

Окончание. Начало см. на стр. 1

постепенно задвигается, океаническая плита входит в глубоководные желоба, ее горные породы плавятся и частично выделяются обратно с активностью вулканов, и фосфор вылетает обратно с вулканическими газами. Но геологическая активность Земли затухает, и это замыкание круговорота фосфора идет довольно медленно.

Но есть разные животные, например морские птицы, которые поймав рыбу в море, приносят ее птенцам на сушу, оставляя там залежи птичьего помета, богатого фосфором. И, например, на острове Науру в Тихом океане главной статьей дохода была добыча гуано — слежавшегося птичьего помета — на фосфорные удобрения. Насекомые с водными личинками — комары, поденки, ручейники — поглощают фосфор из рек и озер, который иначе бы смылся в море, вылетают из них в воздух, разлетаются по суше, там же умирают и ссыпаются. Они выносят фосфор обратно из водоема на сушу. Таким образом, насекомые с водными личинками важны для поддержания плодородия почв на Земле. Без них внутренние части континентов были бы гораздо более пустынными и бесплодными, чем сейчас. И палеонтологи знают, что до массового появления таких насекомых в пермском периоде растительность, в общем-то, жалась к побережьям, а внутренние части континентов были безжизненными. Это второе.

Третье: животные благодаря своей подвижности могут, например, копать норы. Чем это важно? Например, в море на дно падают отмершие остатки водорослей и других морских организмов. И образуют плотный осадок, внутрь которого плохо проникает кислород. И если этот осадок копится миллионы лет, то там накапливается неокисленная органика, неокисленный углерод, и со временем получают сланцы, нефть и другие горючие ископаемые. Этот углерод биосфера теряет, потому что для его разложения надо доставить кислород. Если мы запускаем в этот осадок червяков, которые копают норы, то через их норы насыщенная кислородом вода входит в осадок, окисляется органикой и возвращается в биологический круговорот. Таким образом, червяки, копающие норы, как дождевые черви на суше или как пескожилы в море, помогают замыканию круговорота углерода.

Всё это легко понятные биосферные функции животных, которые без животных в биосфере исполнять некому. Для этого нужно макроскопическое тело хотя бы миллиметровых размеров, видимое невооруженным глазом. Для этого нужны мышцы, эффективная подвижность и способность глотать пищу. Кто это умеет делать — те с точки зрения биосферы и являются животными. Губка с точки зрения биосферы — не животное. Микроскопические червячки размером с инфузорию, которые питаются отдельными бактериями, с точки зрения биосферы тоже не могут ничего сверх того, что делают инфузории. В общем, медуза с точки зрения биосферы — животное, а губка — нет.

Многочлеточное тело — вот надежное жильё

— Спасибо! Роль животных в биосфере ясна. А конструктивная особенность животных? Что конструктивно отличает животных от других многоклеточных — от растений, от грибов?

— Что надо сделать, чтобы получилось животное? Нужно многоклеточное тело: нужны клетки, которые будут плотно соединены и не отваливаться друг от друга. Эту же задачу решают и многоклеточные растения, и грибы, но другими способами. Клетки растений покрыты целлюлозной клеточной стенкой, клетки грибов покрыты хитиновой клеточной стенкой, и с помощью этих стенок они и соединяются друг с другом. У животных и их одноклеточных предков таких жестких

стенок нет, и их клетки соединяются между собой специальными белками — межклеточными контактами.

Этих межклеточных контактов существует много типов. Есть адгезивные контакты, которые обеспечивают в первую очередь именно механическое крепление клеток. Есть щелевые контакты, которые обеспечивают контакты, которые похожи на трубочки, проходящие сквозь две клеточные мембраны. Они соединяют внутреннее пространство двух соседних клеток друг с другом, позволяя, например, проходить электрическому току через них. Есть так называемые плотные контакты, которые затыкают щель между двумя мембранами двух соседних клеток, не позволяя воде и растворенным веществам проникать через эту щель. Именно плотные контакты нужны, чтобы пласт клеток отделил внутреннюю среду организма от внешней — чтобы через нашу кожу, например, не просачивалась вода. То есть, по аналогии с ассортиментом строительного магазина, можно примерно сказать, что адгезивные контакты — это анкерные болты, щелевые контакты — это кабельные каналы, а плотные контакты — это силиконовый герметик. Эти три основных типа контактов нужны, чтобы клетки в теле животного соединялись друг с другом, чтобы слой из этих клеток не пропускать жидкость, чтобы прохождение веществ через слой клеток контролировалось только самими клетками и чтобы клетки могли общаться друг с другом.

Что еще нужно? У животных обычно есть еще какой-нибудь внеклеточный матрикс, т.е. какой-то состоящий не из клеток материал, к которому клетки прикрепляются, по которому они ползают, который они выделяют и перестраивают. Есть тысячи разновидностей этих внеклеточных матриксов. Большая часть нашей кости или хряща — это твердый внеклеточный матрикс. Мягкие внеклеточные матриксы — это базальные мембраны, это коллагеновые волокна, сухожилия и рыхлые соединительные ткани. Студень, составляющий основной объем тела медузы, — это тоже ее межклеточный матрикс. Почти все типы межклеточных матриксов построены на основе белков-коллагенов. Это такое белковое семейство, образующее жесткие волокна разной степени упругости, и они характерны только для животных. У одноклеточных, у растений и грибов коллагенов нет.

Ну и есть специальные контакты клеток, крепящие их к этому матриксу. Они похожи на адгезивные контакты между двумя клетками, но только тут с одной стороны клетка, с другой — матрикс. И перецепляя эти контакты, клетки могут по матриксу ползти. Это первая половина конструктивных особенностей...

