие исследователи отмечают, что по сравнению с прочими известными полярниками экспедиции Амундсена не могли особо похвастаться научными достижениями, нацеливаясь в первую очередь на спортивные и технические рекорды, которые могли впечатлить широкую публику и спонсоров, — об

этом же говорят его довольно бесхитростные экспедиционные дневники).

Для работы в полевых условиях Руалю пришлось изучить основы земного магнетизма, да и без диплома капитана и без сдачи экзамена пилота самолета ему не удалось бы серьезно продвинуться в своих начинаниях. Тем не менее от чисто научных должностей Амундсен всю жизнь решительно открещивался и вызвал немалое удивление Фритьофа Нансена своим решительным отказом в 1913 году занять пост содиректора Института океанографии. Материалы его экспедиций, разумеется, всё же включали немало сопутствующих научных достижений, но Руаль никогда не обрабатывал их сам, предпочитая перепоручать эту «рутину» своим коллегам.

Непростой характер Амундсена приводил зачастую к досадным конфликтам и ссорам с коллегами и покровителями, однако все отмечали его феноменальную целеустремленность, даже своего рода фанатизм, и при этом необычайный рационализм и расчетливость. Своими успехами экспедиции Амундсена были обязаны тщательному планированию, которое всегда выделяло его среди других путешественников, прежде всего эти он отличался от своего неудачливого соперника — Роберта Скотта<sup>1</sup>. При этом для начальника экспедиции во все времена были чрезвычайно важны лидерские качества: находясь в ледяной пустыне с несколькими бывальыми товарищами, нужно уметь настоять на своем решении, от которого будет потом зависеть жизнь подчиненных.

Еще до покорения Южного полюса 14 декабря 1911 года Амундсен заявил о себе как первый путешественник, проплывший так называемым Северо-Западным проходом — морским путем, ведущим через Северный Ледовитый океан вдоль берегов Северной Америки через Канадский Арктический архипелаг. Его команда впервые преодолела этот путь полностью по воде на моторной яхте «Йоа» в 1903–1906 годах. Много позднее Амундсен пытался также пройти Северо-Восточным морским путем вдоль берегов Сибири, став таким образом первым человеком, совершившим кругосветную экспедицию за Полярным кругом, а затем выступил в качестве одного из пионеров использования

полярной авиации и воздухоплавания. Воздушная трансарктическая экспедиция 1926 года на дирижабле «Норвегия», которой помимо Амундсена руководил американец Линкольн Элсуорт, а капитаном их воздушного судна считался итальянец Умберто Нобиле, не только позволила Руалю считаться первым человеком, побывавший на обоих географических полюсах планеты, но и долгие годы оставалась единственной экспедицией из достигавших Северного полюса, чей результат не ставился под сомнение.

## «Троекратное ура в честь собак»

Однако настоящим «звездным часом» норвежского полярника, несомненно, стала экспедиция к Южному полюсу, состоявшаяся 110 лет назад. Амундсену и его товарищам удалось на месяц опередить отряд капитана британского королевского флота Роберта Скотта и вернуться без потерь, тогда как англичане погибли на обратном пути.

Великая Полярная гонка, включавшая в себя несколько ключевых задач, — покорение земных полюсов различными способами, освоение Северо-Западного прохода и Северного морского пути и др., разгорелась в начале XX века. Тогда многие энтузиасты грезили полярными исследованиями примерно так же, как во второй половине XX века — полетами на Луну и Марс и «космической гонкой». Сам термин «полярная гонка» принадлежит американцу Роберту Пири, одному из претендентов на первенство в покорении Северного полюса, оспаривающему это достижение у другого американца, Фредерика Кука. Употребил Пири его впервые в интервью газете *Daily Mail* 13 сентября 1909 года, как раз комментируя планы экспедиции Скотта на счет Южного полюса, при этом американец полагал, что основное соперничество развернется между представителями двух тогдашних великих держав: «*Можете мне поверить на слово: гонки к Южному полюсу, которые начнутся между американцами и британцами в ближайшие семь месяцев, будут напряженными и перхватывающими дыхание. Таких гонок мир еще никогда не видел*».

Первоначально Амундсен не заявлял о своем стремлении к Южному полюсу, он готовился покорять Северный, однако ему пришлось всё внезапно переиграть, когда 1 сентября 1909 года американец Фредерик Кук объявил о достижении этого места — еще 21 апреля 1908 года. 7 сентября того же года о своем покорении Северного полюса объявил и Роберт Пири: согласно его заявлению, он достиг полюса 6 апреля 1909 года. Оба этих достижения сейчас подвергаются сомнению, однако ввязываться в споры о первенстве Амундсен тогда не стал и уже 9 сентября 1909 года тайно переориентировался на Антарктиду: сделал заказ на приобретение сотни ездовых гренландских лаек и 14 комплектов эскимосской одежды. По мнению британского биографа Роланда Хантфорда, Амундсен таким образом лишил Скотта доступа к гренландским собакам, создав их дефицит, однако известно, что у Скотта всё



Руаль Амундсен в мехе (ок. 1920)

же были собаки, и они даже использовались при заброске продовольствия в промежуточные лагеря, но не в основной экспедиции.

Свои намерения Амундсен до определенного момента скрывал даже от членов собственной экспедиции. Перед выходом в море о его планах знали лишь командиры судна и оставшийся на родине брат, истинная цель похода должна была быть объявлена после единственного захода в порт на острове Мадейра. Кроме всего прочего, Амундсен опасался, что участвовать в полярной гонке за Южный полюс ему прямо запретит норвежское правительство, которое ощущало свою зависимость от Великобритании. Тем не менее в самой Антарктиде члены разных экспедиций уже ничего не скрывали и обменивались визитами: представители команды Скотта бывали в лагере Амундсена в Китовой бухте.

После длительной подготовки с Амундсеном на лыжах к полюсу отправились четверо участников, которых сопровождали свыше полусотни собак, везущих две пары нарт с продовольствием, палатками и т. п. Это произошло 20 октября 1911 года. Начальные 300 км пути были заблаговременно размечены шестами с флагами и прочими вехами, проставленными также между складами для удобства ориентации. Последний из складов полярники посетили 5 ноября в густом тумане, далее их путь пролегал по нехоженой территории. Серьезной проблемой оказывались ледники, которые необходимо было с большим трудом преодолевать. Участников экспедиции беспокоили также обморожения и мелкие стычки друг с другом.

«*Ну и вид был у нас!* — пишет в своих дневниках Амундсен. — *Вистинг, Хансен и я особенно пострадали во время последнего бурана, у каждого из нас левая щека превратилась в сплошную болячку, из которой сочились сукровица с гноем*».

Южного полюса Амундсен и его товарищи достигли 14 декабря примерно в три часа дня. Окружающую равнину они назвали при этом именем норвежского короля Хокона VII. Покорение полюса отпраздновали курением припасенных сигар, затем озабочились тем, чтобы их приоритет никто не подверг сомнениям. Имевшиеся инструменты позволяли определить местоположение с погрешностью в одну милю, и было решено на всякий случай окружить полюс лыжными пробегами с радиусом 10 миль. На самом полюсе оставили палатку с письмами к Роберту Скотту и королю Норвегии, на ее фоне была проведена историческая фотосессия, которую пришлось делать с помощью маленького ручного фотоаппарата, поскольку основной оказался поврежден. Затем все пятеро отправились в обратный путь и почти в планируемое время вернулись к берегу.

Последующий триумф Амундсена после благополучного возвращения на Большую землю был омрачен несколькими трагическими событиями: 9 января 1913 года покончил жизнь самоубийством один из членов экспедиции Ялмар Йохансен, которого Амундсен из-за ссоры не взял с собой покорять Южный полюс. А 11 февраля, после возвращения к цивилизации барка *Terra Nova*, стало известно о гибели экспедиции Роберта Скотта. Тела британцев были обнаружены 12 ноября 1912 года.

Хантфорд назвал Амундсена «Наполеоном полярных стран»<sup>2</sup>, в этом выражении содержится вся неоднозначность отношения британцев к «норвежскому рекордсмену». Его первенство в достижении полюса объясняли внезапным и скрытым от всех маневром — появлением в Антарктиде вместо Арктики, спутавшим планы экспедиции Скотта, собиравшейся готовиться к покорению полюса долго и основательно. И еще весьма жестоким использованием собак, которых по мере продвижения Амундсен и его товарищи просто убивали и скармливали оставшимся животным, да и сами их ели. В базовый лагерь вернулась лишь пятая часть от первоначального количества гренландских лаек. Известно, что на обеде, которое лондонское Королевское географическое общество давало в честь Амундсена, президент этого общества лорд Керзон подчеркнул иронично обиграл то небольшое значение, которое сам Амундсен придавал собакам в своей экспедиции, — в завершении своего спича он призвал всех прокричать «*троекратное ура в честь собак*».

## «Мы были у полюса и умрем как джентльмены»

Капитан королевского флота Великобритании Роберт Фалькон Скотт и четыре его спутника достигли Южного полюса 17 января 1912 года. Там они обнаружили, что норвежские полярники опередили их более, чем на месяц. Таким образом, широко разрекламированная в мировой прессе Британская антарктическая экспедиция, или, как ее еще называли по имени экспедиционного судна, экспедиция *Terra Nova*, пришла к полюсу второй, потерпев поражение в полярной гонке от скрытного Амундсена. Разумеется, это стало большим ударом для британцев — ведь помимо научных исследований важнейшей целью было всё же «*достижение Южного полюса, с тем, чтобы честь этого свершения доставить Британской империи*» — а ведь уже в предвоенные годы империя постепенно утрачивала свой авторитет. Впрочем, со временем эта экспедиция капитана Скотта не только не забылась, но и стала настоящей легендой, пожалуй, даже затмив достижение Амундсена ввиду исключительного трагизма всей этой истории и яркости дневниковых записей британцев, контрастировавших

<sup>1</sup> [gazeta.ru/science/2022/01/17/14425021.shtml](http://gazeta.ru/science/2022/01/17/14425021.shtml)

<sup>2</sup> [gazeta.ru/science/2021/12/13\\_a\\_14311249.shtml](http://gazeta.ru/science/2021/12/13_a_14311249.shtml)



► на фоне незамысловатых дневников самодельного Амундсена.

В ходе британской экспедиции, стартовавшей в июне 1910 года, для передвижения первоначально предполагалось использовать техническую новинку — мотосани. Они были завезены в количестве трех штук, и первые утонули еще при разгрузке судна. Альтернативой могли служить низкорослые маньчжурские лошади (их называли «пони») и собаки, в которых Скотт почему-то быстро разочаровался. С мыса Эванс 24 октября 1911 года сначала отправились 11 человек, из которых непосредственно на штурм полюса должны были выйти лишь четверо. Преимуществом Скотта перед Амундсеном был разведанный большей частью маршрут, но у норвежцев путь был чуть короче.

Двигатели мотосаней вскоре сломались, и их пришлось бросить, пони тоже не выдержали суровых арктических условий и были застрелены, а собачьи упряжки отправились назад вместе с группой поддержки. 10 декабря команда Скотта, куда он в последний момент включил еще одного дополнительного человека, на которого даже не взяли провианта, начала восхождение на ледник Бирдмор с тремя санями, влекомыми самими членами экспедиции.

В отличие от Скотта, Амундсен сразу решил использовать для покорения Южного полюса собачьи упряжки. И еще 16 января, заметив множество собачьих следов — за 33 дня их почему-то так и не занесло снегом, — Скотт записал в своем дневнике: «Сбылись наши худшие или почти худшие опасения... Вся история как на ладони: норвежцы нас опередили! Они первые достигли полюса. Ужасное разочарование! Мне больно за моих верных товарищей... Конец всем нашим мечтам. Печальное будет возвращение». Однако худшее было еще впереди: весь отряд британцев должен будет погибнуть при возвращении с полюса, проведя на антарктическом леднике 144 дня. Причем гибнуть товарищи капитана Скотта начали ровно через месяц после достижения полюса, когда норвежцы уже давно и вполне благополучно вернулись в свой базовый лагерь — они достигли берега еще 25 января. В момент достижения полюса британцами Амундсен был еще в пути, и у Скотта оставались призрачные шансы по крайней мере первым объявить о своем достижении.

17 января англичане, достигшие полюса, принялись его также «окружать» следами по примеру норвежцев. Они прошли одну милю прямо и три мили в правую сторону. А на следующий день обнаружили палатку с укрепленным над нею норвежским флагом, которую оставил Амундсен («Пульхейм»). В ней нашли письма, обращения, в частности, к ним самим — с просьбой передать весть норвежскому королю в том случае, если команда Амундсена по какой-либо причине не вернется из экспедиции.

«Дорогой капитан Скотт, — писал Амундсен, — поскольку вы, вероятно, станете первым, кто достигнет этого места после нас, я любезно прошу направить это письмо королю Хокона VII. Если вам пригодятся любые из вещей в этой палатке, не стесняйтесь их использовать. С уважением желаю вам благополучного возвращения. Искренне ваш, Руаль Амундсен». Из писем также выяснилось, что норвежских полярников тоже было пятеро. Кое-что из оставленных ими вещей действительно пригодилось британцам — в частности, запасные рукавицы. «Мы воздвигли гурий, водрузили наш бедный обожженный английский флаг и сфотографировали себя. На таком морозе сделать всё это было нелегко», — написал по этому поводу Скотт.



Роберт Скотт со своей экспедицией, 1912 год

Когда британцы отправились в обратный путь, сразу же случилось резкое ухудшение погоды — поднялся снежный буран и температура опустилась до −30 °С. «Великий Бог! Это страшное место, а нам и без того ужасно сознавать, что труды наши не увенчались завоеванием первенства. Конечно, прийти сюда тоже что-нибудь да значит, а ветер завтра может стать нашим другом! Теперь — рывок домой и отчаянная борьба за право доставить весть первыми. Не знаю, выдержим ли мы?» — писал капитан Скотт.

Запасов продовольствия и топлива не хватало. А 2 февраля Эдгар Эванс очень сильно ударился головой при падении в трещину. К тому же еще на пути к полюсу он порезал руку, и эта рана со временем нагноилась. «Эванс как-то тупеет и становится ни к чему не способным», — записал в своем дневнике Скотт.

Роланд Хантфорд описывал Эванса как самого сильного члена экспедиции, «огромного упитанного человека с бычьей шеей и пивным животом», любившего покутить. При погрузке на судно в Новой Зеландии Эванс был пьян, упал в воду и чуть было не подвергся увольнению, однако позже сумел завоевать расположение Скотта и попасть в состав «полюсной партии». Между тем Эванс передвигался всё хуже, вел себя неадекватно и в конце концов 17 февраля, у подножия ледника Бирдмора, в очередной раз упав и потеряв сознание, спустя несколько часов умер — вероятно, от последствий сотрясения мозга, общего истощения и цинги. Полярников осталось четверо, и гибель самого сильного члена экспедиции, пусть и не офицера, действовала на них угнетающе.

