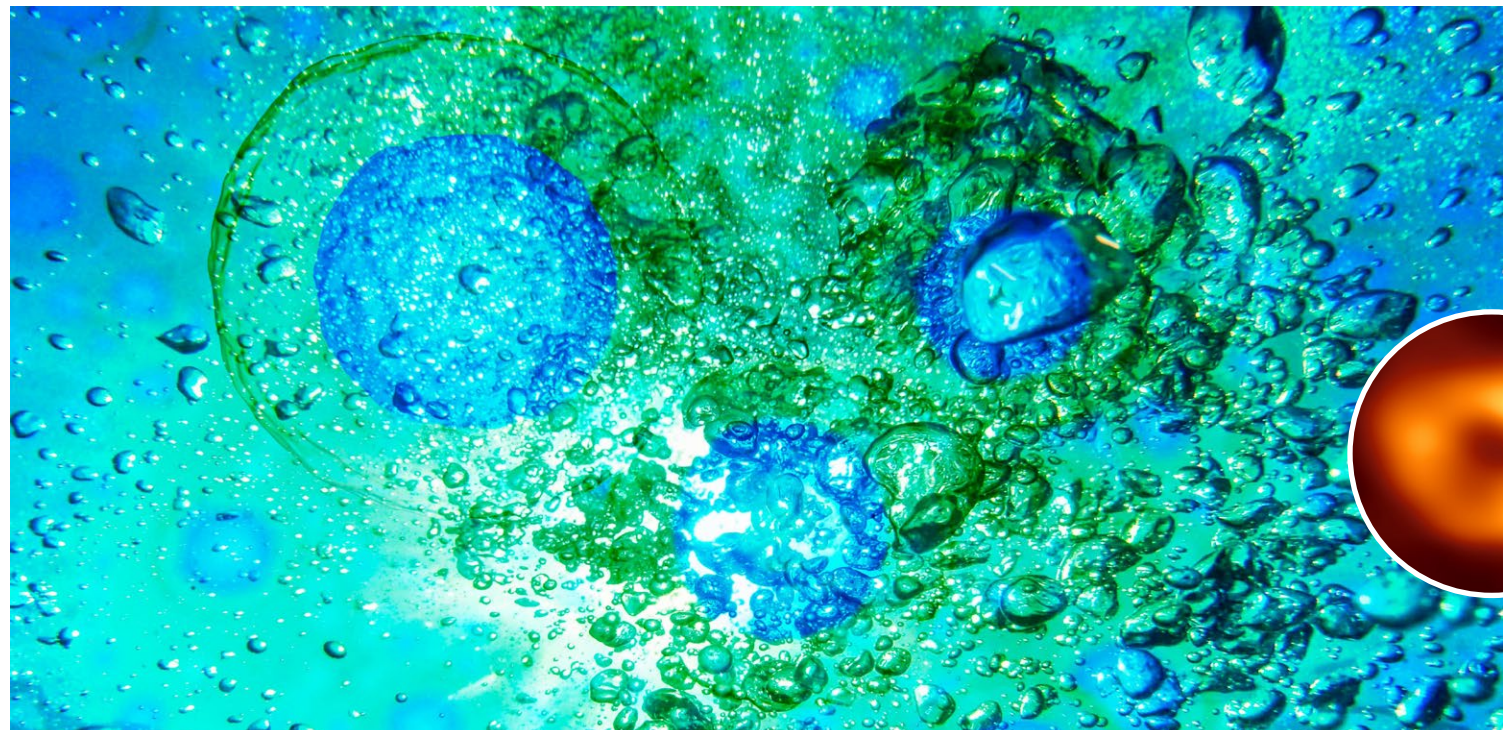




Коллаж. Использованы фото с pikaabay.com

ПРОИСХОЖДЕНИЕ ЖИЗНИ Следующие миллиарды лет

Как и обещали, мы продолжаем серию интервью о происхождении жизни. Первое было с Михаилом Гельфандом¹, второе — с Александром Марковым². Теперь главный редактор **Борис Штерн** беседует с **Михаилом Никитиным**, написавшим знаменитую книгу³ как раз на данную тему.

¹ trv-science.ru/2022/05/proisxozhdenie-zhizni-ot-rnk-mira-k-belkam

² trv-science.ru/2022/05/markov-abiogenesis

³ Никитин М. Происхождение жизни. От туманности до клетки. — М.: Альпина нон-фикшн, 2016.

Старт эволюции

— Напоминаю, точка, с которой начались предыдущие интервью, — возникновение репликатора — некой конструкции, которой, скорее всего, была молекула РНК, умеющая воспроизводить себя, может быть, с небольшими дефектами, что дает наследственность и изменчивость. И с этого стартует дарвиновская эволюция. Михаил, теперь изложите ваш взгляд на проблему первого репликатора. Есть точка зрения, что вероятность его возникновения чудовищно мала.

— Да. Первый репликатор, зачем он нужен? Мы знаем единственный механизм, который может порождать более сложные системы из более простых — это дарвиновская эволюция, работающая путем мутаций и естественного отбора. Чтобы дарвиновская эволюция шла, нужны некие системы, способные размножаться — порождать свои собственные копии, не идеальные. Среди этих копий будет дальше идти отбор по скорейшему размножению. Простейшая единица, представленная в современном мире, способная размножаться, — это прокариотная клетка бактериального или архейного типа. Но такая клетка — это довольно сложная система, она должна содержать как минимум около полутора тысяч белков, белки должны быть собраны в супрамолекулярные комплексы, такие как рибосома и роторная АТФаза, нужен геном из более миллиона нуклеотидов, который будет всё это кодировать, нужна мембрана, которая будет окружать клетку. То есть клетка — это заведомо хороший репликатор, но она довольно сложная, и получить клетку без дарвиновской эволюции путем случайной самосборки очень-очень маловероятно. Так считал еще Фред Хойл в 1970-е годы, и получается, что размеров видимой Вселенной и времени ее существования для этого принципиально недостаточно.

Более простые самореплицирующиеся единицы тоже известны — это вирусы. Но все вирусы являются паразитами клеток, они несамостоятельны. И теория мира РНК в конце 1970-х — в 1980-е годы попыталась это как-то примирить: нащупать существование репликаторов, по сложности сравнимых с вирусами,

но при этом не нуждающихся в клетках. Ключевая гипотеза о мире РНК состоит в том, что они не содержат белков и ДНК, не используют кодируемый белковый синтез, и из трех типов полимеров — ДНК, РНК, белки — в них используются только РНК. Потому что только РНК может эффективно выполнять функцию катализа, т. е. работать ферментом — то, что сейчас делают белки, — и хранить наследственную информацию, с чем ДНК справляется лучше, но РНК, тем не менее, служит наследственным материалом многих вирусов до сих пор.

Основная форма первичного репликатора в этой концепции — молекула РНК, способная копировать саму себя. То есть РНК-фермент рибозим с активностью РНК-зависимой РНК-полимеразы. Для его существования нужна экологическая ниша, где будут доступны готовые нуклеотиды для репликации — это тоже вопрос, который надо решать. С 1990-х годов такой репликатор пытались получить экспериментально, отбором РНК с нужными каталитическими свойствами. Успехи за двадцать с лишним лет довольно скромные. Молекулы РНК, которые сколько-нибудь эффективно копируют другую РНК, — они довольно крупные, больше 200 нуклеотидов, и получить их (хотя, конечно, проще, чем клетку). Но, главное, они недостаточно точны и эффективны, чтобы сделать собственную копию даже в идеальных условиях.

Поэтому неферментативная репликация была придумана как способ обойти эти проблемы с рибозимами — РНК-полимеразами. Например, в каких-то условиях на минеральной подложке новая РНК может собираться не только случайно, но и на матрице уже существующей цепи РНК. Для катализа этой реакции в простейшем случае нужен только магний, а рибозимов и тем более белковых РНК-полимераз не нужно. В экспериментах неферментативная репликация дает совсем коротенькие молекулы РНК — 10–15, максимум 20 нуклеотидов — и довольно сильно страдает от неточностей. Но она как-то работает, и можно предположить, что неферментативная репликация предшествовала первым рибозимам. Она позволяет начать дарвиновскую эволюцию еще раньше, чем в классическом мире РНК.



Михаил Никитин



Борис Штерн

У меня есть одна идея, которую пока химики, работающие с рибозимами, экспериментально не проверяли, насчет того, каким мог быть первый рибозим. Для неферментативной репликации первый рибозим, который мог быть поддержан естественным отбором, — это не полимеразы. Это рибозим с противоположной активностью — экзонуклеаза, отрезающий отдельные звенья от концов цепочки РНК. Как рибозим, разрушающий цепочки, может способствовать их копированию? Да очень просто: в любой современной системе копирования нуклеиновых кислот есть ферменты с такой активностью. Они называются «проверочные экзонуклеазы», отрезающие с конца растущей цепочки не все нуклеотиды подряд, а только ошибочные, не комплементарные нуклеотиды матричной цепи. А основные проблемы с неферментативной репликацией РНК — это как раз низкая точность, которая эффективно компенсируется такой проверочной экзонуклеазой, и низкая скорость. А низкая скорость на 90% следует из низкой точности: к неправильно присоединенному нуклеотиду очень долго сложно и маловероятно присоединить следующий правильный. То есть на каждом месте ошибки неферментативная репликация буксует. Рибозим — проверочная экзонуклеаза, наверное, может быть гораздо проще, чем рибозим-полимераза, — не 200 нуклеотидов, а меньше 100, даже порядка 50, и его появление гораздо вероятней. Эта идея пока экспериментально не проверена, но мне она кажется красивой, кажется, что это способ получить дарвиновскую эволюцию как можно раньше.

— Есть ли какой-то шанс проверить это экспериментально?

— Конечно, такие работы идут с 1990-х годов — по получению рибозимов путем искусственного отбора из большой библиотеки молекул РНК со случайными последовательностями. Так было получено много вариантов рибозимов-полимераз, рибозимов-лигаз и рибозимов с разными другими ферментативными активностями, вплоть до какой-нибудь фототиазы и алкогольдегидрогеназы.

Продолжение см. на стр. 2

АНО «ТРОИЦКИЙ ВАРИАНТ»
БЫЛА ПРИНУДИТЕЛЬНО ВНЕСЕНА
МИНИСТРОМ В РЕЕСТР «НЕКОММЕРЧЕСКИХ
ОРГАНИЗАЦИЙ, ВЫПОЛНЯЮЩИХ ФУНКЦИИ
ИНОСТРАННОГО АГЕНТА» 24.03.2022

в номере

Прогуляться по графам и не сломать голову

Математик **Андроник Арутюнов**
о прелестях гипотезы Ловаса —
стр. 4

Что не так с изображением нашей черной дыры?

Борис Штерн о загадочных
пятнах вокруг Sgr A* — стр. 5

Дирижер внутреннего оркестра

Нейрофизиолог
Наталья Ивлиева
о дофамине
и нашей картине
мира — стр. 6–7



Беспокойный гений из Будапешта

Валерий Лесов о Лео Силарде
и атомной бомбе — стр. 8–9

55 лет катастрофе корабля «Союз-1»

О гибели космонавта Владимира
Комарова рассказывает **Максим
Борисов** — стр. 10

Слон, отбивающий время, и другие дикины



Заметка
**Александра
Речкина**
об «Автоматах
Аллаха» — стр. 11



Наши гены от неандертальцев — во благо или наоборот?

Беседа **Ольги Орловой** с **Александром
Марковым** и **Еленой Наймарк** —
стр. 12–13

Накануне рождения матричной механики

Евгений Беркович
об английском
периоде Вернера
Гейзенберга — стр. 14–15



Темная история светлого будущего

Рецензия **Юрия Угольников** на книгу
Антон Нелихова — стр. 13

Актуальные новости и обзоры текущих событий — в наших аккаунтах

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

Продолжение. Начало см. на стр. 1

От самокопирования РНК к синтезу белков

— Теперь я предлагаю пройти по узким местам. Мы обсудили первое узкое место — возникновение репликатора. Следующее — Михаил Гельфанд отнес к узким местам синтез белка.

— Появление рибосомы и кодирование белка.

— С другой стороны, Александр Марков объяснил, что там в рибосоме тоже просматривается ядро из РНК, которое могло этот переход облегчить.

— Да, Александр уже рассказал. То, что я могу сказать, что древнее ядро большой субъединицы рибосомной РНК — пептидил-трансферазный центр — в ранние эпохи могло работать отдельно от малой субъединицы, содержащей декодирующий центр. То есть не пользоваться матричной РНК и не иметь такого мощного средства контроля за последовательностью создаваемого белка. Но! Это всё равно могло быть поддержано естественным отбором, если аминокислотный алфавит был гораздо меньше — в пределах от двух до четырех аминокислот. Поддержан тремя основными способами. Первый способ: производство гомополимерных пептидов, т.е. повторять одну аминокислоту всё время. Способ второй — чередовать аминокислоты — две, три или четыре — какими-то простейшими способами, типа АБ-АБ-АБ. Способ третий — случайно комбинировать две, три или четыре аминокислоты. При таком маленьком аминокислотном алфавите белки, а точнее, пептиды, поскольку они не смогут компактно и однозначно свернуться, будут иметь воспроизводимые физико-химические свойства, даже если комбинировать две-три аминокислоты случайно. И очевидный класс пептидов, который может быть поддержан естественным отбором, который может быть полезен миру РНК и синтезируется таким образом, — это катионные пептиды, пептиды с положительным зарядом, содержащие аминокислоты типа лизина и аргинина. Они притягиваются к отрицательно заряженному РНК (все РНК отрицательно заряжены), помогают компактному устойчивому сворачиванию рибозимов и повышают активность рибозимов почти любых типов. Это всё экспериментально проверено. Вот такие вспомогательные катионные пептиды могли быть продуктом маленькой простенькой проторибосомы, не имеющей малой субъединицы, не имеющей матричной РНК, не имеющей декодирующего центра, и имеющей какую-то маленькую часть от современной большой субъединицы рибосомной РНК.

В экспериментах большую субъединицу рибосомной РНК кишечной палочки удалось сократить примерно с 3 тыс. нуклеотидов до 600, т.е. в пять раз, и показать, что такой огрызок, содержащий пептидил-трансферазный центр и ничего больше, тем не менее, связывает транспортную РНК, несущую аминокислоту, и проводит пептидотрансферную реакцию. То есть пептиды соединяет. И эта простая проторибосома дальше могла пошагово, когда каждый шаг поддержан естественным отбором, усложняться, расширять аминокислотный алфавит, переходить от случайного чередования аминокислот к закономерному и, в конце концов, на стадии, по-видимому, 6-аминокислотного алфавита перейти к кодируемому белковому синтезу. И в структуре рибосомных белков, и в структуре транспортных РНК, присоединяющих к ним аминокислоты, можно довольно уверенно заключить, что такие аминокислоты, как глицин, аланин и пролин, точно были на стадии неcodируемого пептидного синтеза. Скорее всего, на этой же стадии были аспарат, валин и какие-то положительно заряженные аминокислоты — либо аргинин, либо какие-то его более простые аналоги, не существующие в современных белках. То есть минимальный аминокислотный алфавит для того, чтобы получить белки, способные самостоятельно свернуться, — это глицин, аланин, пролин, аспарат, валин и одна положительно заряженная аминокислота.

— Понятно, то есть с этого синтез белков стартовал, потом усложнился, и добавились остальные аминокислоты.

Геологические эры и содержание кислорода в атмосфере Земли. Красная кривая — максимальные, зеленая — минимальные оценки. Данные из работы D. Stolper, M. Bender, G. Dreyfus, Y. Yan, J. Higgins. Science, 23 Sep 2016. Vol 353, Issue 6306

— Да

— Видимо, это самое начало эволюции, которое заняло какой-то неразрешимо короткий отрезок времени.

— Да, это прошло в пределах первых миллионов лет.

Прокариоты заселяют и преобразуют мир

— Дальше прошло около двух миллиардов лет до появления первой эукариотной клетки. В эти два миллиарда лет что-нибудь еще радикальное произошло?

— За два миллиарда лет от первой прокариотной клетки до первой эукариотной клетки, конечно, произошли некоторые интересные события. Эволюция шла не так быстро, как в начале, до появления самых первых клеток, но прокариоты наращивали разнообразие, их становилось всё больше и больше, они освоили всю планету. Если первая клетка была обитателем каких-то редких геотермальных водоемов типа грязевых котлов и у нее была очень узкая экологическая ниша, то ее потомки освоили все моря — поверхность и глубины, — пресные воды и проникли в толщу земной коры. В современной земной коре бурение показывает, что она заселена бактериями до глубин 4–5, а иногда даже 6 км, причем распространение жизни в глубину ограничено только ростом температуры — на глубине 6 км температура уже около 80 °С. Бактерии и археи, заселяющие толщу земной коры, имеют чудовищную биомассу, превосходящую массу всей жизни на поверхности, включая деревья. Глубинная биосфера живет медленно и малопродуктивно, но биомасса ее огромна.

За два миллиарда лет до появления эукариот жизнь распространилась из луж по всей толще морей и земной коры, нарастила разнообразие и освоила некоторые новые биохимические процессы, прежде всего кислородный фотосинтез, который радикально преобразил планету. Это именно тот процесс, который делает обитаемую планету наблюдаемой на космических расстояниях. Сейчас приступает к работе космический телескоп «Джеймс Уэбб», и в его научные задачи входит спектральный анализ атмосфер транзитных экзопланет на расстояниях до сотни световых лет, насколько я помню, и, таким образом, он сможет отличить живую планету, с атмосферой, похожей на земную, обогащенную кислородом из-за фотосинтеза, от безжизненных планет с преобладанием азота и углекислого газа в атмосфере. Два не очень стабильных на геологических временах газа, выделяемых живыми организмами, — метан и кислород. Метан преимущественно накапливается в атмосфере до появления на планете кислородного фотосинтеза, после чего накапливается уже кислород. И то и другое может быть обнаружено современными телескопами на расстояниях до 100 световых лет.

Видимо, кислородный фотосинтез сыграл важную роль в появлении эукариот, которые по своей биохимии довольно однообразны по сравнению с прокариотами. Но у эукариот есть один биохимический путь, которого бактерии не придумали. Это синтез стеролов, прежде всего холестерина. Стероиды входят в состав эукариотных клеточных мембран — придают им повышенную гибкость и текучесть и помогают таким эукариотным процессам, как фагоцитоз и ошнуровка и слияние мембранных пузырьков. Фагоцитоз — это поглощение эукариотной клеткой какой-то

твердой пищевой частицы, которая окружается мембраной и проваливается внутрь клетки. Он позволяет переваривать эту твердую пищу в каком-то контролируемом объеме. Прокариоты питаются жидкой пищей, растворимыми молекулами. Только эукариоты смогли питаться твердыми частицами, прежде всего целыми прокариотными клетками. То есть в прокариотном мире первые эукариоты были сверххищниками, которые могли съесть кого угодно.

— Вернемся немного назад. Насколько неизбежным было появление кислородного фотосинтеза, который преобразовал планету? Раз уж возникла прокариотная жизнь, насколько вероятным будет появление кислородной атмосферы?

— Я могу предположить, что это достаточно неизбежно. Это следствие нескольких последовательных ресурсных кризисов. Среди прокариот существует несколько вариантов бескислородного фотосинтеза. Вообще, весь фотосинтез — это использование энергии света для восстановления углекислого газа и производства из

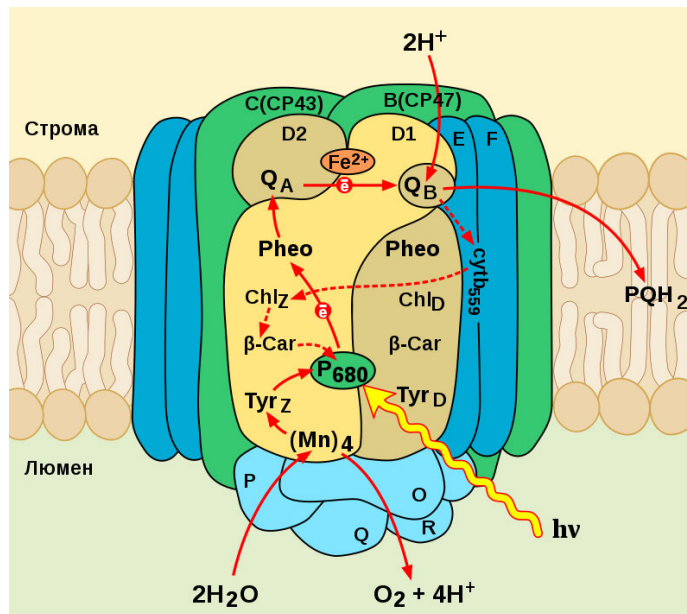


Схема фотосистемы II. (Mn)₄ — Mn-содержащий кластер; Tyr₁ — тирозин-161 белка D₁; Tyr₂ — тирозин-161 белка D₂; P680 (P₆₈₀) — специальная пара; cyt_{b559} — цитохром b₅₅₉; Chl_a, Chl_d — сопровождающие хлорофиллы a; β-Car — β-каротин; Q_a, Q_b — пластохиноны. Пунктиром обозначен циклический поток электронов

него органических молекул, используя электроны, отбираемые для него у каких-то других внешних молекул. В кислородном фотосинтезе этой внешней молекулой является вода, которая окисляется до молекулярного кислорода. В основных вариантах бескислородного фотосинтеза источником электронов являются ионы железа Fe²⁺, окисляемые до Fe³⁺, и соединения серы, такие, как сульфиды или сама молекулярная сера. Сульфиды окисляются до серы, сера окисляется до сульфатов. Есть варианты бескислородного фотосинтеза, использующие молекулярный водород, есть варианты с использованием некоторых органических соединений, таких, как янтарная или щавелевая кислоты. Понятно, что вода доступна в гораздо большем количестве, чем вышеперечисленное. И по геологическим данным, на протяжении архея моря были заселены в основном микробами, осуществляющими железный фотосинтез. Существует много отложений — полосатые железистые кварциты, они же джеспилиты, они же banded iron formations — это, судя по всему, следы деятельности железных фотосинтетиков, окислявших двухвалентное железо, растворенное в морской воде в ту эпоху,

и осаждавших его в виде магнетита и гематита. Причем осаждавших днем и не осаждавших ночью — поэтому отложения полосатые, состоящие из субмиллиметровых полосочек.

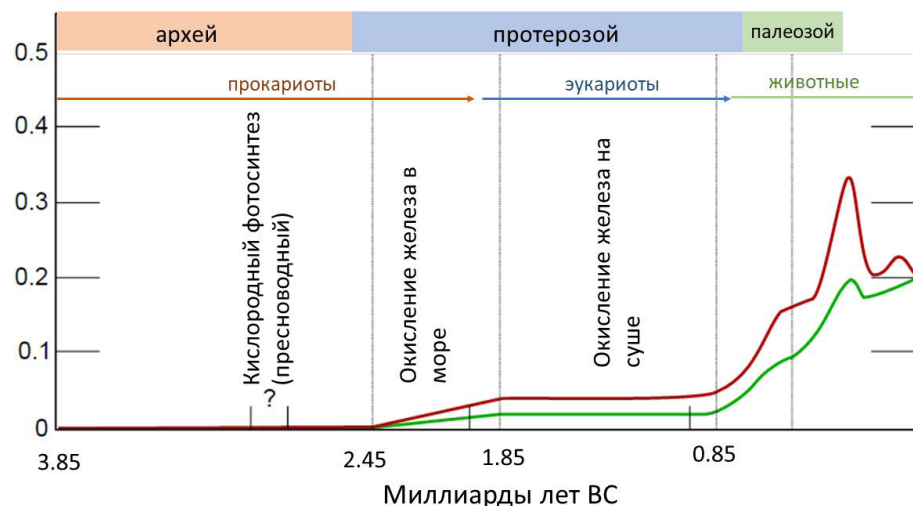
Но поступление железа в морскую воду связано с геологической активностью планеты — с вулканами, с выветриванием базальтов на суше, с деятельностью черных курильщиков и т.д. А геологическая активность со временем затухает. Продуктивность биосферы же, с другой стороны, росла по мере того, как микробы осваивали новые места обитания и распространялись в том числе по морю. То есть выпадение железа из моря со временем усиливалось, а поступление железа в море со временем слабело. Рано или поздно два этих процесса приходят к такому результату, что железо в море кончается, и микробы, использующие железный фотосинтез, больше не могут этим заниматься — они влетают в ресурсный кризис.

Кислородный фотосинтез позволяет использовать неисчерпаемый в масштабах Земли ресурс. Но он требует гораздо более сложных ферментативных систем, он гораздо более опасный. Если кислородным фотосинтезом неаккуратно управлять, то продуктом становится не только кислород, но и такие ядовитые вещества, как перекись водорода и совсем ядовитые гидроксильные радикалы, которые легко могут убить клетку, занимающуюся кислородным фотосинтезом. И если посмотреть на то, как устроен кислородный фотосинтез в клетках, например, цианобактерий — он связан множеством защитных систем, которые по логике работы напоминают защитные системы на атомных электростанциях: в любой непонятной ситуации глушите реактор. То есть в цианобактериях есть система аварийного сброса мембранного потенциала, если есть проблемы с тем, куда мембранный потенциал дальше тратить. Есть специальные белки хлорофилл-содержащие, которые активируются при повышении яркости света и которые рассеивают энергию поглощенного света в тепло, не пуская ее на окисление воды. Есть множество белков, которые связывают хлорофилл, выпадающий из поврежденного фотосистема, не позволяя ему проводить какие-то опасные фотохимические реакции. Есть много протеинкиназ, которые совершают тонкую регуляцию фотосистем, подстраивая их свойства к интенсивности света потому, что фотосистемы должны эффективно использовать тусклый свет на рассвете или на закате и в то же время безопасно для клетки работать днем в ясную погоду, когда интенсивность света возрастает в тысячи раз.