Гены диктуют форму

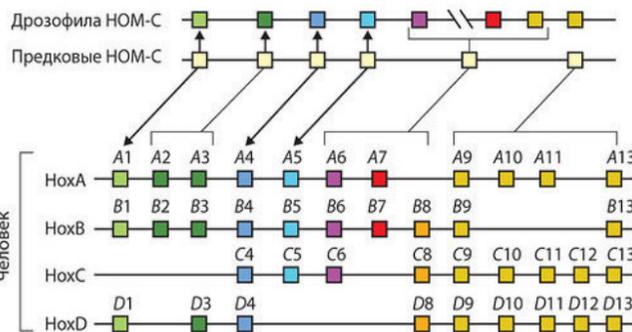
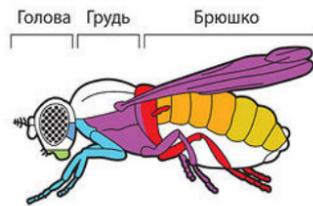
— А вот почему у животных есть определенная форма, определенная структура? Конечности, голова, хвост... За счет чего у животных это получается, а у других многоклеточных нет?

— К этому-то я как раз и собирался сейчас переходить — к определенной форме и механизмам ее управления. Почти все многоклеточные животные и все организмы со сложной многоклеточностью — что растения, что животные — развиваются из одной клетки, из оплодотворенной яйцеклетки. Сначала там идут специальные клеточные деления, которые называются дробления. Специального в них то, что в интервале между делениями клетки не растут. Одна большая яйцеклетка делится на две клетки поменьше, потом на четыре еще мельче, затем на восемь, шестнадцать — и так до сотен мелких клеток. То есть клеточные деления без роста — тоже характерный признак многоклеточных животных и — независимо — многоклеточных растений.

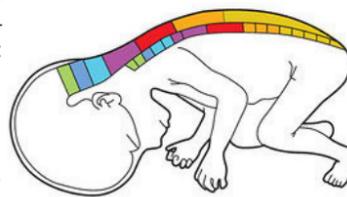
Кроме того, у них есть механизмы морфогенеза, т.е. образования форм, когда бесформенный комочек клеток превращается в некое тело. В простей-

ших случаях, например, гидру можно считать двуслойным мешочком с одним отверстием — ртом. Внутренний слой клеток занимается пищеварением, наружный — защитой и восприятием внешней среды. Способностью к сокращению, как мышца, обладают оба слоя. У такого мешочка, как гидра, есть еще щупальца, которые могут изгибаться и подносить добычу к рту, но есть и более простые родственники гидры, которые умудряются жить даже без щупалец. И в зародышевом развитии большинства животных можно найти такую стадию двуслойного мешка с одним отверстием. Она называется гастрюла. Обычно гастрюле предшествует еще более простая стадия однослойного шарика — бластула. Это шарик в один слой клеток, у которого внутри либо просто жидкость, либо клетки, не скрепленные друг с другом. Дальше бластула чаще всего складывается пополам, как сдувающийся футбольный мяч: одно полушарие вкладывается в другое, и отверстие уменьшается. Получается гастрюла, двуслойный шарик.

Нох-гены помогают зародышу понять, где будет голова, а где хвост



Итак, мы остановились на развитии зародышей животных: зародыши многих животных проходят стадию бластулы, т.е. однослойного шарика без отверстий, и гастрюлы — двуслойного шарика с одним отверстием. И у таких простых животных, как гидра, эмбриональное развитие примерно на стадии гастрюлы и заканчивается. Они так и остаются двуслойным мешочком на всю жизнь. У других животных после этого следует много других событий: тело удлиняется, кишечник становится сквозным, т.е. появляется не только ротовое, но и анальное отверстие, и удлиненное тело размечается обычно на полоски, на сегменты. И по этой разметке сегментов, которая хорошо видна снаружи (например, на дождевом червяке, на насекомых или на многоножках), и расставляются спереди назад все внутренние структуры.



Из статьи: Mark M., Rijli F. & Chambon P. Homeobox Genes in Embryogenesis and Pathogenesis. *Pediatr Res* 42, 421-429 (1997). doi.org/10.1203/00006450-199710000-00001

У нас, у позвоночных, тоже есть эта разметка на сегменты. Снаружи она не так хорошо заметна, но внутри — очень хорошо. У нас одному сегменту соответствует один позвонок, одна пара ребер, пара спинномозговых нервов, отходящих от спинного мозга, и т.д. Если вы когда-нибудь разделяли рыбу, то видели, что у нее и мясо (т.е. мышцы) тоже разделено на полоски шириной в одно ребро — тоже есть сегменты. У млекопитающих эта разметка немножко смазана, но в эмбриональном развитии она тоже важна, и без нее жить дальше не получится. Для того, чтобы разные клетки и разные органы в развивающемся теле заняли свое место, у них должен быть способ узнать, где они находятся. Нужна какая-то координатная сетка.

Эта координатная сетка обеспечивается работой десятков специальных генов, из которых наиболее широко известны Нох-гены, хорошо изученные

у мухи-дрозофилы, но они есть почти у всех животных. (Нох — сокращение от английского *homeobox*, сомеобокс.) Эти гены кодируют белки, транскрипционные факторы, работа которых — включать и выключать другие гены. Кроме того, Нох-белки путем диффузии распространяются между клетками зародыша дрозифилы, пока он маленький, миллиметровый. На ранних стадиях этот зародыш не имеет границ между клетками и состоит из общей цитоплазмы, в которой плавают тысячи ядер. Однако клеточные мембраны Нох-белки не способны пересекать. У большинства животных зародыши на всех стадиях состоят из отдельных клеток, и Нох-гены работают внутри каждой из них, а связь между клетками осуществляется при помощи диффузии выделяемых клетками белков семейства Wnt и Vmp.

Итак, большинство из генов этой координатной сетки подавляют активность друг друга. Они делятся на группы, которые включаются по очереди, и их разметка образует сначала переднезадний градиент, когда определяется, где у зародыша будет голова, а где хвост. Потом идет грубое деление зародыша примерно на 3-5 продольных отделов, а потом деление на столько сегментов,

сколько их будет. В случае мухи дрозифилы это 17 сегментов. У насекомых на каждом сегменте могут быть ножки, могут быть ротовые конечности, такие, как мандибулы, могут быть крылья. И вот это сегментарное деление у них определяет почти всё строение тела. У людей это несколько более смазано. Например, наши руки — это структуры, включающие в себя сразу четыре сегмента тела, а ноги — это пять сегментов. Но на рыбах с их плавниками это видно более четко.