Очередной жертвой стал Лоуренс Отс, который страдал из-за сильнейшего обморожения ног и нещадно задерживал спутников. Его не бросали, но в конце концов сам Отс на очередном привале вышел из палатки в буран без обуви и отправился умирать, чтобы дать шанс спастись остальным, сказав на прощание: «Только выйду на воздух. Может быть, не скоро вернусь». Это произошло 15 марта, спустя почти два месяца обратного пути.

21 марта Роберт Скотт и его уцелевшие товарищи — Эдвард Уилсон и Генри Бауэрс — в буран остановились всего в 20 км от финального склада с продовольствием и другими припасами — так называемого Склада одной тонны, — однако были так истощены, что не могли сдвинуться с места и ждали окончания непогоды. 29 марта Скотт сделал последнюю запись в дневнике: «Каждый день мы собирались отправиться к складу, до которого остается 11 миль, но за палаткой не унимается метель. Не думаю, что мы можем теперь надеяться на лучшее. Будем терпеть до конца, но мы слабеем, и смерть, конечно, близка. Жаль, но не думаю, что смогу писать еще. Ради Бога, не оставьте наших близких!»

Для оставшихся у берега вскоре стало совершенно ясно, что группа Скотта погибла, так как у них должен был кончиться весь провиант. Однако поисковая группа сумела найти палатку полярников и их дневники лишь спустя семь с половиной месяцев, 12 ноября 1912 года. И только в феврале 1913 года весь мир нако-

нец узнал о судьбе британской экспедиции — задержка объяснялась еще и тем, что по условиям контракта информация не должна была просочиться преждевременно, да к тому же родные погибших должны были узнать обо всем из первых рук.



Terra Nova (Herbert Ponting)

Тела Скотта и его товарищей так и остались в Антарктике. Импровизированный мавзолей, созданный участниками поисковой группы, давно исчез, погребенный под скопившимся снегом, медленно сползая к Южному океану по мере того, как движутся к морю все ледяные поля.

## Слава «архетипического британского героя»

Обнаруженные после трагической гибели экспедиции дневники Скотта перевернули всю историю, не только сместив основную значимость «полярной гонки» с Северного полюса на Южный и осложнив норвежско-британские отношения, но и сделав так, что в глазах публики слава капитана Скотта, по выражению того же Хантфорда «архетипического британского героя», затмила славу первооткрывателя Амундсена, а сравнение подходов организации экспедиций Скоттом и Амундсеном — и личных качеств их руководителей — стало предметом бесчисленных обсуждений и споров, не закончившихся и по сей день. При всех достижениях дневники самого Амундсена были признаны суховатыми и невыразительными, а сопутствующие научные достижения — менее основательными.

Несмотря на то, что основной целью обеих экспедиций при всех оговорках было первенство в достижении Южного полюса, британцы всё же более основательно отнеслись к научным исследованиям — провели изрядное количество метеорологических и гляциологических наблюдений, собрали множество геологических образцов с ледниковых морен и отрогов Трансантарктических гор, запускали воздушные шары-зонды для исследований атмосферы, изучали жизнь императорских пингвинов на мысе Крозье и поведение геомагнитного поля. Метеорологические наблюдения вкупе с данными Шеклтона и Амундсена позволили судить о присутствии возле Южного материка антарктического антициклона в летний период. За научную программу отвечал прежде всего Эдвард Уилсон, погибший вме-

сте с капитаном Скоттом. Особенно большое впечатление на британцев произвело то, что даже выбываясь из сил члены экспедиции до последнего волокнили сумку с 15 кг геологических образцов, собранных в скалах; она так и осталась лежать возле замерзшего Скотта.

В составе участников экспедиции Антон Омельченко прошел с полюсной командой до середины ледника Росса, а каюр Дмитрий Гирев не только сопровождал экспедицию Скотта до 84° ю. ш., но и впоследствии участвовал в ее поисках.

В еще одной записке, найденной на теле Скотта в ноябре 1912 года и адресованной сэру Эдгару Спейеру<sup>3</sup>, казначею комитета по сбору средств на экспедицию, было написано: «Надеюсь, это письмо дойдет до вас. Боюсь, что нам придется умирать, а это поставит экспедицию

до ее начала отвечать за все работы по ремонту и оснащению оборудованиям экспедиционного судна. Он же занимался и устройством продовольственных складов.

В последний момент Скотт отдал устный приказ, который противоречил прежним письменным документам и инструкциям, составленным до отхода к полюсу, и касался возможной встречи его отряда. Из подлинных дневников и некоторых других свидетельств следует, что Эванс эти новые указания Роберта Скотта не исполнил. Австралийский исследователь Крис Тёрни<sup>4</sup> из Университета Нового Южного Уэльса пришел к выводу, что действия Эванса можно квалифицировать либо как непрофессионализм, либо как саботаж. И, возможно, именно Эванс повинен в том, что у группы Скотта не хватало керосина и провианта на обратном пути. Более того, Эванс вносил поправки в опубликованные документы, чтобы скрыть некоторые свои действия, но всё это замалчивалось официальными лицами в Великобритании, и только будущие архивные поиски, возможно, позволят разобраться во всей этой запутанной истории.

Тем временем Амундсен уже давно принимал поздравления в связи с успешным завершением своей экспедиции и разъезжал по всей Европе с лекциями и выступлениями. Когда он узнал о судьбе Роберта Скотта и его товарищей, то заявил: «Я пожертвовал бы славой и всеми деньгами, сумей таким путем уберечь Скотта от ужасной гибели». Однако в письмах брату он признавался: «Печальная судьба Скотта вызвала необыкновенный интерес к моим докладам. Посещаемость, которая начала была падать, снова взлетела на недосягаемую высоту».

Впрочем, и свою собственную гибель Амундсен нашел тогда, когда вопреки собственной же практичности и расчетливости бросился в 1928 году на поиски пропавшей экспедиции еще одного своего соперника и бывшего партнера, которого долго до этого ругал в дневниках, — итальянского генерала Умберто Нобиле. Нобиле совершал полет на дирижабле к Северному полюсу и пропал на обратном пути. Экспедицию удалось найти и спасти — в основном, с помощью советских летчиков и советского ледокола «Красин». А вот Амундсен, вопреки собственным принципам, почти спонтанно отправившийся на поиски Нобиле на самолете, не предназначенном для подобных полетов, навсегда пропал в Арктике. Тела его так и не нашли, и днем его смерти считается 18 июня 1928 года. ♦

в скверное положение. Но мы были у полюса и умрем как джентльмены. Жалею только оставляемых нами женщин... Если этот дневник будет найден, то он покажет, как мы помогали умирающим товарищам и боролись до самого конца. Я думаю, это покажет, что дух мужества и способность переносить страдания не покинули нашу расу... Никого не придется винить, и я надеюсь, что не будет предпринято никаких попыток в смысле указания на отсутствие поддержки нам».

Впрочем, в последние годы у исследователей возникли острые вопросы к некоторым организаторам экспедиции, в частности, к капитану Эдварду Эвансу, ставшему со временем адмиралом Королевского военно-морского флота Великобритании. Эдвард Эванс не связан никакими родственными связями с Эдгаром Эвансом, а вот мыс Эванс был назван Робертом Скоттом именно в его честь. С февраля 1913 года он руководил всей экспедицией после Скотта, а еще

<sup>3</sup> diletant.media/articles/42021655/

<sup>4</sup> cambridge.org/core/journals/polar-record/article/abs/why-didnt-they-ask-evans-a-response-to-karen-may/AEE76149F5EF7C4D966D4C0662655C37



Амундсен у своего самолета Dornier, 1925 год («Википедия»)





# Ex optogenetic lux<sup>1</sup>

Наталья Ивлиева, нейрофизиолог

Ранее мы говорили о том, насколько многогранен медиатор дофамин<sup>2</sup>, с какими явлениями он связан, но принципиальным остается вопрос о причинно-следственных связях между активностью дофаминовых нейронов и определенным поведением. Более или менее удовлетворительные ответы на такого рода вопросы может дать метод локальной стимуляции мозговых структур. При электрической стимуляции головного мозга в определенном участке раздражаются одновременно все клетки: это могут быть и возбуждающие нейроны, и тормозные, могут быть клетки, направляющие свой сигнал в другие отделы мозга, а могут быть интернейроны. Также это могут быть проводящие пути, принадлежащие клеткам, находящимся далеко от места стимуляции и не имеющим отношения к области стимуляции. Как же добиться точечной активации только дофаминовых клеток или их окончаний?

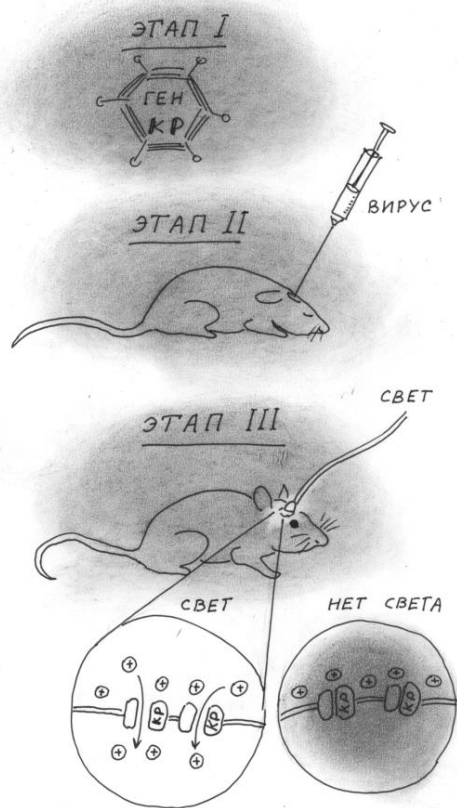
<sup>1</sup> Ex oriente lux (С Востока свет) — латинское крылатое выражение.

<sup>2</sup> Ивлиева Н. Дофамин и счастье // ТрВ-Наука № 351 от 19 апреля 2022 года. trv-science.ru/2022/04/dopamine-i-schastje/  
Ивлиева Н. Догадка о дофамине и сознании // ТрВ-Наука № 353 от 17 мая 2022 года. trv-science.ru/2022/05/dogadka-o-dopamine-i-soznanii/  
Ивлиева Н. На путях свободы // ТрВ-Наука № 354 за 31 мая 2022 года. trv-science.ru/2022/05/na-putyax-svobody/

## Оптогенетика

На помощь приходит геновая инженерия. Благодаря впечатляющим успехам молекулярной биологии теперь практически в любой определенной области мозга можно прицельно и точно стимулировать только дофаминовые нейроны или их окончания. Главное, чтобы они там присутствовали.

Как это работает? В геном подопытного животного (чаще всего это мыши) при помощи сложных манипуляций с использованием вирусов встраивают ген одноклеточной зеленой водоросли — кодирующий белок под названием *канальный родопсин* (на рисунке — КР). Этот белок формирует в клетке особый мембранный канал. Особенностью этого канала является то, что он чувствителен к свету: под действием определенного диапазона световых волн этот канал быстро открывается. Когда свет включен — канал открыт, свет выключен — закрыт. Открытие канала в свою очередь приводит к возбуждению клетки: в клетке возникают нервные импульсы. Таким образом, мы можем активировать клетку, включив свет, и прекратить активацию, его выключив. И делать это можно с высоким временным разрешением, т. е. достаточно быстро, чтобы стимуляцию можно было соотносить с любыми событиями, происходящими в окружении животного, а также с любыми аспектами его поведения.



Этапы оптогенетического исследования. I этап — создание генетической конструкции с геном канального родопсина и упаковка ее в вирус для того, чтобы эта конструкция могла встроиться в геном. II этап — введение вируса в определенную структуру мозга подопытного животного. Через некоторое время в нейронах синтезируются белки канального родопсина, каналы встраиваются в клеточную мембрану. III этап — к исследуемой структуре подводится оптоволокно, позволяющее активировать клетки с помощью света

Но каким же образом активируют именно дофаминовые клетки? Дело в том, что ген, кодирующий канал, встраивают в геном экспериментального животного в строго определенном месте: следом за геном, работающим только в дофаминовых нейронах (этот ген кодирует ключевой фермент, ответственный за синтез дофамина). Поэтому ген канального родопсина включается только в тех клетках, в которых синтезируется дофамин. В результате получается, что светочувствительные каналы образуются и встраиваются в мембраны только дофаминовых нейронов. И когда с помощью световода, вживленного в мозг животного, освещают исследуемую область мозга, активируются только дофаминовые нейроны<sup>3</sup>.

Такой метод избирательной стимуляции определенных клеток при помощи света получил название *оптогенетики*. Здесь мы в общих чертах описали лишь один из вариантов метода. Также при помощи оптогенетики можно избирательно затормозить (выключить) клетки определенного типа, более того, можно стимулировать строго определенные входы к исследуемым клеткам (одна клетка может получать десятки разнородных входов), а также — локально — окончания этих клеток в отдаленных структурах. И всё это можно комбинировать! Да еще при максимальных временном и пространственном разрешении — т. е. с очень большой точностью как во времени, так и в пространстве: в строго определенном месте клетки определенного типа можно включить и выключить моментально.

## Дофамин и награда

Получив такой сложный и уникальный инструмент, исследователи с удвоенным энтузиазмом взялись за решение проблем, давно ждавших своей очереди. Один из первых таких вопросов заключался, конечно, в том, какова роль дофамина в процессах подкрепления. Самым бесспорным, определенным и недвусмысленным результатом исследований в этой области стал утвердительный ответ на вопрос, вовлечены ли дофаминовые нейроны в поведение самостимуляции. (Вероятно, вы помните этот популярный сюжет о животных, которые до изнеможения жмут и жмут на педаль, включающую электрическую стимуляцию определенных областей мозга). Этот вопрос ждал ответа со времени открытия феномена самостимуляции, и теперь исследователями из нескольких лабораторий доказано, что активации дофаминергических нейронов среднего мозга достаточно для формирования и поддержания этого поведения у крыс и мышей<sup>2</sup>.