У цианобактерий всё это есть. У микробов, занимающихся бескислородным фотосинтезом, железным и серным, этого почти нет. Кислородный фотосинтез гораздо опасней и гораздо сложнее. И ключевой ко-фактор кислородного фотосинтеза — это марганцевый кластер — наночастица оксида марганца, содержащая четыре иона марганца, соединенных с молекулой фотосистемы II, именно ионы марганца являются катализаторами окисления воды. Если посмотреть на процесс сборки этого марганец-кислородного кластера, то очень похоже, что он возник как отход другого типа фотосинтеза, марганец-окисляющего. В архейской морской воде помимо ионов двухвалентного железа было также заметное количество двухвалентного марганца. Марганец — более слабый восстановитель, чем железо, поэтому пока железа было много, можно было жить за его счет, и марганцевым фотосинтезом никто заниматься не пытался. Когда железо кончилось, следующий доступный ресурс — это марганец. Ионы Mn²⁺, окисляющиеся фотосистемами до четырехвалентного оксида MnO₂, тоже могут поддерживать фотосинтез.

И дальше оказалось, что если этот оксид марганца прилипает к фотосистеме, то он из отхода становится средством производства, средством нового типа фотосинтеза, водоокисляющего. И вот тут у меня есть два интересных соображения.

Во-первых, если посмотреть на родословное дерево цианобактерий, единственных микробов, способных к кислородному фотосинтезу, то все нижние ветви на этом дереве — пресноводные. Освоение цианобактериями морей происходило сильно позже появления кислородного фотосинтеза и несколькими ветвями независимо. Кислородный фотосинтез распространился в морях на границе архея и протерозоя, примерно 2,5 млрд лет назад, но в пресных водах цианобактерии освоили его гораздо раньше. Гло- ►



► бального эффекта на планете это не имело, потому что озера и реки гораздо меньше, чем мировой океан, но процесс уже был.

Во-вторых, в пресных водах с дефицитом железа и соединений серы они могли столкнуться гораздо раньше, чем в море, — из-за малого объема водоемов. И третье. Как же цианобактерии преодолели проблему опасности кислородного фотосинтеза? С химической точки зрения невозможно безопасно перейти от бескислородного фотосинтеза к кислородному, и вот почему: для окисления железа от каждого атома железа достаточно отрывать по одному электрону. Фотосистема проводит через себя по одному электрону на каждый поглощенный квант света. Если мы отрывает один электрон от молекулы воды, то получаем протон и гидроксильный радикал — крайне опасное соединение. Если мы от двух молекул воды отрывает два электрона одновременно, то получаем перекись водорода — тоже не сахар. Чтобы окислять воду безопасно, надо отрывать от нее сразу четыре электрона, а фотосистема умеет пропускать их только по одному. И марганцевый кластер работает как раз промежуточным конденсатором: сначала фотосистема отделяет от него по одному четыре электрона, и дальше он в одну стадию возвращает четыре электрона от двух молекул воды, окисляя их до кислорода. Любые поломки марганец-кислородного кластера, которые можно сделать в эксперименте с выделенными фотосистемами или внося мутации в гены фотосистем, приводят к тому, что кислородный фотосинтез становится опасным прежде всего для самой клетки.

Как эволюция могла поддержать такое? Безопасного маршрута от бескислородного фотосинтеза к кислородному нет. Но мне кажется, что безопасный маршрут и не требуется, если первая функция кислородного фотосинтеза была не такой, как сейчас. Я уже упоминал некоторые параллели между кислородным фотосинтезом и атомной энергетикой. А вы помните, для чего строились самые первые атомные реакторы? Во-все не для выработки электричества.

— Для наработки плутония.

— Да, для наработки оружейного плутония. И только когда на деньги военных, которые денег не считали и не очень заботились о безопасности, реакторная технология достаточно созрела, появились атомные электростанции. Мне кажется, что подобная история могла быть и с кислородным фотосинтезом. Что производство ядовитых активных форм кислорода было не проблемой, а целью первых версий кислородного фотосинтеза. Это было оружием одних клеток против других — травить активными формами кислорода каких-то соседей. Химическая война между микробами в одном сообществе идет и сегодня. В ней используются как сложные пептидные антибиотики, так и простенькие молекулы типа оксида азота. И активные формы кислорода в древние эпохи вполне могли в этом участвовать. То есть какие-то предки цианобактерий жили в пресных водах, снабжали энергией с помощью бескислородного фотосинтеза, но при этом у них была какая-то предковая фотосистема II, содержащая не четыре атома марганца, а один или два, которая могла производить активные формы кислорода для подавления соседей других видов. То есть кислородный фотосинтез мог сначала возникнуть как оружие. И только после его совершенствования и совершенствования средств защиты от активных форм кислорода он мог стать основой энергетики клетки и процессом, преобразующим планету.

— С этим кислородным фотосинтезом получается интересная, прямо-таки детективная история. Она выглядит довольно сложной, и странно, как эволюция умудрилась на это наткнуться. Правильно ли я понимаю, что жизнь все-таки должна была наткнуться на кислородный фотосинтез из-за его огромной выгоды? Особенно в связи с истощением доступных железа и марганца.

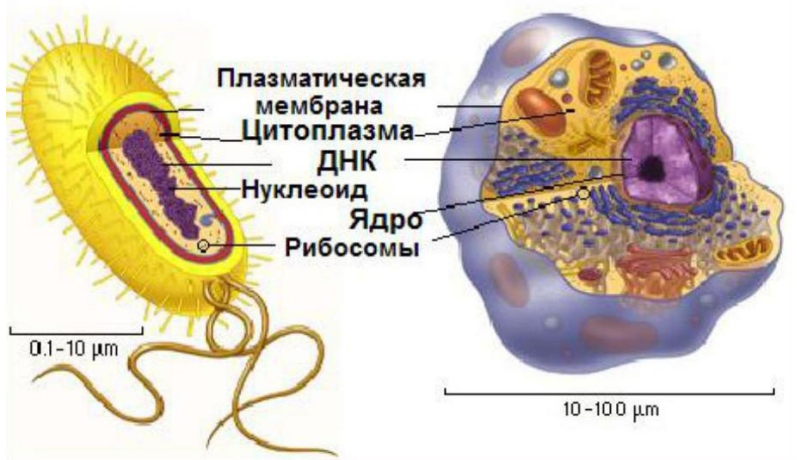
— Смотрите. Возникновение кислородного фотосинтеза и его глобальное распространение — это два разных события, которые разделены по времени миллиардом или половиной миллиарда лет. Бактерии с кислородным фотосинтезом всю вторую половину архея были ограничены пресными водами. В отложениях позднего архея иногда находят следы кратковременного присутствия кислорода, которые у биологов получи-

ли название «кислородные дуновения» (oxugen whiffs), связанные как раз с континентальными пресноводными отложениями. То есть кто-то немного выделял кислород в озерах, но в морях они не были конкурентоспособными по сравнению с местными железоокисляющими фотосинтезирующими микробами. И только когда железо в море кончилось, спустившиеся из озер и рек цианобактерии смогли освоить моря, вытеснив железоокисляющих фотосинтетиков. Последние сейчас живут во всяких экзотических местах — в окол вулканических озерах, где мало кислорода, но много железа из земной коры. А когда-то они занимали весь Мировой океан.

Зукариоты: еще один прыжок через пропасть

Какое отношение всё это имеет к зукариотам? Мы немного забросили историю про стеролы, их важность для зукариотной клетки. Так вот, биосинтез стеролов происходит при участии молекулярного кислорода. Его надо не так много, как для кислородного дыхания, но немного надо. Тех малых количеств кислорода, которые есть, например, в кишечниках животных, хватает кишечным паразитам для синтеза стерола, но не для дыхания. Но в бескислородном мире стерол синтезировать невозможно. У всех зукариот стерол исходно есть. Значит, они возникли, когда кислород уже был. В бескислородном мире они, видимо, не могли бы возникнуть. И с происхождением зукариот связана огромная загадка: зукариотная клетка, будучи гораздо сложнее прокариотной, при этом имеет гораздо более крупный, замусоренный и неупорядоченный геном, очень сложный, дорого и медленно управляемый. То есть переход от прокариот к зукариотам очень трудно объяснить просто естественным отбором — в отличие от всех предыдущих событий, поскольку от возникновения первого репликатора до возникновения первой бактериальной клетки и до кислородного фотосинтеза всё было поддержано естественным отбором.

Белки выгоднее, чем рибозимы, как катализаторы, ДНК — более надежный носитель генетической информации, более плотные клеточные мембраны позволяют выйти из геотермальных



Схематическое сравнение прокариотной и зукариотной клеток

водоемов в моря и озера, кислородный фотосинтез поддержан естественным отбором, когда кончилось железо. А в случае с зукариотной клеткой отличие от прокариотной настолько велико, что поддержать все шаги через эту пропасть по маленьким камешкам естественным отбором, похоже, нельзя. По крайней мере, ученые не могут придумать такого сценария.

Зукариотная клетка возникла путем симбиоза между археей и бактерией, альфа-протеобактерией, очень вероятно, что в этом симбиозе участвовали еще и гигантские вирусы, возможно, даже не один. То есть зукариотная клетка представляет собой, в сравнении с бактериями, огромную, сложную, неуклюжую, очень дорогую и неэффективную химеру. Тем не менее зукариоты появились. Появились единственный раз. Многие другие эволюционные процессы мы можем наблюдать повторно, например многоклеточность в растительном мире возникала больше десятка раз, многоклеточность грибов возникала три раза, в эволюции животных тоже довольно много повторяющихся событий, скажем, акула, дельфин и ихтиозавр похожи друг на друга снаружи, хотя произошли от совершенно разных предков. А происхождение зукариот — это событие уникальное, насколько мы можем судить. Ничего подобного на Земле больше не происходило, а если и происходило, то следы этого стерты настолько начисто, что мы не видим даже малейших намеков.

Мне лично происхождение зукариот кажется самым маловероятным шагом в эволюции жизни на Земле. Мне кажется, что в Галактике могут быть тысячи и миллионы планет, населенных бактериями, и при этом наша Земля может быть единственной планетой зукариот. Я, конечно, готов спорить об этом на бутылку коньяка. К сожалению, пока мы не полетим к другим звездам, решить этот спор будет трудно. Но мне кажется так.

— Хорошо! Это очень важное заявление, в свете которого вся зукариотная жизнь — необыкновенная ценность.

— Да.

Животный мир. Цивилизация как репродуктивная система

— Но дальше, смотрите. Возникли зукариотные клетки. После этого прошло еще больше миллиарда лет, пока не возникли сложные организмы. То есть дальше ждали еще какие-то проблемы?

— Да.

— То есть зукариотам нужно было много времени, чтобы научиться объединяться в сложные организмы. Какие там еще проблемы по дороге?

— Вы, конечно, имеете в виду под сложными организмами животных? Не растения.

— Да, конечно.

— Многоклеточность растений возникала несколько раз, а многоклеточность животных всего один раз. Насколько мы можем судить, многоклеточность животных возникла в позднем протерозое в эпоху криогения, в эпоху глобальных оледенений, когда Земля замерзала почти до экватора.

— Сколько это времени назад произошло?

— Примерно 700–750 млн лет назад, может быть 800.

— То есть это больше 200 млн лет до кембрия?

— Да, задолго до кембрия. Расхождение разных групп животных, таких, как губки и кишечнотелостные, датированное с помощью молекулярных часов, началось как раз в криогении. То есть многоклеточность животных возникла тогда. И еще криогений — период очень быстрого роста содержания кислорода в атмосфере.

Если на границе архея и протерозоя кислород в атмосфере возник вообще в уловимых количествах, а на протяжении большей части протерозоя его было довольно мало — несколько процентов от современного количества, — то в течение криогения его содержание стало расти очень быстро и к кембрию выросло до половины от современного.

Мне кажется, что тут, как и с появлением кислородного фотосинтеза, дело во многом в железе. Появлению кислородного фотосинтеза препятствовало то, что железо было доступно в морской воде. На границе архея и протерозоя запасы железа в морской воде были исчерпаны, но оставалось много железа и других окисляемых минералов на суше, и выделяемый фотосинтетиками кислород реагировал прежде всего с ними. В протерозое начинается образование железных руд на суше (так называемые красноцветы). В протерозое начинается массовое окисление сульфидных минералов на суше, и получаемая при этом серная кислота течет в моря, где в огромных количествах появляются сульфаты, начиная с протерозоя. В архейской морской воде сульфатов практически не было. И этот восстановительный буфер — сульфиды разных металлов плюс дувалентное железо в составе базальтов — очень долго сдерживал рост концентрации кислорода в атмосфере. Но в течение протерозоя кислородные фотосинтетика росли и развивались, появлялись более эффективные многоклеточные зукариотные водоросли, которые плохо поддавались разложению, происходило захоронение неокисленного органического углерода в морских осадках, что способствовало необратимому выделению кислорода в атмосферу. Когда фотосинтетика переломили тенденцию расхода кислорода на окисление минералов на суше, и когда затухающая геологическая активность замедлила поступление базальтов и сульфидов на сушу, содержание кислорода в атмосфере начало быстро расти. Открылась возможность появления многоклеточных животных.

Как и с зукариотами, у животных тоже есть один общий для всех животных метаболиче-

ский путь, использующий молекулярный кислород. И это не дыхание. Это окисление одной из аминокислот — пролина в гидроксипролин. Это аминокислота, которой нет в генетическом коде, тем не менее в суммарном составе белков человека или мыши ее больше, чем таких классических аминокислот, как триптофан и метионин. Гидроксипролин нужен для синтеза коллагена — ключевого белка внеклеточного матрикса животных, к которому прикрепляются клетки. Это базальные мембраны, связки, сухожилия, кости, хрящи, рыхлая соединительная ткань, нижний слой кожи и т.д. То есть коллагены в организме животных встречаются везде. И структура коллагенов с его прочными длинными волокнами (вы знаете, что сухожилия настолько прочны, что в древнем мире их использовали как тетиву луков?) требует гидроксипролина, который в свою очередь требует молекулярного кислорода и аскорбиновой кислоты. Поэтому при недостатке аскорбиновой кислоты этот процесс нарушается — болезнь называется «цинга», при ней в первую очередь выпадают зубы и страдают все остальные коллагеносодержащие ткани.

— Возникает впечатление, что путь эволюции до животных, не говоря о разуме, извилист и тернист. Удивительно, что хватило четырех миллиардов лет. Это невероятное везение?

— Есть известное уравнение Дрейка, которое описывает вероятность возникновения разумной жизни в Галактике. Мне оно не нравится тем, что там есть вероятности, но нет времени протекания процессов. А от чего зависит время? В случае Земли очень похоже, что темпы эволюции зависят от доступности железа и скорости его утилизации фотосинтезирующими организмами. Если бы мы жили на суперземле, богатой железом и с медленнее затухающей геологической активностью, то и эволюция от первой клетки до животных, возможно, заняла бы не четыре миллиарда лет, а все десять или двадцать. Вполне возможно, что на суперземлях жизнь может когда-нибудь возникнуть. Мы просто успели раньше. С другой стороны, если бы Солнце было тусклее, фотосинтез шел бы медленнее. Смотрим на системы красных карликов. Даже при том содержании железа и затухании геологической активности, которые есть на Земле, у красного карлика все эти процессы были бы замедлены в несколько раз из-за меньшей доступности энергии для фотосинтеза. Бескислородные фотосинтетика десятилетиями занимались бы осаждением железа, потом еще десяток миллиардов лет прошел бы до возникновения животных.

— Но там у красных карликов другие проблемы. Зато они живут долго. Там есть все эти десятки миллиардов лет.

— У Вселенной меньше 15 млрд лет. Жизнь в системах красных карликов может быть когда-нибудь возникнет, но мы до этого не доживем.

— В целом впечатление таково, что земная жизнь — нечто совершенно уникальное, и дело не только в нескольких пропастях, которые пришлось преодолеть, но и в недостатке времени. На Земле эволюция свершилась очень быстро и вовремя. Надо иметь в виду, что запас времени невелик: если бы на Земле не появилась разумная жизнь, то, скорее всего, через миллиард лет условия для эволюции на Земле исчезли бы. Солнце потихоньку разогревается, и где-то через миллиард лет Земля превратится в Венеру. Михаил, вам есть что еще добавить напоследок?

— Да, у меня есть, что добавить. Вы наверняка слышали про гипотезу Геи (Gaia) Джеймса Лавлока: Земля как обитаемая планета обладает многими свойствами живого организма, прежде всего поддержанием гомеостаза. Но на это можно довольно легко возразить, что Гея не размножается, а живые организмы размножаются. Но если подумать: как выглядело бы размножение Геи, если бы она вдруг стала это делать? Куда ей размножаться — здесь она уже заняла всё доступное пространство, все пригодное для живых организмов места. Земля как небесное тело. Для размножения ей нужен доступ к другим небесным телам. Если мы не берем перенос отдельных микробов метеоритами, то перенос на другие планеты тысяч видов, включая животных и растения, возможен только на космическом корабле, построенном технологической цивилизацией. То есть Гея не размножается только потому, что она еще маленькая, она еще не достигла зрелости. А мы, человечество, — это репродуктивная система Геи. Только мы можем помочь ей размножиться и создать свои копии.

— Ну так я целую книжку об этом написал!

— Да!

— Спасибо за очень информативное интервью, я думаю, не последнее. ♦

Современная математика, к сожалению, изъясняется на языке очень высокого уровня: зачастую чтобы понять, чем же таким интересным занимаются ученые, необходимо уже знать достаточно много. Тем ценнее редкие примеры, которые можно объяснить простыми словами и рассказать при этом про вполне современные вопросы. Одному такому «венгерскому» сюжету и посвящена настоящая заметка.



Андроник Арутюнов

Как правильно гулять по графам Кэли?

Андроник Арутюнов, ст. науч. сотр. Института проблем управления РАН им. В.А. Трапезникова, преподаватель Свободного университета, куратор раздела «Математика» в «Яндекс.Кью»¹

¹ yandex.ru/q/loves/maths

Вершинно-транзитивные графы

В центре нашего рассказа будут так называемые *вершинно-транзитивные графы*, т. е. такие, что для любых двух вершин A, B найдется, как говорят, *автоморфизм графа*, переводящий A в B . Автоморфизмом при этом называют отображение графа в себя, которое переводит соседние вершины (т. е. соединенные ребром) в соседние. Приведем (рис. 1) несколько примеров вершинно-транзитивных графов (направления ребер и их цвета пока стоит игнорировать, их смысл будет пояснен ниже).

Среди прочих возник вопрос: можно ли в вершинно-транзитивном графе обойти все вершины по ребрам графа, побывав в каждой вершине ровно один раз, и вернуться при этом назад (в случае конечного графа)? Такой обход графа называют «гамильтоновым циклом».

Первое, что приходит на ум, это воспользоваться каким-нибудь условием гамильтоновости. Например, хорошо известной теоремой Оре (см. [1]), которая состоит в следующем. Для гамильтоновости графа из N вершин достаточно, чтобы сумма степеней (т. е. количество ребер, содержащих эту вершину) любых двух не соединенных ребром вершин была не менее чем N . То есть $\deg A + \deg B \geq N$.

Легко проверить, что все графы на рис. 1 гамильтоновы, хотя условие Оре для них не выполнено. Может быть, тогда все вершинно-транзитивные графы (с более чем двумя вершинами) обязательно гамильтоновы? Это не так. Приведем два примера негамильтоновых, но вершинно-транзитивных графов (рис. 2).

Удивительно, но привести другие примеры вершинно-транзитивных, но не гамильтоновых графов не получается. Так и возникает вопрос, который называют гипотезой Ловаса, сформулированный впервые, по всей видимости, Ласло Ловасом в работе [2].

Гипотеза 1 (Lovasz conjecture). Верно ли, что вершинно-транзитивные графы с более чем двумя вершинами (за исключением графа Петерсона, графа Кокстера и графов, полученных из них заменой каждой вершины на треугольник) будут обладать гамильтоновым циклом?

Теоремы Оре и других достаточных условий гамильтоновости, про которые можно почитать в [3], недостаточно. Что же делать? Естественно, для начала попробовать найти отличие перечисленных нами «особенных» графов от прочих вершинно-транзитивных графов. Кроме того, для численных экспериментов хотелось бы найти обширный источник вершинно-транзитивных графов. И тут возникает еще один замечательный математический объект — графы Кэли.

Графы Кэли

Чтобы определить понятие графа Кэли, нам потребуется еще один важный математический объект — группа. Множество M , оснащенное операцией $*$, мы будем называть *группой* $G = (M, *)$, если выполнены три условия:

- ассоциативность: $a*(b*c) = (a*b)*c$ для любых трех элементов a, b, c ;
- есть нейтральный элемент $e \in M$, такой, что $e*a = a*e = a$ для любого a ;
- есть обратный элемент b для каждого a , т. е. $a*b = b*a = e$.

Традиционными примерами групп являются (относительно операции сложения) целые и рациональные числа. Отметим: ни целые, ни рациональные числа при этом не образуют группу относительно операции умножения. Более содержательным примером группы оказываются автоморфизмы графа. Такая группа, заметим, не будет некоммутативной: от порядка применения автоморфизмов результат меняется. Еще одним важным примером является *группа перестановок* S_n , т. е. множество взаимнооднозначных отображений в себя n -элементного множества. Несложно заметить, что таких «перемешиваний» ровно $n!$. Подробное и доступное школьнику введение в теорию групп см. в [4].

Если у нас есть группа G , мы можем выделить в ней набор элементов $g_1, \dots, g_r$, таких, что любой элемент группы представляется в виде конечного произведения этих элементов. Такой набор называют *системой образующих* данной группы.

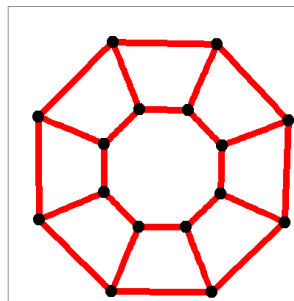
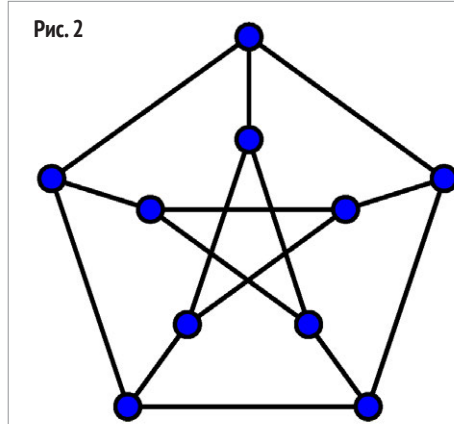
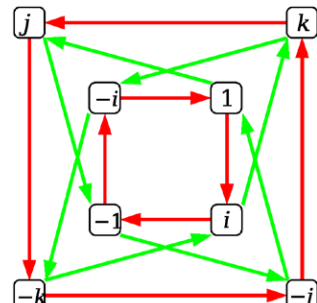
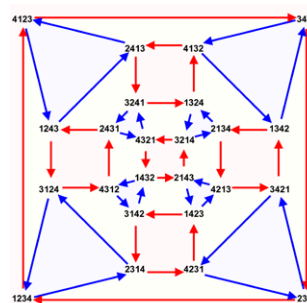
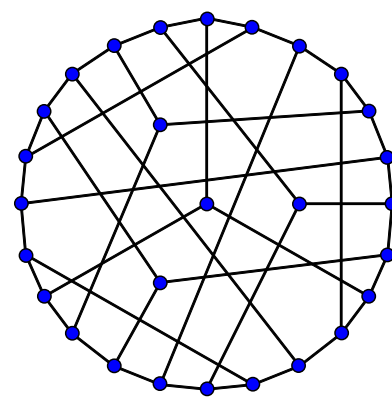


Рис. 1



Граф Петерсона



Граф Кокстера

Например, в группе целых чисел по сложению из единицы можно получить любое целое число, складывая или вычитая. Другим примером системы образующих для целых чисел будет пара 2, 3.

Группу перестановок можно породить при помощи *транспозиций* соседних элементов, т. е. преобразований, которые меняют местами i и $i+1$, а остальные элементы оставляют на месте. Чтобы убедиться в этом, достаточно вспомнить про сортировку пузырьком. Другой системой образующих будет пара из транспозиции и цикла длины n (т. е. перестановка, которая «сдвигает» элементы $j, j < n$ направо, т. е. $j \rightarrow j+1$, а последний элемент переставляет в начало: $n \rightarrow 1$).