Активность генов координатной сетки — а их десятки — позволяет каждой клетке понимать, в каком месте зародыша она находится и какой орган в этом месте она должна образовывать. Например, у мухи есть одна пара крыльев на втором грудном сегменте. При мутациях Нох-генов можно получить, например, четырехкрылую муху, у которой будет дополнительная пара крыльев на третьем грудном сегменте за счет изменения координатной сетки — за счет включения того гена, который обеспечивает отличие третьего грудного сегмента от всех предыдущих.

— Первоначальная разметка «голова — хвост» происходит случайно, или же она как-то запрограммирована на появление с самого начала?

— А вот это у разных животных поразному. Если мы берем дрозифилу, то она запрограммирована с самого начала, еще пока яйцо развивается в яичнике, потому что в яичнике окружение яйца несимметрично. Там к яйцеклетке с одной стороны подходят питающие ее клетки, а с другой — не подходят. Поэтому у дрозифилы положение головы

и хвоста задано задолго до оплодотворения яйца. Но у других животных, которым не надо развиваться так быстро, у каких-нибудь кишечнополостных или морских червей, это действительно процесс более случайный. Там несколько взаимодействующих белков образуют систему с положительной обратной связью, которая сваливается в устойчивое состояние. Когда на одном конце зародыша активен головной белок, подавляющий активность хвостовой, то на другом конце активен хвостовой, который подавляет активность головного белка. Наверное, химики бы это назвали спонтанным нарушением симметрии.

— И физики тоже бы так назвали.

— Да, наверное. И вот у разных животных встречаются оба этих варианта. Дальше нужна клеточная дифференцировка. Тело любого животного состоит из клеток разных типов. Нервные клетки делают одну работу, клетки печени — другую, а клетки кожи — третью. При этом геном у них у всех одинаковый, ну, с точностью до случайных мутаций. И эти клетки выглядят и работают по-разному за счет того, что в них включена разная часть генома, разные наборы генов. Вот это вот избирательное включение разных частей генома — основа клеточной дифференцировки, которая нужна, чтобы в многоклеточном теле клетки распределяли между собой работу. Делают это тоже специальные белки, транскрипционные факторы, которые, как и Нох-гены, занимаются тем, что включают и выключают другие гены, и они взаимодействуют между собой, образуя в простейшем случае триггеры: когда система из двух белков — то активен либо один, либо другой; они подавляют активность друг друга. Кроме того, у животных это дополняется механизмами постоянной дифференцировки, потому что транскрипционные факторы всегда можно переключить обратно, а вот механизмы, связанные с метилированием ДНК, уже каким-нибудь голоданием или переохлаждением не сбрасываются. Если бы у нас клеточная дифференцировка была только на транскрипционных факторах, то поголодав две недели, мы бы превращались в комочек эмбриональных стволовых клеток, потерявших дифференцировку, представляете? Гидры или губки совсем недалеко ушли от этого состояния: у них постоянной клеточной дифференцировки очень мало, она почти вся у них динамическая. За счет этого у них, кстати, хорошая регенерация. За нее животные платят некоторой нестабильностью.

Откуда все эти гены взялись? Что мы знаем о происхождении животных? Палеонтологи тут нам помогают минимально, потому что первые животные были очень маленькие, мягкотелые, и в ископаемом состоянии, скорее всего, не сохранились. Сравнивая последовательности ДНК разных животных по методу молекулярных часов, мы можем оценить, что животные появились в позднем протерозое, около 700-800 млн лет назад. Этот интервал палеонтологи называют «криогений» — крупнейшее похолодание в истории Земли.

Криогений — парадоксов друг

— Сразу вопрос. Животные один раз возникли или несколько?

— Многоклеточность животных возникла один раз. И это важно, потому что многоклеточность растений возникла несколько раз. Вот зеленые растения суши — это одно возникновение многоклеточности. Бурные водоросли, какая-нибудь ламинария огромная, — это другое. Третий эпизод многоклеточности растений — крупные красные водоросли, такие, как нори, порфира... У грибов многоклеточность тоже несколько раз возникла и даже терялась. Например, дрожжи — это потомки многоклеточных грибов. А вот у животных многоклеточность возникла ровно один раз. Все известные нам животные — это потомки одного многоклеточного

► предка. И многоклеточность эта получилась где-то в криогении на фоне глобальной оледенения, так называемой Земли-снежка (или «Земли — снежного кома», *Snowball Earth*). Это случилось около 700–750 млн лет назад, под самый конец протерозоя. Многоклеточные водоросли старше: есть остатки многоклеточных водорослей давностью 1,5 млрд лет. Многоклеточность животных моложе.

Почему именно в криогении и почему в таких экстремальных условиях? Мы точно не знаем, но криогений, среди прочего, сопровождался повышением уровня кислорода. На выходе из криогения в атмосфере Земли уровень кислорода приблизился к уровню современного. Кислород, который нужен животным, потому что, например, для созревания белка коллагена, про который я уже говорил, нужен свободный кислород. Там происходит превращение стандартной аминокислоты пролина в нестандартный оксипролин. Эта реакция требует наличия кислорода и, кстати, аскорбиновой кислоты — витамина С. Поэтому при цинге, при авитаминозе витамина С, страдают все коллагенсодержащие ткани: выпадают волосы и зубы, слабеет кожа... Без кислорода животные бы не возникли. Возможно, дело в том, что в криогении повысился уровень кислорода, что дало им возможность появиться на свет. Как они делали первые шаги, по ископаемым данным мы не знаем, но кое-что мы можем понять, сравнивая животных с их одноклеточными родственниками. Есть несколько групп одноклеточных, о которых мы знаем и по их клеточной структуре, и по последовательностям ДНК, что они довольно близки к животным. Это, например, воротничковые жгутиконосцы, амeba *Carposroga*, ну и некоторые другие менее известные группы.