Но проблема в том, что разрешение вопроса о критичности дофамина для самостимуляции не объясняет природы самого явления. Почему животное постоянно стимулирует свои дофаминовые нейроны? По мнению многих исследователей, само поведение животного уже доказывает «привлекательность этой стимуляции для крысы»: нажимая на педаль, животное получает невероятное удовольствие. В противном случае зачем крыса возвращается к педали вновь и вновь? Широко обсуждалась среди ученых (и не только) специфичность приятных ощущений. В результате научных дискуссий было сформулировано соглашение, упомянутое нами ранее как одна из основных гипотез о роли дофамина в поведении: дофамин является нервной «валютой» любого вознаграждения. Обычно в учебниках в качестве примера здесь следуют еда и секс, а в некоторых научно-популярных книгах пишут о «чувственных удовольствиях», из чего может родиться представление о дофамине как о «прянике», поддерживающем в нас тягу исключительно к примитивному наслаждению. Но здесь надо подчеркнуть: речь идет обо всех вознаграждениях вне зависимости от нашего отношения к ним (от проглоченной с голоду вместе с костями, а может быть, и потрохами селедки до любования закатом, чтения любимой книги, решения интересной задачи, нежного материнского прикосновения или долгожданного отцовского одобрения, улыбки возлюбленной, наконец-то выкуренной сигареты, удовлетворения от вида своего отражения в зеркале или внезапно обнаруженного смысла жизни). И уже после можно поразмышлять над словами Марселя Жуандо: «Удовольствие — всеобщий камень преткновения. Вы возвышаете его или оно принижает вас. То, что я делаю из него, и то, что я обещаю ему сделать из себя, наглядно характеризует меня — бесчестит или прославляет, осуждает или оправдывает, губит или спасает», — и с удовольствием не согласиться с ними.

«Концепция награды... несет в себе огромный груз эмоциональных ассоциаций и интерпретаций — желание, страх, вина, долг, запрет», — считает ученый-бихевиорист Карен Прайор, автор книги «Не рычите на собаку! Книга о дрессировке людей, животных и самого себя». Стоит ли взваливать на себя этот груз?

behavioral conditioning // Science. 22 May 2009; 324(5930): 1080–4.

<sup>2</sup> Witten I.B., Steinberg E.E., Lee S.Y., Davidson T.J., Zalocusky K.A., Brodsky M., Yizhar O., Cho S.L., Gong S., Ramakrishnan C., Stuber G.D., Tye K.M., Janak P.H., Deisseroth K. Recombinase-driver rat lines: tools, techniques, and optogenetic application to dopamine-mediated reinforcement // Neuron. 2011. 72(5):721–33; Rossi M.A., Sukharnikova T., Hayrapetyan V.Y., Yang L., Yin H.H. Operant self-stimulation of dopamine neurons in the substantia nigra // PLoS One. 2013. 8(6): e65799.

<sup>3</sup> Милнер П. Физиологическая психология (1973).

Объективно в поведении самостимуляции мы наблюдаем многократно повторяющиеся действия, подкрепляемые стимуляцией дофаминовых нейронов.

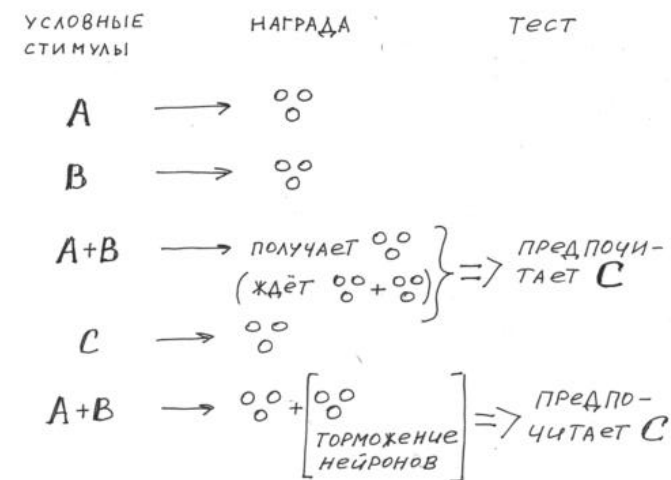
## Дофамин и подкрепление

При таком подходе за понятием «подкрепление» принципиально не ставится никаких субъективных ощущений. «Подкрепление — это нечто такое, что, происходя одновременно с действием, ведет к повышению вероятности повторения этого поступка в будущем». Обратите внимание, что такой подход предполагает совсем другой взгляд на природу поведения: если в первом случае действие определялось его целью — получением удовольствия, то здесь акцент делается на предопределенности действия предшествующими подкреплениями.

Может ли служить оптогенетическая стимуляция дофаминовых нейронов среднего мозга подкреплением? Исследование Элизабет Стейнберг с соавторами, опубликованное в 2013 году в журнале *Nature Neuroscience*, называется «Причинная связь ошибок предсказания, дофаминовых нейронов и научения»<sup>4</sup>. Из заголовка статьи видно, что авторы делают заявку на то, что получили решающее свидетельство в пользу гипотезы о роли дофамина в процессах научения. Та «ошибка предсказания», о которой идет речь в названии, для нейрофизиологов жестко ассоциируется с активностью дофаминовых нейронов. Она буквально относится к разряду ошибок, на которых учатся. Стейнберг с соавторами установили, что дофаминовый сигнал, кодирующий такую ошибку в предсказании вознаграждения, является причиной научения.

Но чтобы доказать, что активность дофаминовых нейронов, кодирующих ошибку предсказания вознаграждения, действительно является причиной научения, необходимо также показать и эффект негативной ошибки: когда повторяющаяся уже не активация, а кратковременная пауза в активности нейронов сразу после действия условного стимула должна теоретически привести не к усилению, а к ослаблению ассоциации этого стимула с вознаграждением. Однако эта задача не из легких: устраняя подкрепление, мы получаем быстрое угашение выученных реакций. Группой ученых под руководством Джеффри Шоенбаума<sup>5</sup> был применен изощренный, но при этом изящный методический прием. Такого рода приемы в англоязычной литературе обычно называют *elegant*, что для уха русскоговорящего человека несколько неожиданно применительно к исследованию. Чтобы попытаться понять его суть, совершим поход в магазин за продуктами (и допустим, что у нас нет богатого опыта хождения по магазинам). Итак, у нас есть электронная карта магазина, которая дает хорошую скидку вроде бы на все покупки. Придя в магазин, мы обнаруживаем, что в этот день происходит акция: наши любимые шоколадки продают с очень привлекательной скидкой. Мы прикидываем в уме, что вместе со скидкой по карте это выходит почти даром, — и набираем этой вкуснятины на пару-тройку месяцев вперед, ведь время сейчас такое... Но когда мы оплачиваем покупку на кассе, нам говорят: «А на товар по акции скидки не-е-ет!» Что ж, ладно, однако мы не собирались тратить столько денег.

Вот примерно так чувствует себя крыса в созданной экспериментаторами ситуации завышенных ожиданий. В начале обучения в ответ на три разных условных стимула, предъявляемых по отдельности, выдается по одной порции вознаграждения; на следующем этапе два из этих стимулов предъявляются одновременно, а животное также получает одну порцию вознаграждения, третий же стимул так же, как на первом этапе, предъявляется отдельно всё с той же порцией. Самое интересное обнаруживается на заключительном этапе, когда всё те же стимулы снова предъявляют каждый в отдельности. Теперь оказывается, что стимулы, которые предъявляли совместно на предыдущем этапе, оказываются гораздо менее привлекательными для животного по сравнению со стимулом, который всегда предъявлялся изолированно. Экспериментаторы интерпретируют эти результаты так: при совместном предъявлении условных стимулов создается ситуация завышенных ожиданий (примерно как у нас в магазине, когда мы суммировали выгоду от акции и от действия дисконтной карты) и когда эти ожидания не оправдываются, стимулы теряют былую привлекательность, и эта потеря обуславливается негативной ошибкой предсказания вознаграждения (ожидали двойную порцию, а получили одну).



<sup>4</sup> Steinberg E.E., Keiflin R., Boivin J.R., Witten I.B., Deisseroth K., Janak P.H. A causal link between prediction errors, dopamine neurons and learning // Nature Neuroscience. Jul 2013; 16(7): 966–73.

<sup>5</sup> Chang C.Y., Esber G.R., Marrero-Garcia Y., Yau H.J., Bonci A., Schoenbaum G. Brief optogenetic inhibition of dopamine neurons mimics endogenous negative reward prediction errors // Nature Neuroscience. 2016. 19(1):111–6.



► Чем привлекательна эта поведенческая парадигма для экспериментаторов? Как видите, в ней отсутствует быстрое угашение в явном виде, к которому обычно приводит негативная ошибка предсказания вознаграждения, но к нему же может привести и какой-то другой неявный эффект воздействия. А здесь вознаграждение продолжают подавать, все реакции сохраняются, и эффект, казалось бы, проще интерпретировать... Используя этот подход для исследования функций дофаминовой системы, Шоенбаум с сотрудниками, однако, не стали разочаровывать крыс — они после совместной предъявляемых стимулов давали им двойную порцию свежих пахнущих бананом сладких шариков, но при этом всё время, пока крыса ела добавку, оптогенетически тормозили ее дофаминергические нейроны. В результате тестирования оказалось, что стимул, который предъявлялся в отдельности, более привлекателен для животного, несмотря на то, что при совместной предъявляемых стимулах было двойное вознаграждение (скидки суммировались) — значит, тормозящее воздействие оптогенетической стимуляции действовало как негативная ошибка предсказания.

Пытаясь прояснить природу самостимуляции на новом методическом уровне, исследователи под руководством Сатоси Икемото решили испытать решимость крыс добиваться стимуляции во что бы то ни стало. Нет, они не посылали их за живой водой или молодильными яблоками, они просто меняли параметры стимуляции. Изменяли временной интервал между нажатиями и подкреплением, а также количество необходимых нажатий на педаль для получения одного залпа световой стимуляции дофаминовых нейронов<sup>6</sup>. Оказалось, что поведение животных, работающих ради стимуляции дофаминовых нейронов, кардинально отличается от поведения животных, нажимающих на педаль для получения пищевого вознаграждения. Какие различия наиболее яркие? В то время, как крошечный кусочек пищи на несколько секунд приводит к прекращению нажатий на педаль, кратковременное возбуждение дофаминовых нейронов, наоборот, ускоряет инициацию следующего нажатия, но этого запала хватает лишь на одну секунду. А вот если увеличить промежуток между подкрепляющими стимуляциями совсем немного — до трех секунд, — мышшь быстро теряет интерес к педали, а уж при интервале в десять секунд и вовсе перестает нажимать на педаль, тогда как в подобной ситуации голодная мышшь жмет со всё возрастающим напором. Авторы, называвшие на протяжении всего текста статьи световую стимуляцию дофаминовых нейронов *подкреплением*, в результате приходят к выводу, что это не совсем подкрепление или даже совсем не подкрепление. Они считают, что активация дофаминовых нейронов облегчает инициацию действия (помогает начать действовать) и этот мотивационный эффект очень короток. Заметили? Подкрепление сменилось на мотивацию! Таким образом, тщательный анализ поведения при самостимуляции приводит к выводам совсем не в пользу большой значимости роли дофамина в процессах подкрепления. И выходит, что в описанной работе находит подтверждение уже третья гипотеза о специфической роли дофамина в поведении: дофамин опосредует мотивацию. Конечно, понятия «мотивация», «подкрепление» и «вознаграждение» идут рука об руку. Порой в естественном поведении они трудноразличимы и, более того, неразделимы на уровне стимулов: мотивирующие стимулы вознаграждают, а вознаграждающие стимулы мотивируют. Кто из нас не испытывал прилива сил после искренней похвалы? Но когда мы обсуждаем научение конкретному движению, например нажатию на педаль, то вот это самое движение является водоразделом между мотивацией и подкреплением: мотивационные процессы критичны до момента выполнения движения, процессы подкрепления — сразу после.

Келли Макгонигал в книге «Сила воли. Как развить и укрепить» задается вопросами: «А вдруг крысы Олдса и Милнера стимулировали себя до изурения не потому, что это было приятно? Что если область мозга, которую они активировали, не награждала их

ощущением глубокого удовлетворения, а всего лишь его обещала? Может, крысы возбуждали себя, так как мозг говорил им, что осталось нажать еще лишь разок — и случится что-то расчудесное?» — и вполне обоснованно, но, на наш взгляд, излишне категорично отвечает на это: «Олдс и Милнер открыли не центр удовольствия, а то, что нейробиологи теперь называют системой подкрепления. Область, которую они стимулировали, была частью самой примитивной мотивационной мозговой структуры, которая возникла, чтобы побуждать нас к действию и потреблению».

В то время как Макгонигал отождествляет системы подкрепления и побуждения и отказывается замечать удовольствие в предвкушении — «когда возбуждалась система подкрепления, [испытуемые] переживали предвкушение, а не удовольствие», — Рой Вайз задается вопросом о том, существует ли четкая грань между предвкушением вознаграждения и получением вознаграждения<sup>7</sup>. Он считает, что ответ на вопрос не так очевиден, как поначалу может показаться. Например, если речь идет о пище: когда мы получаем вознаграждение — когда уже ничто не мешает нам пойти на обеденный перерыв, когда думаем об ожидающем нас за открывающейся дверью кафе обеде, когда ощущаем аппетитный запах, когда уже видим аппетитные блюда, когда берем в руки столовые приборы или только когда наконец ощущаем вкус пищи? Оказывается, что и вкус — лишь обещание награды в строгом смысле. Здравый смысл отказывается верить в это. Но экспериментальные данные показывают, что ради получения сахара — сладкого, как известно, но лишённого пищевой ценности — готовы работать далеко не все крысы, а только те, которые ранее уже пробовали питательные сладости, например материнское молоко<sup>8</sup>.

И какова же здесь роль дофамина? Об этом — в одном любопытном исследовании. В нем показано<sup>9</sup>, что мутантные мыши, у которых полностью отсутствуют вкусовые рецепторы к сладкому (а значит, они не ощущают вкуса веществ, которые воспринимаются нами как сладкие), все-таки обучаются различать поилки с сахаром и без него и предпочитают пить из тех, что содержат сахар, и это сопровождается выделением дофамина. А будет ли выделяться дофамин, если мы заменим сахар на некалорийный сахарин? Нет, подсластитель не вызывает повышения уровня дофамина у мутантных мышей. И эти мыши не предпочитают раствор сахара в воде.

А что же у мышей без спровоцированного генетического дефекта, у нормальных мышей? У них в ответ на вкус сахара дофамин выделяется, для них сладкое — это сигнал полезности, ведь они этому научились еще тогда, когда питались материнским молоком. Эти результаты указывают на участие дофаминовой системы во внутренних, сокрытых от нас метаболических аспектах подкрепления и в очередной раз ставят нас в тупик перед сложностью самого явления «подкрепление».

## Дофамин и движение

Но мы еще не рассмотрели сквозь призму новых методов последнюю из важнейших гипотез о ключевой роли дофамина в организации движения. Вы, наверное, знаете историю про двух лягушек, оказавшихся то ли в горшке со сметаной, то ли в крынке с молоком (доподлинно неизвестно, как они там оказались). Так вот, выбраться было совершенно невозможно, и одна из лягушек, потеряв надежду, вскоре утонула. Другая же никак не хотела сдаваться и продолжала энергично барахтаться в молоке. Неожиданно для себя она сбила масло, и это помогло ей выбраться.