Теперь мы готовы определить понятие *графа Кэли* для группы $G = (M, *)$ при фиксированной системе образующих $g_1, \dots, g_r$. В качестве вершин графа возьмем множество M и будем говорить, что между вершинами a, b есть направленное ребро цвета g_i , если $ag_i = b$. Легко убедиться, что полученный граф (если забыть про цвета и направления ребер) будет вершинно-транзитивным. Собственно, чтобы перевести вершину A в вершину B , достаточно устроить автоморфизм следующим образом: $m \rightarrow B * A^{-1} * m \in M$. Несложно видеть, что вершина A при этом перейдет в B . Ну а проверку того, что соседние вершины всегда переходят в соседние, оставим читателю.

Возвращаясь к нашему рис. 1 поясним, что в центре изображен граф Кэли для группы S_4 , порожденной циклом длины 3 и циклом длины 4, а справа изображен граф мультипликативной группы кватернионов $\mathbb{Q}_8$. Что это за группа и какие другие свойства есть у графов Кэли, можно почитать в [5, 6].

Сразу скажем, что вполне осмысленно рассмотреть и гамильтоновы циклы, учитывающие направленность ребер, т. е. цикл должен не только быть гамильтоновым, но и двигаться можно только по направлению ребра. В таком «строгом варианте» есть много примеров направленных графов Кэли без такого цикла (даже для коммутативных групп). Есть и работы, в которых строятся бесконечные серии таких графов. Углубляться в исследование направленных графов мы не будем и далее графы Кэли будем понимать как неориентированные.

Теоретико-групповой подход

Удивительное наблюдение состоит в том, что все перечисленные нами негамильтоновы графы (в частности, оба графа с рис. 1), не будут при этом и графами Кэли! И, наоборот, все известные нам (человечеству, а не только автору текста) графы Кэли (понимаемые как неориентированные)

будут обязательно обладать гамильтоновым циклом. Доказать это, правда, пока никому не удалось.

Сформулируем то, что часто называют *слабой проблемой Ловаса*, хотя впервые этот вопрос обсуждался за десять лет до работы Ловаса [2] в статье Эльвиры Рапопорт-Штрассер [7].

Гипотеза 2 (Weak Lovasz conjecture). Верно ли, что каждый граф Кэли, понимаемый как неориентированный, обладает гамильтоновым циклом?

Для неориентированного графа Кэли оказывается не просто доказать, что у любой конечно порожденной группы найдется разумная (т. е. не очень большая) система образующих, в которой граф Кэли будет гамильтоновым. Очень серьезное продвижение было получено в работе [10]. Было показано, что у всякой конечной группы G найдется система образующих с не более чем $\log_2 |G|$ элементов, такая, что соответствующий граф Кэли будет гамильтоновым.

Впрочем, для широкого класса групп гамильтоновость (всех!) их графов Кэли доказана. Некоторые результаты собраны в обзоре [8]. Например, доказана гамильтоновость в случае групп, содержащих для простых p^2, p^3, pq, pqr элементов, для попарно различных простых p, q, r . Одним из недавних продвижений является работа [9], в которой наличие гамильтонового цикла показано для еще одного семейства вершинно-транзитивных графов.

При этом слабая гипотеза Ловаса не решена при $n > 5$ даже для групп перестановок S_n . Впрочем, читатель может в качестве упражнения самостоятельно проверить, что для систем образующих, которые мы обсудили выше, оба графа Кэли группы $S_n, n > 2$ будут гамильтоновыми. Увы, но к общему ответу для произвольной системы образующих эти упражнения не ведут.

Подробнее о современном состоянии слабой проблемы Ловаса можно почитать в обзоре [11].

Польза в народном хозяйстве

Хотя математикой, вольно цитируя известную фразу Фейнмана про физику, занимающуюся не ради практических результатов, всё же у проблемы Ловаса есть и прикладное значение. Мы остановимся на связи гамильтоновых циклов в графах с так называемыми кодами Грея.

По определению, кодом Грея называется способ кодировки линейно упорядоченного множества (последовательности слов или символов), при котором соседние элементы отличаются цифрой в одной позиции. Например, если мы хотим закодировать последовательность $\{A, B, C, D\}$ при помощи двоичной записи, то получим следующее: $A \rightarrow 00; B \rightarrow 01; C \rightarrow 10; D \rightarrow 11$. Среди обла-

стей применения кодов такого типа — передача сигнала в различных датчиках, генетические алгоритмы и кодирование дорожек в жестких дисках. А еще они связаны со старинной задачей о ханойских башнях (см., например, [12]).

Но при чем же здесь гипотеза Ловаса? Давайте разберемся, как обобщить понятие кода Грея для кодирования вершин графа. Соседние вершины, которым нужно присвоить похожие числа, — это, понятное дело, вершины, которые соединены ребром. Стало быть, чтобы построить код Грея, нам нужно построить гамильтонов цикл в нашем графе, а дальше действовать как «в обычном случае». Соответственно, существование кода Грея упирается в существование гамильтонова цикла, или, в более слабом виде, гамильтонова пути — если мы разрешим, чтобы две вершины (начальная и конечная) были закодированы «похоже», но при этом не были соединены.

Таким образом, решение гипотезы Ловаса в общем случае (или хотя бы для графов Кэли) даст понимание принципиальной возможности построения кодов Грея для вершинно-транзитивных графов. А такие графы, заметим, вполне естественно возникают в приложениях при работе с симметричными структурами. Ну а если это решение еще и окажется конструктивным (т. е. с предъявлением реализующего алгоритма), будет совсем замечательно.

С практической точки зрения, заметим, можно ограничиться не одним большим гамильтоновым циклом, а несколькими циклами поменьше. В такой постановке возникает вопрос о том, насколько большой цикл можно гарантировать в вершинно-транзитивном графе, если уж мы не умеем доказывать, что можно пройтись по всем вершинам. Здесь можно отметить работу [14], в которой было доказано, что в любом вершинно-транзитивном графе из N вершин обязательно найдется гамильтонов цикл длины хотя бы $\sqrt{3N}$.

Напоследок

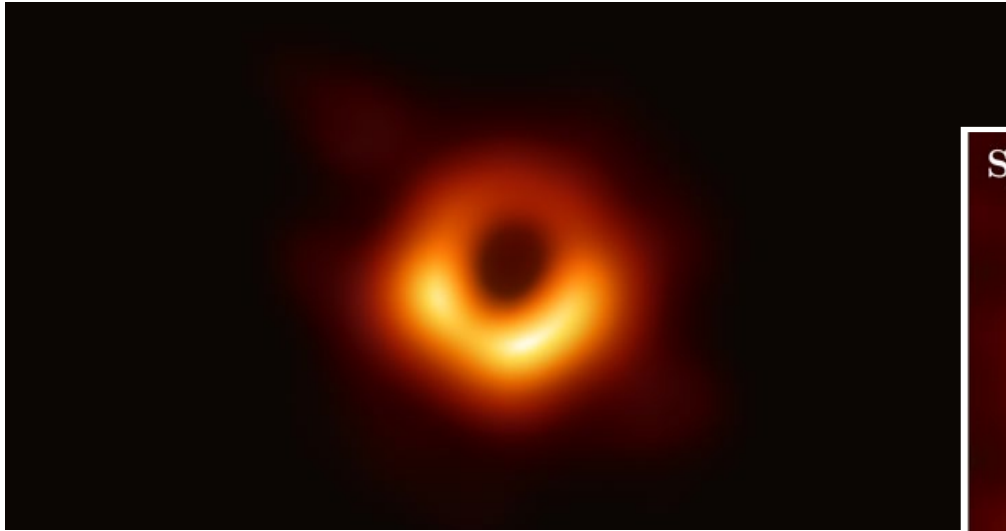
В чем прелесть гипотезы Ловаса? Она связывает теорию групп и вопросы гамильтоновости графов — два понятия, связь между которыми абсолютно не очевидна ни на первый, ни на второй взгляд. При этом и методы, которые используются для ее решения, далеко не исчерпываются выдумыванием новых трюков с графами (чем, честно говоря, грешат многие другие разделы теории графов). Так что маловероятно, что гипотезу Ловаса решит какой-нибудь продвинутый школьник.

Однако, судя по тому, что в решении гипотезы Ловаса и ее вариаций имеется вполне ощутимый прогресс, есть надежда, что в обозримом будущем она будет решена по меньшей мере частично. Примером такого частичного решения будет доказательство наличия гамильтонового цикла у всех достаточно больших групп, а не отдельных, подчиняющихся определенным алгебраическим условиям, классов.

Впрочем, поживем — увидим! Как говорится, хорошо, что проблема не решена. Значит, она пока не решена!

Иллюстрации: «Википедия»

- Ore O. Note on Hamilton circuits // American Mathematical Monthly. — 1960. — Т. 67, вып. 1. [jstor.org/stable/2308928](https://www.jstor.org/stable/2308928)
- Lovász L. Problem 11. In Combinatorial Structures and Their Applications (Proc. Calgary Internat. Conf., Calgary, Alberta, 1969), page 497. Gordon and Breach, New York, 1970.
- Ronald J. Gould. Updating the Hamiltonian Problem — A Survey. J. GRAPH THEORY, 1991. mathcs.emory.edu/~rg/updating.pdf
- Алексеев В.Б. Теорема Абеля в задачах и решениях. — М.: МЦНМО, 2001. mcm.ru/free-books/pdf/alekseev.pdf
- Богопольский О.В. Введение в теорию групп. — М. — Ижевск: ИКИ, 2002.
- Калейра А.А. Спецкурс «Теория групп». halgebra.math.msu.su/staff/klyachko/sk.htm
- Rapaport-Strasser E. Cayley color groups and Hamilton lines. Scripta Math., 24: 51–58, 1959.
- Kutnar K., Marusic D., Hamilton cycles and paths in vertex-transitive graphs — Current directions Discrete Mathematics 309 (2009) 5491–5500. web.math.unifi.it/users/fumagal/articles/KutnarMarusic.pdf
- Du S., Kutnar K., Marusic D. Resolving The Hamiltonian Problem for Vertex-Transitive Graphs of Order a Product of Two Primes. Combinatorica 41, 507–543 (2021). DOI: 10.1007/s00493-020-4384-6
- Pak I., Radoičić R., Hamiltonian paths in Cayley graphs, Discrete Math. 309 (2009) 5501–5508.
- Lanel G.H. A survey on Hamiltonicity in Cayley graphs and digraphs on different groups, Discrete Mathematics, Algorithms and Applications Vol. 11, No. 5 (2019), doi.org/10.1142/S1793830919300029
- Кноп К., Ханойская башня, «Элементы», 2012. elementy.ru/problems/441/Khanoyskaya_bashnya
- Mütze T. Combinatorial Gray codes—an updated survey, arXiv:2202.01280.
- Babai L. Long cycles in vertex-transitive graphs, J. Graph Theory 3 (1979) 301–304.



Загадочные пятна на кольце вокруг черной дыры

Борис Штерн

В апреле 2017 года коллаборация Event Horizon Telescope (EHT) — Телескоп горизонта событий — провела серию наблюдений центральных объектов галактики M87 и нашей Галактики (радиисточник Sgr A*). Оба этих объекта — сверхмассивные черные дыры, которые видны благодаря излучению стягивающегося в них вещества.

Телескоп горизонта событий — это совокупность разбросанных по Земле микроволновых телескопов миллиметрового диапазона. Центральная станция этого синтетического телескопа — массив телескопов ALMA, расположенный в пустыне Атакама в Чили. Все телескопы работают в режиме цифрового интерферометра: сигнал с каждой антенны записывается, а затем с помощью корреляционного анализа восстанавливается изображение объекта.

Расстояние до двух исследованных объектов различается в две тысячи раз: расстояние до M87 — 16,4 мегапарсека, до центра Галактики — около 8 килопарсек. Но и массы черных дыр отличаются в полторы тысячи раз, в M87 — 6 млрд солнечных масс, в нашей Галактике — около 4 млн $M_{\odot}$. Размер черной дыры пропорционален массе, поэтому угловой размер обеих черных дыр и светящихся аккреционных дисков вокруг них примерно одинаковый, у нашей — чуть больше. Этот размер порядка 4 мкс дуги — под таким углом виден человеческий волос с расстояния 500 км. Угловое разрешение, определяемое отношением длины волны (1,3 млн к диаметру земного шара — именно таков примерный размер телескопа), — около 20 мкс, тем не менее этого достаточно, чтобы рассмотреть происходящее вблизи черной дыры.

Результаты наблюдений M87 были опубликованы в апреле 2019 года¹. Результаты по нашей черной дыре были опубликованы 12 мая 2022 года — их обработка и написание статей заняли пять лет. Такая разница не случайна.

Дело в том, что характерное время переменности светящегося аккреционного диска пропорционально размеру системы, т. е. массе черной дыры. И если для M87 оно составляет дни, то для нашей Галактики — минуты. Если для M87 можно успеть накопить много данных, пока объект практически не изменился, то для Sgr A* это сделать очень тяжело. Но вот как-то сделали и даже опубликовали некое изображение, которое моментально стало знаменитым.

Чтобы попытаться его интерпретировать, полезно сказать пару слов, что можно наблюдать от аккрецирующей черной дыры. Схема искривленных световых лучей вблизи черной дыры показана на рис. 3 (для простоты приведен слу-

чай невращающейся черной дыры). На расстоянии трех гравитационных радиусов от центра черной дыры находится так называемая фотонная сфера. Таким образом фотон, пролетающий мимо черной дыры по касательной ближе, чем R_{ph} , попадет в черную дыру, пролетающий дальше — улетит по кривой на бесконечность, а летящий точно на расстоянии R_{ph} — будет циркулировать вокруг дыры по круговой орбите. Фотоны не живут на фотонной сфере — траектории неустойчивы и отклоняются либо внутрь, либо наружу, но так или иначе фотонная сфера как бы «притягивает» фотоны, возникает так называемая каустика, проявляющаяся в виде яркого кольца, внутри которого яркость резко падает. Фотоны в эту фотонную сферу поставляет аккреционный диск — его яркость на порядки выше, чем яркость окружающих источников.

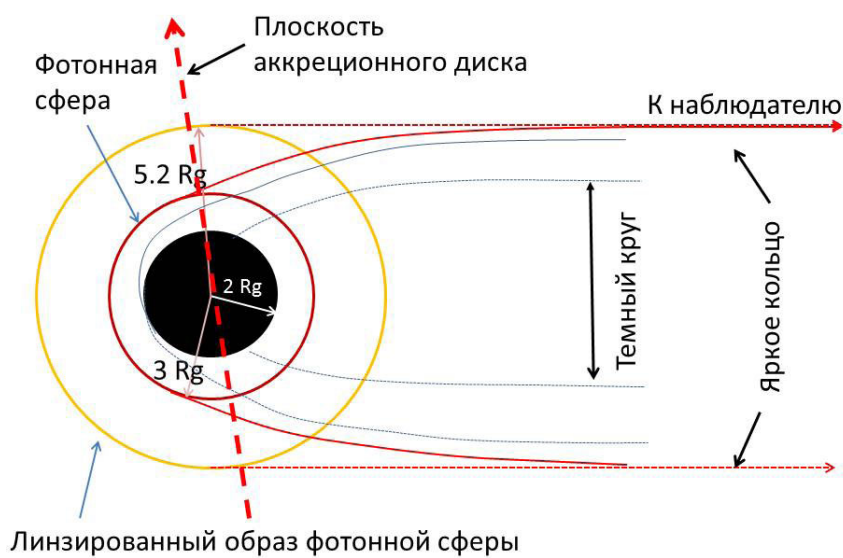


Рис. 3. Схема тени черной дыры. Кривыми условно показаны геодезические линии, по которым движется свет. Серым цветом — линии, которые упираются в горизонт черной дыры. Хотя, если между фотонной сферой и горизонтом светится падающее вещество, часть тени может быть слабо освещена

При этом тяготение черной дыры, искривляя траектории фотонов, увеличивает видимый радиус фотонного кольца до $5,2 R_g$ (для шварцшильдовской черной дыры) — происходит самолинзирование. Для исследованных черных дыр угловой радиус оказывается чуть больше 20 мкс, что уже можно разрешить с помощью EHT. И так, с помощью EHT мы должны видеть размытое (из-за ограниченного разрешения) яркое кольцо с темным пятном посередине, которое не очень удачно называется тенью черной дыры. Кольцо может быть неравномерным по яркости — типа полумесяца, если оно наклонено к лучу зрения (та часть аккреционного диска, которая движется к нам из-за орбитального вращения, — ярче, это называется «доплеровское усиление»). Кроме того, если удалось построить «мгновенное» изображение, т. е. накопить данные за время, меньшее характерного времени переменности аккреционного диска, то можно

Рис. 1. Изображение окрестностей центральной черной дыры галактики M87, опубликованное в 2019 году

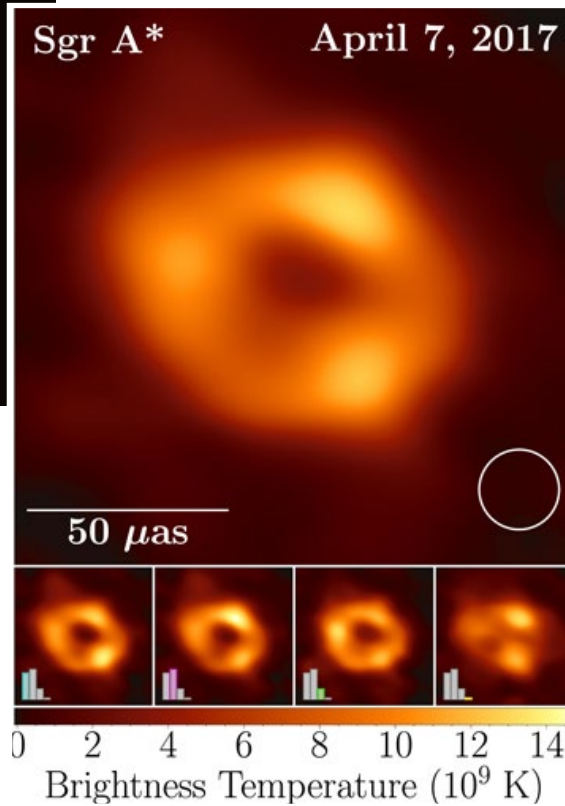


Рис. 2. Изображение Sgr A*, опубликованное 12 апреля в головной статье³. На нижней панели — усредненные изображения морфологических групп (кластеров), отобранных из множества картинок, полученных в разных предположениях

обнаружить какую-то пятнистость вдоль кольца. В аккреционном диске могут всюду действовать магнитогидродинамические неустойчивости, приводящие к неоднородностям яркости.

Именно это мы и видим на изображении центра M87. Характерное время переменности в аккреционном диске M87 — дни; данные, на основе которых построено изображение, накоплены за день, т. е. картинку ядра M87 можно считать мгновенной. Там явно виден «полумесяц» из-за доплеровского усиления плюс некоторая нерегулярность, слегка меняющаяся за пять дней.

С нашей черной дырой всё намного хуже. Там время переменности (динамическое время) — минуты. Проблемы с построением изображения ее ближайших окрестностей подчеркивались с самого начала. И вот через пять лет публикуется² картинка, приведшая народ в изумление: кольцо, подобное тому, что наблюдалось у M87, но с тремя яркими пятнами — именно эти пятна вызвали максимальное недоумение любителей астрономии в социальных сетях. Автор данной заметки разделяет это недоумение. Почему эти пятна не размазались из-за быстрого вращения диска? Картинка, представленная на рис. 2, позиционируется как «статическое» изображение, построенное на основе данных за 7 апреля 2017 года³. При этом авторы статьи признают, что переменность быстрая и сильная. Смысл в статическом изображении при этом несколько теряется, но, может быть, все-таки существуют какие-то стабильные детали типа полумесяца — доплеровского усиления в части кольца, движущегося по направлению к наблюдателю?

Здесь приходится решать примерно такую обратную задачу: какое статическое распределение яркости лучше

всего будет соответствовать данным, полученным от меняющегося объекта, к тому же осложненным дифракцией на межзвездной среде (в данном случае она гораздо сильнее, чем для M87, поскольку луч зрения проходит через диск и центр Галактики). Задача наверняка некорректна (не только в математическом, но и в житейском смысле), но, может быть, она может ухватить какую-то правду?

В 2019 году был проведен «слепой тест»: пять команд независимо друг от друга пытались реконструировать изображение Sgr A* по тем же данным. Результат⁴ показан на рис. 4. Как видим, результаты радикально отличаются друг от друга, хотя кольцеобразная структура просматривается в большинстве картинок. То есть кольцеобразность, скорее всего, — правда (и это то, что следовало ожидать), конкретное распределение яркости вдоль кольца — вилами по воде писано. Авторы статьи утверждают, что со времени проведения слепого теста процедура была усовершенствована, в частности, за счет «смягчения» (mitigation) эффектов переменности и дифракции. Что это значит, быстро понять из статьи довольно трудно.

В статье нет оценок статистической значимости наличия трех пятен. Насколько модель с тремя пятнами лучше модели однородного кольца или кольца с доплеровским «полумесяцем»? Понятно, что эту значимость оценить очень сложно, но тогда не стоит преподносить эту картинку как нечто реальное. Понятно, что широким массам, требующим зрелищ, нужна именно картинка, и именно она вызовет максимальный отклик. Видимо, в таких случаях полезно добавлять дисклеймер по поводу того, что из-за неоднозначности обработки реальная картинка может отличаться. Почему я цепляюсь именно к этим трем пятнам? Их очень сложно интерпретировать физически для быстропеременной системы с орбитальным временем в десятки раз короче периода наблюдений. Это некое если не чрезвычайное, то просто сильное утверждение, требующее столь же сильных свидетельств, которых не видно.

Несмотря на смутный смысл самого изображения, данные, представленные в этой серии статей, очень интересны. Прежде всего достаточно надежно продемонстрирована кольцеобразная структура с тенью черной дыры. Из данных видно, что мы наблюдаем аккреционный диск Sgr A* скорее плашмя, чем с ребра (наиболее вероятный угол наклона оси к лучу зрения — порядка 30°). Получена новая независимая оценка массы черной дыры: $4^{+1.1}_{-0.6}$ млн $M_{\odot}$. Получен целый ряд ограничений на физику аккреции вещества в Sgr A* — температуру электронов, параметр вращения черной дыры. Будем надеяться на дальнейшую дискуссию и новые интерпретации результатов. ♦

⁴ iopscience.iop.org/article/10.3847/2041-8213/ac6429

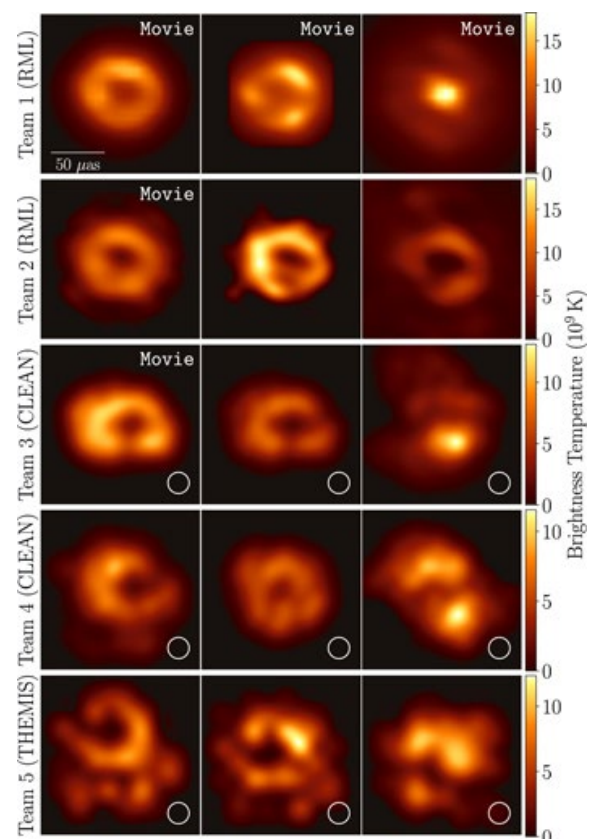


Рис. 4. Результаты «слепого теста», когда одни и те же данные по Sgr A* были обработаны пятью независимыми группами. Пометка «movie» означает, что картинка — результат усреднения фильма. Каждая группа представила три варианта реконструкции. Из Приложения С к статье⁴

¹ trv-science.ru/uvidet-chernuyu-dyru

² iopscience.iop.org/article/10.3847/2041-8213/ac6429#apjlac6429s7

³ iopscience.iop.org/journal/2041-8205/page/Focus_on_First_Sgr_A_Results

Две пернатые подруги, две птицы
сидят на одной ветке дерева.
Одна клюет плоды, а другая смотрит на них.

Упанишады

В отношении сознания все мы являемся экспертами. Похоже, никто, кроме нас, не осведомлен также хорошо о происходящем в нашем сознании. Конечно, существуют разные способы построения предположений о том, что, например, у вас сейчас на уме (в том числе и способы вполне невнимательные), но, по большому счету, узнать о содержании вашего сознания можно, только расспросив вас.

Большую часть жизни мы пребываем в сознании (или оно пребывает в нас), возможно, именно поэтому так трудно дать ему определение. По словам Зигмунда Фрейда, «можно не пояснять, что понимается под сознанием, это и так совершенно понятно». Когда же мы все-таки пытаемся как-то определить понятие сознания, мы говорим о восприятии, чувствах, памяти, внимании, мышлении, действии и даже об удовольствии¹, но все эти аспекты сознательного опыта не определяют сути сознания. Дэвид Чалмерс говорит, что «ключевым для сознания, по крайней мере, в самом его интересном смысле, является *опыт*. Это, однако, не дефиниция, а в лучшем случае разъяснение»².