Что мы можем узнать, сравнивая их с животными? Во-первых, мы можем узнать, что клеточная дифференцировка — это древняя штука, которая старше многоклеточности. Те гены, которые управляют у нас клеточной дифференцировкой, занимаются тем же самым и у наших одноклеточных родственников. Потому что и *Carposroga*, и многие воротничковые жгутиконосцы имеют сложные жизненные циклы, и их клетки на разных стадиях жизненного цикла выглядят весьма по-разному, вплоть до смены облика с амебы на жгутиконосца и обратно. Еще все они экспериментируют с многоклеточностью, временной и необязательной. У воротничковых жгутиконосцев известны временные колонии, когда клетка делится, но ее два потомка не расходятся в разные стороны, а остаются прикрепленными друг к другу и плавают. И так могут появляться цепочки или комочки из десятка-другого клеток. *Carposroga* может образовывать многоклеточные скопления, которые создают общую плотную защитную оболочку для переживания зимы... Клеточная дифференцировка у наших одноклеточных предков была, но она была как бы во времени. Это была смена облика клетки в течение жизненного цикла. А животные перевели время в пространство. Животные создали многоклеточное тело, в котором разные клеточные типы существуют параллельно и одновременно. И эксперименты с внеклеточным матриксом и прикреплением к нему мы можем видеть уже и у *Carposroga*, и у воротничковых жгутиконосцев. У них нет щелевых, плотных или адгезивных контактов, у них нет коллагена, но у них есть зачатки других компонентов матрикса и системы клеточной дифференцировки. Вот генов координатной сетки, таких как Нох-гены, у них еще нет, это более позднее событие. А клеточная

дифференцировка и внеклеточный матрикс — это древняя история, которая старше многоклеточности и которая легла в основу первой многоклеточности.

«Трихоплакс не тупой. Он просто медленный»

— Когда возникла нервная система, на каком этапе? Понятно, что у губок ее нет. А вот у червей она уже, наверное, есть...

— У червей она есть, есть и у гидры, хотя и в очень простом виде. А как она появилась — отличный вопрос, это прямо то, чем я по основной работе в науке и занимаюсь, про это могу рассказать много.

Все животные делятся приблизительно на 30 типов. Например, губки — это тип, кишечнополостные — это тип, плоские черви, членистоногие, хордовые, моллюски... И вот есть два типа животных без нервной системы. Один тип — это губки, про которые мы говорили: это сидячие фильтраторы, которые сидят на одном месте, не двигаются и вылавливают из воды отдельных бактерий. Есть более интересное животное без нервной системы — это трихоплакс, единственный представитель типа *Placozoa*. Он выглядит очень неприятно: невооруженному глазу он представляется сереньким пятнышком грязи на стекле аквариума. Это бесформенная лепешка примерно миллиметровой ширины, состоящая из трех слоев клеток. Она ползает по пленкам бактерий и водорослей, переваривая их всей нижней стороной. У трихоплакса нет желудка, мышц и нервной системы, но в отличие от губок он подвижен. И он питается крупными пищевыми объектами — бактериальными и водорослевыми пленками, выливая на них пищеварительные ферменты. Рта и желудка у него нет, а ходит он при помощи ресничек, шагая на них по поверхности и присасываясь. Двигается он медленно — полмиллиметра в минуту для трихоплакса очень хорошая скорость, но при этом двигается осмысленно: может находить еду, может оценить, подходит ли эта еда или нет, и если не подходит, то искать другую. Они могут сбиваться в кучи на особо толстых бактериальных матах, которые вместе переваривать удобнее и выгоднее — т.е. у них даже есть социальное поведение. И чем больше я изучаю поведение трихоплакса, тем больше становлюсь уверенным в том, что трихоплакс не тупой. Он просто медленный. То есть он много чего понимает и умеет, просто делает это гораздо медленнее, чем животные с нервной системой.

Как же трихоплаксу удается демонстрировать сложное поведение, даже не имея нервной системы? Тут я бы вспомнил работы 1960-х годов советского академика Хачатура Коштоянца — биолога и физиолога, который ничего не знал про трихоплакса, но задумывался о происхождении нервной системы животных и, в частности, над таким вопросом, почему в нервной системе столько разных сигнальных веществ — нейротрансмиттеров, или нейромедиаторов. Глутамат, ацетилхолин, серотонин, дофамин, глицин, гамма-аминомасляная кислота, десятки нейропептидов... Что между ними общего? Это очень разнородная группа веществ, и общего между ними только то, что нервные клетки выделяют их и передают ими сигналы друг другу и клеткам-мишеням, например мышцам. Такая электрическая модель нервной системы была очень популярна и тогда, и сейчас. Главное в ней — электрические импульсы, проходящие по нервным клеткам, и совершение непонятно, зачем столько нейротрансмиттеров. Хватило бы двух — одного возбуждающего,

одного тормозного. А их десятки, даже больше — сотни, включая все пептиды.

Коштоянц предположил, что до появления нервной системы — клеток с отростками, по которым бегают электрические импульсы, — у животных была так называемая система объемной передачи информации. Отдельные клетки (железистые, как сейчас в эндокринной системе) выделяли разные сигнальные вещества, которые распространялись путем диффузии, т.е. медленно. Но пока животные были маленькими и неторопливыми, им этой скорости хватало. Для такой системы разнообразия сигнальных молекул это очень важно, потому что когда у нас есть диффузия, то любой сигнал доступен в любом месте тела: любая клетка имеет доступ сразу ко всем сигналам, и для каждого сигнала нужно свое отдельное вещество со своими отдельными рецепторами к нему, чтобы разные сигналы не путались друг с другом. Трихоплакс как раз и есть животное, существование которого в прошлом предположил Коштоянц. У него есть отдельные железистые клетки, которые выделяют разные сигнальные молекулы, такие как пептиды, серотонин, гамма-аминомасляную кислоту, таким образом координируя его поведение, но делают они это медленно. Диффузия — это медленный процесс. То есть у трихоплакса нервная система еще не отделилась от эндокринной. У него уже есть химическая половина нервной системы, но электрической половины у нее нет. Нет аксонов, дендритов и синапсов. Нет быстрой электрической передачи. Трихоплакс, скорее всего, это такой реликт эдиакария — периода в самом конце протерозоя, примерно с 640 до 540 млн лет назад. В русскоязычной литературе непосредственно предшествующий кембрию период обычно называется «венд» (от славянского племени венедов), он чуть короче.