Соблюдая все конвенции об этическом отношении к животным, некоторые исследователи помещают мышей, подобно этим лягушкам, в цилиндрический сосуд с водой, подобный узкому стакану, из которого нельзя выбраться (делают это они не только из любви к истине, но и чтобы найти подход к лечению такого тяжелого недуга, как депрессия). Мыши, как и лягушки, могут либо неподвижно «висеть» в этих сосудах, постепенно погружаясь

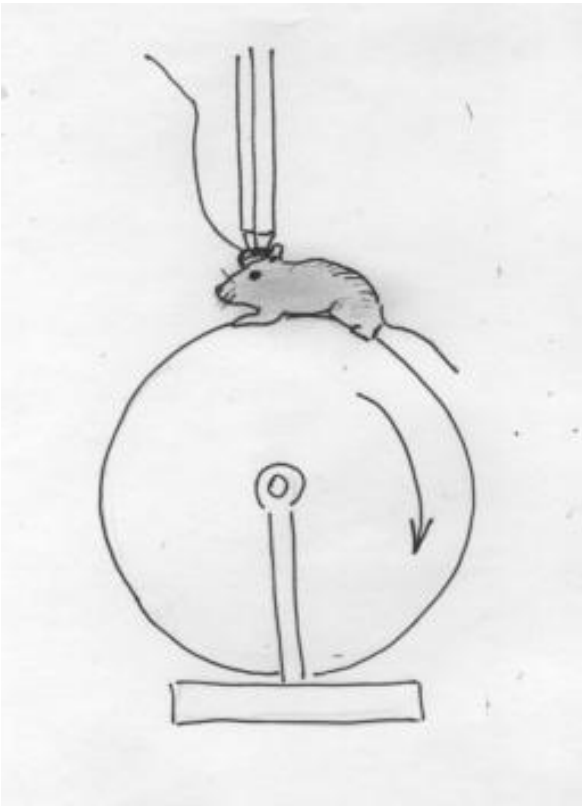
всё глубже, либо совершать плавательные движения. От чего же зависит, сдастся мышшь или продолжит борьбу? Выяснилось, что побуждает животное не сдаваться именно дофамин: оптогенетическая стимуляция дофаминергических нейронов VTA существенно увеличивала число плавательных движений в единицу времени<sup>10</sup>. Можно допустить, что данный эффект опосредован главным образом изменением мотивационного состояния, а не прямыми влияниями на механизмы организации движения. Однако в недавнем исследовании, опять-таки с применением оптогенетического метода, продемонстрировано, что дофаминовые нейроны черного вещества играют ведущую роль в контроле кинематических характеристик (например, скорости и ускорения) произвольного движения<sup>11</sup>. И это уже указывает на более тесную связь среднемозгового дофамина с движением.

Итак, активность дофаминовых нейронов связана с движением, но как? Обычно, когда существует связь, всех начинают интересовать подробности этой связи. И в 2016 году были опубликованы результаты двух работ разных коллективов исследователей, в каждой из которых мышшь с закрепленной головой помещали на поверхность барабана, который может вращаться, если животное пытается по нему шагать.

Что это дает исследователям? В обоих случаях ученым хотелось иметь дело с бодрствующими подвижными животными, но одна группа пыталась при этом заглянуть в мозг при помощи микроскопа, чтобы увидеть работающие и при этом светящиеся окончания дофаминовых нейронов (если вы вдруг подумали, что для работающих клеток светиться — это вполне естественно, то огорчу вас: это не так, это очередное методическое чудо), а другая пометила зарегистрированные клетки особым веществом (нейробиотином), чтобы потом разобраться, были ли эти клетки дофаминергическими. И то и другое очень трудно сделать на свободно-подвижных животных, здесь и оказался полезен барабан: ты вроде бы передвигаешься и даже бежишь иногда, но при этом остаешься на месте (подобно Алисе в Зазеркалье), а главное — голова хорошо закреплена и неподвижна, что равно необходимо для обоих методов. Самое интересное, что результаты этих работ оказались практически проти-

воположны друг другу: начало движения сопровождалось кратковременной активацией дофаминергической системы мышши в одной работе и, наоборот, короткой паузой в дофаминовой активности — в другой<sup>12</sup>. Хотя вполне может оказаться, что всё дело в нюансах, например в немного разных временах — реакции могли начинаться чуть раньше или чуть позже начала движения, — в разных методах измерения и оценки активности нейронов, в присутствии вознаграждающих стимулов в экспериментальных условиях у одних исследователей и в отсутствии таковых у других и т. д. Главное для нас — то, что и эта гипотеза о ключевой роли дофамина в организации движения сохраняет свою актуальность и в очередной раз требует уточнений.

Итак, для всех основных конкурирующих гипотез о специфике участия дофамина в поведении найдены новые весомые доказательства; проблема только в том, что гипотезы по-прежнему хотя бы отчасти существенно противоречат друг другу. Совсем не хочется иронизировать по этому поводу, так как я убеждена: корень проблемы — в объекте исследования, тайна его глубока, его «секрет разгадке жизни равносильна».



<sup>10</sup> Tye K.M., Mirzabekov J.J., Warden M.R., Ferenczi E.A., Tsai H.C., Finkelstein J., Kim S.Y., Adhikari A., Thompson K.R., Andalman A.S., Gunaydin L.A., Witten I.B., Deisseroth K. Dopamine neurons modulate neural encoding and expression of depression-related behaviour // Nature. 24 Jan 2013; 493(7433): 537–41.

<sup>11</sup> Barter J., Li S., Lu D., Bartholomew R.A., Rossi M.A., Shoemaker C.T., Salas-Meza D., Gaidis E., Yin H.H. Beyond reward prediction errors: the role of dopamine in movement kinematics // Front. Integr. Neurosci. 9:39 (2015).

<sup>12</sup> Howe M.W., Dombeck D.A. Rapid signalling in distinct dopaminergic axons during locomotion and reward // Nature. 2016. 535 (7613): 505–10; Dodson P.D., Dreyer J.K., Jennings K.A., Syed E.C., Wade-Martins R., Cragg S.J., Bolam J.P., Magill P.J. Representation of spontaneous movement by dopaminergic neurons is cell-type selective and disrupted in parkinsonism // Proc. Natl. Acad. Sci. U S A. 2016. 113 (15): E2180–8.

## ИНФОРМАЦИЯ

# Помощь газете «Троицкий вариант — Наука»

Дорогие читатели!

Мы просим вас при возможности поддержать «Троицкий вариант» необременительным пожертвованием. Почти весь тираж газеты распространяется бесплатно, электронная версия газеты находится в свободном доступе, поэтому мы считаем себя вправе обратиться к вам с такой просьбой. Для вашего удобства сделан интерфейс, позволяющий перечислять деньги с банковской карты, мобильного телефона и т. п. (trv-science.ru/vmeste).

«Троицкий вариант — Наука» — газета, созданная без малейшего участия государства или крупного бизнеса. Она создавалась энтузиастами практически без начального капитала и впоследствии получила поддержку фонда «Династия». Аудитория «Троицкого варианта», может быть, и невелика — десятки тысяч читателей, — но это, пожалуй, наилучшая аудитория, какую можно вообразить. Газету в ее электронном виде читают на всех континентах — везде, где есть образованные люди, говорящие на русском языке. Газета имеет обширный список резонансных публикаций и заметный «иконостас» наград.

«Троицкий вариант» в значительной степени выживает на энтузиазме коллектива. Каждый, кто поддержит газету, даст ей дополнительную опору, а тем, кто непосредственно делает газету, — дополнительное моральное и материальное поощрение.

Редакция





Джордж Маршалл

«Википедия»

# «Против голода, нищеты, отчаяния и хаоса»

75 лет назад, в июле 1947 года, в Париже 16 европейских государств обсудили и приняли план Маршалла по восстановлению экономики Европы

Максим Борисов

Программа восстановления Европы (European Recovery Program, ERP) — это инициатива, подразумевавшая помощь послевоенной Европе со стороны Соединенных Штатов, начавших осознавать свою новую роль лидера демократических стран в послевоенном мире. Впервые она была озвучена американским госсекретарем Джорджем Маршаллом 5 июня 1947 года в выступлении в Гарвардском университете. О «плане Маршалла» вспоминают всякий раз, когда необходимо оказать действенную материальную и моральную поддержку странам, очутившимся в затруднительном положении. Успех, сопутствовавший этому начинанию, привел к тому, что все последующие подобные инициативы помощи странам, оказавшимся в непростой ситуации, именовались «новым планом Маршалла».

## Без Восточного блока

Для того, чтобы изложенный план начал действовать, необходимо было не только заручиться поддержкой со стороны европейцев, но и добиться принятия соответствующего бюджета двумя основными американскими партиями: республиканцы в то время контролировали Конгресс, а демократы — Белый дом, где президентом после Франклина Рузвельта стал Гарри Трумэн. И те, и другие вряд ли согласились бы помогать восстанавливать СССР, однако при этом план, подразумевающий противостояние коммунизму и социализму, имел все шансы на успех. В разработке деталей этого непростого плана приняли участие заместитель госсекретаря по экономическим вопросам Уильям Клейтон и глава отдела госдепартамента США по планированию внешней политики Джордж Кеннан, который за несколько лет пребывания в Советском Союзе при американском посольстве стал ярким антикоммунистом; он, собственно, и считается главным архитектором холодной войны и идейным отцом «политики сдерживания».

В результате разработанный таким образом «план» осудил даже бывший вице-президент США Генри Уоллес, назвав его «инструментом холодной войны против СССР».

И предсказуемо приглашенные — весьма, впрочем, формально — к участию в программе реконструкции Советский Союз и государства Восточной Европы, поначалу весьма заинтересовавшиеся идеей безвозмездного получения средств по модели ленд-лиза — как известно, она не подразумевала сколько-нибудь действенного контроля за расходованием выделяемых во время войны средств, техники и продовольствия, — были поставлены в новые рамки, которые заведомо не могли быть одобрены: подчинение экономики и внутренней политики внешнему контролю и интеграция в европейский рынок. После решительного отказа получать помощь на подобных условиях, Советский Союз настоял на том, чтобы «план Маршалла» отвергли также все страны, над которыми ему к тому времени удалось установить контроль. При этом Польша и Чехословакия оказались самыми несговорчивыми, и их пришлось убеждать путем вызова руководителей делегаций «на ковер» в Кремль, затем задабривать сравнительно небольшой единовременной помощью.

На совещание по поводу «плана Маршала» 12 июля в Париже первоначально собрались представители 16 стран Западной Европы — Австрии, Бельгии, Великобритании, Греции, Дании, Ирландии, Исландии, Италии, Люксембурга, Нидерландов, Норвегии, Португалии, Свободной территории Триест, Турции, Франции, Швеции и Швейцарии. Кроме государств Центральной и Восточной Европы помощь не стала принимать Финляндия, которая предпочла не портить отношения с СССР. Не пригласили Испанию, где тогда правил диктатор Франко, поскольку экономика этой страны не могла считаться открытой.

Западная Германия была приглашена позже, причем финансовая помощь этой стране по «плану Маршалла» совмещалась с возмещением репараций за причиненный во время войны ущерб в пользу стран-победительниц во Второй мировой войне.

## «План Morgenthau»

Предшествовавший «плану Маршалла» и развалившийся «план Morgenthau» — Программа по предотвращению развязывания Германией третьей мировой войны, предложенная министром финансов США Генри Моргентау и едва не принятая в сентябре 1944 года на Второй Квебекской конференции, в которой участвовали Уинстон Черчилль и Франклин Рузвельт, —

вообще предусматривал превращение Германии в аграрную страну путем расчленения, демилитаризации, перехода важнейших промышленных районов под международный контроль и ликвидации тяжелой промышленности. В какой-то момент этот план действительно начал претворяться в жизнь, но сразу же стал приводить к ужасающим последствиям — прежде всего к голоду среди городского населения, которое лишилось прежних поставок из зависимых стран. Терявшие работу промышленные рабочие и клерки не приносили денег сфере городских услуг, медицине, образованию и культуре, а аграрное производство не только теряло рынок сбыта в городах, но и не могло занять высвобождающиеся трудовые ресурсы.

В 1947 году американский экс-президент Герберт Гувер так описал посещенную им «деиндустриализуемую» Германию: «*Это иллюзия, что аннексированная Новая Германия может быть превращена в аграрное государство. Это недостижимо, пока мы не уничтожим или не вывезем из нее 25 млн человек*». К тому же соседние европейские страны также страдали от разрыва экономических связей с разрушенной войной Германией.

Осознанием всех этих вещей, в сущности, и стал «план Маршалла». «*Уже стало очевидным, что прежде, чем Соединенные Штаты сделают дальнейшие шаги, попытайтесь смягчить ситуацию и помочь европейским странам начать свое возрождение, необходима какая-то договоренность между этими странами, касающаяся требований ситуации и роли, которую сами эти страны будут играть, с тем, чтобы любые меры, которые могут быть предприняты нашим правительством, принесли пользу*», — говорил Маршалл.

## Победа над коммунистами

Несмотря на все предварительные заверения, американцы в качестве условия предоставления помощи требовали выведения коммунистов из состава правительств стран, подписавших договор, и уже к 1948 году ни в одной западно-европейской стране не было хотя бы частично прокоммунистического правительства. При этом в тех же Франции и Италии среди населения были весьма велики симпатии к коммунистам, во время войны активно участвовавшим в движении Сопротивления.

Есть мнение политологов, что удаление коммунистов от власти вместе с устранением политического противостояния и напряженности в обществе, подкрепленным субсидиями и безвозмездными грантами из США и Канады, способствовало преодолению критически важного периода, когда Европа действительно могла стать более социалистической. Однако подсчеты показывают, что суммарно американская помощь — 13 млрд долл. — не была столь уж значительна — составляла менее 3% совокупного национального дохода стран-получательниц в период с 1948 по 1951 год. К тому же основная часть этих денег по условиям программы тратилась на закупку американской же продукции на полученные доллары и на доставку их американскими кораблями. Постепенно помощь также смешалась в сторону закупок вооружений и сотрудничества в рамках альянса НАТО. В результате США оказались основным бенефициаром «плана» не только в смысле обретенного политического влияния в регионе и строительства своих многочисленных военных баз на континенте, но и просто в смысле обретенного постоянного рынка сбыта для своих товаров.

По завершении плана экономика всех стран-участниц, кроме ФРГ, превзошла довоенный уровень, и в следующие два десятилетия Западная Европа достигла беспрецедентного роста и процветания. План Маршалла рассматривается также

как один из элементов, способствующих объединению Европы, поскольку он создал институты для координации экономики на европейском уровне. Прямым следствием реализации плана стало повсеместное внедрение вдохновленных США методов управления. Следует также учитывать важность опыта, связанного с реализацией плана Маршалла, в свете последующего масштабного развертывания деятельности ООН по помощи миллионам беженцев.