Многие из нас абсолютно убеждены, что умными или добрыми глазами наших домашних кошек или собак на нас смотрит сознающий индивид. И кто знает, не является ли область мозга, отвечающая за распознавание лиц, в первую очередь ответственной за обнаружение другого сознающего. Ведь может статься, что в присутствии другого сознающего и кроется разгадка сознания, которое Эдвард Сингер³, проанализировавший разные употребления этого термина, определил как мышление вместе с кем-то. «При таком определении сознания вовсе не требуется, чтобы умственное состояние, играющее роль стимула, имело место не в самом сознающем уме», — пишет Сингер. И здесь обнаруживается парадокс: с одной стороны, отсутствие доступа к сознанию другого и, с другой стороны, определение сознания как мышления вместе с кем-то. И это не единственный парадокс, связанный с сознанием.

Рассел Акофф и Фред Эмери отмечают: «Любопытно, что в понимании смысла термина самосознание проявляется больше единодушия, чем если речь идет о сознании»⁴. Однако рассмотрим в этой связи два примера.

Своя чужая рука

Мэттью Ботвиник и Джонатан Коэн в конце XX века провели эксперимент с резиновой рукой (очень простой эксперимент, что не помешало ему стать классическим)⁵. Они поместили на столе перед испытуемым муляж кисти человеческой руки, имитируя ее естественное положение, в то время как собственная рука испытуемого помещалась в сходном положении за ширмой так, чтобы испытуемый ее не видел. Экспериментаторы синхронно поглаживали обе руки: настоящую спрятанную и резиновую, мягкую кистью, и — о, чудо! — часто проходит меньше минуты — и испытуемый начинает воспринимать чужую руку как свою собственную.

«Это не моя рука, но почему-то мне кажется, что она моя!»

То есть для того, чтобы принять в состав своего «Я» очевидно чужую неживую руку, мозгу достаточно пары десятков секунд!

Зафиксируем этот факт сознательного опыта и рассмотрим одно довольно редкое расстройство: синдром чужой, или, точнее, анархической руки.

Иногда в результате поражения определенных связей между двумя полушариями мозга одна рука пациента перестает в большей или меньшей степени подчиняться его сознательному контролю, но при этом она вовсе не бездействует, а живет полной жизнью, часто вступая в конфликт с другой рукой: например, неожиданно хватая предметы (и не отдавая их обратно), расстегивает только что застегнутые пуго-



Рис. В. Богорада

Догадка о дофамине и сознании

Наталья Ивлиева, нейрофизиолог

См. также: Ивлиева Н. Дофамин и счастье // ТрВ-Наука № 351 от 19 апреля 2022 года — trv-science.ru/dopamine-i-schastje



Наталья Ивлиева

вицы, убирает правильно перед этим поставленный другой, «послушной» рукой фрагмент головоломки или берет с тарелки рыбную косточку и... отправляет ее обратно в рот⁶. Клиницисты отмечают ошеломляющее сходство образа заглавного героя фильма Стэнли Кубрика «Доктор Стрейнджлав, или Как я научился не волноваться и полюбить атомную бомбу» с проявлениями синдрома у таких больных: рука его то вдруг вскидывается в нацистском приветствии, то начинает душить своего обладателя⁷. При этом важно, что пациенты с этим расстройством ни минуты не сомневаются, что это их собственная рука.

«Это моя рука, но она своевольна и мне не подчиняется!»

На примере этого синдрома мы видим, что даже такой, казалось бы, незбылемый аспект опыта самосознания как «я есть тот, кто действует», может быть нарушен при сохранности всех остальных.

Философ Владимир Библихин еще больше драматизирует ситуацию, оговаривая, что рука здорова — дело не в патологии:

«Это выражение, „моя рука движется“, кажется Витгенштейну „громоздким, неповоротливым“, *schwerfällig*, он предпочитает ему другое, *es scheint, als ob sich meine Hand bewegt*, „кажется так, словно моя рука движется“, „кажется так, как если (бы) моя рука движется“.

Я надеюсь, что не все из вас успели подумать, что это искусственный случай, надуманный казус: моя рука движется, но она не моя, у меня нет руки. Чёрта с два это надуманный казус. Я могу быть не в хирургической палате, и моя рука может и не быть ампутированной, и я с тампонами, и моя рука, которой у меня нет, движется вдалеке от меня, — пожалуйста, этого случая может и не быть, и мне от этого будет только хуже. Может быть, ею движут. Может быть, моей рукой движут, и такое бывает, и такое, черт возьми, часто бывает, и такое бывает слишком часто, и такое бывает, чтобы моей рукой движут или движет так, что лучше, гораздо лучше было бы, если бы у меня для такого чужого движения вовсе не было бы никакой руки. Это, черт возьми, слишком часто бывает, и за столом, и на работе, и на войне... Витгенштейн

говорит о случае реальном и, больше того, частом и, больше того, *единственно меня касающемся, потому что мое дело в чем?* В том, чтобы быть *моим*, своим делом, и как часто я сам не свой, и я не я, и мой язык не мой, и я говорю не своим языком и занят собственно не своим делом. Рука ампутирована — это еще хороший, мягкий случай, *зуманный*»⁸.

«Я, я, я! Что за дикое слово!»

В своей книге «Наука о мозге и миф о своем Я. Тоннель эго» Томас Метцингер тоже приводит эти два примера про руки среди многих и многих прочих, чтобы доказать, что «в мире не существует такой вещи, как Я». Он пишет:

«Современная нейронаука демонстрирует, что контент нашего сознательного опыта — не только внутренний конструкт, но и чрезвычайно избирательный способ репрезентации информации... Всё, что мы видим и слышим, осязаем, обоняем и ощущаем на вкус, — лишь малая доля реально существующего вовне. Наша модель реальности — упрощенная проекция несравнимо более богатой физической реальности, в которой и за счет которой мы существуем. Наши органы чувств несовершенны: они развились для выживания, а не для того, чтобы передавать величайшее богатство и красочность реальности во всей ее немыслимой глубине. Следовательно, непрерывный процесс сознательного опыта — не столько образ реальности, сколько тоннель сквозь нее.

Всякий раз, когда наш мозг успешно выполняет сложную стратегию создания единого и динамичного внутреннего образа реальности, просыпается наше сознание. Прежде всего, наш мозг создает модель мира, настолько совершенную, что мы не распознаем ее как модель. Затем мозг генерирует образ нас самих как целого».

Интересно, что близкую и не менее радикальную идею развивает физик Дэвид Дойч. В книге «Структура реальности» он заявляет, что «жизнь — это форма виртуальной реальности». Так, обсуждая вопрос, является ли жизнь фундаментальным явлением природы, он пишет:

«Гены осуществляют очень точное интерактивное управление реакциями сложной среды (организма) на всё, что только может с ним произойти. И это управление имеет целью вызвать определенное ответное воздействие среды на гены (а именно, реплицировать их), причем такое, чтобы совокупное влияние на гены было настолько возможно независимым от происходя-

⁸ Из неопубликованного курса «Витгенштейн», читавшегося на философском факультете МГУ в 1994–1996 годах. Впервые опубликован в журнале: Res Cogitans (теоретический альманах), № 8. — М., 2015.

щего вовне. Это больше, чем просто вычисление. Это — реализация виртуальной реальности».

Я согласна с Мерабом Мамардашвили в том, что «самое страшное наказание — вдруг почувствовать и осознать себя имитацией жизни» («Картезианские размышления» из книги «Философские чтения»), но приведенные выше довольно рискованные утверждения, на мой взгляд, неоспоримо указывают на то, что, по большому счету, нельзя рассматривать проблемы сознания в отрыве от проблем структуры реальности. И надо отметить, что отношение к существованию *внешней* реальности далеко не однозначно не только среди философов. Например, Эрвин Шредингер (тот самый) утверждает, что «условием того, чтобы мы, не запутавшись в явной бессмыслице, могли представлять себе события, происходящие в теле живущего, чувствующего и мыслящего существа естественным образом, т. е. совершенно так, как они разыгрываются в неодушевленном теле — без направляющего демона, без погрешности против закона энтропии, без энтелехии, без *vis viva* [жизненная сила, лат.] или эквивалентной чепухи — это условие, утверждаю я, заключается в том, чтобы мы представляли себе все события происходящими в нашем представлении мира, без того чтобы подсовывать под него материальный субстрат как объект, представлением о котором он является и который... действительно совершенно излещен»⁹.

Может ли нейронаука отвечать на такие вопросы? Ричард Палмитер считает, что активность дофаминовой системы является нервным коррелятом сознания, его статья так и называется: «Dopamine signaling as a neural correlate of consciousness»¹⁰. К такому выводу он пришел в результате изучения на протяжении 16 лет особых специально созданных для исследований мышей, в организме которых не синтезируется дофамин. Эти мыши внешне почти ничем не отличаются от нормальных, они лишь чуть меньше размером. Они, в принципе, могут ходить и плавать, сохранять позу, жевать и глотать, пить и даже чему-то учиться, но они... ничего этого не делают. Это определено может что-то сказать о сознании. И, возможно, Палмитер прав, и дофаминовый сигнал действительно коррелирует с сознанием, но впереди предстоит еще очень большая работа, чтобы эта идея стала выглядеть более обоснованно. И такая работа уже идет¹¹.

История попыток ответить на вопрос «где обитает сознание?» не очень давняя, но богатая на события. Ответить на этот вопрос пытались легендарные Уайлдер Пенфилд, Джон Экклз, Роджер Сперри и многие другие выдающиеся исследователи. Их выводы приводят молодые умы в замешательство. Например, Пенфилд пишет:

«Что касается меня, то после многих лет усилий, направленных на объяснение разума только на основе работы мозга, я пришел к выводу, что будет куда проще принять гипотезу о двух фундаментальных элементах, лежащих в основе человеческой сущности...

...природа разума останется фундаментальной проблемой, вероятно, самой трудноразрешимой и важной из всех проблем. Мне после многолетних попыток понять, как же все-таки мозг рождает разум, кажется теперь настоящим чудом открыть, в процессе этого финального обзора имеющихся данных, то, что дуалистическая гипотеза, из двух возможных объяснений, кажется более разумной.

Так как каждый человек выбирает для себя без помощи науки свой образ жизни и религию, у меня тоже долгое время были личные убеждения. И как же это здорово — обнаружить, что ученый тоже может с полным основанием верить в существование духа!»¹²

А у Экклза мы встречаем такие слова: «Картезианский дуализм стал немодным... Многие выбирают монизм, чтобы избежать проблем, связанных с пониманием взаимодействия мозга и разума. Но Сэр Карл Поппер и я — интеракционисты и, более того, триалисты интеракционисты»¹³.

Эти выводы подвергаются резкой, но часто необоснованной критике. Постоянно появляющиеся новые методические подходы к проблеме приносят новые поводы для оптимизма: ►

⁹ Эрвин Шредингер «Мой взгляд на мир».

¹⁰ Palmiter R.D. Neuroscience. 2011. 198:213–20.

¹¹ Spindler L.R.B., Luppi A.I., Adapa R.M., et al. Dopaminergic brainstem disconnection is common to pharmacological and pathological consciousness perturbation. Proc Natl Acad Sci USA. 2021. 118(30): e2026289118.

¹² «Мозг. Тайны разума».

¹³ John C. Eccles «The understanding of the brain».

► «Полагая, в будущем мы сможем не только фиксировать, но и расшифровывать процессы, отвечающие за отражение реальности в головном мозге»¹⁴.

Но по-прежнему исследователи мозга занимаются почти исключительно «картированием» сознательного опыта на события в головном мозге. Фрэнсис Крик (открывший роль ДНК) и Кристоф Кох указывают на важную цель на пути к пониманию механизмов сознания — выявить минимальный набор взаимосвязанных событий в нервной системе, соответствующих специфическому сознательному опыту¹⁵. Можно определить сознание как состояние, формируемое специфической активностью определенной сети нейронов. И хотя это не даст ответа на вопрос о происхождении субъективного опыта, всё же позволит описать ключевые черты этой сети.

Например, каков джентльменский набор ее основных функциональных элементов? Существуют ли в ней взаимосвязываемые модули? В чем состоят особенности их связей между собой? Каковы механизмы совместного функционирования компонентов сети? Присущи ли этой сети отношения иерархии, и если да, то в какой степени? И многие другие.

Согласно многочисленным экспериментальным данным, при осознанном восприятии определенные и довольно многочисленные области коры больших полушарий на некоторое время вовлекаются в высокосинхронизированные колебания в гамма-диапазоне (около 40 колебаний в секунду). То есть работу сознающего мозга можно уподобить слаженной игре симфонического оркестра. При этом важно, что у каждого инструмента или группы инструментов может быть своя уникальная, непохожая на другие партия, но при этом все они без исключения следуют метру, задаваемому дирижером. Кандидата на роль дирижера также еще только предстоит определить... Но не менее важен и вопрос и о самой роли дирижера. Им может быть тот, кто просто ритмично (и, может быть, непрерывно) стучит палкой (такую палку использовали во времена зарождения первых оркестров и называли баттутой), и тогда кто-то другой (кто?) должен шепнуть: «Слушай внимательно баттуту», или участники включаются в процесс при возрастании силы ударов, а возможно, должен быть и еще кто-то, кто возьмет на себя всю художественную сторону дела.

Также не исключена и возможность тройного (может быть, и с большим числом участников) дирижирования, подобно музыкальной практике XVIII века, когда в связи с быстрым ростом количества участников в музыкальных коллективах разными группами музыкантов при исполнении одного произведения управляли разные дирижеры.

Например, в исследованиях Нэнси Копелл с соавторами высказывается предположение, что сосуществование разных ритмов допускает временную сегрегацию клеточных ансамблей: в то время как один ритм объединяет небольшую группу клеток, другой ритм может отвечать за объединение отдельных таких групп¹⁶. И, похоже, вот в этой области сопряжения разных ритмов или ритмов разных структур есть работа дофамина.

Приведем исследование, в котором был использован новый уникальный подход для доставки дофамина в исследуемую область. Дело в том, что изучение влияния вещества на физиологические процессы или поведение представляет методическую сложность, так как в случае

системного воздействия веществ (воздействия на весь организм) невозможно выделить локальные эффекты, а локальное поедение веществ связано с многочисленными проблемами. Новым решением такого рода проблем является использование особой молекулярной упаковки для активного вещества. С помощью такой упаковки вещество как дикое животное в клетке доставляется в ткани и выпускается из упаковки в строго определенный момент времени с помощью светового воздействия в строго определенной области. С использованием такого метода группой исследователей из Южной Америки было показано, что дофамин усиливает фазно-амплитудную сопряженность низкочастотных и высокочастотных электрических колебаний в лобной коре¹⁷. И это значит, что дофамин претендует на роль организатора функциональных модулей в критичной для сознания области новой коры.

Бернард Баарс считает, что основой сознательного опыта является глобальное рабочее пространство¹⁸. В таком случае не исключено, что дофамин может опосредовать глобальный доступ или контроль в такого рода пространстве.

Я и датская королева

А что же выделяют в качестве интегральной функции сознательного опыта человека, связывающий его воедино? Многие исследователи сходятся на том, что это самосознание. У нас есть представление о самих себе, мы отделяем себя от внешнего мира, мы можем увидеть себя сознающими. Вероятно, в этом мы, люди, абсолютно уникальны, и, как знать, может быть, это случилось с нами еще в раю после широко известной истории с яблоком: «И открылись глаза у них обоих, и узнали они, что наги, и сшили смоковые листья, и сделали себе опоясания»¹⁹. И с тех пор, возможно, появилась у дофамина еще одна работа: Джонсон с коллегами показали, что дофамин улучшает самосознание²⁰.

Характеризуя человека, мы часто употребляем такие прилагательные, как веселый, умный, мечтательный, сварливый, дружелюбный, напористый, предприимчивый. Психологи для исследования личностных черт составили большой список подобных прилагательных, и авторы исследования предлагали испытуемым определить по шкале из четырех баллов, насколько хорошо каждое слово из этого списка прилагательных описывает их самих, а также насколько хорошо оно характеризует другую всем известную персону. Исследование проводилось в Дании, и такой общеизвестной персоной стала датская королева. После этого слова из списка предъявлялись повторно и испытуемые должны были вспомнить, каково было их решение относительно каждой характеристики при первом предъявлении: оценили ли они каждый эпитет как подходящий или не подходящий. Перед началом исследования испытуемые были разделены на две группы: испытуемые одной из групп получили вещество, повышающее концентрацию дофамина в мозге, испытуемые другой группы — плацебо. После выполнения ими заданий исследователи оценили количество ошибочных ответов, и оказалось, что точнее вспомнили свои предыдущие оценки те, кто получил активное вещество, но самое интересное то, что этот эффект проявился только при припоминании оценок в отношении себя.

Но ведь «самосознание» — это уже о свободе? ♦

¹⁷ Andino-Pavlovsky V., Souza A.C., Scheffer-Teixeira R., et al. Dopamine Modulates Delta-Gamma Phase-Amplitude Coupling in the Prefrontal Cortex of Behaving Rats. *Front Neural Circuits*. 2017. 11:29.

¹⁸ Baars B.J. A Cognitive Theory of Consciousness.

¹⁹ Быт. 3:7.

²⁰ Joensson M., Thomsen K.R., Andersen, et al. 2015. Making sense: dopamine activates consciousness-monitoring through medial prefrontal cortex. *Hum. Brain Mapp*. 36:1866–1877.

Медики не нашли связи симптома «ковидных пальцев» с COVID-19

Эксперты, изучившие кожное заболевание, получившее наименование «ковидных пальцев ног», пришли к выводу, что оно не имеет прямой связи с вирусом SARS-CoV-2, а увеличение частоты жалоб от пациентов на подобные «псевдообморожения» может быть вызвано тем, что во время пандемии и объявленного в связи с этим карантина гораздо большее количество людей оставалось в своих домах и не носило при этом носки. Статья об этом опубликована в журнале *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)*.

Ранее некоторые исследователи высказывали предположения, что фиолетовые пальцы и другие кожные аномалии могут оказаться побочным эффектом чрезмерной реакции иммунной системы пациентов, успешно борющейся с вирусом. В пользу этой гипотезы говорило то, что у подавляющего числа людей, обращавшихся с подобными жалобами, COVID-19 не обнаруживался в момент обращения, но многие из них подхватывали эту инфекцию впоследствии.

Однако специалисты отделения дерматологии Йельского университета в Коннектикуте после изучения проблемы предложили более простое решение этой загадки: переохлаждение ног. В исследовании приняли участие 23 человек с подозрением на COVID-19 в свя-

зи с появлением симптома «ковидных пальцев ног», однако вирус был обнаружен лишь у троих из них — т. е. уровень заболеваемости COVID-19 в этой группе практически не отличался от базового уровня инфицирования вирусом во всем обществе. Акико Ивасаки, профессор кафедры иммунологии и кафедры молекулярной и клеточной биологии и эволюционной биологии Йельского университета, возглавлявшая эти исследования, заявила, что ее группа удостоверилась в отсутствии прямой связи между «ковидными пальцами ног» и коронавирусной инфекцией. «Хотя мы и не выявили основной фактор пандемического обморожения, наши данные показывают, что в большинстве случаев это происходит без обнаруживаемых признаков инфекции и иммунного ответа на нее», — говорит профессор Ивасаки.

Хотя она и ее коллеги уточнили при этом, что не могут полностью исключить иммунный ответ на abortивную инфекцию, все же более вероятными они считают какие-то другие объяснения феномена. Так, пандемия могла спровоцировать рост числа случаев «обморожения», но каким-то косвенным образом, например, по причине того, что люди стали реже носить носки и обувь.

Эксперты дали рекомендации по глубине взятия мазка из носа при сдаче ПЦР-тестов

В ответах на вопрос о том, на какую глубину необходимо вводить зонд при взятии мазка из носоглотки при сдаче ПЦР-теста на COVID-19, большинство экспертов рекомендуют проходить им на несколько сантиметров выше ноздрей взрослого человека до тех пор, пока инструмент не встретит сопротивления. Делать это необходимо осторожно и под правильным углом. В целом эксперты склонны согласиться с тем, что самый глубокий мазок является наиболее показательным. Вопрос был устроен газетой *The New York Times* [1] в ответ на многочисленные запросы читателей, недоумевавших, почему разные специалисты по-разному подходят к этой задаче: кто-то лишь осторожно касается передней части ноздрей, а кто-то протискивает зонд в самую глубь, принося пациенту немалые страдания.

Мазки берутся как из зева, так и из носоглотки, поскольку входными воротами для вируса SARS-CoV-2 являются верхние дыхательные пути. Для исследования мазок берут с поверхности миндалин, небных дужек и задней стенки ротоглотки. При взятии мазка из носоглотки зонд по правилам вводят по наружной стенке носового хода на достаточно большую глубину. Мазок, взятый со слизистой преддверия носа, может не выявить РНК коронавируса SARS-CoV-2. Особенно сильно при взятии подобных мазков страдают женщины и дети. Кто-то признается в том, что не хочет больше повторять этот опыт. Иногда взятие мазка заканчивается сильным кровотечением из носа.

Максим Борисов, «Газета.Ru»

- [nytimes.com/2021/11/18/world/swab-test-covid.html](https://www.nytimes.com/2021/11/18/world/swab-test-covid.html)
- journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0254559

Школьник из России стал абсолютным победителем Международной Менделеевской олимпиады

56-я Международная Менделеевская олимпиада школьников по химии (ММО-56) проходила с 10 по 15 мая 2022 года в очном формате в Ташкенте. Российская команда завоевала 10 медалей, из них 5 золотых, 4 серебряных и 1 бронзовую, а одиннадцатиклассник из Москвы Игнатий Тарабрин стал абсолютным победителем ММО-56. Он получил Премию имени академика Валерия Лунина, которая составляет 2 млн руб. В состав российской сборной вошли шесть одиннадцатиклассников и четыре десятиклассника, все они победители Всероссийской олимпиады школьников по химии. Среди московских ребят — трое учеников СУНЦ МГУ: Артёмий Анисимов, Артём Сорокин и Лев Нерсисян.

Всего в олимпиаде приняли участие более 100 школьников из 16 стран, разыгравших 28 бронзовых, 18 серебряных и 9 золотых наград. На протяжении недели ребята демонстрировали свои знания в двух теоретических и одном экспериментальном турах, а еще познакомились с культурой и историей Узбекистана в рамках насыщенных экскурсионных программ. В число победителей, кроме россиян, также вошли школьники из Узбекистана, Беларуси, Турции и Израиля.

«В этом году среди медалистов представители сразу пяти стран. Причем есть команды, традиционно показывающие сильные результаты, и новички среди золотых медалистов. Особенно хотелось бы поздравить команду Узбекистана. В стране сейчас проводится серьезнейшая реформа образования, которая

явно приносит свои плоды», — отметил председатель оргкомитета ММО-56, декан химического факультета МГУ член-корреспондент РАН Степан Калмыков.

«Каким бы ни был ваш результат, я с уверенностью могу сказать, что эта олимпиада сыграет важную роль в ваших будущих начинаниях, и что каждый из вас станет гордостью своей страны, внесет огромный вклад в мировую науку», — обратилась к участникам ММО-56 директор Агентства Президентских образовательных учреждений Республики Узбекистан Хилола Умарова.

«Я рад, что Менделеевская олимпиада, одно из престижнейших международных соревнований, вернулась в очный формат. От оргкомитета хочу сказать огромное спасибо гостеприимному Узбекистану, который организовал и провел совершенно уникальное мероприятие», — подчеркнул сопредседатель оргкомитета ММО-56, исполнительный директор Фонда Андрея Мельниченко Александр Чередник.

Организаторами ММО-56 выступают химический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова, Агентство Президентских образовательных учреждений Республики Узбекистан, Благотворительный фонд Андрея Мельниченко и компания «ЕвроХим». Они уже начинают подготовку к следующей, 57-й по счету Менделеевской олимпиаде, которая состоится в Нур-Султане (Казахстан) в 2023 году.

Пресс-служба МГУ

На протяжении всей жизни Лео Силард¹ не раз приходилось менять религию, языковую среду, страну пребывания и, наконец, главное – сферу научной деятельности. Но при этом он всегда был готов принять на себя личную ответственность за судьбы мира.



Валерий Лесов

Наибольшую известность этому ученому принес составленный им текст письма от 2 августа 1939 года с предупреждением об опасности немецкого атомного проекта, которое Эйнштейн передал президенту Рузвельту.

Силард входил в группу выдающихся венгерских физиков-эмигрантов, чья деятельность была тесно связана с созданием атомной бомбы². Ученик Макса фон Лауэ и близкий знакомый Альберта Эйнштейна еще по Берлину, Силард, вероятно, был наиболее одаренным и заметным из всех физиков этой группы. Но еще во время участия в Манхэттенском проекте Лео инициировал подачу петиции президенту Трумэну касательно отказа от ядерной бомбардировки Японии. Сразу же по окончании войны он стал лидером движения ученых, призывавших к установлению гражданского контроля за ядерной энергией. В 1946-м ученый занялся исследова-

Лео Силард – мессия, легкий на подъем¹

Валерий Лесов, инженер-механик, технический переводчик (Санкт-Петербург)

Родился Лео Силард в Будапеште, в семье среднего достатка, члены которой всегда мечтали о приобщении к высшему обществу, но при этом не были лишены изрядной доли практичности. Глава семейства, инженер-строитель, изменил фамилию, выдававшую его еврейские корни, – Шпиц – на Силард еще в 1900 году. Родители Лео причисляли себя к франкмасонам, для которых иудаизм был скорее традиционной религией, чем подлинной верой. Они поспособствовали тому, чтобы их дети выучили европейские языки и прониклись европейской культурой. В их доме, находящемся в самом фешенебельном районе Пешта³ и обладавшем примечательной архитектурой, Лео проводил свои первые физические опыты, и уже в десятилетнем возрасте прочел книгу «Трагедия

водимом Венгерской ассоциацией математики и физики. После этого он сразу поступил в Будапештский технический университет, на факультет гражданского строительства, основанный в 1782 году.