И вы могли слышать про животных тех времен — биоту венда, или эдиакарскую фауну. Выглядят они очень странно, известны только по отпечаткам. Они были мягкотелые, бесскелетные. У них не было рта, не было конечностей, они не похожи ни на каких современных животных. При этом они могли быть довольно крупными — до полуметра. Но все вендобонты, даже крупные, имели тонкое плоское тело без конечностей, без очевидного рта и скелета. Все они были мягкотелыми. И, судя по отсутствию следов повреждений на отпечатках тел вендобонтов, очень похоже, что в мире вендского периода не было кусачих хищников — там никто никого не ел. И вот в этом раю эдиакарского, или вендского, периода нервная система еще была не нужна, все жили мирно и неспешно. А нервная система появилась, скорее всего, с началом хищничества, потому что когда у хищника возникла необходимость находить и догонять жертву, а жертве стало желательно как-то прятаться или уворачиваться от хищника, то сразу понадобилось быстрое движение и управление им. А для этого уже нужна нервная система: здесь одной объемной передачей не обойтись. Видимо, одним из первых результатов этой эволюционной гонки хищник-жертва в конце эдиакарского периода стало появление нервной системы. Те животные, которые появляются в ископаемой летописи в следующем, кембрийском периоде, почти все уже относятся к современным типам, явно имеющим нервную систему, таким как членистоногие, кишечнополостные, моллюски.

— Как эволюционировала нервная система? Она сразу возникла в виде нейронов с аксонами, дендритами и т.д.? Или же в начале это было как-то проще?

— Скорее всего да, это как-то в нача-

ле было проще. Тут можно ориентироваться на гидру, у которой очень простая нервная система, и у нее, у каждой клетки трудно понять, где там аксон, где там дендрит; и у кишечнополостных известна двусторонняя передача в синапсах. Синапсы — контакты между нервными клетками. Если их изучать на человеке или на улитке, или на мышке, то это строго односторонняя передача: в синапсе есть передающая и приемная стороны, которые под микроскопом можно легко отличить, и они отличаются функционально. А вот у кишечнополостных бывают синапсы, которые могут проводить сигналы в обе стороны с одинаковой эффективностью. И у гидры есть в этой ее рассеянной нервной сети такие подсети, которые возбуждаются более-менее одновременно, и часто еще и ритмично. И, видимо, каждая такая сеть связана этими двусторонними синапсами, чтобы возбуждалась одновременно, и, возможно, каждая такая сеть имеет там какой-то свой специфический нейротрансмиттер, отличающий ее от других. То есть они недалеко ушли от объемной передачи: они только ускорили ее через примитивные нейроны. Но большое разнообразие нейротрансмиттеров всё еще помогает им отделять разные сигналы друг от друга. Это только в нервной системе наших позвоночных животных можно доставить сигнал точно в нужное место, используя аксон и используя изолированный синапс, из которого сигнальные молекулы практически не вытекают в окружающую среду. Поэтому соседние нейроны таким образом могут не создавать помех друг другу. Большие мозги построены на этом, но до больших мозгов еще было далеко.

Бутылочное горлышко эволюции?

— Понятно. Сейчас будет такой вопрос, на который, наверное, точного ответа нет, но просто хочется услышать ответ на уровне впечатления. Образование животных — это узкое бутылочное горлышко или некий магистральный путь, который, в общем, эволюция должна была пройти так или иначе?

— Хороший вопрос. Честно, я не знаю. Многоклеточность растений и грибов возникла много раз — т.е. это магистральный путь. Многоклеточность животных возникла один раз, причем в специфический момент экстремальных условий в биосфере. Может быть, это и закономерно. Может быть, это такого же типа бутылочное горлышко, как возникновение эукариот, про которое я уже рассказывал³: там сошлось много маловероятных событий. К сожалению, по одной точке график не построить, по одному событию вероятность не рассчитать. Многоклеточность животных возникла один раз.

— Понятно. То есть это просто установлено по геномике, по расхождению геномов, насколько я понимаю...

— Да, если сравнивать последовательности ДНК, то все многоклеточные животные, даже мы и губки, больше похожи друг на друга, чем на каких-нибудь одноклеточных.

Включай мозги! Вливайся в коллектив!

— Хорошо, спасибо. Ну и в заключение... Я задал свои вопросы, но наверняка еще есть чего-нибудь из неохваченного, о чем вы бы просто хотели сказать.

— Я могу сказать про дальнейшее развитие нервной системы у многоклеточных животных. В случае древних

³ trv-science.ru/2022/05/nikitin-abiogenesis/

позвоночных — рыб, амфибий и рептилий — развитие нервной системы, скорее всего, было связано с хищным образом жизни, с интеграцией разных органов чувств, например зрения, слуха, равновесия, рыбьей боковой линии и т.п., а также с освоением трехмерной среды. Так, первые позвоночные рыбы ходили по дну, например девонские панцирные рыбы были слишком тяжелыми, чтобы отрываться от дна. А у последующих групп рыб появились легкие, или плавательные пузыри, и они могли поддерживать нейтральную плавучесть, передвигаться в толще воды. Параллельно у головоногих моллюсков был похожий процесс: древние головоногие наутилусы из рода ортоцерасов передвигались только по дну, и у наутилуса нервная система очень примитивная. Но в какой-то момент появились белемниты и аммониты с органами плавучести, которые вышли в толщу воды. Современные потомки аммонитов и белемнитов — кальмары, осьминоги и каракатицы — обладают очень сложной нервной системой и высоко развитым зрением. Осьминоги вообще самые умные из беспозвоночных. Из рыб тоже самые умные — это гигантские морские дьяволы, манты, которые оторвались от дна и плавают в толще воды. Дело в том, что у манта работает еще социальность — следующая ступень развития мозга. Таким образом, до уровня крокодила мозг можно дорастить за счет хищничества и интеграции разных органов чувств. А вот дальнейшее развитие мозга — от продвинутых рептилий к птицам и млекопитающим — уже требует скорее социальности. Даже среди насекомых самые большие сложные мозги как раз у пчел и шмелей — у социальных насекомых.