Но в последние годы многие историки всё чаще ставят под сомнение как основные мотивы, так и эффективность плана. Критические замечания стали раздаваться прежде всего со стороны либерального сектора экономики, особенно Австрийской школы экономики. Теперь можно встретить утверждения, что преимущества плана Маршалла на самом деле были связаны просто с новой политикой свободной торговли или политикой невмешательства, которая позволила стабилизировать рынки благодаря экономическому росту. Так, например, Организация европейского экономического сотрудничества (ОЕЭС), созданная в 1948 году, помимо распределения помощи по плану Маршалла способствовала свободной торговле и устранению тарифных барьеров.

Ряд экономистов считает, что к моменту начала реализации «плана Маршалла» в апреле 1948 года общее оздоровление экономики в послевоенной Европе шло уже полным ходом, к тому же корреляция между объемом полученной помощи и скоростью восстановления той или иной страны не наблюдается.

Великобритания получила гораздо больше средств (3,3 млрд долл.), чем прочие страны, к тому же была в минимальной степени (из европейских государств) затронута войной, тем не менее темпы ее восстановления были самые низкие. Вторая страна по объему полученной помощи — Франция (2,3 млрд долл.) — также не могла похвастаться какими-то исключительными успехами, уступив в этом отношении Западной Германии (1,45 млрд долл.), совершившей настоящее экономическое чудо при минимуме полученной помощи и непрекращающихся выплатах репараций. Финляндия, обязанная выплатить крупные репарации СССР и по настоянию советской стороны отказавшаяся от присоединения к «плану Маршалла», еще быстрее восстановила свою экономику до довоенного уровня.

Экономическим чудом стало также развитие Японии, поначалу вовсе не затронутой «планом Маршалла» и лишь с началом Корейской войны ставшей важнейшим союзником США и главным получателем американской помощи в Азии через военные поставки. ♦

Первый беспосадочный полет из Москвы в Америку через Северный полюс Валерия Чкалова, Георгия Байдукова и Александра Белякова состоялся 85 лет назад, в июне 1937 года. Интересно, что первым из официальных лиц после посадки этот экипаж встретил начальник местного гарнизона генерал Джордж Маршалл, который предоставил им свой дом для первого ночлега, а затем совершил вместе с летчиками визит в Вашингтон и также встретился с президентом, что дало затем мощный толчок его карьере — наряду с частыми упоминаниями в прессе. «Вы сделали меня популярным, — признавался Маршалл Чкалову, — а у нас это дороже денег!» Вскоре он стал министром обороны США, а потом и госсекретарем, предложив уже после войны тот самый знаменитый «план Маршалла», который вспоминают каждый раз, когда нужно помочь странам, попавшим в затруднительное положение.

Под «планом Маршалла», как правило, подразумевают не просто масштабную помощь для спасения экономики, а помощь, сопряженную с обязательством применения получателем разумных программ перезапуска политических и экономических процессов под непосредственным контролем инвестора<sup>1</sup>.

У «плана Маршалла» много поклонников, однако некоторые современные экономисты считают, что роль американской программы в том экономическом скачке, который европейские и азиатские страны испытали в последующие два десятилетия, изрядно преувеличена, а советские историографы и вовсе были убеждены, что основная цель Маршалла состояла не в помощи европейским государствам, а в поощрении экономической экспансии американских монополий, «закабалении» европейцев, превращении Европы в плацдарм для будущей агрессии против СССР и стран социализма, продвижении доктрины «холодной войны» и создании «агрессивных военно-политических блоков» — в первую очередь альянса НАТО, который действительно был создан два года спустя, 4 апреля 1949-го, и стал стержнем всей системы евроатлантических договоров. Номинально на начальном этапе СССР тоже предлагалось участие как в реализации «плана Маршалла», так и в системе европейских военных договоров, однако делалось это на заведомо неприемлемых для коммунистических вождей условиях.

В самой речи Маршалла, разумеется, не содержалось слов о связи новой инициативы с не менее знаменитой «доктриной Трумэна» по сдерживанию социализма, изложенной президентом США за три месяца до гарвардской речи госсекретаря в выступлении перед Конгрессом 12 марта 1947 года. По словам генерала, его план руководствовался лишь исключительно благими намерениями.

«*Логично, что Соединенные Штаты должны сделать всё от них зависящее, чтобы помочь миру вернуть нормальное экономическое здоровье, без которого невозможно ни политическая стабильность, ни прочный мир*», — говорил<sup>2</sup> Маршалл 5 июня. — *Наша политика направлена не против какой-либо страны или доктрины, а против голода, нищеты, отчаяния и хаоса. Ее целью должно стать возрождение в мире работающей экономики, что позволит создать политические и социальные условия для существования свободных институтов*».

Позднее не только в СССР, но и на Западе сложилось убеждение, что именно «план Маршалла» сыграл ключевую роль в предотвращении распространения коммунизма в Западной Европе, тем самым став естественным продолжением «доктрины Трумэна», подразумевавшей оказание непрерывного давления на СССР и другие социалистические страны и «страны народной демократии», а также поддержание любых противостоящих им сил и режимов — не обязательно демократических. Это привело к широкой экономической и военной поддержке со стороны США диктатур, оказавшихся на острие борьбы с коммунизмом, — и далеко не только в рамках «плана Маршала» — программы ERP, которая формально сама по себе была свернута довольно быстро, уже в октябре 1951 года, — вместе с разгоревшейся Корейской войной начала 1950-х, вынудившей США перенаправить туда все «лишние» ресурсы, поставив весь мир на грань ядерной войны.

<sup>1</sup> [gazeta.ru/science/2022/06/05/14948648.shtml](http://gazeta.ru/science/2022/06/05/14948648.shtml)

<sup>2</sup> [grinchevskiy.ru/1945-1990/plan-marshalla.php](http://grinchevskiy.ru/1945-1990/plan-marshalla.php)



# Лео Силард: последние годы<sup>1</sup>

Валерий Лесов

<sup>1</sup> См. также ТрВ-Наука № 353, 354, 357.

## Из физики в биологию

Силард в 1946 году был вынужден оставить исследования в сфере ядерной физики и решил тогда же обратиться к биологии. Интерес к этой области науки у него возник еще тогда, когда он, покинув Германию в 1933 году, оказался в Англии. В одном из интервью он отмечал, что ему нравится такая физика, когда сегодня можно задумать эксперимент, а завтра провести его. Так было в начале эпохи рождения нейтронной физики в 1934–1935 годах — тогда он мог с компактным источником, содержащим небольшое количество бериллия, смешанного с радием, проводить исследования. После войны он посчитал, что решение проблем в биологии становится более привлекательным, чем в физике. Особый его интерес вызвала микробиология — совсем новая отрасль науки.

Силарду было 48 лет — вполне солидный возраст для ученого. Однако в одном из интервью он называл себя «юным в биологии» и продолжал: «Мы ярче, когда мы моложе; нам также свойственно непредвзятое видение при встрече с новой проблемой... Если тайна природы существует, она должна быть объяснима. Это то, что современные биологи привнесли в биологию, и чего нет у классических биологов. Последние часто испытывают удивление от явления природы, но у них нет ощущения, что их долг — предложить этому какое-то объяснение. Им недостает веры в то, что факты являются объяснимыми, и такая вера приводит к настоящим открытиям в биологии».

Силард упоминал, что ему не нравится работать в одиночку, в частности, потому, что работать руками у него не очень получается. Он начал сотрудничать с молодым исследователем в области физической химии Ароном Новиком из Аргоннской национальной лаборатории<sup>1</sup>, который так

же, как и Силард, участвовал в Манхэттенском проекте. Силард работал в Институте радиационной биологии и биофизики в Чикагском университете, а затем стал профессором биофизики в Институте ядерных исследований Энрико Ферми в Чикаго.

Когда впоследствии Силард встретился в Москве с Игорем Таммом, тот у него спросил: «Сегодня все знают, что биология интереснейшая область науки и что физикам стоило бы заниматься биологией. Но как вы узнали об этом в 1945-м?»

На этот вопрос Силард отвечал одному из журналистов так: «Это не очень сложно. Это зависит не столько от ума, сколько от характера. Если вы не считаете себя глупым, то увидите множество вещей, которые не могут видеть другие, потому что предпочитают считать себя глупыми... Мне было 47 лет, и я допускал наличие определенного риска».

Говоря относительно возможных способов вхождения в новую научную сферу, Силард упоминал, что лично ему помог один из летних курсов, касающихся бактериальных вирусов, в одной из биологических лабораторий. И после этого он начал сам экспериментировать.

Силард считал, что биология еще не достигла той стадии, на которой уже находилась к тому времени физика, — когда накоплено достаточно знаний, и ученый способен, сидя в ванне и мысленно оперируя хорошо известными фактами,

обосновывать новую теорию. В биологии подобный вид деятельности быстро натывается на необходимость проведения экспериментов того или иного рода, прежде чем дальнейшие размышления станут плодотворными.

По мнению Силарда, в физике есть возможность легко оценить значимость того или иного нового факта, выявленного экспериментом. При этом лишь немногие эксперименты приводят к настоящим открытиям, но вот присвоение результату эксперимента соответствующего статуса в уже хорошо известной системе является несложным. В биологии же легко сделать открытие, однако оценить его значимость непросто.

Как всегда, продуктивность Силарда проявлялась в новой области исследований на различных уровнях. Он применил свой характерный практичный стиль мышления при создании новых научных инструментов, таких, как, например, хемостат, который позволил контролировать темп роста микроорганизмов за счет регулирования степени разбавления среды, в которой они культивируются. Этот новый подход высоко оценили специалисты-биологи.

Силард получил признание среди ученых и за способность стиму-



Валерий Лесов



Лео и Гертруда Силард, журнал Life, сентябрь 1961 года

лировать проведение новых исследований среди биологов, а в 1950-е годы он всё больше превращается в странствующего ученого, чувствующего себя гостем даже в собственном институте.

## Теория старения

Главным вкладом Силарда в биофизику стало обнаружение в 1959 году теории старения, содержащей постулат о том, что степень старения у разных индивидуумов различна, а степень старения отдельного человека определяется количеством наследуемых «ошибок». Эти «ошибки», по сути, являются мутациями; число «ошибок» увеличивается с возрастом, а ускоренное старение отдельных людей закладывается еще до рождения.

Силард математически описал процессы старения; исходя из этого, он получил кривую смертности для населения США и предсказал снижение средней продолжительности жизни для детей, подвергшихся ионизирующему излучению. Он также выяснил, что наследуемые ошибки ухудшают показатель смертности «в сочетании с воздействием времени и заметно увеличивают его только после 40-летнего возраста». «Таким образом, согласно теории, возраст на момент смерти в грубом приближении определяется исключительно генетической характеристикой индивидуума». Кроме того, Силард отмечал, что предложенная им теория старе-



Групповой портрет ученых-атомщиков, опубликованный в New York Times 18 ноября 1946 года. Силард стоит вторым слева

ния могла бы прояснить вопросы, изучаемые при исследованиях, касающихся регулирования рождаемости, а также при определении оптимального периода женской фертильности.

Теория Силарда получила позитивный отклик в Великобритании. В последующих работах Силард уделил внимание процессам воздействия ферментов в среде бактерий и образования антител. Тем самым он перешел в сферу современной молекулярной биологии и надеялся заниматься этим в Институте биологических исследований Солка в Калифорнии. Однако не все его идеи были приняты биологами. Серьезной критике, например, подверглась статья о молекулярных основах человеческой памяти<sup>2</sup> — это была одна из самых последних его работ, выполненных незадолго до кончины.

При этом и сам Силард часто комментировал свои собственные работы с присущей ему иронией. Однако в отношении теории старения он говорил: «Возможно, это неверная теория, но это теория, в том смысле, что она дает конкретные предсказания... Если я говорю, что это единственная имеющаяся теория старения, я имею в виду, что это единственная теория, количественно достаточно обоснованная для проверки ее истинности надлежащим экспериментом».

## Исполнение нескольких миссий

После войны в течение почти двух десятилетий Силард по большей части занимался постановкой задач, а не их решением.

Он идентифицировал множество проблем в научной и социальной сферах, но не принимал серьезного участия в их решении. Силард всё чаще отдалялся от экспериментальных исследований и обращался к политике и вопросам выживания человечества. Большая часть его научного наследия после 1945 года — это скорее идеи, тезисы, гипотезы, модели, предполагающие исследования, замечательная сводка того, что следует сделать, но почти всегда без представления подробностей теории и экспериментальной проверки. Он не считал эксперимент своей работой и полагал, что адекватность теоретических предложений следует проверять на основе некоторой всеобъемлющей теории, в поиске которой он пребывал постоянно. В ученом мире его статьи оказывали стимулирующее влияние,

но вызывали беспокойство вследствие множества базовых допущений. Он был сторонником редукционизма и старался сначала обосновать общие принципы, которые при их последующем использовании могли бы направлять исследователей для осознания наблюдаемых явлений.

Силард по существу действовал в традициях мыслителей XIX века, которые в период углубления специализации в науке продолжали размышлять об основных фундаментальных принципах в лучших традициях Эпохи Просвещения. Он продолжал рассматривать науку и мир как единое целое, пытаясь с воистину мессианским усердием изменить то, что он считал неправильным. Изучение его наследия показывает, что главной задачей, за решение которой взялся Силард, было сохранение человечества, и это была миссия, проявлявшаяся в различных формах.

Не будет преувеличением предположение о том, что Лео Силард воспринимал изменение хода истории как предназначение для собственной деятельности. Он был человеком, выполняющим несколько миссий. Он прекрасно подходил для миссии по сохранению мира: среди ученых он был политиком, среди политиков — ученым. Он жил в разных странах по много лет, стал наднациональной личностью, приобрел замечательные навыки в нескольких языках (и почти избегал использования родного языка), воспринимал человечество как универсальный и глобальный мир. При том, что при разговоре на всех языках явно проявлялся его венгерский акцент, он был космополитом, возможно, с малой толикой национального самосознания. Он не только умел выявлять серьезные проблемы, но и обладал способностью заострять на них внимание общества и приобретать при этом широкую поддержку. В эпоху беспрецедентных бедствий и угроз Лео Силард проявил себя как яркий представитель человеческого разума. ♦



Силард в госпитале

<sup>2</sup> On Memory And Recall, 1964.

## Немного о частной жизни Лео Силарда

За несколько лет до смерти у Силарда был обнаружен рак мочевого пузыря. Около года он проходил лечение в госпитале в Нью-Йорке и при этом не прекращал заниматься перепиской. В январе 1960-го он перенес процедуру лучевой терапии.

«Вероятно, время для меня ограничено, — говорил он при встрече с корреспондентом. — Но ведь время ограничено для каждого... Роль рака слишком преувеличена. Он вызывает у людей беспокойство, поскольку это пугающая болезнь. Но если способы лечения будут найдены, то пациент после его прохождения будет просто позже умирать. Излечение от рака может добавить всего лишь два с половиной года к средней продолжительности жизни для взрослого человека. Рак — болезнь преимущественно пожилых людей».