Вместе со многими юными современниками, имеющими подобное социальное происхождение, Силард присоединился к кружку Galileo Circle⁸, где он оказался под влиянием радикальных направлений в философии и политике. Вместе с младшим братом Белой⁹ они основали Венгерскую ассоциацию студентов-социалистов, небольшую группу, которая распространяла памфлет, написанный Лео, касающийся налоговой и монетарной реформ, инфляции и сопутствующих проблем. Но за исключением этого эпизода сам Лео Силард был слабо вовлечен в политическую деятельность студенчества.

Служба в армии и обретение себя

Силард стал волонтером офицерской школы для резервистов в Будапеште в сентябре 1917 года, а затем курсантом офицерской школы в Тироле, но заболел испанкой, и его военная карьера закончилась, так и не начавшись, в Будапештском военном госпитале – он был демобилизован в ноябре 1918 года.

Силард вспоминал, как в 1930 году, через 12 лет после окончания Первой мировой вой-

⁸ Galileo Circle (Galilei Kör) – Студенческая организация сторонников атеизма и материализма, действующая в Будапеште, в период 1908–1919 гг. В нее входили группы радикальных демократов, марксистов, анархосиндикалистов и социал-демократов. Их общие цели включали защиту свободного научного поиска и свободы мнений в университетах,



ны, один из его знакомых, с которым он вместе учился, рассказал ему об одном случае, который чем-то напоминал эпизод из романа Эриха Марии Ремарка «На Западном фронте без перемен». Будучи лейтенантом в Австро-Венгерской армии, в последние дни войны в Карпатах тот возглавлял конный патруль. Однажды утром до них дошла молва о заключении перемирия, но в отсутствие коммуникаций было сложно получить этому подтверждение. Они как обычно несли патрульную службу, и вдруг при выходе из леса этот лейтенант оказался перед офицером русского патруля.

Оба выхватили оружие и замерли... И тут русский офицер с улыбкой приложил ладонь к фуражке в знак приветствия. Друг Силарда ответил тем же, и оба патруля разошлись, чтобы оседлать своих коней. «В тот день я сожалел, что не отдал приветствие первым», – сказал Силарду его друг.

После увольнения из армии Лео Силард продолжил обучение в Будапештском техническом университете. Однако атмосфера там становилась всё более накаленной из-за социальных конфликтов, всеобщего ожесточения и политического противостояния. Кружок Galileo Circle прекратил свое существование осенью 1918 года, и Лео Силард остался без поддержки группы интеллектуалов-единомышленников. То, что он еще способен был продолжать



Будапештский технический университет («Википедия»)



studynhungary.hu

ниями в биологии, и при его активнейшем участии была сформулирована теория старения.

Свою докторскую степень он получил за решение задачи, которую Макс фон Лауэ предложил ему «на засыпку» в Берлинском университете в 1922 году. В 1920–1930-е годы Силард стал обладателем множества важных патентов, использованных затем, в частности, в производстве ядерного оружия – некоторые были им получены совместно с Альбертом Эйнштейном. Еще в 1933-м он перебрался из Берлина в Лондон, где сыграл ведущую роль в спасении покидающих нацистскую Германию ученых и студентов. В Лондоне и Оксфорде он продолжал исследования в области ядерной физики, но в 1938 году предпочел эмигрировать в США.

В 1956 году Макс фон Лауэ содействовал приглашению Силарда на должность главы нового института ядерной физики в Западном Берлине, на которое Силард в 1959 году ответил категорическим отказом. В США он превратился в известного публичного деятеля; его статьи, выступления, частые поездки и переписка с советским лидером Никитой Хрущевым и американским президентом Джоном Кеннеди были нацелены опять же на международный контроль над ядерным оружием. Гений Силарда проявился сразу в нескольких ипостасях, при этом вся история его жизни – это история деятельности человека совести, главной миссией которого оставалась забота о сохранении человечества.

Лео Силард, казалось, всё время находился в постоянном поиске самого себя, направляясь туда, куда вел его разум, постигая величайшие загадки мира. Его жизнь стала чередой непрекращающихся метаморфоз, проявлением отчаянного интеллектуального азарта, поиска собственной идентичности.

Будапешт

¹ По материалам Tibor F. Ever Ready to Go: The Multiple Exiles of Leo Szilard. Phys. perspect. 7 (2005) 204–252 и другим источникам.

² Лео Силард, Юджин Вигнер и Эдвард Теллер.

человека»⁴ – экзистенциальную поэтическую драму XIX века, что послужило мощным толчком для его интеллектуального роста.

Основные черты характера будущего физика, по всей видимости, сложились к шестнадцати годам. Лео считал, что именно в этом возрасте к нему пришла достаточная ясность суждений, которая не покидала его и в дальнейшем, хотя, по его же собственному выражению, она «возможно, даже спадала»⁵.

Силард проявил себя как талантливый математик еще будучи школьником⁶, его учителем был Игнац Радош (Ignác Rados), один из лучших преподавателей математики того времени⁷. В 1916 году Лео окончил школу, и тогда же он получил вторую премию в престижном национальном конкурсе студентов-физиков, про-

Дом, в котором родился и провел детские и юношеские годы Лео Силард (dannem.com)

развитие социальных наук, социальную поддержку малоимущих студентов, распространение антиклерикального и атеистического мировоззрения, поддержку антинационализма, интернационализма, пропаганду воздержания от алкоголя, оппозицию по отношению к большим государствам и переориентацию на венгерское социальное восприятие (перевод В. Лесова с англ. из «Википедии»).

⁹ Dr. Béla Adelbert Szilard (Szilárd), 1900–1994. Pleasantville, Westchester County, NY, United States. Ближайшие родственники: Брат Leo Szilard и сестра Rózsi Detre.



© 1998 Gene Dannen

► обучение строительному делу, и, по-видимому, вполне успешно, на протяжении академического года 1918/1919, в период беспорядков, нарастания ненависти к иноплеменникам и политических баталлий, свидетельствует о высокой степени его интеллектуальной дисциплины.

В сентябре 1919 года Лео и его брат Бела подверглись унижительным нападкам в университете, будучи еврейскими студентами. И даже свидетельство о недавнем переходе от иудаизма к кальвинизму, наивно предьявленное Лео в свою защиту, казалось, только сильнее возбудило ненависть антисемитов, атакующих братьев.

В этом же году Лео Силард завершил обучение в университете.

Бела вспоминал, что Лео не смог сразу получить визу на выезд после провозглашения Венгерской советской республики, но все-таки в декабре 1919 года ему был выдан официальный документ от полиции Будапешта, свидетельствующий о его политической благонадежности, поскольку его фамилия не числилась в списках политической полиции.

В декабре он также получил письменное подтверждение от математика Липота Фейера (Lipót Fejér, 1880–1959) о том, что был удостоен второй премии в студенческом конкурсе по физике, проведенном под эгидой Математического и физического общества. Эти документы позволили ему перебраться из Будапешта в Берлин в самом конце 1919 года.

В 1919 году в Венгрии произошел кризис национальной идентичности, а у самого Силарда — радикальное переосмысление собственной личности. Драматические события осени этого года оставили неизгладимый след в сознании молодого человека. Различные психологические комплексы, такие, как стремление всегда жить в гостиницах или арендовать помещения вместо приобретения собственного жилья и постоянная готовность быстро сменить местоположение, вероятно, имели свои истоки в событиях 1919 года. Показательно, что наиболее важные для него вещи, и особенно документы, всегда хранились в двух чемоданчиках в номере отеля, всегда готовые к бегству хозяйина. Так случилось в марте 1933 года, когда Лео покинул Берлин сразу после поджога Рейхстага.

Тревожные времена

Подобно многим выходцам из Венгрии, проживавшим в то время в Германии, Лео Силард испытывал тягостное чувство повторения пережитого им в Будапеште в 1919 году. Это было постоянное ощущение опасности, побуждающей к неусыпной бдительности и готовности к немедленной реакции. Возможно, на протяжении всей оставшейся жизни Силард страдал неврозом тревожности, описанным Зигмундом Фрейдом. Внезапная вспышка антисемитизма, назревание правого переворота, атмосфера преследования — всё это было хорошо известно Лео и его будапештским ровесникам еще за десять лет до прихода к власти немецких нацистов, и это, возможно, запечатлелось в их душе навсегда. Обостренная чувствитель-

ность и непреходящая настороженность, появившиеся у Силарда в результате испытаний, выпавших на его долю в Будапеште 1919-го и Берлине 1933-го, с тех пор всегда держали его в готовности в любой момент сорваться с насиженного места.

Согласно исследованию немецкого социального историка Иоахима Радкау, проявление нервозности серьезно затронуло и всю Венгрию по окончании Первой мировой войны. Эмигрантов еврейского происхождения, подобных Силарду, это касалось в первую очередь. Кто-то может даже подумать, что достижениям Лео Силарда в процессе создания атомной бомбы, создаваемой в противовес гитлеровской угрозе, способствовал этот субъективный импульс. Еврейское происхождение и непрерывная череда изгнаний привели к формированию у Силарда не совсем здорового состояния психики. Он хорошо усвоил навыки выживания, а также остро ощущал стремление помогать всем, кто нуждался в его поддержке. После войны и революции в Венгрии 1918–1919 годов в жизни Силарда явно проявляется взаимосвязь науки и политики. Он казался слишком вовлеченным в политику как ученый и слишком осведомленным в науке как политик.

Берлин, 1920–1933 годы

В январе 1920 года Лео Силард оформил соответствующие документы и продолжил обучение по той же специальности в Берлинской высшей технической школе. Однако по истечении двух семестров он окончательно обратился к науке и перешел в Университет Фридриха Вильгельма, где продолжал обучение в течение четырех семестров. Защита его докторской диссертации состоялась летом 1922 года.

В начале 1920-х годов в Берлинском университете для Силарда открывались большие возможности. В сфере физики он мог сотрудничать с Максом фон Лауэ, Максом Планком, Альбертом Эйнштейном и другими мэтрами. Берлинские физики благоволили развитию теории, но при этом были серьезно заинтересованы в экспериментальных исследованиях. В таланте Силарда проявился удивительный симбиоз — применение теоретических познаний при их реализации в виде патентов, новых изданий и технических предложений.

В докторской диссертации Силард показал, что статистические флуктуации, которые прежде рассматривались в качестве доказательства реальности атомов, можно включить в рамки феноменологической термодинамики без каких-либо ссылок на сами атомы. Он пришел к такому результату оригинальнейшим способом. В течение нескольких месяцев мучительных размышлений о проблемах термодинамики он почти убедился, что шансов на решение этой задачи у него нет. И вот на каникулах у него возникла идея, не связанная со статистической механикой, и проблема была решена. Эйнштейн, чьи работы в прошлом были во многом основаны на анализе статистических флуктуаций, не поверил Силарду, пока тот не показал, как пришел к собственному решению. Да и фон Лауэ был скептически настроен по поводу данного решения, прежде чем ознакомился с рукописью, переданной ему Силардом. На следующий день по телефону молодой ученый был уведомлен самим фон Лауэ, что данная работа заслуживает докторской диссертации. В отзыве профессор отметил, что решение является независимым и значительным достижением, глав-

ным образом вследствие оригинального применения анализа флуктуации энергии Эйнштейна. Текст диссертации был опубликован тремя годами позднее.

Вскоре после получения докторской степени Силард был в 1924 году назначен ассистентом фон Лауэ в Институте теоретической физики. Там он участвовал в изучении взаимосвязи энтропии и информации, что привело к появлению идей, которые со временем легли в основу современной теории информации.

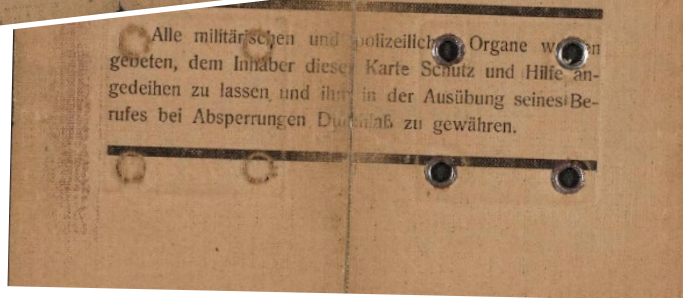
В 1925 году Силард завершил подготовку второй докторской, опубликованной в 1929 году. Фон Лауэ высоко оценил эту работу как значительное продвижение в решении ранее поставленного важного вопроса и отметил, что она более чем полностью удовлетворяет требованиям, которые факультет предъявляет к докторским диссертациям.

Планк отзывался следующим образом: «Доктор Силард в течение нескольких лет работал в Берлине и часто имел возможность для того, чтобы проявить такие качества, как научный талант и усердие. Его докторская работа отличается оригинальностью мышления и ясным представлением. У меня нет сомнений, что он сможет успешно продолжать работу в качестве доцента».

Весь состав комиссии, рассматривающей диссертационную работу Силарда, поддержал фон Лауэ и Планка. Лео Силард стал приват-доцентом с правом чтения лекций в Университете Фридриха Вильгельма. В 1928 году он стал читать курс, посвящен-



Пропуск доктора Лео Силарда в Университет Фридриха Вильгельма (dannen.com)



ный главным образом теоретической физике, при некотором участии Джона фон Неймана, Хартмута Кальмана¹⁰ и Фрица Лондона¹¹. В начале зимнего семестра 1930–1931 годов Лео стал участником группы, возглавляемой Эрвином Шрёдингером, в 1931–1932 годах организовал совместный семинар с Лизой Мейтнер по «вопросам атомной физики и химии». В период 1920-х — начала 1930-х годов деятельно сотрудничал с Силардом. Он был полон задумок о практической реализации своих идей в пределах научных лабораторий.

¹⁰ Автор изобретения органического сцинтиллятора. Работал в Институте физической химии и электрохимии Общества Кайзера Вильгельма. В 1933-м уволен из-за неарийского происхождения. В 1948-м был приглашен для разработок по фотоэлектронным умножителям в одну из лабораторий оборонного ведомства США.

¹¹ Немецкий физик-теоретик. Его фундаментальные труды по теории химической связи и межмолекулярных сил считаются сегодня классическими и рассматриваются в современных учебниках по физической химии.

Институт химии Общества кайзера Вильгельма



Силард стал автором изобретения способа прокачки жидкометаллической среды по трубам, который электротехнический концерн AEG (Allgemeine Elektrizitäts Gesellschaft) планировал использовать для разработки соответствующего насоса. При этом данное изобретение в конце концов нашло применение в ядерных реакторах в США после Второй мировой войны. Силард был консультантом AEG в течение трех лет и запатентовал несколько изобретений в Великобритании и Соединенных Штатах.

В конце 1920-х годов Силард сотрудничал с Эйнштейном при создании нескольких инновационных ре-

шений, связанных с охлаждающими системами, успешно используя и получая некоторые преимущества за счет знаменитого коллеги посредством публикации патентов за подписью обоих авторов. Это, например, холодильник и устройство для прокачки жидкометаллической среды, в частности, для сжиженных газов и паров в холодильниках (1927), электромагнитное устройство для генерации колебательного движения (1928), компрессор (1929), насос, преимущественно для холодильных установок (1930). Принцип, предложенный Силардом и Эйнштейном, давал надежду на создание холодильника нового типа, более эффективного и безопасного в эксплуатации, чем существующие. Одной из их главных идей была генерация охлаждения за счет абсорбции спирта водой, но это решение оказалось непригодным для промышленности. Более важным оказалось изобретение электромагнитного насоса Эйнштейна — Силарда, в котором «бегущее электромагнитное поле вызывало перемещение жидкого металла».

В такой влиятельной компании, как AEG, был разработан прототип этого насоса, предназначенного для охлаждения. Авторы получили патент на данное изобретение в Великобритании, США и Венгрии. Позднее Силард пытался пробудить соответствующий интерес к нему в США, однако решение не было реализовано, в основном из-за разорительного воздействия на экономику Великой депрессии. Эйнштейн, кроме того, отказался от использования своего имени в рекламе насоса. Незадолго до кончины Силарда его школьный товарищ спрашивал о судьбе этого изобретения. На что Силард ответил: «Ах это?.. Оно вошло в проект атомной бомбы».

Окончание следует

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 новый 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



Мемориальная доска на фронтоне дома. Надпись на ней гласит: «В этом доме рос Лео Силард...» Теперь это студенческое общежитие

«Пожар превратил его тело в небольшой обгорелый комок»

Максим Борисов

24 апреля 1967 года случилась первая трагедия при освоении космоса: в ходе испытания нового космического корабля «Союз-1» погиб советский космонавт Владимир Комаров. Жертвы при реализации космической программы случались и ранее, но все они до той поры оставались на Земле.

55 лет назад при возвращении на Землю из-за отказа парашютной системы корабля «Союз-1» погиб космонавт Владимир Комаров. Это был первый пилотируемый испытательный полет «Союза», сам Комаров стал первым советским космонавтом, дважды побывавшим в космосе, и он же первым на планете погиб в ходе выполнения космической миссии. При этом Комаров стал и первым среди космонавтов дважды Героем Советского Союза. Получил он второе звание уже посмертно. Накануне запуска «Союза», несмотря на всю перспективность, выглядел еще довольно «сырым» изделием, на что указывали многие конструкторы. Все три предыдущих беспилотных старта закончились неудачами. Это были «Космос-133», который 30 ноября 1966 года пришлось подорвать, когда возник риск, что он приземлится за пределами СССР; 7К-ОК № 1, старт которого 14 декабря 1966 года был отложен, однако произошло срабатывание системы аварийного спасения САС и взрыв ракеты на старте, повлекший гибель технического персонала; наконец «Космос-140» не смог выполнить поставленные задачи из-за перерасхода топлива, его дно прогорело из-за нарушения теплозащиты, а незапланированное приземление 9 февраля 1967 года на лед Аральского моря привело к затоплению спускаемого аппарата — и если бы на этом «Союзе» был экипаж, то он неизбежно при этом бы погиб.

В результате этих инцидентов было зафиксировано свыше двух сотен замечаний к конструкции корабля, однако советское руководство настаивало на срочной организации нового космического достижения к 1 мая, а Василий Мишин, сменивший умершего год назад Сергея Королёва на посту главного конструктора, не обладал достаточным авторитетом, чтобы противостоять этим амбициозным планам. Впрочем, и Королёв в подобных ситуациях часто покорялся воле первых лиц государства, ему лишь больше «везло» и удавалось справиться с наихудшими последствиями спешки.

Порой утверждается, что гонка в те месяцы была спровоцирована американскими достижениями, особенно программой Gemini с ее первыми в мире сближениями и стыковками, однако та программа к тому времени уже закончилась, а начало лунной программы Apollo ознаменовалось соб-

ственной американской трагедией — гибелью астронавтов Гриссома, Уайта и Чаффи в ходе пожара, возникшего 27 января 1967 года при репетиции запуска Apollo 1 в Космическом центре Кеннеди. И это была тогда первая официально признанная гибель астронавтов, на полтора года задержавшая полеты американцев, — она должна была бы и советских конструкторов заставить быть более осторожными, но этого не произошло.

Еще до начала каких-либо полетов погиб советский космонавт Валентин Бондаренко, смерть которого оставалась засекреченной до 1985 года¹. 24-летний Бондаренко сгорел 23 марта 1961 года во время тренировок в кислородной атмосфере сурдокамеры, когда ватка со спиртом попала на электронагреватель. Если бы не секретность, то, возможно, удалось бы избежать и гибели троих американских астронавтов при аналогичных обстоятельствах.

Отдельный вопрос заключается в том, могли ли предчувствовать трагедию сам Комаров. Он дружил с Юрием Гагариным, а Гагарин в этом полете считался его дублером, поэтому есть версия, что Комаров стремился не допустить гибели космонавта № 1, хотя сам как наиболее технически подкованный член первого отряда космонавтов, знавший «Союз» до винтика, был полностью в курсе всех его проблем².

Прежде чем попасть в отряд космонавтов, Комаров успел стать не просто военным летчиком и летчиком-испытателем, он в 1959 году успешно окончил Военно-воздушную академию имени Жуковского, чем другие космонавты займуться с большим запозданием, и занимал после этого должность помощника ведущего инженера.

12–13 октября 1964 года Комаров уже испытывал модернизированный космический корабль «Восход-1», слетав в космос в качестве командира экипажа с инженером Константином Феоктистовым и врачом Борисом Егоровым. Тогда крайне рискованный полет «первого в мире многоместного космического корабля» закончился благополучно, несмотря на то, что из-за тесноты кабины решено было отказаться как от скафандров, так и от катапульт. Провожая испытателей, Королёв

обнимал каждого и говорил: «Ты уж прости меня в случае чего, я человек подневольный». Между тем за время недолгого полета «Восхода-1» в Москве успел произойти «дворцовый переворот»: в качестве первого секретаря Никиту Хрущёва сменил Леонид Брежнев, которому космонавты и отрапортовали об успехах.

Впоследствии Королёв стал ценить Комарова как технического специалиста и несколько раз предлагал ему работу в своем КБ, что могло бы уберечь того от гибели, однако Комаров предпочел должность инструктора-космонавта, работал с новичками и продолжал ждать очередных полетов. Еще из воспоминаний участников тех событий известно, что Королёв твердо обещал Гагариному полет на новом космическом корабле, так что если бы генеральный конструктор был жив, то наверняка выполнил бы это свое обещание, тогда Гагарин мог бы погибнуть не 27 марта 1968 года, а годом ранее.

На вопрос о том, предчувствовал ли беду Комаров, его дочь в 2013 году ответила корреспонденту «Московского комсомольца» так: «Это было не предчувствие, а знание возможностей. Перед полетом отец зашел в больницу к знакомому летчику-испытателю, у которого обнаружили рак. Его жена потом рассказала маме о состоявшемся между ними разговоре. Отец признался в палате больному: „Процент на девяносто полет будет неудачным“»³.



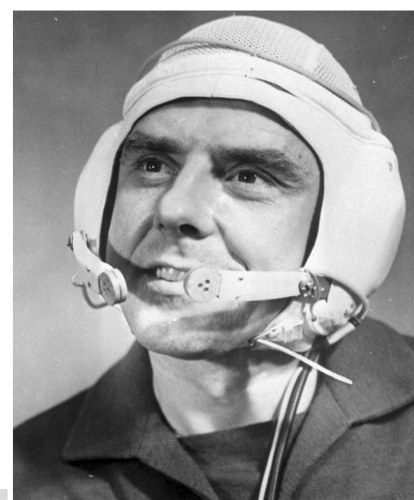
Тем не менее, по воспоминаниям дочери, он рвался в космос и «последние полтора месяца перед полетом не пил холодное молоко и кефир из холодильника, чтобы не заболеть». За срок дней до полета с родственниками и друзьями широко отметил свое 40-летие, не веря в дурные приметы.

Последним живого Комарова видел Гагарин, который заdraивал за ним люк. «Союз-1» вышел на орбиту, но проблем при этом обнаружилось столько, что вскоре отменили запуск «Союза-2», который по замыслу руководителей полета должен был взлететь 24 апреля для первой в мире стыковки пилотируемых кораблей. После этой стыковки находившиеся во втором «Союзе» космонавты Алексей Елисеев и Евгений Хрунов должны были перейти в скафандрах через открытый космос в корабль Комарова и возвратиться с ним на Землю, а командир «Союза-2» Валерий Быковский по этому плану приземлялся в одиночестве.

Первая в мире стыковка осталась за американцами, однако Gemini 8, пилотируемый Нилом Армстронгом и Дэвидом Скоттом, стыковался

16 марта 1966 года лишь со специальной мишенью — разгонным блоком Agena VIII, запущенным 100 минутами ранее; похожие эксперименты проводились потом еще несколько раз, оставаясь при этом на грани возможного. Двигатели ориентации неконтролируемо включались, мишени не попадали в заданную точку, их двигатели также испытывали неполадки, эксперименты прекращали досрочно; тем не менее к трагическим последствиям это всё не приводило.

В статьях советского времени написано, что программа испытаний «Союза-1» была выполнена успешно,



Комаров и Гагарин. Фото с сайта Центра подготовки космонавтов им. Ю.А.Гагарина (gctc.ru)

«Беглый осмотр корабля убедил меня в том, что Комаров погиб и его останки находятся в обломках догорающего корабля», — писал на следующий день Каманин, прибывший на место катастрофы. — Я приказал очищать обломки корабля от земли и искать тело космонавта... Через час раскопки мы обнаружили тело Комарова среди обломков корабля. Первое время было трудно разобрать, где голова, где руки и ноги.