— А вот интересно: хищники явно внесли свой вклад в эволюцию, в развитие животных. А социальность тоже как-то может быть связана с хищничеством? Или же это совершенно разные вещи?

— Хороший вопрос. Надо подумать...

— Ну, хищники, наверное, социальнее, чем травоядные?

— И хищники, и травоядные бывают высокосоциальными. И хищные дельфины, и касатки, и поедающие планктон киты социальны. Хищные осы и растительноядные пчелы одинаково социальны. Среди приматов вполне социальные и всеядные шимпанзе, и почти избирательно травоядные гориллы. У лошадей достаточно сложная социальность. Да, есть собаки, но есть и кошки, которые тоже специализированные хищники, они одиночки. Среди птиц есть специализированные хищники — орлы, совы, ястребы: они все живут только парами. А социальные — это всеядные вороны, галки, скворцы...

— Понятно. То есть прямой корреляции тут нет. Но есть ли здесь, скажем, движущая сила возникновения социальности? Хищничество тоже сыграло свою роль?

— Да, конечно. Давление хищников способствует социальности травоядных: коллективно от хищников защищаться проще, это несомненно. Ну и, соответственно, среди хищников тоже социальность может помогать. Что мы видим, глядя на волков, на гиен, на касаток...

— Итак, спасибо! С возникновением животных мы более-менее что-то поняли — ну, по крайней мере, я что-то наконец понял. Может быть, мы еще вернемся к этой теме. А сейчас поблагодарим Михаила, поблагодарим слушателей и читателей. Это интервью будет опубликовано не только в нашей газете и на YouTube-канале, но и в книге, которую мы надеемся издать в скором времени. Всем большое спасибо и до свидания.

— Спасибо! ♦



Аномалия «Пионеров»

— Я знаю, что вы работали над развитием релятивистской небесной механики в конформном пространстве-времени расширяющейся Вселенной. Вопрос: что это такое и с чем это едят? Почему эта проблема так важна?

— Эта проблема важна как с теоретической, так и с практической точек зрения. Я стал размышлять на эту тему в связи с так называемой проблемой аномального движения космических аппаратов Pioneer, отправленных в космос американцами в 1972 и в 1973 годах. Было два аппарата: «Пионер-10» и «Пионер-11», запущенных для того, чтобы исследовать планеты-гиганты. Эту задачу они успешно выполнили. Но оказалось, что аппараты продолжают работать. Они пролетели через всю Солнечную систему, совершили множество интересных открытий, касающихся внешних планет, и продолжали движение за пределы нашей системы. Они не перестали функционировать даже после запланированной выработки ресурсов и продолжали посылать сигналы, информацию о том, где находятся и с какой скоростью движутся. На их борту по-прежнему действовали, например, детекторы частиц. Так что миссия продолжалась. И аппараты улетели на расстояние, намного превышающее расстояние от Земли до орбиты Плутона. Последний сигнал от «Пионера-11» был получен в сентябре 1995 года, а последний контакт с «Пионером-10» состоялся в январе 2003-го. В это время космический аппарат находился на расстоянии около 82 астрономических единиц от Солнца и удалялся от него с относительной скоростью около 12 км/с. Увы, дальнейшая судьба аппаратов неизвестна.

И вот по мере движения этих аппаратов выяснилось, что имеется некоторая неувязка с тем, как они должны были бы двигаться согласно теории Ньютона: есть закон всемирного тяготения, который говорит о том, что сила гравитации обратно пропорциональна квадрату расстояния до притягиваемого тела. Главный объект, который притягивает эти космические аппараты, — конечно, Солнце. По мере удаления от Солнца их ускорение должно было меняться обратно пропорционально квадрату расстояния между Солнцем и космическим аппаратом. Но возникла очень маленькая добавка, которая вызывалась как бы некоторой постоянной силой, приводящей к аномальному торможению этих аппаратов — порядка 10^{-7} см/с². Кажется невероятным, но столь малая величина была замечена астрономами, которые постоянно следили за этими аппаратами. Вот я здесь привел картинку, иллюстрирующую, что происходит в эксперименте с аппаратами Pioneer. Картинка озаглавлена «Doppler tracking» (доплеровское слежение, рис. 1).

Итак, есть аппарат, который летит в открытом космосе, и на его борту стоит прибор, называемый транспондером. Фактически это зеркало. Есть антенна на Земле, которая передает электромагнитный сигнал к этому аппарату с транспондером на одной частоте, которая обозначается греческой буквой ν_1 . Вот сигнал пошел к аппарату, отразился от него и пришел обратно на Землю, попав на антенну, и пришел уже с другой частотой ν_2 . Также он принимается на самом аппарате не с частотой ν_1 , а с частотой ν_2 . Почему? Главная причина заключается в эффекте Доплера. Аппарат движется с некоторой скоростью всё время. И мы знаем, что согласно общей и специальной теориям относительности движущееся тело принимает электромагнитные сигналы другой частоты — не той, с которой они были посланы. Изменение частоты происходит также и в гравитационном поле — это так называемые красное и синее гравитационные смещения — всё зависит от того, в каком гравитационном потенциале вы находитесь по отношению к точке излучения сигнала.

Что выяснилось дальше? О'кей, доплеровское слежение за космическими аппаратами как раз и производилось в случае «Пионеров»: посылали сигнал одной частоты, принимали сигнал с другой. Есть определенные формулы, и некоторые из них я написал на приведенном рисунке. Согласно этим формулам, мы вроде бы точно знали, с какой частотой этот сигнал должен к нам прийти. А он приходил немножко с другой частотой, что указывало на аномальное изменение скорости космического аппарата. Было много попыток разгадать эту загадку.