В отличие от множества обычных людей, Силард не считал необходимым периодически отдыхать, когда он нескончаемо фонтанировал новыми идеями. Но когда для отдыха всё же находилось время, он предпочитал слушать музыку — в основном Бетховена и Моцарта, — или читать — Шю, Уэллса, Босуэлла...

Он не любил придумывать какого-то определенного распорядка дня. «Упражнения? Когда я ощущаю необходимость, я принимаю лежачее положение, пока меня не подтолкнет что-то срочное... Поскольку мое время может быть ограничено, я принимаю план на три месяца. Затем, если всё хорошо — на следующие три месяца».

В 1951 году Лео Силард и Гертруда Вайс заключили брак. Они были знакомы еще с довоенного времени. После выявления заболевания у мужа доктор Гертруда Силард оставила свой пост в университете (Colorado Medical School). Ее специальностью была профилактическая медицина, она стала персональным доктором для Лео.

«Смерть является частью жизни. Если бы ее не существовало, то ее следовало бы выдумать. Не стоит беспокоиться, после смерти вы окажетесь в том же состоянии, что и до рождения. Вашим предназначением в жизни является выполнение определенной функции, и нет иного выбора, кроме исполнения этого... Я бы предпочел, чтобы моей эпитафией было: He did his best».



Несмотря на интерес к искусственным людям, который прослеживается в произведениях французских и англо-норманских писателей XI–XII веков, пылкий читатель не сможет не задаться вопросом, почему роботы не появились в эту эпоху на средневековом Западе? Всё дело в том, что автоматы, понимаемые как созданные или населенные демонами существа, были поразительно похожи на языческих идолов. А творцов идолов со времен золотого тельца проклинал Ветхий завет. Поэтому к создателям автоматов явно отнеслись бы с большим подозрением, так как они легко могли попасть в категорию идолопоклонников, а их творения можно было рассматривать в качестве идолов, населенных демонами. И одно дело писать басни про ожившие в древности или в далеких странах статуи и совсем другое — изготавливать их собственными руками. Однако если Церковь косо глядела на самодвижущиеся чудеса, то мастера всё же могли укрыться от недовольного взора пап под крылом какого-нибудь просвещенного суверенного феодала или монарха.

Первые примеры реальных исторических автоматов на европейском Западе появляются в середине XIII века. Пикардиец Виллар де Оннекур (ок. 1195 — ок. 1266), которого некоторые считают предшественником великого Леонардо да Винчи, слыл талантливым архитектором и инженером, и до наших дней в Парижской Национальной библиотеке сохранился альбом его прекрасных чертежей. Рукопись де Оннекура содержит 33 пергаментных листа и более 60 рисунков, на которых изображены детали различных храмов и соборов, а также несколько автоматов.

До наших дней дошли крупницы информации об Оннекуре, он не упомянут ни в одном другом документе, кроме своего альбома. Историки даже не уверены в правильной передаче имени мастера, потому что рукописи подписаны двумя различными вариантами — Виллар Деонекорт и Виллар де Оннекур. Некоторые исследователи предполагают, что он родился в местечке Оннекур-сюр-л'Эско близ Камбре (Пикардия), на севере Франции, не только из-за сходства его фамилии с топонимом местности, но и потому, что лингвистические особенности языка, который мастер использовал в своих рукописях, указывают в основном на пикардийский диалект старофранцузского.

Слава Виллара связана с уникальностью его рисунков. Сюжеты чертежей Виллара делятся на несколько категорий: архитектура, животные, плотницкие работы, геометрия, каменная кладка, геодезия и — что особенно важно для нас — механические устройства. Однако неизвестно, изобрел ли Виллар эти машины самостоятельно или описывал то, что где-то видел во время своих странствий. Мастер, судя по всему, был заядлым путешественником и за свою жизнь успел объехать территорию современной Франции и Швейцарии, а также побывал в Венгрии.

Среди механических устройств, чертежи которых набросал Виллар, встречаются подъемные устройства, арбалет, пила с водяным приводом и ряд автоматов. Механизмы, изображенные на рисунке № 43, пожалуй, имеют особое значение для историков техники. Эта коллекция машин включает автоматическую лесопилку, которую приводит в действие посредством зубчатой передачи колесо, аналогичное тому, что используют в водяных мельницах. Тут же изображен усовершенствованный арбалет с не совсем понятным механизмом действия, «который никогда не промахивается», как следует из приписки мастера. Далее ангел, который всегда указывает на солнце. Механизм ангела расположен непосредственно под рисунком пины с гидравлическим приводом. Текст под рисунком объясняет, «как заставить ангела всегда указывать пальцем на солнце». Помещенный на крышу церкви или часовни, ангел медленно проследит за направлением солнца. Из рисунка не совсем ясно, как именно будет работать автомат, за исключением того, что механизм подразумевает вращательное движение, регулируемое весом гирь. Механизм снабжен системой канатов и шкивов с грузами, которые, в свою очередь, намотаны на ось и колесо. Элемент, спрятанный внутри орла, изображенного внизу той же страницы, очевидно, разработан в соответствии с тем же принципом и тоже управляется весом гирь, как и ангел. У птицы внутри была система грузов, веревок и блоков; они заставляли птицу поворачивать голову к дьякону во время чтения Евангелия. Вероятно, птица сидела на кафедре, взирая то на чтеца, то на его аудиторию. И вращающийся ангел, и птица кажутся, по край-

# Средневековые автоматы Западной Европы<sup>1</sup>

Александр Речкин

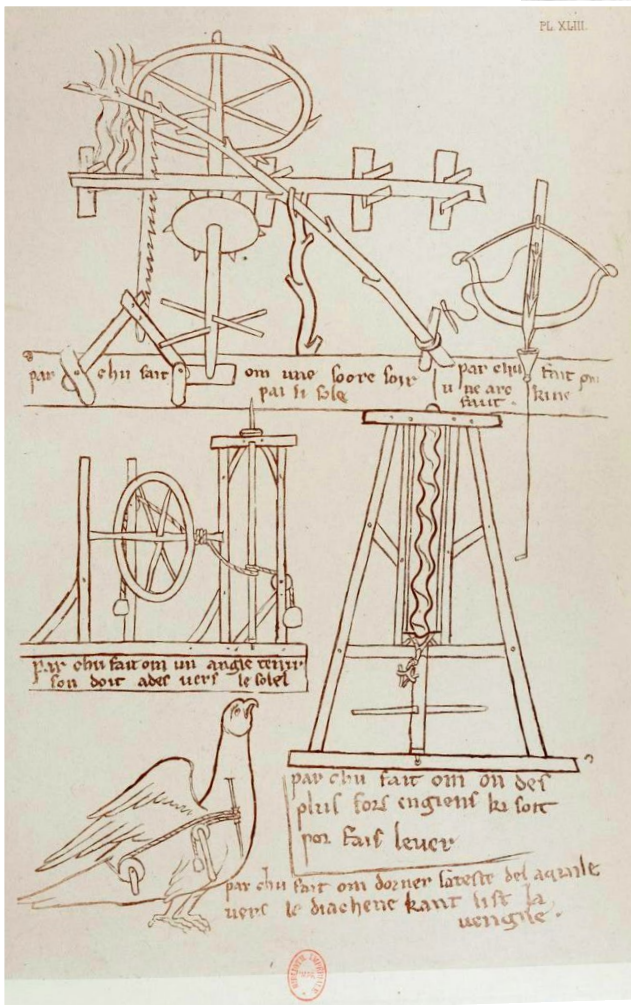
<sup>1</sup> См. также ТрВ-Наука №№ 330, 332, 334, 336, 339, 353, 354, 356.

ней мере на рисунках, довольно примитивными. Из чертежа совсем не ясно, как система канатов и шкивов с приводом от гирь повернула бы голову орла. Скуповатый характер этих технических чертежей выглядит особенно примечательно в сравнении с относительно подробной спецификацией конструкции гидравлической пилы, которая приведена на том же листе. Учитывая краткость подписей и стиль рисунка, эти два чертежа автоматов в альбоме Виллара могут оказаться всего лишь мысленными экспериментами, а не реальными изысканиями. В лучшем случае они представляют собой технические эскизы, имеющие какой-то смысл лишь для людей, уже знакомых с нарисованными предметами — для непосвященных чертежи бесполезны. Тем не менее они говорят о возможности воспроизведения естественных процессов с помощью механизмов (движения объектов) и отслеживания небесных явлений (пути солнца по

ваемую ими энергию не только для измельчения зерна. Кулачковый механизм, совершающий вращательное движение и взаимодействующий с другим подвижным звеном, толкателем, впервые появился на латинском Западе в начале XIII века, в эпоху Виллара. Кулачок может заставить толкатель двигаться вверх и вниз по шаблону; по этой причине ку-



Александр Речкин



Лист из альбома Виллара де Оннекура с изображением работы автоматов

небу). В целом они похожи — особенно птица — на эллинистические автоматы Герона Александрийского, а также на автоматы из раннесредневековой Византийской империи и халифата Аббасидов. Однако Виллар вряд ли имел доступ к работе Герона «Пневматика» или трактату аль-Джазари, которые еще не были доступны на латыни или французском в начале XIII века.

С другой стороны, к тому времени, когда Виллар делал свои чертежи, принципы гидравлики, а также механика, включающая работу весов и рычагов, уже были положены в основу нескольких различных видов машин, таких как мельницы и водяные часы. Водяные мельницы, широко использовавшиеся по всей Римской империи, были модернизированы и запущены в XI веке, они широко применялись для производства муки. Ветряные мельницы начали появляться в Европе столетие спустя и приобрели особую популярность в тех районах, где не хватало быстротекущих водных потоков или где реки замерзали в зимние месяцы. По мере того, как водяные и ветряные мельницы становились всё более распространенными на Западе, строители начали использовать вырабаты-



Виллар де Оннекур

лачки были введены тогда в валковые мельницы. Они прикреплялись к деревянным молоткам, чтобы бить или набивать шерстяную ткань, заменяя, таким образом, человеческий труд. Это нововведение, знаменующее собой начало использования гидравлической и пневматической техники, в сочетании с другими механическими принципами помогло стимулировать экономический бум в текстильной промышленности Англии. Более сложные машины могли бы выполнять более одной операции, но до этого во времена Виллара дело еще не дошло.

Автоматы де Оннекура резко контрастируют с автоматами из художественной литературы. Автоматы-охранники, статуи на гробнице Флуара и Бланшефлора или искусственные слуги в свадебной зале Париса и Елены все сделаны из драгоценных камней и металлов, их сооружают люди или великаны, имеющие доступ к иностранным и оккультным знаниям; автоматы создаются с помощью волшебства или хитроумных технологий, которые никогда не могут быть точно описаны или зарисованы. С другой стороны, автоматы Виллара работают, используя обычные шкивы, веревки, ремни и грузы. Они не украшены драгоценными металлами или редкими камнями и никоим образом не соотносятся с небесными, природными или демоническими силами. Несмотря на то, что проекты Виллара, возможно, не были полностью реализованы, они всё же отражают понимание механических принципов в гармонии с современными мастеру технологиями.

Вполне возможно, что Виллар де Оннекур не был изобретателем, но ему была присуща любознательность и яркое воображение средневекового человека, видевшего во время своих путешествий много интересного — людей, животных, архитектурные сооружения и машины. Обладая талантом рисовальщика, де Оннекур решил отразить свои впечатления, возможно, даже мечты, в рукописи, которой суждено было дойти до наших дней.

Спустя пятьдесят лет после смерти Виллара автоматы в качестве придворной обстановки впервые появились в замке Эден в графстве Артуа, недалеко от современной французско-нидерландской границы. Созданные в конце XIII века и развитые в XIV и XV веках, автоматы Эдена включали различные фонтаны, устройства для измерения времени, искусственных обезьян и птиц. Сады замка, наполненные автоматами, теперь напоминали парковые комплексы исламских эмиров и правителей Индии.

Пышные фонтаны и механические диковинки в парке Эдена представляли собой самый ранний пример автоматов, созданных в Средневековой Европе. Их соорудили по приказу Роберта II (1250–1302), графа д'Артуа, представителя королевской династии Капетингов, правившей Францией и королевством Сицилия. Граф часть жизни провел в качестве регента монархии на Сицилии в 1285–1292 годах. Он также сопровождал своего дядю, короля Людовика IX, в крестовом походе в 1270 году. После смерти Людовика в том же году Роберт сопровождал его тело на пути из Туниса и провел несколько недель в Палермо, где посетил великолепную виллу Циза, или Дженоард (*Рай на земле*), которую начали строить еще арабы, владевшие островом. Циза также включала в себя дворец Куба, которым восхищался Боккаччо (дворец стал местом действия одной из новелл его «Декамерона») и великолепный парк с садовыми элементами, в том числе и автоматами. Также Роберт побывал в Апулии в 1285–1292 годах, где он, возможно, слышал о механических чудесах императора Фридриха II (1194–1250), бывшего правителя Южной Италии. Фридрих получил в подарок от мусульман два автомата — астрологическую клепсидру от султана Дамаска и металлическое дерево, на ветвях которого сидели искусственные певчие птицы. Возможно, именно парки Циза и механические чудеса вдохновили графа д'Артуа на переустройство собственных владений.

Роберт вернулся в Эден в 1292 году со свитой, в которую входили личный врач и двое мастеров из Апулии: Джон, искусный садовник, и Рено Куанье де Барлет (также называемый в документах Ринальдо Когнетти), который стал каменщиком замка и отвечал за капитальный ремонт поместья и прилегающих к нему территорий. Действуя под руководством Роберта, Куанье расширил парк до 2200 акров, руководил возведением новых стен и надзирал за строительством парковых сооружений. На территории поместья разводились кролики, лани и цапли, пруды наполнились карпами, а протекающие реки стали использоваться для работы механизированных фонтанов. Через искусственное озеро перебросили мост, который украшала группа механических обезьян. Мастера покрыли деревянных марионеток, которые бегали по веревкам, барсучьим мехом, чтобы обезьяны выглядели более реалистично. На территории парка размещались солнечные часы, которые удерживали в лапах металлические львы и леопарды, появились кривые зеркала и лабиринт из виноградных лоз, названный в честь Дедала. А в самом замке целую залу превратили в просторную комнату отдыха с большими окнами и высокими потолками, которая была наполнена статуями, картинами, фонтанами и автоматами — искусственными птицами, по мелодичности соперничавшими с настоящими певчими птицами.