По-видимому, Комаров погиб во время удара корабля о землю, а пожар превратил его тело в небольшой обгорелый комок размером 30 на 80 сантиметров.

Точные причины катастрофы так и не были установлены. Рассматривался вариант деформации стенок парашютного лотка в полете из-за перепада давлений, возникшего во время отстрела на нерасчетной высоте крышки стакана, в котором были уложены парашюты, — на этом варианте настаивал Миनावианов, ответственный за парашютную систему. Однако, по некоторым данным, на подготовленном в качестве «Союза-2» корабле также не удавалось вытянуть основной парашют и без всякой деформации стенок. Возможно, причиной всему нарушения технологии окраски, в результате которых внутренняя поверхность парашютного лотка оказалась не полированной, а липкой, что к тому же усугубил нагрев аппарата о воздух. Из-за этого даже довольно мощное усилие вытяжного парашюта оказалось недостаточно, чтобы вытянуть основную.

После катастрофы «Союза-1» пилотируемые полеты в СССР, равно как и у американцев, прекратились на полтора года; конструкция нового корабля была доработана, надежность его уже действительно — благодаря Комарову — вышла на новый уровень, так что «Союзы» остаются востребованными и по сей день. Парашютная система также была модифицирована — прежде всего пересмотрели технологию покраски и нанесения тепловой защиты, также изменили и конструкцию контейнеров.

Перед продолжением полетов советских космонавтов было проведено шесть беспилотных пусков, в ходе которых 30 октября 1967 года состоялась и первая в мире автоматическая стыковка — для этого были запущены два «Союза», получившие обозначения «Космос-186» и «Космос-188». В 1968 году пилотируемые полеты были возобновлены, а 16 января 1969 года была наконец проведена и первая стыковка двух пилотируемых кораблей «Союз-4» и «Союз-5», вслед за которой космонавты Хрунов и Елисеев через открытый космос перешли из «Союза-5» в «Союз-4» — совершив то, что планировалось сделать двумя годами ранее. ♦



³ mk.ru/social/2013/04/11/840220-doch-kosmonavta-komarova-spustya-46-let-rasskazala-o-prichinah-gibeli-svoego-otsta.html

⁴ epizodsspace.airbase.ru/bibl/kamanin/kniga1/obl-k.html

Средневековые часто называют «темным временем» из-за упадка и гибели Западной Римской империи и многих веков варварства, но не бывает крошечной тьмы: если солнце заходит в одной части света, то его лучи обязательно озаряют другую. Так же случилось и с развитием наук, изобретений и ремесел. К VIII веку мусульмане получили политический контроль над грекоязычными Сирией, Египтом и Палестиной, а также большей частью Персидской империи Сасанидов, которая также находилась под сильным влиянием эллинской интеллектуальной традиции.

Арабская экспансия способствовала переводу греческих текстов на арабский язык как для целей управления территорией, так и для повседневной жизни на протяжении всего периода Омейядов. Несколько позже, в VIII веке, в Багдаде, аббасидские элиты находились под сильным влиянием сасанидской культуры, которая ставила во главу угла создание правительственного архива. Бюрократы и придворные при халифе Гаруне аль-Рашиде осуществляли переводы персидских текстов на арабский язык. Сын и преемник Гаруна аль-Рашида аль-Мамун продолжал поддерживать политику отца по переводу текстов, в том числе и тех текстов, которые относились к таким предметам, как математика, геодезия, астрономия, инженерия. Труды греческих математиков, изобретателей и механиков Филона (III век до н. э.) и Герона (I век н. э.), работавших в Александрии, были переведены, изучены и развиты арабскими авторами, наиболее известными из которых были братья Бану Муса в Багдаде IX века и аль-Джазари в Диярбакире XIII века.

Во время правления аль-Мамуна в Багдаде был основан Дом мудрости (Бейт аль-хикма), созданный в подражание старинной персидской академии Джундишапура. В Доме мудрости находились библиотека и обсерватория. Правитель содержал штат переводчиков, переписчиков и переплетчиков. Он лично выбирал и спонсировал философов, лингвистов, врачей, математиков, астрономов, юристов и других ученых.

В исламской академии аль-Мамун работал астроном и математик аль-Хорезми и три инженера, создатели автоматов, известные как братья Бану Муса (Мухаммад, Ахмад и ал-Хасан). Они были тремя сыновьями Мусы ибн Шакира (бывшего бандита, астронома и друга аль-Мамуна), выросшими при дворе Аббасидов, где получили основательное образование в области астрономии, математики, инженерии и геометрии. Их трактат о создании автоматов, «Китаб фи марифат аль-хиял аль-хандасийя» («Книга знаний об остроумных механических устройствах»), был написан около 850 года. Он содержал богато проиллюстрированные проекты почти ста автоматов, в работе которых использовались принципы гидростатики, аэростатики и механики.

При дворе Аббасидов благодаря их интересу к изготовлению автоматов появились устройства, которые оказались больше и сложнее описанных в александрийских трактатах: искусственные птицы, музыкальные фонтаны и водяные часы с подвижными частями. Еще в 827 году халиф аль-Мамун, покровитель Бану Муса, завел во дворце искусственное дерево, украшенное механическими птицами, похожими по своим очертаниям на рисунки из средневекового кодекса XIII века, которые изображали механических птиц, описанных в трактате «Пневматика» Герона Александрийского.

Для развлечения халифа и его двора Бану Муса придумали автомат, который мог играть на духо-



Лодка с четырьмя роботами-музыкантами. Фрагмент из книги аль-Джазари



Александр Речкин

История роботов. Творцы исламских автоматов¹

Александр Речкин

¹ Продолжение. Начало в ТрВ-Наука №№ 330, 332, 334, 336, 339.

вом музыкальном инструменте бесконечно долго. Вначале был создан автомат, в нем поршневой насос толкал воздух, приводящий в движение вращающийся цилиндр с рычагами, закрепленными в канавках, концы которых соприкасались с неподвижными приподнятыми штифтами, расположенными на боковой поверхности цилиндра. Рычаги открывали и закрывали отверстия на флейте, куда тоже подавался воздух, и таким образом флейта издавала звук. Цилиндры с рычагами, штифтами и «запрограммированными» на них мелодиями были сменные, таким образом можно было менять репертуар либо построить несколько автоматов, сокрытых внутри антропоморфных статуй, изображающих музыкантов. Другим интересным творением были фонтаны, высота струй которых менялась через определенные интервалы времени, а также механическая девушка в полный человеческий рост, подающая чай, созданная явно по образу виночерпия Филона. Принципы работы этих механизмов основывались на силе давления воды.

Спустя два с половиной столетия после работ Бану Муса в исламском мире родился еще один самородок, продвинувший технический прогресс, создав целый оркестр музыкальных автоматов, диких водяные часы, кодовый замок, колесчатый вал, двухтактные клапанные насосы, дамбы, водоподъемные машины и многое другое.

Абу аль-Из ибн Исмаил ибн аль-Раззас аль-Джазари, или просто Исмаил аль-Джазари, как предполагает большинство исследователей, родился в 1136 году. Последняя часть имени, аль-Джазари, обозначает место происхождения. Хотя история не помнит точного места рождения будущего мастера, широко распространено мнение, что оно находилось в исторической области Верхней Месопотамии. Большая часть того, что мы знаем о жизни аль-Джазари, происходит из его главной работы и самого большого достижения — рукописи, известной как «Книга знаний об остроумных механических устройствах». Буквальный перевод оригинального арабского названия: «Книга знаний инженерных фокусов (или трюков)», что соответствует отношению к механическим устройствам в античности. То есть удивительные автоматы были действующими механизмы использовались в качестве украшения

дворцов или развлечения избранного круга лиц, а не для применения в производстве.

В книге говорится, что аль-Джазари пошел по стопам своего отца, служа главным инженером при дворе Артукидов — могущественной туркской династии, правившей на территории Западной Армении, Северной Сирии и Северного Ирака в XII–XIV веках. «Книга знаний» была создана в 1206 году. В ней аль-Джазари подробно описывает сотню различных устройств, а также дает инструкции, как их можно сконструировать. Многие из описанного было известно еще с древности. Стоит отметить, что Исмаил аль-Джазари, скорее всего, был не изобретателем в традиционном смысле этого слова, а скорее практичным инженером, обладающим навыками понимания сложного подхода, необходимого для создания этих уникальных вещей. Тем не менее, часть механизмов он самостоятельно разработал, о чем неоднократно упоминается в тексте, также там говорится, что все устройства, описанные в книге, были построены самим аль-Джазари. Уникальность этих изобретений и их эффективность, казалось бы, сделали аль-Джазари очень заметной и популярной фигурой. Его книга стала своего рода средневековым бестселлером, так как существует множество ее копий и отрывков. Труд аль-Джазари напоминает работу Бану Муса не только сходным названием книги, но и множеством иллюстраций, подобным изображениям из рукописи багдадских инженеров.

Истинный блеск гения Исмаила аль-Джазари демонстрируют созданные им автоматы, начиная с самых ранних работ, являвшихся усовершенствованием наработок предшественников, — автоматы-служанки, наливавшие и подававшие воду, чай или вино или льющие воду, чтобы гость мог помыть руки. Но, пожалуй, самым уникальным из его автоматов стал музыкальный «оркестр роботов». Это была лодка с четырьмя искусственными музыкантами, предназначенными для развлечения гостей. Изобретение демонстрирует сложную систему водяных и вращающихся кулачковых механизмов, используемых для приведения в движение автоматов и их инструментов. Не исключено, что основным используемым инструментом был барабан, темп игры которого можно было менять различным расположением кулачков. В книге указано, что музыкальный автомат издавал очень громкие звуки и мог исполнять несколько уникальных мелодий.

На этом аль-Джазари не остановился, конструкция немного изменилась и была использована в дальнейшем в виде часов. Аль-Джазари создал сложный искусственный оркестр, служивший для развлечения гостей, а также отмерявший время. Он состоял из нескольких фигур, соединенных вместе: двух цимбалистов, двух трубачей и трех ударников. Уникальный механизм служил часами, производя короткое музыкальное представление, отмеряя каждый час. Таким об-

разом, устройство сочетало в себе как практическую ценность, так и развлекательную функцию.

Как и большинство изобретений аль-Джазари, эти часы приводились в действие сложным механизмом, использующим воду, кулачки и струны. Музыканты были соединены с большим колесом, вращаемым водой. Ежечасное «оживание» оркестра обеспечивалось медленным капанием воды, отмерявшей время, из большого резервуара в меньший, который, в конце концов, опрокидывался и давал начало движению.

Самым знаменитым на сегодняшний день устройством, созданным аль-Джазари, являются часы в виде слона. Механизм, приводивший часы в действие, был скрыт в большой скульптуре азиатского слона: внутри нее располагались резервуар с водой и плавающая в нем чаша с отверстием по центру, вращавшаяся и постепенно заполнявшаяся жидкостью. Когда чаша, наполнившись, погружалась под воду, то тянула веревку, прикрепленную к балансиру в башне на спине слона. Это, в свою очередь, приводило в движение фигуру сокола, начинавшую петь, и высвобождению из корзины металлического шара, падавшего сначала на голову птицы, а оттуда — в пасть скульптуры змея, после чего та наклонялась вперед и вытягивала чашу из воды с помощью струн. Эти

струны также заставляли скульптуру правителя, сидевшего на слоне, поднимать левую или правую руку, а попадание шара в вазу приводило к тому, что скульптура погонщика ударяла в барабан, вследствие чего стрелка циферблата перемещалась в нужном направлении и указывала либо полчаса, либо полный час. Затем скульптура змея возвращалась назад, и цикл повторялся, пока в корзине оставались шары. Дважды в день конструкция возвращалась в исходное положение. Резервуар разделялся на два отсека: верхний сообщался непосредственно с механизмом указания времени, а нижний — с другим механизмом, контролирующим силу потока. На рассвете, когда кран открывали, вода из верхней части резервуара стекала в нижнюю, где с помощью упомянутого механизма поддерживалось постоянное давление. Это было сделано для того, чтобы учитывать неравномерную продолжительность дня в зависимости от времени года.

Описывая устройство, аль-Джазари отмечал, что «слон символизирует индийскую и африканскую культуру, два дракона представляют китайскую культуру, феникс — персидскую, вода — греческую, а турбан — исламскую». Что свидетельствует об уважении, с которым мастер относился к другим народам и творчеству других изобретателей, а также об отсутствии у него намерения присвоить более ранние изобретения и выдать их за свои собственные.

Сегодня существуют многочисленные копии слоновых часов, а их дизайн до сих пор столь же удивителен, как и столетия назад, что прекрасно демонстрирует блеск ума аль-Джазари. В Швейцарии, напротив Музея часов городка Ле-Локль, в замке де Мон, есть полноразмерная рабочая копия. Еще одна находится в Дубае (Объединенные Арабские Эмираты) внутри большого торгового центра «Ибн Баттута Молл». Часы в форме слона также были изготовлены в 2016 году для выставки в Центре искусств и медиатехнологий (Карлсруэ, Германия), посвященной выходу книги Зигфрида Зеллински и Петера Вайбеля «Автоматы Аллаха».

Хотя часы в виде слона выглядят очень впечатляюще, пожалуй, самым удивительным дизайном обладали Дворцовые часы, выполненные, как понятно из названия, в виде резиденции халифа. Их высота достигала почти 3,4 м. Сложная конструкция служила не только часами, но и отображала движения солнца и луны. Каждый час автоматические двери в центре композиции открывались, выдвигая вперед движущуюся фигуру, которая показывала время. Аль-Джазари использовал серию автоматических фигур, игравших музыку, управляемую колесчатыми валами и водяными колесами. Конструкция на многие столетия опередила время, позволяя перепрограммировать длину дня в зависимости от времени года. Дворцовые часы аль-Джазари сегодня считаются одним из первых программируемых аналоговых компьютеров.

В конце XX века исследователи из японского Университета Васэда, вдохновленные работами Бану Муса и аль-Джазари, начали создавать антропоморфного робота-флейтиста. Их работа длилась в период с 1990 по 2009 год, за это время были созданы восемь прототипов робота, а последняя модель выдувала воздух уже с помощью устройства, похожего по принципу работы на человеческие легкие. Робот-флейтист мог исполнять 41 запрограммированную композицию. ♦



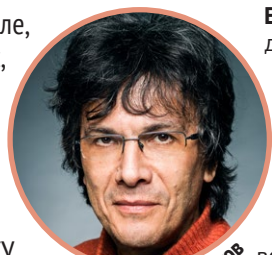
Современная реконструкция музыкального автомата Бану Муса, созданная в Германии

Мы все являемся гибридами



Ольга Орлова

Почему из всех видов людей, существовавших на Земле, остались только мы, кроманьонцы? Этот важный вопрос, ответ на который дал бы нам понять, за счет чего человечество сможет выжить в будущем, и он стал одним из центральных в новой книге «Эволюция человека. Кости, гены и культура» (Corpus, 2022), написанной супружеской парой, состоящей из докторов биологических наук, — зав. кафедрой биологического факультета МГУ Александра Маркова и вед. науч. сотр. Палеонтологического института им. А.А. Борисьяка РАН Елены Наймарк. Беседу с ними об этом ведет Ольга Орлова.



Александр Марков



Елена Наймарк

Ольга Орлова: Итак, у вас вышла уже третья книга, посвященная эволюции человека, — «Кости, гены и культура». И в ней, как и в предыдущих двух¹, представлены новые знания о древних людях. Однако при этом в книге есть очень много информации и о нас самих. Меня, например, поразил попавший в эту книгу факт из исследования 2020 года. Вы пишете, что генами у людей был обнаружен участок генома, который повышает вероятность тяжелого течения ковида в два раза. И оказалось, что этот участок генома принадлежит неандертальцам. Причем, что странно, если в Африке и Восточной Азии, оказывается, таких людей довольно мало, то в Европе их уже 8%, а в Бангладеш аж 38% таких людей. И это далеко не единственное из того, что рассказывается нам о предках, но при этом говорит нечто важное и о нас самих. А какие еще знания о древних людях в процессе написания этой книги для вас оказались открывением про нашу современность?

Александр Марков: Благодаря достижениям науки, особенно такой совершенно новой науки, как палеогенетика, мы за последние годы узнали потрясающе много нового о нашем происхождении, о нашей истории. Сейчас наука изобрела такие методы, которые позволяют совершенно неожиданно для всех нас проникать в тайны глубокого прошлого, нашего прошлого, куда, как казалось, вообще никогда нельзя будет заглянуть.

Елена Наймарк: Меня лично во время работы над этой книгой больше всего удивило то, как быстро накапливаются знания в этой области науки. Прямо с какой-то волшебной скоростью. И, кроме того, появление невероятного количества каких-то магических методов, которые позволяют сказать то, что нельзя было раньше даже представить себе. Гипотеза происхождения человека — в Африке или в Азии? Где произошло человечество? Раньше мы думали, опираясь на данные по анатомии и по палеоантропологическим находкам, что, скорее всего, это будет Африка. Эта гипотеза о выходе из Африки современного человечества на протяжении десятилетий была доминирующей, но в последние пять лет появилось огромное количество новых данных, которые демонстрируют большое разнообразие человечества в Северо-Восточной Азии. Почему там? Потому что мы просто не знали, как проверить эту гипотезу. Теперь у нас такая возможность есть.

О.О.: Сейчас наука это позволяет?

Е.Н.: Сейчас у нас время проверки старых гипотез, новых гипотез, их сравнения, и это потрясающее.

О.О.: В вашей книге есть тема, связанная с гибридами. Вы приводите разные примеры, говорящие о том, что между собой и денисовцы, и неандертальцы, и кроманьонцы скрещивались. Скажем, описывается Денни из Денисовой пещеры — это гибрид самого первого поколения. Ее мать — неандерталка, а отец — денисовец. По другим находкам видно, что сапиенсы, неандертальцы и денисовцы встречались, скрещивались, в общем, на территории Евразии эти скрещивания постоянно происходили, а дальше-то дело не шло. Почему?

Е.Н.: Говорить о том, что дальше дело не шло, не совсем, наверное, правильно, потому что все мы являемся гибридами. Около 2–3% в одних популяциях, 7% у народов Юго-Восточной Азии, у папуасов — у них вообще очень много этих самых примесей. Человечество вообще склонно к скрещиванию. Если есть место и время, то обязательно будет сколько-то скрещиваний. И в зависимости от того, близки эти виды, подвиды или формы, в потомках будет оставаться какое-то генетическое наследие. Судьба этого

наследия зависит, естественно, от качества генов, от дрейфа, от многих-многих генетических факторов, но почему бы ему у нас не остаться, если есть какие-то гены, которые защищают от болезней, почему бы не сохранить их из этого чужеродного привноса? Конечно, давайте сохраним.

О.О.: Подождите. Вот тот участок от неандертальцев, который людям дает сейчас тяжелую форму ковида, он, наоборот, вредный.

Е.Н.: Ну, а есть также форма какая-то, которая дает нам иммунитет, в том числе врожденный.

А.М.: Вирусы эволюционируют очень быстро, всё время новые появляются. И иммунные белки, которые защищают нас от этих вирусов, эволюционируют тоже очень быстро. Поэтому в разных популяциях разный набор этих белков.

О.О.: То есть тот кусочек, который остался от неандертальцев, в какой-то момент нас, наоборот, от чего-то защищал?

А.М.: Совершенно верно, он защищал от какого-то другого вируса, которого, видимо, где-то в Бангладеш было особенно много. А в Китае, например, может быть и раньше были эпидемии корона-вирусов, в какие-то прежние времена. И там этот неандертальский вариант, вредный, который плохо помогает от коронавируса, может быть, отбором отсеялся, поэтому его там, в Китае, не встречается. А в Бангладеш были какие-то другие вирусы, там увеличилась частота встречаемости этого неандертальского варианта. Все-таки смешение генофондов произошло достаточно неравномерно. Внеафриканское человечество получило 2% генов от неандертальцев, а 98%, извините, от сапиенсов. Как-то вот очень не поровну. И генетики показали, что когда произошла эта гибридизация — где-то на Ближнем Востоке примерно 55 тыс. лет назад случилась самая важная гибридизация сапиенсов с неандертальцами, — то сначала в популяции наших предков было больше, чем сейчас, неандертальской ДНК — не 2%, а 3%. Но значительная часть этих примесей была для нас вредна и отсеялась отбором. И, что характерно, чем важнее ген для жизни человека, для развития, тем в среднем меньше в нем неандертальских вкраплений. А в наименее важных участках генома, там, наоборот, сохранилось максимальное количество неандертальских примесей. О чем это говорит? О том, что наши виды, сапиенсы в Африке и неандертальцы в Европе и в Западной Азии, слишком долго жили раздельно и у них накопились в заметных количествах плохо совместимые генетические варианты. Гибриды могли появиться: встретились, скрестились, появилось гибридное потомство. Но это гибридное потомство в среднем имело пониженную приспособленность по сравнению с чистыми формами. Вот эта частичная генетическая несовместимость, которая уже была, видимо, и есть главная причина, почему, встретившись, сапиенсы с неандертальцами и с денисовцами не слились

полностью. И те, другие, все-таки вымерли, а мы выжили, сохранив в себе кто 2%, а кто и 5% их генетических примесей.

Е.Н.: Но зато потом, когда это человечество пришло уже на территорию Евразии и принялось ее активно осваивать, там началось уже постоянное смешение, разделение, дифференциация и гибридизация всех со всеми. Вот, например, возьмем европейскую популяцию, нам она наиболее близка. Как это мы себе представляем? Вот у нас высокий блондин, если говорить о мужчине, или блондинка с голубыми глазами, со светлой кожей, всё такое прочее. И мы представляем себе, что это и есть популяция Северной или Восточной



Европы. А на самом деле такой тип — это продукт смешения очень многих миграционных волн. Откуда у нас блондины взялись? А они взялись с территории около Байкала, это Центральная Сибирь. Это там появился ген светлых волос.

О.О.: Кто бы мог сегодня об этом подумать?

Е.Н.: Кто бы мог подумать, что наши блондины — они родом оттуда, с Байкала? Или с территории Байкала, так скажем. Мы знаем, что у всех современных европейцев более светлая кожа. Она такая и была? Ничего подобного. Она привнесена миграционной волной и является продуктом гибридизации с людьми, которые прибыли из Причерноморья, с территории Кавказа, с культурой так называемых ямников, которые изобрели телеги, впрягли в них лошадей и отправились путешествовать по всем волжским степям и дальше на восток. И оказались в результате где-то на севере Швеции, Германии, еще каких-то нынешних стран. В самую последнюю очередь они породили кельтов в Британии. Это последняя территория, которую они населили. И как теперь говорить, кто мы? Теперь нет представления о жестко закрепленных расах, а есть представление о постоянных перемещениях, смешениях и образовании новых и новых гибридов.



О.О.: Давайте все-таки вернемся к ключевому вопросу, связанному с эволюцией человека. Мы начали с того, что древних видов людей было много, но в конечном итоге остались только мы. Мы вытеснили остальных. Все-таки почему?

А.М.: Ужасно интересный и важный вопрос, действительно. Казалось бы, тогда, когда всё это происходило, в среднем палеолите, сапиенсы, денисовцы и неандертальцы имели примерно одинаковый уровень развития, ну плюс-минус. Это был, что называется, средний палеолит. Похожие каменные орудия — похожие по уровню сложности, технологии изготовления каменных орудий. Уже начинали появляться какие-то проблески искусства, какие-то украшения, использование красок. Это всё было и у неандертальцев в общем-то, и у сапиенсов в Африке.

О.О.: То есть шансы-то были равны?

А.М.: Они были близкими, по крайней мере, казалось бы. Но что-то произошло. И что-то все-таки дало преимущество одному из трех видов, а именно вышедшему из Африки сапиенсу. И там же, как раз в то время, когда сапиенсы всех вытеснили, 40–50 тыс. лет назад, там же произошла великая культурная революция у сапиенсов, эта верхнепалеолитическая революция, когда внезапно культура стала развиваться гораздо быстрее, чем она это делала раньше. Появляются живопись, флейты, гораздо более сложные составные орудия. Начинается культурный взрыв. Почему? Почему

это именно у сапиенсов и именно в это время? Может быть, именно у сапиенсов в ходе культурной эволюции у первых развилось что-то такое в культуре, что позволяло договариваться, как-то объединяться несколькими группами. То есть неандертальцы, похоже, жили маленькими группами. Группа охотников-собирателей не может быть большой, потому что большая группа просто не способна прокормиться охотой и собирательством. Группы были вынуждены маленькими. Но эти группы могли все со всеми враждовать, поедать друг друга, убивать, конкурировать по любому поводу, а могли, напротив, меняться женами и невестами, помнить родственные связи и как-то координировать собственные действия. Например, если мы поклоняемся одному и тому же идолу, говорим на одном языке, то мы как бы принадлежим к одной какой-то общности. Возможно, способность объединяться несколькими группами охотников, собираться в какую-то более крупную общность типа племени впервые появилась у сапиенсов. И это дало бы им, конечно, колоссальное конкурентное преимущество над другими видами, которые были представлены только разрозненными враждующими группами.

Е.Н.: Об общности культуры, мне кажется, может свидетельствовать еще один интереснейший факт, который стал известен только в самое-самое последнее время. Проводилось исследование

¹ Марков А. Эволюция человека. Книга 1. Обезьяны, кости и гены; Книга 2. Обезьяны, нейроны и душа. — CORPUS, «Астрель», 2011.