— А именно?
— Фактически сформировались две главные группы предположений. Прежде всего технического характера: быть может, в самом аппарате что-то барахлит, или, например, влияет солнеч-

Перипетии со временем — 2

Окончание. Начало см. в ТрВ-Наука № 410 от 13 августа 2024 года.

Сергей Копейкин¹, докт. физ.-мат. наук, профессор кафедры физики и астрономии Университета штата Миссури в городе Колумбия, отвечает на вопросы Алексея Кудря о предполагаемой разгадке аномального ускорения космических аппаратов Pioneer, а также экспериментальных проверках теории относительности. Видеозапись интервью: youtu.be/naJS4-B-XOU



Алексей Кудря



Сергей Копейкин

¹ researchgate.net/profile/Sergei-Kopeikin

ный ветер, или что-нибудь еще. Но вторая группа ученых стремилась увести вопрос в фундаментальную физику. Вдруг происходит что-нибудь такое, чего мы еще не понимаем, и наша физика не работает так, как мы думаем? Вдруг там влияет что-то, о чем мы не догадываемся?

— Очередные поиски новой физики?

— Да-да, вот тут стала нужна новая физика. Я разговаривал с человеком, который изучал эту аномалию «Пионеров» (Pioneer anomaly), — с Джоном Андерсоном, работавшим в JPL NASA. Очень хороший человек, которого я знал лично; к сожалению, уже умерший... Я спрашивал его: «Джон, ну скажи, это какие-то технические неувязки там или еще что-то? Ты там всё проверял?» Он говорит: «Вот, Сергей, моя статья — изучай». Я изучил и поговорил с ним еще на эту

да так считалось. Но я подумал, что, может быть, всё же можно, и надо взглянуть на эту проблему с более принципиальной точки зрения.

Пространство-время Фридмана имеет так называемый космологический конформный фактор. Это пространство-время, которое очень похоже на пространство-время Минковского, но пространственная часть метрики зависит от времени через указанный конформный фактор. И, таким образом, пространство Фридмана является конформным. Мы знаем, что время является четвертой координатой, так вот время не подпадает под эту конформность: в модели расширяющейся Вселенной Фридмана время наше, нормальное, а пространство является конформным. И тут есть маленькая несостыковка: свет движется равномерно и прямолинейно

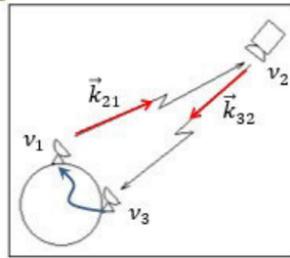
Рис. 1

Doppler tracking

$$\frac{\nu_2}{\nu_1} = \frac{1 + \mathcal{H}t_2 - \vec{k}_{21} \cdot \vec{\beta}_2}{1 + \mathcal{H}t_1 - \vec{k}_{21} \cdot \vec{\beta}_1} \quad \frac{\nu_3}{\nu_2} = \frac{1 + \mathcal{H}t_3 - \vec{k}_{32} \cdot \vec{\beta}_3}{1 + \mathcal{H}t_2 - \vec{k}_{32} \cdot \vec{\beta}_2}$$

$$\frac{\nu_3}{\nu_1} = \frac{\nu_3 \nu_2}{\nu_2 \nu_1} = 1 + 2\mathcal{H}(t_2 - t_1) - 2\vec{k}_{21} \cdot (\vec{\beta}_2 - \vec{\beta}_1)$$

Assuming that $t_3 - t_2 \approx t_2 - t_1$ Assuming that $\vec{k}_{32} \approx -\vec{k}_{21}$ and $\vec{\beta}_3 \approx \vec{\beta}_1$



Integrated Doppler tracking over a long time interval t (can be for years with current technology!)

$$\frac{\nu_{2n+1}}{\nu_1} = \frac{\nu_{2n+1}}{\nu_{2n-1}} \frac{\nu_{2n-1}}{\nu_{2n-3}} \dots \frac{\nu_3}{\nu_1} \implies \frac{\nu_{\text{obs}}}{\nu_{\text{ref}}} = 1 + 2\mathcal{H}t - \frac{2}{c} \int_0^t a_r(t') dt'$$

$$\frac{\nu_{\text{obs}}}{\nu_{\text{ref}}} = 1 - \frac{2}{c} \int_0^t [a_r(t') - \mathcal{H}c] dt' \implies \frac{\nu_{\text{obs}} - \nu_{\text{mod}}}{\nu_{\text{ref}}} = 2\mathcal{H}t$$

$$a_{\text{spacecraft}} = a_{\text{model}} - \mathcal{H}c$$

8/27/2012

The constant "anomalous acceleration"
 $a_{\text{anomaly}} = -\mathcal{H}c$ directed toward observer.
Model ephemeris is fully based on ranging.

blue shift of frequency

тему. И пришел к выводу: скорее всего, все технические вещи, которые могли бы влиять на это аномальное движение, Джоном были учтены, и учтены правильно. Поэтому я отбросил идею о том, что там есть технические неувязки и на них можно списать проблему. Но тогда оставалось искать какую-то новую фундаментальную физику. В это я тоже не верил.

Я полагал — и полагаю до сих пор, — что в настоящее время мы находимся в таком периоде развития, что общей теории относительности вполне достаточно, чтобы объяснить все непонятные явления в нашей Солнечной системе и за ее пределами. И я стал заниматься вопросом так называемого движения света в конформном пространстве-времени.

— Почему конформном?