После смерти Роберта в 1302 году его дочь и наследница Маго (она же Матильда д'Артуа), которая любила отдыхать в Эдене, поддерживала наследие отца, хотя это и было проблематично, поскольку автоматические обезьяны, размещавшиеся на открытом воздухе и потому постоянно подверженные воздействию стихий, ежегодно нуждались в ремонте. Так, в 1304 году обезьян заново покрыли шерстью, а механические птицы получили новую клетку. В 1308 году были проведены обширные работы по ремонту львов и леопардов, которые держали солнечные часы. В 1312 году обезьян заново покрыли мехом, а затем добавили рога, придав автоматам сходство с сатирами или демонами.

Так как к тому моменту Куанье де Барлет уже умер, новым мастером, который стал следить за работоспособностью автоматов, стал Жак де Булонь. Примерно к 1310 году Жак, судя по архивным отчетам, стал заниматься обслуживанием чудес Эдена на постоянной основе и не был занят никакой иной работой. Он передал свои знания и умения детям, поэтому его семья трудилась над автоматами в Эдена в течение следующих пяти поколений.

Учитывая сложное устройство фонтанов и механических птиц, думается, что фигурки



# Окаменелости предков людей из ЮАР кардинально «постарели»



PNAS  
щерах череп предтечи человека возрастом 2,3 млн лет, названный «миссис Плез». Обе они принадлежат к предшественникам людей — австралопитекам, и еще сотни подобных особей обнаружены в сети подземных тоннелей. Возраст доломитовых холмов, в которых расположены пещеры, составляет 2,6 млрд лет — это выше половины возраста самой Земли.

Однако большинство окаменелостей австралопитеков извлекалось из древней пещеры, обозначаемой как Member 4. Споры о ее возрасте продолжаются уже более полувека, и оценки варьировались от 2 млн лет — что моложе рода *Homo* — до примерно 3 млн лет. Новое исследование опровергает давнее представление о том, что южноафриканского австралопитека нужно считать более молодым ответвлением восточноафриканского афарского австралопитека. Согласно результатам, полученным на основе анализа радиоактивного распада редких изотопов алюминия-26 и бериллия-10 в минеральном кварце, возраст находок Member 4 колеблется от 3,4 до 3,6 млн лет, и это указывает на то, что гоминины Стеркфонтейна были современниками других ранних видов австралопитеков, таких как *Australopithecus afarensis* в Восточной Африке. «Радиоактивные изотопы, известные также как космогенные нуклиды, образуются в результате высокоэнергетических реакций с космическими лучами у поверхности земли, и даты, от которых отсчитывается их радиоактивный распад, привязаны ко времени захоронения этих минералов в пещере, куда они попали вместе с окаменелостями», — поясняет ведущий автор статьи, профессор Дэррил Грейнджер из Университета Пердью в штате Индиана.

Переоценка возраста окаменелостей австралопитеков из Стеркфонтейна имеет весьма важные последствия для понимания роли Южной Африки в важнейшей стадии эволюции гоминидов. Так, молодые гоминиды, в том числе *Paranthropus* и род *Homo*, появились 2,8–2 млн лет назад. Если основываться на ранее предложенных датах, то южноафриканские виды австралопитеков были слишком молоды, чтобы оказаться их предками, поэтому считалось более вероятным, что *Homo* и *Paranthropus* эволюционировали в Восточной Африке. Однако предыдущие методы основывались на анализе отложений кальцитового известняка, и, согласно некоторым исследованиям, эти отложения значительно моложе, чем прочее содержимое пещеры, что в результате сильно занижало возраст окаменелостей.

Согласно новому исследованию, проведенному американскими и южноафриканскими учеными, возраст окаменелостей самых ранних предков людей в «Колыбели человечества» в пещерах Стеркфонтейн, расположенных вблизи Йоханнесбурга в Южной Африке, оказался на миллион лет старше, чем считалось ранее, они позволяют получить информацию о почти 4 млн лет человеческой эволюции. Эти пещеры содержат более трети всех известных ученым костных останков ранних гоминид. Соответствующая статья опубликована в журнале *Proceedings of the National Academy of Sciences*<sup>1</sup>.

Комплекс пещер Стеркфонтейн, признанный объектом Всемирного наследия ЮНЕСКО, считается общим центром всего древнего человечества. В частности, это место было домом для Маленькой Ноги — там выкопали ее полный скелет возрастом 3,67 млн лет. Хорошо известен также обнаруженный в этих пе-

<sup>1</sup> pnas.org/doi/full/10.1073/pnas.2123516119

М. Б.

## СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ

► обезьян управлялись каким-то механическим устройством, приводимым в действие с помощью грузов, хотя из дошедших до нас источников непонятно, как именно работали автоматы. Механизированные фонтаны требовали регулярного ухода и чистки сантехники, и на это не жалели средств. В 1314 году механические птицы были отремонтированы и заново покрыты золотом. В следующем году графиня посадила на трон механического короля. Записи не описывают движения этого механического человека в деталях; однако, учитывая его близость к птицам, которые работали, используя гидравлику, как аналогичные механизмы, созданные еще Героном Александрийским, можно предположить, что король двигался благодаря силе воды в сочетании с движущимися грузами.

Поддержание работающих автоматов и общей инфраструктуры парка стоило значительных средств, однако даже после трагической гибели Матильды д'Артуа поместье не было заброшено. Преемник Маго, герцог Бургундии Эд IV, сохранил диковинки Эдена и внес некоторые усовершенствования. Даже во время нестабильности, вызванной Столетней войной, в 1344 году в зале замка был установлен новый позолоченный фонтан, который напоминал дерево. На его ветвях сидели механические птицы, которые разбрызгивали воду из клювов. Столетняя война приводила к периодическим нападениям на Эден, и работа по реставрации машин в парке иногда прерывалась. Но в целом герцоги Бургундии поддерживали поместье до второй половины XIV века, совершенствуя существующие машины и устанавливая новые автоматы.

В 1380-х годах по причине внутриполитических проблем и не прекращавшейся Столетней войны герцогам Бургундии стало уже не до автоматов и замка Эден, поэтому устройства пришли в негодность и оставались в забвении почти полвека, пока Филипп Добрый, новый герцог Бургундский, не отремонтировал чуда-

са Эдена в 1430-х годах. И замок, и его развлечения стали еще более знаменитыми, чем в предыдущем столетии. Поместье считалось одной из пяти главных резиденций Филиппа, сложные и удивительные механические автоматы очаровывали гостей, демонстрируя богатство и доступ к чудесам, которыми обладал герцог. Филипп наполнил территорию парка зверинцем с экзотическими животными, приобрел богатую иллюстрированную книгу и собрал великолепную библиотеку. Сохранился даже подробный отчет за 1433 год, который описывает отремонтированные и новые автоматы. Деньги выделялись новому камердинеру замка Колару ле Волеру, руководившему целой бригадой мастеров, среди которых были художники, кузнецы, плотники, водопроводчики и кожевенных дел мастера. Волер проводил работы согласно средневековому техническому заданию. Его люди должны были «расписать галереи замка в той же манере и стиле, что и раньше, очень богато и с использованием самых лучших материалов». Соорудить автомат, «который брызгает водой и мочит гостей, если они того пожелают»; сделать кривое зеркало. Разместить в комнате машину, которая вызывает дождь, гром и молнии. Изготовить автомат «деревянный отшельник, который разговаривает с людьми, когда они входят в помещение». Также в комнатах были размещены забавные, с точки зрения Филиппа Доброго, ловушки в виде специальных плит, на которые наступали гости — и тогда их осыпали перья или мука или из труб окатывало водой. Была сооружена кафедра, на которой лежала книга, и если кто-то желал взглянуть, что в ней написано, то вставал за кафедру и тут же покрывался сажей. Присутствовали автоматы, пугавшие гостей, издавая неприятные звуки или корча рожи. Таким образом, искусство создания автоматов было теперь поставлено на службу иной цели, нежели раньше. Механические диковинки больше не убла-

жали гостей, развлекая их песнями или сладкими мелодиями, не показывали фокусы и трюки — наоборот, они намеренно приносили боль и страдания: портили одежду, прически и лишали гостей владельца замка достоинства.

Теперь автоматы Эдена подчеркивали формальность и строгость герцогского двора, напоминая своими функциями трон Соломона, принадлежавший императору Византии, который должен был вселять благоговение и ужас. С другой стороны, «ловушки» должны были выделять определенную группу подданных, приближенных к герцогу, которые о них знали и тем самым становились своеобразной элитой. Они не попадали в неудобные ситуации, их костюмы не портили механические игрушки — таким образом, автоматы выделяли привилегированных подданных среди массы тех, кто становился частью представления, кого могли унижить на глазах всего двора.

В замке Эден происходили очень многие важные события, такие, как свадьба Филиппа Доброго и Изабеллы Португальской в 1430 году. Изабелла любила замок и была очарована парком, его фонтанами и гидравлическими машинами, приводящими в движение автоматы. Она часто передвигалась по парку в специально изготовленном колесном павильоне, конструкция которого позволяла проводить ужины на природе в сопровождении музыкантов. Однако после смерти Филиппа Доброго в 1467 году непрерывному празднику, которым наслаждался замок Эден, был положен конец. А в 1553 году замок был и вовсе разрушен по приказу императора Священной Римской империи Карла V, чьи войска в результате войны с Францией захватили территорию графства. Автоматы и обветшавший парковый комплекс были стерты с лица земли. Существующая сегодня коммуна Эден была построена в шести километрах от прежнего замка. ♦

# Академия при Президенте



Уважаемая редакция!

В России разгар отпускного сезона, казалось бы, можно успокоиться и предаться заботам дачным или отдыху на курортах Краснодарского края и Крыма. Но не дает мне покоя одно соображение: близится август — по традиции, месяц, богатый на разного рода неприятные события. То путч произойдет,

то дефолт, то бандформирования в Дагестан вторгнутся, то подводная лодка утонет, то Останкинская башня сгорит... И понятно, почему так происходит: в августе командно-начальственные силы оказываются ослаблены отпускным сезоном, контроль над ситуацией несколько слабеет и, как следствие, начинаются сбои. И это, вероятно, не только мое мнение: спикер Государственной Думы Вячеслав Володин недавно высказал мнение, что следует сократить отпуска депутатам до минимума, положенного Трудовым кодексом, — до 28 дней. Он посоветовал брать пример с Президента, который всегда на работе, и сказал, что у политиков отпусков не бывает.

Не случайно вопрос возник именно сейчас: сами понимаете, время нынче особенно напряженное, жесткая рука власти на пульсе требуется как никогда. Но даже 28 дней — это практически месяц, так что проблему августа даже это предложение не решит. И вот, сидя в жару в тени на даче и запивая водку чаем, я думаю, что готовит нам стремительно надвигающийся август. Не случится ли так, что до зубов вооруженные современным западным оружием украинские националисты перейдут на юг Украины в контрнаступление и смогут выбить наших из Херсона?

Хотелось бы верить, что не случится, но физическая география тут не на нашей стороне: от основных российских сил Херсон отделен Днепром... С другой стороны, не всё так плохо: в отличие от конца XIX века, у России теперь есть не два, а три союзника — Армия, Флот и Воздушно-космические силы. Так что есть надежда, что мы остановим агрессора на днепровском рубеже.

Впрочем, этим июльским вечером беспокоят меня мысли не только о ситуации на фронтах спецоперации. Гложет меня еще одна мысль, касающаяся происходящего в Академии при Президенте России. Нет-нет, не подумайте, я не про РАН. Там всё нормально, идет обычный предвыборный процесс, надеюсь, под чутким руководством администрации Президента. Я говорю про другую организацию — РАНХиГС.

А с ней не очень-то ладно: продолжают задержания руководящего состава. Если помните, коллеги, — а забыть об этом в стремительно потоке событий неумудрено — в прошлом году была задержана бывшая замминистра просвещения Марина Ракова. Против нее и ряда лиц были выдвинуты обвинения в мошенничестве: мол, Ракова и ее подельники вступили в преступный сговор с директором Института общественных наук РАНХиГС Сергеем Зуевым, организовав заключение фиктивных трудовых договоров между РАНХиГС и 12 сотрудниками Минпросвещения. Говорилось об ущербе в 20 миллионов рублей. В конце июня по данному делу был задержан ректор РАНХиГС Владимир Мау, человек весьма известный и авторитетный. А совсем недавно в рамках этого же дела был задержан проректор РАНХиГС Иван Федотов.

А теперь давайте призадумаемся. Что такое РАНХиГС? Это, фактически, кузница кадров для государственного аппарата, организация, которая занимается подготовкой и переподготовкой специалистов высшего управленческого уровня. Помните, всякие там курсы будущих губернаторов? Это всё идет как раз через президентскую академию. А если в вузе всё время задерживают кого-то из руководства, как он может нормально продолжать свою ответственную работу? Руководящие сотрудники дрожат и думают, кто будет следующим. Фактически, это уголовное дело идет во вред очень важной для государства деятельности по подготовке руководящих кадров. Кроме того, академия-то, сами помните, при ком, и тень-то ложится не только на академию...

И давайте обратим внимание на сумму ущерба: 20 миллионов рублей. Да один Владимир Мау официально ежегодно получает гораздо больший доход! Вообще говоря, он со своими подельниками мог бы кратно возместить государству ущерб и в дальнейшем они могли бы искупить допущенную ошибку упорным трудом на своих ответственных постах. Не спешите негодовать, коллеги, подумайте спокойно. Какой сигнал посылает это дело ректорам, замминистра, другим руководящим работникам? Вот ты работаешь, придерживаешься патриотической позиции, всецело поддерживаешь действия руководства страны, письма правильные подписываешь, как Мау, и, несмотря на это, за тобой в один далеко не прекрасный момент могут прийти из-за какой-то, по сути, мелочевки. А ведь ты ответственный работник, под тобой текут миллиардные потоки бюджетных средств! И что, если где-то дал слабину, рука, так сказать, дрогнула? Никакого учета былых заслуг и правильной позиции не будет?

Именно это, на мой взгляд, и есть основная опасность дела о президентской академии, а не срыв образовательного процесса: если вдуматься, тут можно увидеть попытку вбить клин между руководством страны и управленческой элитой. Остается задать риторический вопрос: в чьих интересах это — вольно или невольно, — но делается, товарищи?

Ваш Иван Экономов



# Кто что делал в момент посадки на Луну «Аполлона-11»

**Павел Амнуэль** (1944), астрофизик, писатель-фантаст, популяризатор науки, канд. физ.-мат. наук:

Прекрасно помню то время. Я тогда уже почти два года работал в Шемахинской астрофизической обсерватории, и в нашу библиотеку поступали иностранные журналы, где можно было найти информацию о подготовке полетов в сторону Луны. В журнале *Aeronautics & Astronautics*, например, публиковали данные о ракетах и космических аппаратах. Именно из этого журнала мы, в частности, узнавали детали, которые в советской прессе найти было невозможно: о Тюратаме, то бишь Байконуре, о массах и орбитах советских спутников и много о чем еще. Помню полет вокруг Луны «Аполлона-8», а аналогичный полет «Аполлона-10» в памяти почему-то не сохранился. Еще до полета «Аполлона-11» попал в мои руки номер журнала «Америка» (не помню, впрочем, как — в обсерваторской библиотеке его точно не было) с прекрасными цветными фотографиями лунного модуля с разных ракурсов, пульта управления... Подробно было описано устройство кабины, были данные о стоимости полета. Поразила тогда фраза о том, что толщина стенок лунного модуля была такой маленькой, что их можно было проткнуть пальцем (вряд ли так было на самом деле, но фраза запомнилась).