наскальных изображений по всей Европе и вообще всех, которые есть, весь пул этих наскальных изображений. Изучались не сами наскальные изображения, а те знаки, которые сопровождают их. Крестики, какие-то линии, линии зигзагообразные или плавные, какие-то значки, кружки с крючочками. Так вот, оказалось, что таких типов сопутствующих знаков совсем немного, примерно тридцать типов. И что интересно, они во всех рисунках, во всех пещерах, во всех местонахождениях единообразные.

О.О.: И это не только на территории Европы?

Е.Н.: Везде. И это удивительно. Антропологи выдвигают очень осторожное предположение, что это могут быть зачатки какой-то прасимволической письменности или отражение какого-то символического языка. Но то, что они одинаковые везде, говорит о том, что этот народ смог объединиться и пользоваться какими-то едиными символическими знаками.

А.М.: Есть еще направление мысли такое, что это преимущество сапиенсов, позволившее вытеснить все остальные виды, было связано с каким-то неожиданно быстрым развитием языка. Вот что-то в речи, в языке изменилось. Ноам Хомский давно эти идеи развивал и ряд других ученых — что преимущество сапиенсов было как-то связано именно с языком. То ли появилась какая-то эта грамматика универсальная — не универсальная, врожденная — не врожденная, но способность выстраивать какие-то определенные взаимоотношения между высказываниями, которые могут быть очень разными и могут быть вложенными, т.е. можно сказать «Я вижу кошку», можно сказать «Ты знаешь, что я вижу эту кошку», а можно сказать «Вася помнит, что ты знал, что я вижу эту кошку». И так до бесконечности можно создавать самые разные конструкции. То есть если вы умеете сказать «Пойдем охотиться на оленя», и есть слово для мамонта, то вы можете запросто сказать «Пойдем охотиться на мамонта». И, может быть, у неандертальцев, допустим, этого еще не было. У них был какой-то более примитивный язык, например. А у нас, главное, мозг-то по размеру был такой же, как у неандертальцев, но по форме другой. По динамике развития в онтогенезе, в детстве, другой. Наш мозг отличается от неандертальского.

О.О.: Вы назвали две версии. Может быть, одно сопутствовало другому? Эта способность объединяться и способность к какой-то общей коммуникативной системе. И это возникло, потому что у кроманьонцев был чуть-чуть другой мозг, отличался от неандертальского, или наоборот, мозг кроманьонцев стал другим, потому что образовывались какие-то новые нейронные связи, потому что они могли объединяться, у них появилась общая коммуникативная система знаков? Что здесь первично?

А.М.: Это проблема курицы и яйца. Это единый процесс, неразрывный, коэволюции мозга и культуры. То есть эволюция мозга влияет на развитие культуры, развитие культуры просто со страшной силой влияет на эволюцию мозга. Эта теория, которая в последние годы стала пользоваться большим вниманием среди антропологов вполне заслуженно.

Е.Н.: Было исследование, посвященное сложной орудийной деятельности, когда нам, например, нужно не просто ударить камнем по другому камню, а взять палку, привязать к ней какое-то рубило, и этой палкой уже очень точно расколоть какой-то предмет. Вот эта палка с привязанным рубилом — это сложносоставное орудие, и пользоваться им гораздо труднее. Мозг должен был адаптироваться к пользованию такими сложными предметами. Для этого в мозге совершенствовались и, может быть, устанавливались какие-то новые контуры. Интересно, что при разборе сложных лингвистических конструкций подчиненными предложениями, о которых говорил Александр, — типа «Я знаю, что ты видел кошку, которую видел Вася, которая выпила молоко» — и при пользовании сложными составными орудиями в мозгу активируются одни и те же контуры. То есть всё растет из какого-то одного корня. Не корня, а, можно сказать, ядра в нашем мозгу, который каким-то образом стал обслуживать такую сложную деятельность.

О.О.: То есть теперь учителя или родители могут говорить детям: «Вот не будешь читать книжки большие и толстые, превратишься в неандертальца, вернешься обратно»? Ну, действительно, книга подводит к этому, заканчивается этой сложной связкой роли куль-

туры в развитии человечества с эволюцией человека. С другой стороны, мы ведь сейчас наблюдаем обратный эффект. Я хотела как раз напомнить об одном фильме, он недавно появился, нашумел, его часто обсуждали. Это жесткая сатира, антиутопия, можно сказать, очень печальная, фильм «Don't look up» — «Не смотри вверх»². История о том, как астрономы открывают летящую к Земле десятикилометровую комету. Столкновение с нашей планетой означает катастрофу, уничтожение всей земной жизни. Времени осталось полгода, и вот ученые пытаются достучаться до человечества. Однако общество, современный срез которого показан со всей беспощадностью, с одной стороны, в состоянии высчитать траекторию кометы и технически предотвратить эту катастрофу, а с другой стороны, в интеллектуальном плане совершенно недееспособно. Люди не могут спасти по тысяче разных причин — они недооценивают опасность, они заняты какими-то другими делами. И получается такой парадокс, что технические люди могут предотвратить эту катастрофу, но их культура сделать этого не позволяет. И в конце фильма главный герой, астрофизик, которого играет Леонардо Ди Каприо, говорит печально: «У нас было абсолютно всё, если подумать». В результате люди гибнут. Я хочу спросить, как вам этот парадокс: сначала культура позволила нам подняться, а теперь получается, она нас возвращает обратно в какое-то глубокое архаичное прошлое?

А.М.: Да, хороший фильм. И он на самом деле ужасный, Елена Борисовна даже с первого раза не смогла его посмотреть целиком, настолько он был ужасный.

О.О.: Почему?

Е.Н.: Безысходность, вот эта безысходность меня убивает.

А.М.: Да, вот это отчаяние.

Е.Н.: Отчаянная безысходность меня убивает.

О.О.: Вам как ученым было тяжело это смотреть?

Е.Н.: За человечество обидно.

А.М.: С другой стороны, мы как палеонтологи должны понимать, что массовые вымирания много раз случались. И там даже не все люди погибли, вы видели.

А.М.: Культурная эволюция, по мнению многих специалистов, — это процесс во многом слепой, так же, как и биологическая эволюция. Это такой природный процесс, который идет по неким своим законам. Мы уникальный вид животных, потому что развиваемся именно за счет культуры. У других видов есть зачатки культуры, маленькие зачатки культуры есть у других животных, но только у нас процесс коэволюции генов, мозга и культуры вступил в такую самоподдерживающуюся автокаталитическую фазу и выстрелил. Сделал нас такими — как мы считаем, разумными. Но это всё, возможно, уже в прошлом. Процесс себя исчерпал, мы добились полного господства на планете. Межгрупповой культурный отбор — это важный процесс, который не дает в группах развиваться вредным, каким-то паразитическим аспектам культуры. Но когда происходит ослабление межгрупповой конкуренции, глобализация, когда какая-нибудь империя, Римская например, добивается господства на гигантских территориях, у нее не остается внешних врагов, культура начинает деградировать. Это вполне естественный процесс.

О.О.: То есть та история, которая представлена и описана в «Don't look up» например, она с точки зрения культурной эволюции выглядит вполне реально и убедительно?

А.М.: Абсолютно. Да, да.

Е.Н.: Ну я бы, пожалуй, кое-что добавила бы к тому, что сказал Александр. Наша культурная эволюция все-таки функционировала в малых группах. Мы никогда не были настолько многочисленны, как сейчас. И количественный фактор становится очень важным. Наша культура пока что просто не умеет работать с такими массами. Наша численность становится сейчас самым важным эволюционным фактором.

Видеозапись передачи:
otr-online.ru/programmy/gamburgskii-schet/elena-naymark-my-vse-yavlyaemsya-gibridami-57077.html

² См. «Мы пытались сказать вам...» // ТрВ-Наука № 346 от 25 января 2022 года, стр. 14–15 — trv-science.ru/2022/01/my-pytalis-skazat-vam/

«Мы, оглядываясь, видим лишь руины»

История будущего от Антона Нелихова



Юрий Угольников

В прошлом году историк палеонтологии и знаток палеонтологических древностей Антон Нелихов внезапно выступил в неожиданном для себя жанре — написал не про отдаленное прошлое планеты и изучение этого прошлого, а напротив, про будущее. При смене направления взгляда парадоксальным образом ничего особенно не поменялось.

Прошлое — это бесконечное кладбище цивилизаций, организмов, звезд и планетных систем. Но и будущее, если заглянуть в него подальше, тоже не блещет радужными перспективами: Вселенную ожидает тьма и медленное умирание. Нашу планету ждет новое оледенение, потом, спустя миллионы лет после очередного объединения континентов в единый сверхконтинент, напротив, невероятная жара. Затем, миллиарды лет спустя (за каковой период континенты еще много раз будут сходить и расходиться), станет настолько жарко, что исчезнут крупные организмы, позже исчезнут и микробы и уже никакой жизни на Земле не останется, вся она превратится в некое подобие современной Венеры. Исчезнут и последние свидетельства того, что когда-то жизнь здесь существовала (в книге показана трагическая гибель последней оставшейся на Земле раковины аммонита), Солнце превратится в красного гиганта и взорвется (но не исчезнет сразу, а будет еще триллион лет остывать, превращаясь уже из белого карлика в черного), исчезнет и Солнечная система. Перестанет существовать наша галактика, когда сольется с Андромедой. Спустя триллионы лет исчезнут звезды. Еще бесконечно долго будет существовать лишенная света Вселенная, состоящая только из черных дыр, впрочем, и они исчезнут. В общем, смерть, смерть и еще раз смерть — вот что нас ожидает в далеком будущем. Почти по сюжету саймаковского «Города», только без счастливых псов, которым уготован рай в параллельной реальности.

Такой разворот кажется неожиданным, если не знать, что во время работы над биографией Амалицкого, читая периодику конца позапрошлого столетия, Антон Евгеньевич столкнулся с массовыми ожиданиями конца света, который должен был непременно свершиться после появления кометы (практически как в книге Туве Янссон). Так что интерес к апокалипсисам в разных формах появился у автора не просто так.

И все-таки когда читаешь книгу с настолько апокалиптическим содержанием, невольно задумываешься о том, что уж слишком пессимистичный взгляд на будущее предлагается читателю (причем предполагается, что читатель этот

должен быть юным). Конечно, после того, как все и вся бесповоротно и окончательно вымрут, автор оговаривается в духе «предупрежден — значит, вооружен» и мы не представляем, какого уровня достигнет цивилизация в будущем, но пилюлю это как-то слабо подслащивает.

Это с одной стороны. С другой — понимание того, насколько жизнь и Вселенная на самом деле хрупки и недолговечны, — это как раз то, чего сейчас особенно не хватает. Возможно, если бы мы это осознали, то не спешили бы истреблять и калечить себе подобных. Может быть, мы чуть больше бы задумывались о том, стоит ли нам вообще так приближаться и без того постоянно грозящую нам гибель.

Это общие соображения. Теперь коснемся непосредственно того, как книга написана. Больших восторгов текст у меня лично не вызывает, но и придираться в нем не к чему, видно, что книгу писал человек высокопрофессиональный и с текстом изрядно поработавший. Сравнения, вроде того, что кусочек нейтронной звезды размером с деталь «Лего» весит как все небоскребы Земли, — банальны, конечно, но всё равно впечатляют. Космические картины постоянного соавтора Нелихова — Андрея Аттучина — ничуть не хуже, чем его палеоживопись, и ими можно любоваться даже не вчитываясь в текст. Наконец, в книге есть и список (пусть и весьма скромный) использованной литературы, в основном научно-популярной, но именно она и может пригодиться молодым любителям астрономии. Несколько огорчает, что список представлен преимущественно литературой переводной, но, увы, если в отечественной биологии и антропологии за последние десятилетия появилось множество ярких популяризаторов и издана масса (хотя и недостаточная) отличной литературы, то, видимо, в астрономии приходится в основном обходиться переводами.

Итого: при, конечно, немалой цене книга вполне читаема и молодым людям, интересующимся будущим планеты и вообще устройством космоса, скорее всего, будет интересна. В конце концов, фантастические картины, которые описывает Нелихов (а я все-таки рассказал не обо всем, что происходит на страницах его книги), завораживают уже и сами по себе. И этого повода для знакомства с книгой уже достаточно.

Юрий Угольников

Нелихов А. История будущего. Что ждет Землю, Вселенную и человечество миллиарды лет спустя. — М.: Манн, Иванов и Фарбер, 2021



«Наука может быть прекрасной, а не только интересной»

Страсти вокруг спина разгорелись осенью 1925 года, а в июле, когда Гейзенберг впервые прибыл в Голландию, Сэмюэл Гаудсмит принимал его не как соавтор открытия новой квантовой характеристики электрона, а как простой студент и гостеприимный хозяин, показывающий гостю свою страну. Через несколько дней, переехав в Англию, Гейзенберг благодарил своего спутника: «Это было действительно очень мило с вашей стороны, что вы провели меня по всей Голландии и показали всё прекрасное, что есть в Гааге и Амстердаме» (Rechenberg, 2010, стр. 352).



Вернер Гейзенберг, 1930-е годы

Очевидно, что Вернер и жил в Гааге в доме Гаудсмитов, потому что в письме из Кембриджа передает приветствия «уважаемым родителям и невесте» Сэмюэла. В Голландии Гейзенберг не только осматривал достопримечательности, но и вел напряженные научные дискуссии в Лейденском университете. На знаменитой доске в кабинете Эренфеста, где гости профессора оставляли свои подписи, Гейзенберг расписался 26 июля 1925 года. В тот же день вечером он уже был в Кембридже. Перед этим проехал с экскурсией по Лондону. В письме Гаудсмит, с которым успел подружиться, Вернер признается: «В Лондоне мне очень понравились старые здания, Тауэр, Вестминстерское аббатство, церковь Варфоломея; они сразу делают живыми до того мертвые картинки английской истории» (Rechenberg, 2010, стр. 353).

В Кембридже Гейзенберг остановился у пригласившего его профессора Ральфа Фаулера. Так получилось, что самого хозяина и его жены Эйлин, единственной дочери Эрнеста Резерфорда, в этот вечер не было дома. Много позже Вернер вспоминал в интервью, как необычно сложился его первый день в этом старинном университете. «Он (Фаулер. — Е.Б.) поручил служанке обеспечить меня завтраком и едой в течение дня. Утром я встал на завтрак, но тут же заснул прямо за столом. Служанка убрала завтрак. Днем она снова вошла и сказала, что ланч готов. Я ничего не слышал и спал дальше. Озадаченная, она унесла и ланч тоже. Во второй половине дня она сообщила мне, что можно было бы

Вернер Гейзенберг в Англии накануне рождения матричной механики¹

Евгений Беркович



Евгений Беркович

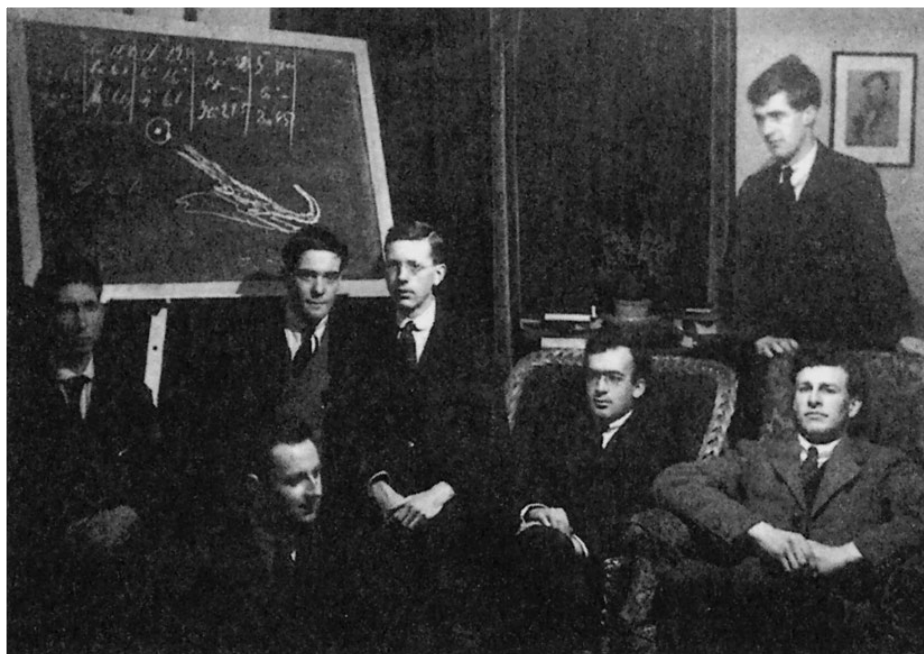
В мае 1945 года, когда скорый разгром гитлеровской Германии для всех стал очевидным, направленная еще в 1943 году в Европу специальная американская команда «Алсос» добилась решительных успехов. Целью команды был сбор документов о секретном немецком Урановом проекте и арест основных создателей немецкого атомного оружия. Одним из последних в своем доме в Урфельде был арестован научный руководитель Уранового проекта Вернер Гейзенберг. Его отвезли в Гейдельберг, где подвергли тщательному допросу. Когда Гейзенберг увидел, кто его будет допрашивать, он на какое-то мгновение потерял дар речи: перед ним в форме старшего офицера американской армии сидел его давний друг Сэмюэл Гаудсмит, чья фотография стояла у Гейзенберга на рабочем столе в кабинете в Хехингене, куда его команда переехала из разрушенного Берлина. А первая встреча Гейзенберга и Гаудсмита состоялась двадцать лет назад, в 1925 году, на заре создания квантовой механики.

попить чаю, на что я ответил „да“ и продолжал спать, то же произошло и с обедом. Примерно в 9 часов вечера Фаулер вернулся домой из Лондона. Девушка была страшно возбуждена и рассказала ему, что я должен быть болен, может быть, даже при смерти. Фаулер вошел ко мне в комнату, я заметил его и сказал: „О, привет, Фаулер!“ Он спросил: „Что с вами? Вы больны?“ Я ответил: „Нет, мне действительно хорошо. Я полностью здоров.“» (Rechenberg, 2010, стр. 353).

Проспав в общей сложности 24 часа, Гейзенберг восстановился от страшной усталости. Дело, конечно, не в утомительных экскурсиях по Голландии и Лондону, не в смене климата, а в напряженной умственной работе, начавшейся еще до Гельголанде и закончившейся только в Гёттингене. Теперь Вернер снова был в форме, весь день 28 июля он провел с Фаулером в прогулках по кембриджским паркам, беседуя о физике. Гостеприимный хозяин показывал гостю Кавен-

а с 1924 года — в аудитории Кавендишской лаборатории. Атмосфера на заседаниях царила непринужденная, многие участники сидели прямо на полу, вопросы можно было задавать любые, не стесняясь осуждения специалистов. Тон задавал сам основатель клуба, показывая пример молодым участникам заседаний. Темы поднимались разные, но наибольший интерес вызывали вопросы атомной физики. Так, осенью 1924 года с тремя докладами о работах своего института в Гёттингене выступал Джеймс Франк.

С Гейзенбергом Капица познакомился в Гёттингене в начале июля того же 1925 года и пригласил его выступить в своем клубе. В дневнике «Клуба Капицы» тема доклада Гейзенберга 28 июля названа, как было сказано, «Термзоология и Зеemann-ботаника». В докладе рас-



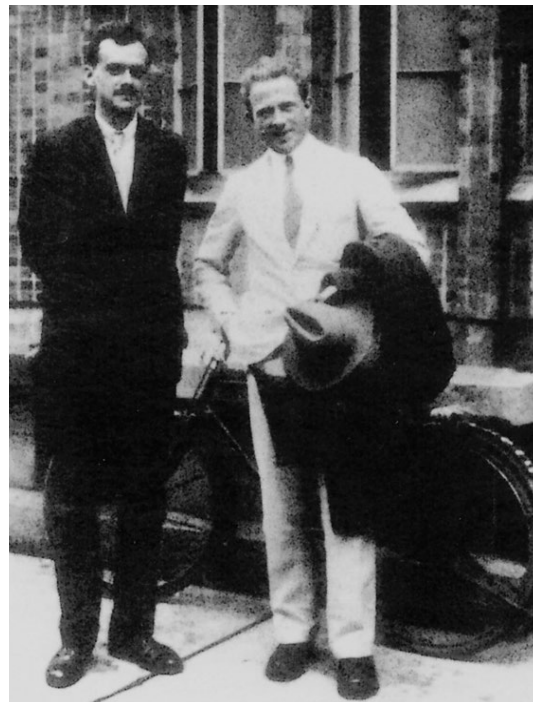
Участники «Клуба Капицы». Кабинет Петра Капицы в Тринити-колледже. П.Л. Капица сидит под изображением крокодила на грифельной доске. 1925 год

дишскую лабораторию, в частности, огромную динамо-машину, построенную Петром Капицей для получения магнитного поля в миллион гауссов. А вечером Фаулер привел Гейзенберга в «Клуб Капицы», где Вернер сделал доклад, про который он написал Гаудсмит: «У нас был коллоквиум по термзоологии, это было действительно славное и занимательное, англичане — очень приветливые люди» (Rechenberg, 2010, стр. 353).

Энергичный Пётр Капица, работавший с Резерфордом с 1921 года, организовал клуб в Кембридже для живого обмена мнениями по актуальным вопросам физики. Заседания проводились каждый вторник, сначала на квартире Капицы,

смотривались проблемы спектроскопии на основе предыдущих работ Гейзенберга, а в конце выступления Вернер сказал несколько слов о новом подходе, рожденном на Гельголанде. Присутствовавший там молодой студент профессора Фаулера Поль Дирак, еще один из «поколения вундеркиндов», совершивших вто-

Вернер Гейзенберг (в центре) и Поль Дирак (слева) в Японии, 1929 год



Поль Дирак (слева) и Вернер Гейзенберг в США, июнь 1929 года

рую революцию в физике, так вспоминал о докладе Гейзенберга: «Летом 1925 года Гейзенберг приехал в Кембридж и выступил с докладом в „Клубе Капицы“. Основной темой его доклада были „Аномалии в эффекте Зеемана“, и я почти всё понимал. Однако в конце, когда Гейзенберг рассказывал о своих новых идеях, я уже слишком устал, чтобы следить за докладом, и перестал его воспринимать. Гейзенберг же говорил

о возникновении своих идей о новой механике. Но я совершенно не осознавал, что Гейзенберг в этот момент вводит нечто совершенно революционное, а потом и вовсе забыл всё, что он говорил по поводу новой теории. Более того, я был почти уверен, что о ней вообще не шла речь, но люди, присутствовавшие на том заседании „Клуба Капицы“, уверяли меня, что я ошибаюсь. В частности, Фаулер был в этом убежден, и мне остается лишь поверить в то, что Гейзенберг действительно рассказывал о своих идеях, а я просто никак на них не отреагировал и, таким образом, упустил счастливую возможность начать заниматься новой механикой» (Дирак, 1990, стр. 17).

Знакомство Дирака с результатами Гейзенберга, заложившими основу новой квантовой механики, произошло немного позже.

О своих результатах, полученных на Гельголанде и закрепленных в рукописи, отданной Борну для публикации, Вернер рассказал профессору Фаулеру уже у него дома, так как тот из-за своей лекции доклад не слышал. Профессор весьма заинтересовался и попросил прислать ему копию статьи, когда та будет готова. Эту просьбу Вернер выполнил через месяц, когда получил от редакции журнала два экземпляра верстки статьи для корректуры.

О первой поездке в Англию Гейзенберг сохранил на всю жизнь наилучшие воспоминания, ему понравилась и страна, и люди, с которыми он познакомился. В письме родителям 30 июля 1925 года он сообщает: «Тихие дворы и фонтаны, готические арки, розы и звезды, над всем этим разлит покой, которого в Германии в научной жизни нигде не найдешь, разве что в монастыре Бойрон (Beuron)², но на то он и монастырь. В жизни местных профессоров ощущается этот другой мир и не чувствуется ничего, что характерно для немецких университетов» (Heisenberg-Eltern, 2003, стр. 93).

Больше всего понравились Вернеру старые английские колледжи, где он «впервые понял, что наука может быть прекрасной, а не только интересной» (из письма Сэмюэлу Гаудсмит из Кембриджа 28 июля 1925 года, Rechenberg, 2010, стр. 355). Древние обычаи тут живы, несмотря на то, что им уже сотни лет. Однажды он почувствовал себя неловко, когда пришел в обычном костюме на обед в старом зале одного колледжа и должен был сидеть между профессорами в длинных мантиях. С другой стороны, он рассказывал родителям, что научные доклады — и его собственный не исключение — проводятся «в небольших помещениях с камином, при этом люди сидят на полу, на ступенях или на подоконниках». Представление об англичанах как чопорных, сухих людях оказалось абсолютно неверным. Прием, который ему оказали в Кембридже, особенно внимание к нему в доме зятя Резерфорда, заложили основы многолетних дружеских и научных отношений с английскими коллегами. Показателем такой факт: в распоряжение молодого немецкого гостя была предоставлена авто-



был сидеть между профессорами в длинных мантиях. С другой стороны, он рассказывал родителям, что научные доклады — и его собственный не исключение — проводятся «в небольших помещениях с камином, при этом люди сидят на полу, на ступенях или на подоконниках». Представление об англичанах как чопорных, сухих людях оказалось абсолютно неверным. Прием, который ему оказали в Кембридже, особенно внимание к нему в доме зятя Резерфорда, заложили основы многолетних дружеских и научных отношений с английскими коллегами. Показателем такой факт: в распоряжение молодого немецкого гостя была предоставлена авто-

² Бенедиктинский монастырь на Верхнем Дунае в немецкой общине Бойрон в земле Баден-Вюртемберг.

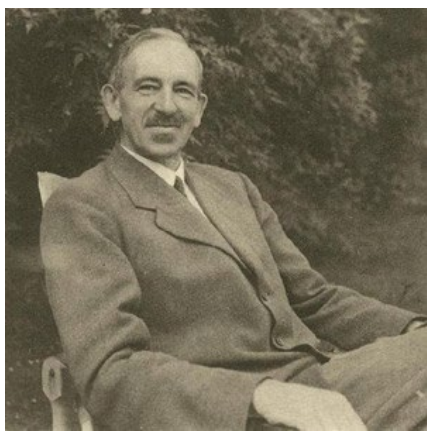
¹ Статья основана на материале, вошедшем в книгу «Альберт Эйнштейн и „революция вундеркиндов“» (Беркович, 2021).

► машина Резерфорда с шофером. Вернер писал родителям: «Кстати, я езжу большей частью на машине Резерфорда (его здесь нет, он поехал в Австралию); я теперь редко хожу пешком. И в Лондон отсюда я поеду (послезавтра), скорее всего, на машине» (Heisenberg-Eltern, 2003, стр. 93–94).

Мало какой профессор в Германии пользовался такими привилегиями, как молодой доцент из Гёттингена в Кембридже.

Судьба неопубликованной рукописи

Из Англии Вернер Гейзенберг отправился напрямик на остров Рюген, где проходил всегерманский слет бойскаутов. Здесь он смог полностью отключиться от физики. В письме домой от 9 августа Вернер сообщает: «Собственно, я был бы рад урвать немного времени для сна, но вокруг столько прекрасного: купание, игры, чтение, пение, каждый день заполнен приключениями, хождениями под парусами, ночными купаниями в море, невозможно описать, как это всё прекрасно» (Heisenberg-Eltern, 2003, стр. 94).



Ральф Говард Фаулер («Википедия»)

Активный отдых на Балтике продолжался до 15 августа, затем Вернер поспешил в родной Мюнхен, чтобы встретиться с родителями и побродить по любимым баварским горам. Далее его путь лежал снова на север, сначала в Данциг, где 9 сентября состоялась физическая конференция, а потом в Копенгаген, там он должен был отработать в Институте Нильса Бора стипендию Рокфеллеровского фонда. В Гёттинген он больше не вернулся, но связь с коллегами не прервалась.

Еще в Мюнхене Вернер получил письмо от Макса Борна, в котором профессор сообщил ему, что продолжает исследования по квантовой механике и вместе со своим новым помощником Паскуалем Йорданом продвинулся в развитии идеи Гейзенберга, изложенной в ожидающей выхода в свет статье. Эта новость обрадовала молодого ученого, в ней он увидел подтверждение правильности своего подхода, в чем он все-таки немного сомневался. Конечно, он знал, что Борн одобрил результаты озарения на Гельголанде, так как шеф послал статью Гейзенберга «О квантовомеханическом истолковании кинематических и механических соотношений» в журнал *Zeitschrift für Physik* в Мюнхене, и Вернер получил два экземпляра верстки статьи для корректуры. Но то, что профессор сам развивает это направление, говорило о перспективности его подхода.

Один экземпляр верстки своей статьи Гейзенберг вернул в редакцию журнала с исправлением ошибок, а второй, как обещал, отослал в Кембридж профессору Фаулеру, а тот передал ее своему ученику Полю Дираку с вопросом: «Как она вам?»

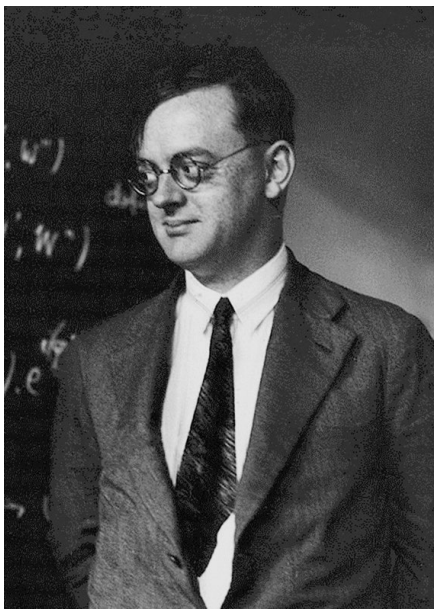
У Гейзенберга оставался только оригинал статьи, но и с ним он вскоре расстался: Макс Борн передал просьбу Йордана прислать экземпляр статьи для работы. Вернер выполнил просьбу Борна, но взамен хотел бы получить последние результаты совместной работы Борна и Йордана. В открытке, отправленной Паскуалу 20 августа, Гейзенберг писал: «От Борна я слышал, что вы добились большого прогресса в квантовой механике, и мне бы, естественно, хотелось больше узнать

о ваших расчетах. По словам Борна, вы хотели получить верстку моей работы. Так как, к сожалению, версток у меня больше нет, я посылаю вам рукопись. Я был бы вам очень признателен, если бы вы могли мне в ближайшее время сообщить о ваших расчетах» (Rechenberg, 2010, стр. 356).

Спустя сорок с лишним лет Дирак вспоминал: «У меня была серьезная причина восхищаться Гейзенбергом. Он и я были студентами и исследователями в одно и то же время, мы с ним примерно одного возраста, и мы работали над одними и теми же вопросами. Гейзенберг имел успех там, где я провалился. К этому времени накопилось огромное число спектроскопических данных, и Гейзенберг нашел правильный путь, как их понять. Этим он открыл золотой век теоретической физики, и несколько лет спустя любому второсортному студенту было нетрудно получить первоклассные результаты» (Kleinknecht, 2017, стр. 88).

Получив текст статьи Гейзенберга, Поль Дирак стал искать подходящую математическую форму для нового подхода и вскоре построил непротиворечивую модель, описав ее в статье «Фундаментальные уравнения квантовой механики» (Dirac, 1925), вышедшей в свет 1 декабря того же 1925 года. Отвечая любезностью на любезность, Дирак послал Гейзенбергу верстку своей статьи, и тот «прочитал необыкновенно прекрасную работу о квантовой механике с огромным интересом» (Kleinknecht, 2017, стр. 95).

Заканчивая историческую статью «О квантовомеханическом истолковании кинематических и механических соотношений», Гейзенберг откровенно пишет о ее недостаточном математическом основании и выражает надежду, что более продвинутые в математике коллеги помогут исправить этот недостаток: «Можно ли метод определения квантовомеханических данных на основе соотношений между на-



Паскуаль Йордан, 1920-е годы

лему. Макс Борн и Паскуаль Йордан в Германии и Поль Дирак в Англии практически одновременно построили адекватный математический аппарат.

Rechenberg Helmut. 2010. Werner Heisenberg — die Sprache der Atome. Gedruckt in zwei Bänder. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2010.

Дирак Поль. 1990. Воспоминания о необычайной эпохе. Сборник статей. Перевод с англ. Н.Я. Смородинской. Под редакцией и с послесловием Я.А. Смородинского. М.: Наука, 1990.

Heisenberg-Eltern. 2003. Werner Heisenberg. Liebe Eltern! Briefe aus kritischer Zeit 1918 bis 1945. Hrsg. von A.M. Hirsch-Heisenberg. München: Langer-Müller Verlag, 2003.



Слева направо: Виктор Вайскопф, Мария Гёпперт, Макс Борн в Гёттингене, 1920-е годы

блюдаемыми величинами, подобный предложенному здесь, уже считать в принципе удовлетворительным, или же метод всё еще представляет собой слишком грубый подход к физической, с самого начала явно очень сложной проблеме квантовомеханической механики, станет ясным только после глубокого математического исследования метода, примененного здесь лишь очень поверхностно» (Гейзенберг, 1977, стр. 586).

Можно сказать, что автору повезло: статья еще не успела выйти в свет, а он уже нашел в двух научных центрах — Гёттингене и Кембридже — последователей, успешно решивших мучавшую его проб-

Kleinknecht Konrad. 2017. Einstein und Heisenberg. Begründer der modernen Physik. Stuttgart: Verlag W. Kohlhammer, 2017.

Dirac Paul. 1925. The Fundamental Equations of Quantum Mechanics. Proceedings of the Royal Society of London, Series A, Vol. 109, pp. 642–653. 1925.

Гейзенберг Вернер. 1977. О квантовомеханическом истолковании кинематических и механических соотношений. Успехи физических наук, т. 122, с. 574–586. 1977.

Лето на даче

Уважаемая редакция!



Всем хорошо известно движение «Бессмертный полк», призванное сохранить память о поколении, выставившем в борьбе с фашизмом. И 9 мая оно воплощается в массовую акцию, которая проходит во многих странах мира, как было и в этот раз. Но не нужно думать, что только наши

отцы, деды и прадеды отличались стойкостью и героизмом, а нынче эти качества у россиян уже утрачены — это, конечно, не так! Я не говорю о тех, кто участвует в специальной военной операции (СВО) на Украине, — даже в мирное время есть место постоянному подвигу. Буднично, незаметно, без всякого пафоса у нас постоянно действует неформальное движение бессмертный полк: наши выдающиеся лидеры — Владимир Владимирович Путин, Сергей Кужугетович Шойгу, Сергей Викторович Лавров и другие — постоянно, дено и ночью, несут свою вахту. Что бы ни случилось, они стоят и будут стоять на страже покоя и безопасности российских граждан.

Зная это, я, как и миллионы россиян, могу спать спокойно, а также спокойно размышлять о вещах, которые меня интересуют и волнуют. В частности, меня сейчас сильно интересует вопрос, что мы, ученые-бюджетники, можем сделать для нашей страны в этот трудный час. Да, я понимаю, что в научно-образовательной среде, как это обычно бывает, есть самые разные мнения о происходящем. Например, один мой либеральный коллега прибежал недавно, кричал, что творится ужас-кошмар, что если и можно попытаться найти в этом ужасе что-то хорошее, так это то, что начатая война является началом конца режима, который вряд ли сможет без ущерба пережить провальную кампанию на Украине. Да, и такие бывают, но адекватные люди и патриоты мечтают совсем о другом, готовятся совсем к другому — к нашей победе. И они, то есть мы, должны спросить себя: а что мы можем сделать для победы?

Обратите внимание, что, несмотря на очень сложную ситуацию, в бюджете находятся не только гробовые деньги для родственников погибших солдат и офицеров — страна не забывает и об ученых. Говорят, на жилищные сертификаты для молодых ученых дополнительно выделен целый миллиард. И как после этого мы можем остаться в стороне?!

Сам я, как и многие коллеги, не молод и мне вряд ли имеет смысл отправляться на фронт добровольцем. Но это не значит, что я и такие как я не можем принести пользу Родине. Мы ведь, по сути, гирей висим на ногах бюджета в то время, когда СВО и ответ на санкционные удары требуют огромных средств. На мой взгляд, есть разные варианты действий. Можно, к примеру, объявить подписку на облигации государственного займа. Нас, бюджетников, десятки миллионов, даже если десять миллионов подпишутся на облигации по сто тысяч рублей, страна получит триллион рублей!

Да, я понимаю, что далеко не каждый российский бюджетник в состоянии вынуть из своего кармана сто тысяч рублей: одно дело — зажавшиеся московские ученые, и совсем другое — скромные труженики из Иваново, Рязани и Тывы. Но поддержать государство можно не только займами, можно и просто слезть с его шеи. Временно, конечно: ведь бюджетники — это стеновой хребет нашей страны, надежда и опора Владимира Владимировича. Без нас государству никак.

Но скоро лето, и никто не мешает тем из нас, кто не выполняет в это время значимой и четкой государственной функции, уйти в отпуск за свой счет на три летних месяца. Особенно легко это сделать ученым. Нет, я понимаю, что некоторые летом отправляются в экспедиции, чтобы исследовать природные очаги опасных заболеваний или искать месторождения полезных ископаемых, не про таких речь. Но вот всякие там искатели физики за рамками Стандартной модели, не занимающиеся прикладными задачами математики, не говоря уж о философах и филологах — эти-то точно не нанесут стране никакого ущерба своим отсутствием на рабочем месте.

Берем отпуск — и едем на дачу, питаемся плодами своих трудов, укрепляем продовольственную безопасность страны. Проводим, в общем, акцию «лето на даче». Тем более, что некоторые коллеги и без того проводят такую акцию каждый год, не забывая при этом регулярно снимать зарплатные деньги с карты. Государство же направит сэкономленные средства на самое насущное: на поддержку экономики, на СВО. А то, знаете, надоели уже все эти разговоры, что СВО идет слишком медленно. По плану СВО идет, по плану, а что не каждому план Путина понятен, так ведь и не каждый у нас такой большой стратег, как о себе мнит. А СВО, она и есть СВО...

Ваш Иван Экономов

Стремились ли древние летописцы к объективности?

Научное сообщество в 2017 году было изрядно шокировано тем, что российский министр культуры (теперь уже бывший) Владимир Мединский в своей статье в «Российской газете» выразил сомнения в том, что история может считаться «настоящей» наукой. Переводя научный вопрос в идеологическую плоскость, он возмущался критикой «Диссернета» в адрес своей диссертации и задавался риторическим вопросом: разве в научной работе он «не имел права становиться на позицию интересов своей страны»?

Для оправдания своей точки зрения Мединский выбирает, казалось бы, «убойный» аргумент, обращаясь к древнерусским летописцам и заявляя, что «не бывает объективного Нестора»: летописец не может быть объективным, им всегда руководят свои интересы и пристрастия.

О том, какие объективные научные методы имеются в распоряжении современных профессиональных историков, сказано уже немало. Теперь независимый историк **Олег Губарев** решил разобраться вопрос о том, было ли знакомо древним летописцам понятие настоящей объективности.

В своих воззрениях на при- страстность авторов древнерусских летописей В.Р. Мединский далеко не одинок. Та же точка зрения на работу летописца отражена, скажем, в трудах А.А. Шахматова и его ученика М.Д. Приселкова. Но утверждение этих ученых о том, что за работой всякого летописца стояли прежде всего политические пристрастия, опровергал И.Н. Данилевский. Он показал, что древнерусский летописец-монах в IX веке писал свою летопись, в отличие от времен Московского царства, как отчет Богу [2].

Давние заблуждения критиковал и известный историк И.П. Ерёмин: «*Решительному пересмотру подлежит, по моему мнению, и самый образ летописца, утвердившийся в нашей науке (Нестора, Сильвестра или кого-то третьего — в данном случае это для нас безразлично), — многоопытного литератора-чиновника „политической канцелярии“ князя, его официального апологета и послушного исполнителя его поручений по части идеологической „обработки“*



Олег Губарев

общественного мнения. Образ этот — у А.А. Шахматова он уже отчетливо намечен — был окончательно дорисован последователями А.А. Шахматова» [3].

В наше время подобное мнение может дополнительно подкрепляться установками, распространяемыми через прессу, — что историю пишут и переписывают все как вздумается, исходя из интересов данного момента и других вне научных соображений.

Возникло это заблуждение, в частности, на основе того, что в СССР историки находились под сильным идеологическим гнетом и вынуждены были писать то, что не соответствовало их реальным научным взглядам. Как только идеологический гнет и цензура с падением СССР исчезли, выяснилось, что истинные взгляды историков разительно отличаются от того, что они писали ранее, хотя были и такие «ученые», которые по инерции не могли признать, что прежде были неправы, продолжая отстаивать те же взгляды.

Попыток переосмыслить состояние исторической науки в СССР и взгляды конкретных историков и археологов было не так уж много. Это сделали в своих работах А.А. Формозов, Л.С. Клейн и А.Я. Гуревич.

Тем не менее в народе крепло убеждение, что историю можно произвольно переписывать по желанию того или иного историка. А если даже и существуют исторические и археологические факты, то в интерпретации этих фактов историк и археолог имеют полную свободу рук.

Но это еще одно заблуждение. Выдвижение научной гипотезы при интерпретации исторического и археологического факта должно отвечать целому ряду критериев, как показал Л.С. Клейн [5]. В противном случае это не научная гипотеза, а догадка или вымысел.

В заключение я хотел бы привести пример того, насколько жестким является исторический факт, который невозможно обойти.

Так, в сообщениях раннесредневековых арабских географов и путешественников древние русы постоянно упоминаются в связи с мусульманской Испанией (Ал-Андалус). В рамках скандинавской гипотезы происхо-



Нестор-летописец.
Работа скульптора
Марка Антокольского

ждения Руси и сообщений древнерусских летописей о русах Рюрика на Востоке, делящих сферы влияния с хазарами, объяснить эти исторические факты невозможно. Поэтому арабист Т.М. Калинина предположила, что всё это могло иметь место из-за ошибочных представлений мусульман о раннесредневековой географии. Это даже породило ложную гипотезу академика Б.А. Рыбакова о том, что под Андалусией на самом деле нужно понимать Анталию в Малой Азии в пределах Византийской империи, куда совершали походы русы.

Следует заметить, что в рамках скандинавской гипотезы уточняющая ее гипотеза тождества Рюрика и Рёрика Фрисландского вполне убедительно объясняет эти связи русов с Западом [6]. Но английский историк В.Ф. Минорский в своей статье «Куда ездили древние русы?» подверг гипотезу Рыбакова разгромной критике, заключив ее такими словами: «Одним подозрением нельзя удалить слов, стоящих в рукописи».

Поэтому историческая наука, занимающая свое определенное место в ряду других гуманитарных дисциплин, имеет вполне твердую научную

основу в виде многочисленных исторических и археологических фактов. И ей нельзя просто так произвольно манипулировать.

1. Мединский В.Р. Интересная история // Российская газета № 145(7311).

2. Данилевский И.Н. 1995. «Добру и злу внимая равнодушно...»? (Нравственные императивы древнерусского летописца) // Альфа и Омега: Уч. зап. О-ва для распространения Свящ. Писания в России. № 3(6). С. 145–159.

3. Ерёмин И.П. 1947. «Повесть временных лет»: Проблемы ее историко-литературного изучения. — Л.: Изд-во Ленинградского государственного университета.

4. Клейн Л.С. Глубина археологического факта и проблема реконверсии // Stratum plus. Археология и культурная антропология. № 6, 1999. С. 337–361

5. Клейн Л.С. Гипотеза в археологии // Российский археологический ежегодник, № 1, 2011. С. 56–69.

6. Губарев О.Л. Рюрик Скъьльдунг. СПб: «Евразия», 2019.

ИНФОРМАЦИЯ

Подписка на ТрВ-Наука (газета выходит один раз в две недели)

Подписка осуществляется ТОЛЬКО через редакцию (с Почтой России на эту тему мы не сотрудничаем). Подписку можно оформить начиная с любого номера, но только до конца любого полугодия (до 31 декабря 2022 года или до 30 июня 2023 года). Стоимость подписки на год для частных лиц — **1200 руб.** (через наш интернет-магазин trv-science.ru/product/podpiska — **1380 руб.**), на полугодие — **600 руб.** (через интернет-магазин — **690 руб.**), на другие временные отрезки — пропорционально длине подписного периода. Для организаций стоимость подписки на **10%** выше. Доставка газеты осуществляется по почте простой бандеролью. Подписавшись на **5 и более** экземпляров, доставляемых на один адрес, вы сэкономите до **20%** (этой возможности нет при подписке через интернет-магазин). Все газеты будут отправлены вам в одном конверте. Речь идет о доставке по России, за ее пределы доставка осуществляется по индивидуальным договоренностям. Но зарубежная подписка, как показывает практика, тоже возможна. Газеты в Великобританию, Германию, Францию, Израиль доходят за 2–4 недели.

В связи с очередными техническими трудностями, обеспеченными нам государством, система оплаты подписки изменилась.

1. Если в банковском переводе от физического лица на наш счет в Сбербанке будет упомянуто слово «подписка», то мы будем вынуждены **вернуть деньги плательщику**, объяснив перевод ошибочным.

2. Однако если вы переведете на наш счет некую сумму (например, 600 или 1200 руб.) и сделаете пометку в назначении платежа «**Адресное благотворительное пожертвование на уставную деятельность**», то мы обязательно отблагодарим вас полугодовым или годовым комплектом газет «Троицкий вариант — Наука». Но не забудьте при этом указать адрес, по которому вы хотите получить наш подарок!

3. При переводе со счета юридического лица на счет АНО «Троицкий вариант» ограничений нет.

Подробнее см. trv-science.ru/subscribe

Почтовое отделение 108840,
г. Троицк, Москва, Сиреневый бульвар, 15 —
партнер газеты «Троицкий вариант — Наука»

Завершено производство документального фильма «Андрей Сахаров. По ту сторону окна»

Кинокомпания ООО «ДЕЛЬТА ПРОДАКШН» при поддержке Министерства культуры РФ и Фонда «История Отечества» завершила производство документального фильма «Андрей Сахаров. По ту сторону окна».

Авторы сценария — Борис Альтшулер, Дмитрий Завильгельский, режиссер — Дмитрий Завильгельский, режиссер анимации — Дмитрий Геллер, оператор-постановщик — Ирина Уральская, продюсер — Дмитрий Чернышук.

Фильм рассказывает о судьбе известного физика и правозащитника, лауреата Нобелевской премии мира, академика Андрея Дмитриевича Сахарова.

В фильме использованы ранее нигде не опубликованные рассекреченные материалы из архива КГБ СССР и ЦК КПСС, видеозаписи КГБ СССР, сделанные во время ссылки в городе Горьком, воспоминания друзей, а также самого Сахарова. Отличительной особенностью фильма является авторская анимация Дмитрия Геллера, сделанная на основе рисунков академика и связанная сюжетно с событиями его жизни.

Исходя из найденных нами документов, Андрей Сахаров представляется зрителю не просто как гениальный ученый со странностями, проживающий «две жизни»: создателя самого грозного оружия и раскаявшегося в этом правозащитника, а как цельная личность, непреклонный боец с несправед-

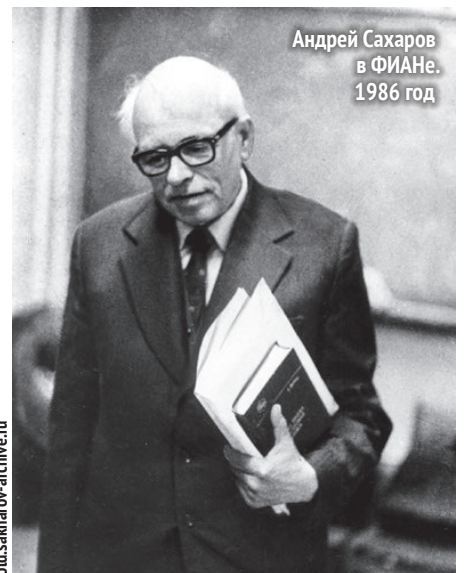
ливостью, обладающий силой и мужеством настоящего героя и поддержкой первых лиц государства даже в самые свои сложные годы ссылки и опалы.

Из фильма зритель узнает не только много нового о судьбе академика Сахарова, но и о том, как устроена водородная бомба и чем она отличается от атомной; в чем суть ядерной реакции, что такое термоядерный синтез и многое другое. Благодаря научно-популярной составляющей картина будет интересна не только любителям истории, но и всем, кто интересуется наукой, что значительно расширяет аудиторию. Особенно интересно посмотреть фильм будет старшеклассникам, изучающим курс физики и истории XX века. Возрастные ограничения 12+.

Фильм выходит в кинотеатральный прокат 19 мая 2022 года. Дистрибьютор — «Кинотайм».

Трейлер фильма можно скачать по ссылке:
drive.google.com/file/d/1dnnV4Ts2P6bkqZuIWh06c3byE_7SedVI/view

Для получения дополнительных фото- и видеоматериалов, организации интервью с создателями фильма:
e-mail: filmdistribution@mail.ru



Андрей Сахаров
в ФИАНе.
1986 год

«Андрей Сахаров. По ту сторону окна»

Кинокомпания
«ДЕЛЬТА ПРОДАКШН», 2021
Авторы сценария: Борис Альтшулер, Дмитрий Завильгельский
Режиссер: Дмитрий Завильгельский,
Режиссер анимации: Дмитрий Геллер
Продюсер: Дмитрий Чернышук
Оператор-постановщик: Ирина Уральская
Композитор: Николай Попов
От автора текст читает Игорь Тарадайкин



«Троицкий вариант»

Учредитель — ООО «Тривант»
Главный редактор — **Б. Е. Штерн**
Зам. главного редактора — **Илья Мирмов, Михаил Гельфанд**
Выпускающие редакторы — **Максим Борисов и Кирилл Соколов**
Редсовет: **Юрий Баевский, Максим Борисов, Алексей Иванов, Андрей Калинин, Алексей Огнёв, Андрей Цатурян**
Верстка — **Глеб Позднев, Максим Борисов.** Корректурa — **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.
Тираж 2000 экз. Подписано в печать 16.05.2022, по графику 16:00, фактически — 16:00.
Отпечатано в типографии ООО «ВМГ-Принт». 127247, г. Москва, Дмитровское шоссе, д. 100.

Заказ №

© «Троицкий вариант»