Когда полетел «Аполлон-11», я был в Баку и узнавал о деталях полета, слушая «Голос Америки» (иногда слышимость была прекрасная, но чаще приходилось ловить отдельные фразы, пробивавшиеся сквозь шум). Когда лунный модуль сел, была уже ночь, и помню радостное ощущение, когда об этом сообщили по радио. Утром купил газету «Правда». На первой полосе о посадке «Аполлона-11» не было ничего. На второй нашел в углу внизу страницы небольшую заметку о высадке американцев на Луне. Ничего, мол, особенного — ну, высадились и высадились. Чего не помню — показывало ли наше телевидение хоть что-то о том полете. Прекрасно помню кадры: Армстронг на Луне, приводнение капсулы в океане, астронавты в окошке камеры, где они проходили карантин после возвращения. Всё это помню, будто видел вчера, но, наверно, это были все-таки кадры уже более поздних фильмов, наложившиеся на мою память о тех днях.

А что делал вот прямо в тот момент, когда... Дома был, радио слушал.

**Евгений Беркович** (1945), математик, публицист, историк науки и литературы, канд. физ.-мат. наук:

В июле 1969 года первые два землянина высадились на Луне. Все помнят великую фразу: «Это один маленький шаг для человека, но гигантский скачок для человечества», — которую сказал тогда Нил Армстронг, выйдя из космического корабля. Редакция «Троицкого варианта» предложила вспомнить, что я делал

в то время. Дневников я не вел, поэтому конкретно дни 20 и 21 июля в памяти не отложились, хотя потрясение от новости было. По-моему, советское телевидение не показывало в прямом эфире это эпохальное событие. Но совсем замолчать его было невозможно. Да и разные «голоса» по радио мы научились тогда слышать, несмотря на глушилки.

Год 1969 был для меня одним из счастливых и результативных. В предыдущем году я окончил с красным дипломом физфак МГУ, и, хотя в дипломе у меня стояла специальность «физик», я ощущал себя математиком, как, впрочем, ощущаю и теперь, убедившись, что «математик — это не профессия, а порода». Нельзя быть бывшим математиком, как невозможно стать бывшим пуделем.

Время тогда было напряженное, были живы еще надежды «пражской весны», не все задавленные танками в Праге в августе 1968-го. Завершившаяся в 1967 году Шестидневная война в Израиле отразилась и на судьбах советских евреев — государственный антисемитизм поднял голову. Курьезно задел он и меня. Кафедра математики физфака рекомендовала меня в заочную аспирантуру. Я прошел через сито комитета ВЛКСМ факуль-

тета, профкома физфака и, наконец, самый строгий фильтр — партком. Оставалось утвердить кандидатуру на ученом совете. Сомнений ни у кого не было: отличник, общественник, автор научных статей в серьезных журналах. Просто не за что зацепиться. Но когда я на следующий день пришел в деканат узнать результаты ученого совета, зам. декана, отводя глаза, сообщил мне, что мой вопрос не рассматривался, так как документы затерялись при переносе из парткома в Большую физическую аудиторию, где заседал ученый совет. Чтобы было всё понятно, скажу, что двери парткома и БФА расположены на одном этаже на расстоянии 10 метров. Потерять «дело» на таком расстоянии — нужно уметь. Но для большевиков, как известно, нет препятствий. Следующее заседание ученого совета должно было состояться осенью, когда прием в аспирантуру уже был закрыт.

Но в главном мне всё же дико повезло: после окончания МГУ меня распределили в Вычислительный центр университета, тогда относившийся к мехмату. Это была большая удача. Ибо те семь лет, что я там проработал, были самыми счастливыми и результативными — статьи по вычислительной математике и топологии выходили одна за другой. Но даже среди этих счастливых лет год 1969 выделялся особенно. В этом году была опубликована первая большая статья в академическом «Журнале вычислительной математики и математической физики» и еще одна в «Вестнике Московского университета». В мае того же года в МГУ состоялась очень крупная по тем временам конференция «Ломоносовские чтения», посвященная 150-летию Карла Маркса. Доклады делали только «генералы от науки», профессора, зав. кафедрами, в редких случаях доценты. Мой научный руководитель доцент Борис Михайлович Будак предложил доложить на конференции мои результаты по обоснованию численных методов решения задач оптимального управления. Докладывать, естественно, должен был он. Я пришел в уже упомянутую Большую физическую аудиторию как зритель, намереваясь посмотреть, как будут приняты мои результаты. Можете представить мое состояние, когда бледный Борис Михайлович сообщил мне за 10 минут до начала, что он не может делать доклад по состоянию здоровья, которое у него внезапно расстроилось. Делать нечего. Пришлось выйти в ряды «генералов» и свежеспеченному младшему лейтенанту. Председательствовал на заседании математической секции академик Андрей Николаевич Тихонов. Может быть, именно это мое выступление позволило мне спустя четыре года, когда уже и Б.М. Будак не было в живых, защититься на ученом совете факультета вычислительной математики и кибернетики, где Андрей Николаевич был председателем. Те, кто знал обстановку на его факультете и в его ученом совете, долго не могли поверить в случившееся. Видно, то мое незапланированное выступление на «Ломоносовских чтениях» 1969 года оставило какой-то след в памяти академика.

**Лев Боркин** (1949) — канд. биол. наук, почетный председатель правления Санкт-Петербургского союза ученых:

Летом 1969 года я был студентом биолого-почвенного факультета Ленинградского университета. После завершения третьего курса в середине июня был направлен на юг Дагестана в дельту реки Самур (близ российской границы с Азербайджаном). Здесь я изучал экологию сухопутной средиземноморской черепахи (*Testudo graeca* Linnaeus, 1758). Позднее этот вид был занесен в Красную книгу России, а также в междуна-родные охранные списки животных. Со мной был также один старшеклассник. Поэтому меня назначили руководителем группы (впервые в жизни), а сама поездка получила торжественное название «Самурская экспедиция кафедры зоологии позвоночных Ленинградского государственного университета им. А.А. Жданова». Соответственно были выданы бумаги на бланках. Это очень помогло при общении с местными мелкими начальниками, которые на всякий случай побаивались, что в случае моей жалобы университет может уволить их с должности, на которой они кормились. Поэтому нам они пусть особенно и не помогали, но и палки в колеса не вставляли. Местные простые жители, как русские, так и лезгины и азербайджанцы относились к нам хорошо и даже оказывали содействие. Время от времени они жаловались на здо-

рост и самоуправство своего руководства и просили написать в Ленинград, чтобы тех убрали.

Жили мы сначала в частном домике (скорее хозяйственная постройка в одну комнату) на отшибе близ поселка Приморский, а потом в доме гидропоста на близлежащем озере. Дельта Самура, где мы работали, — уникальный район, где произрастает умеренно-субтропический лиановый лес с множеством редких растений и животных, реликт более теплой геологической эпохи, самый северный форпост так называемых гирканских лесов, сохранившихся на юге Азербайджана и в прикаспийском Иране. Потом Самурский лес был превращен в федеральный природный заказник (с 1982) и национальный парк (в 2019). Из душного леса можно было попасть на жаркий песчаный берег Каспийского моря.

Про посадку «Аполлона» на Луне мы, как и местные жители, тогда ничего не слышали. Моими насущными проблемами были проведение ежедневных исследований образа жизни черепах, а также добывание продуктов для еды (рыбная ловля, сбор ягод, изредка консервы, иногда кабанье мясо, однажды попробовали мясо черепахи и яичницу из их яиц, и прочее).

Итоги моих полевых исследований позднее были оформлены в качестве курсовой работы (корма черепах, индивидуальные перемещения, суточная активность, паразиты и т.д.), и небольшой заметки на немецком языке. В частности, в конце июля 1969 года удалось обнаружить, что в жаркое время суток черепахи пьют воду прямо на берегу реки и даже целиком заходят в воду (ранее считалось, что сухопутные черепахи поглощают влагу лишь с растительной пищей).

Сами жители поселка были очень обеспокоены ситуацией в смежном районе в Азербайджанской ССР. В руководстве этой республики произошли неожиданные изменения. Ее главой был назначен бывший глава республиканского КГБ Гейдар Алиев. Магазины и прочие учреждения южнее Самура (на азербайджанской территории) сразу же закрылись, так как их директора и чиновники не знали, что делать в новой обстановке и кому теперь носить взятки (и в каком объеме). Коррупция и воровство тогда процветали как в самом Дагестане, так и в Азербайджане, чьи хозяйственные и прочие учреждения в смежных районах были тесно связаны. Так что всем было явно не до Луны.

**Борис Штерн** (1950), астрофизик, докт. физ.-мат. наук, гл. ред. ТрВ-Наука:

Когда «Аполлон-11» сел на Луну, я разгружал баржу с сырьем для цемента, которое работяги называли «копкой». Это происходило в Жигулевске, в Яблоневом овраге — красивейшем месте на берегу водохранилища, обзображенном цементным заводом и огромным карьером. Я был студентом Физтеха на каникулах у родителей, зарабатывал на разгрузке десять рублей в день — огромные деньги.

Собственно, это была не разгрузка, а «зачистка». Разгружал кран с ковшом в виде челюстей. Но он не мог достать во все уголки, наша роль заключалась в том, чтобы раскатать и закинуть эти «челюсти» в нужное место, крикнув в нужный момент «майна». А потом — «тонкая» зачистка лопатами.

И вот наломавшись как следует в один из дней, приезжаю домой, а отец и говорит: «Американцы сели на Луну», — отец слушал радио на коротких волнах. А на следующий день — короткая заметка в «Известиях». Я был, да, собственно, и остался фанатом космоса, поэтому радости не было предела. Была только досада, что нет нормальных картинок.

Еще пару лет до того я болел за наших в лунной гонке. После двух лет учебы на Физтехе мне стало всё равно, кто первым оказался на Луне, — я уже болел за человеческий род и потом глубоко переживал, что люди перестали летать дальше земной орбиты.

**Владимир Сурдин** (1953), астроном и популяризатор науки, канд. физ.-мат. наук:

Как самых активных членов астрономического кружка при Волгоградском планетарии нас с другом Вале-

рием Чугуновым послали представителями на Первую Всесоюзную конференцию юных астрономов, проходивший в Шемахинской астрофизической обсерватории (Азербайджан). Было это как раз в июле 1969 года. Там все мы и узнали про полет американцев на Луну. Возбуждение было невероятное, даже приветственную телеграмму на Луну хотели отправить, но «ответственные товарищи» прикрыли эту инициативу. Именно тогда, в июле 1969 года, я окончательно решил стать астрономом. А мой друг Валерий Чугунов теперь известный московский архитектор.

**Сергей Лёзов** (1954), лингвист и правозащитник, канд. ист. наук:

Тем летом я окончил восьмой класс, мне было 15 лет, и я впервые в жизни работал. Мне казалось: коль скоро я достиг возраста, когда берут работать на сокращенный рабочий день, то неприлично не пойти работать школьнику в каникулы. И я пошел. Это была работа на археологических раскопках в Смоленске, где я тогда жил. Там, на берегу Днепра, есть такой Соборный холм. Первый собор там был чуть ли не домонгольский, он был взорван во время осады холма поляками в Смутное время, в начале XVII века. Потом построили новый, Успенский собор. Там проводил раскопки Московский университет. У подножья Соборного холма был раскоп, который уходил в землю метров, может быть, на двадцать. В раскопе работали студенты-практиканты, они кончили первый курс истфака МГУ, их погнали на практику. И были, так сказать, вольнонаемные, в том числе я. Я думал заработать пятьдесят рублей, купить маме подарков с первой в жизни полочки, платок и духи «Красная Москва», а себе — книг из букинистических Смоленска. Брадатые студенты истфака МГУ мне, провинциальному мальчишке, казались просто полубогами. Они мужественно пили водку и пели песню про Гамлета:

*Мужниных сапог не износила,  
Как за гробом шла.  
Мужнина убицу полюбила,  
И за него пошла.  
И ходит Гамлет с пистолетом,  
И хочет кого-то убить,  
И стоит вопрос перед Гамлетом:  
«Быть или не быть?»*

И вот работаю я, работаю, на карачках снимаю слой грунта в своем квадрате 100 × 100 см — и вдруг приходит весть о том, что американцы прилунились. Я тогда испытал восторг и радость по поводу того, что американцы успели раньше советских. Я с детства нутряной ненавистью ненавидел Советскую Империю и во всем желал ей поражения. Каркас официального мифа был такой, что империя непобедима; если она куда вошла — то навсегда. Если она отбита Чехословакией год тому назад — то это навсегда уже. Пойдет в Афганистан спустя одиннадцать лет — и тоже навсегда. Победа навсегда в хоккее, в фигурном катании... Вообще во всем... Я это всё ненавидел. Это у меня был образ металла, танка, что давит живую плоть и катит дальше. То есть у меня было «эстетическое разногласие» с советской властью, то самое, о котором потом Синяевский скажет в интервью французской газете *Libération* в 1988 году. Поэтому я был страшно рад, что американцы победили.

**Илья Мирмов** (1962), химик-технолог, канд. техн. наук, зам. гл. ред. ТрВ-Наука:

Готовился к поступлению в школу. Меня не брали по молодости — 7 лет исполнялось только в декабре. Пристроили по блату в ту школу, где училась мама, и о ней сохранились наилучшие воспоминания. Она была отличницей, а с момента окончания ею школы прошло не так много времени. Всего-то 14 лет. ♦



## «Троицкий вариант»

Учредитель — ООО «ТрВ-Наука»

Главный редактор — Б. Е. Штерн

Зам. главного редактора — Илья Мирмов, Михаил Гельфанд

Выпускающий редактор — Максим Борисов

Редактор: Юрий Баевский, Максим Борисов, Алексей Иванов, Андрей Калинин, Алексей Огнёв, Андрей Цатурян

Верстка — Глеб Позднев и Максим Борисов. Корректур — М. Борисов

Адрес редакции и издательства: 142191, г. Москва, г. Троицк., м-н «В», д. 52;

телефон: +7 910 432 3200 (с 10 до 18), e-mail: info@trv-science.ru, интернет-сайт: trv-science.ru.

Использование материалов газеты «Троицкий вариант» возможно только при указании ссылки на источник публикации.

Газета зарегистрирована 19.09.2008 в Московском территориальном управлении Министерства РФ по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций ПИ № ФС77-33719.

© «Троицкий вариант»