— Это связано с метрикой Фридмана, она содержит так называемый конформный фактор в своей пространственной части, который характеризует скорость расширения нашей Вселенной. Если вы возьмете постоянную Хаббла и умножите ее на скорость света (а постоянная Хаббла — это величина, обратно пропорциональная времени), то получится величина, которая имеет размерность ускорения. Так вот, удивительным образом оказывается, что произведение постоянной Хаббла на скорость света практически в точности равно этому самому аномальному ускорению аппарата Pioneer. И тут я задумался: все-таки может же как-то так случиться, что расширение Вселенной, постоянную Хаббла можно измерять локально. Мы знаем, что ее измеряют космологи путем наблюдений очень далеких галактик, квазаров, — это так называемые глобальные измерения. Казалось бы, локально измерить постоянную Хаббла невозможно — всег-

д в пространстве Минковского. Значит, координаты и время у нас устроены так, что свет движется равномерно и прямолинейно. А вот в пространстве Фридмана время одно, а пространство конформное. И поэтому свет в пространстве Фридмана движется неравномерно. А мы знаем, что локально (в экспериментах в Солнечной системе) свет распространяется с постоянной скоростью во всех направлениях. Это навело меня на мысль о том, что надо немножко поработать с временем космологическим. Это так называемое время Хаббла, и есть еще так называемое конформное время. Так вот, свет в пространстве-времени Фридмана будет двигаться равномерно и прямолинейно, если мы хаббловское время конформно подправим — точно так же, как это делаем с пространством...

В общем, чтобы сделать, как говорят американцы, долгую историю более короткой, я написал ряд уравнений, использовал метрику Фридмана для того, чтобы написать уравнение распространения лучей света от земного наблюдателя к аппарату Pioneer и обратно в космологическом конформном времени. При этом я учел тот факт, что наблюдения аппарата производились очень долго — на протяжении десятков лет, с завидным постоянством и очень точной синхронизацией часов. Поэтому эксперимент программы Pioneer можно рассматривать как самый долговременный эксперимент в дальнем космосе. Постоянный, как мы говорим, мониторинг аппарата производился на протяжении тридцати лет, при этом время считалось непрерывно: сигнал ушел, сигнал пришел; сигнал ушел, сигнал пришел... Это совершенно уникальный эксперимент, и его уникальность должна была также войти в мои расчеты. Я отправил их в один из самых престижных физических журна-

лов *Physical Review D*, и они, выдержав жесткую рецензию, были опубликованы². Согласно моим результатам, мы вполне можем измерять постоянную Хаббла локально, но для этого нам нужны вот такие эксперименты вроде программы Pioneer. И я считаю, что Джон Андерсон — первый человек, который сумел измерить постоянную Хаббла локально вот таким удивительным образом.

И если я прав, это открывает очень интересные возможности для нас, потому что в настоящее время космологи спорят о том, чему же равна постоянная Хаббла. Согласно космологическим измерениям, имеется проблема: для измерения постоянной Хаббла используют, например, квазары, и получается одна величина, а если использовать космическое микроволновое излучение — получается несколько иная. Точность уже настолько высока, что получается несостыковка, и ее объяснить пока не могут. Так вот, если бы нам удалось измерить постоянную Хаббла — а я считаю, что это удалось измерить в таких вот радиоэкспериментах с космическими аппаратами Pioneer, — то это был бы, конечно, очень хороший дополнительный вклад в разрешение проблемы определения постоянной Хаббла. Такие эксперименты надо бы, конечно, проводить. Но они, как мы видим, занимают очень долгое время — тридцать лет, — и денег на это дело кто-то специально отпускать, наверное, не будет. Очень уж процесс долгий, а все мы нетерпеливые, хотим получить ответ буквально сразу и сейчас, тут ждать надо десятки лет, потратить миллиард долларов для того, чтобы такой аппарат запустить... Но, возможно, в дальнейшем мы тем не менее будем запускать такие космические миссии. Всё же исследования Солнечной системы продолжают — будущих исследователей может ждать много чего интересного и неожиданного. Будем надеяться, что эта проблема локального определения постоянной Хаббла в будущих экспериментах будет разрешена.

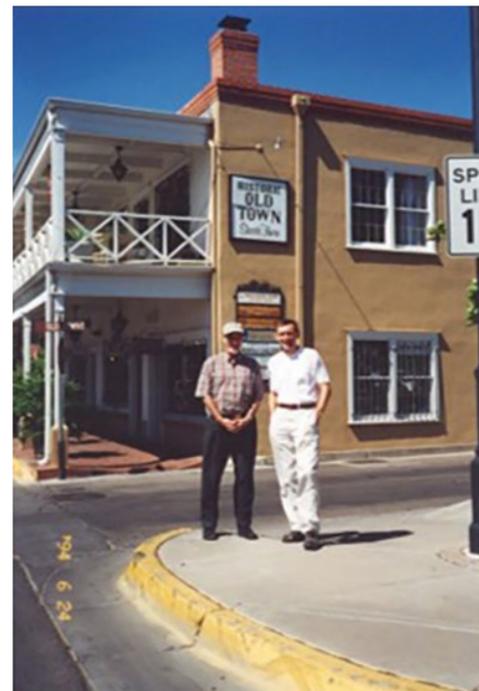
Проверка общей теории относительности

— Кроме того, я знаю, что вы с коллегами проводили еще какие-то эксперименты по проверке общей теории относительности. Вы проверяли не только ее, но и альтернативные теории, правильно? Что удалось выяснить? Что доказать?

— Фактически моя кандидатская диссертация как раз и была посвящена вопросу проверки общей теории относительности по двойным пульсарам³. Американские радиофизики Рассел Халс и Джозеф Тейлор в 1974 году обнаружили двойную систему, состоящую из двух звезд, одна из которых — пульсар. Через пять лет они обнаружили, что орбита этой двойной звездной системы сужается. Выяснилось, что изменение орбитального периода этой системы находится в практически точном — в нескольких процентах точности на тот момент времени — предсказании общей теории относительности. ▶

² doi.org/10.1103/PhysRevD.86.064004
arxiv.org/abs/1207.3873
arxiv.org/abs/1407.6667

³ researchgate.net/profile/Sergei-Kopeikin



Сергей Копейкин с американским астрономом Эдвардом Фомалонтом в Альбукерке в июне 2002 года

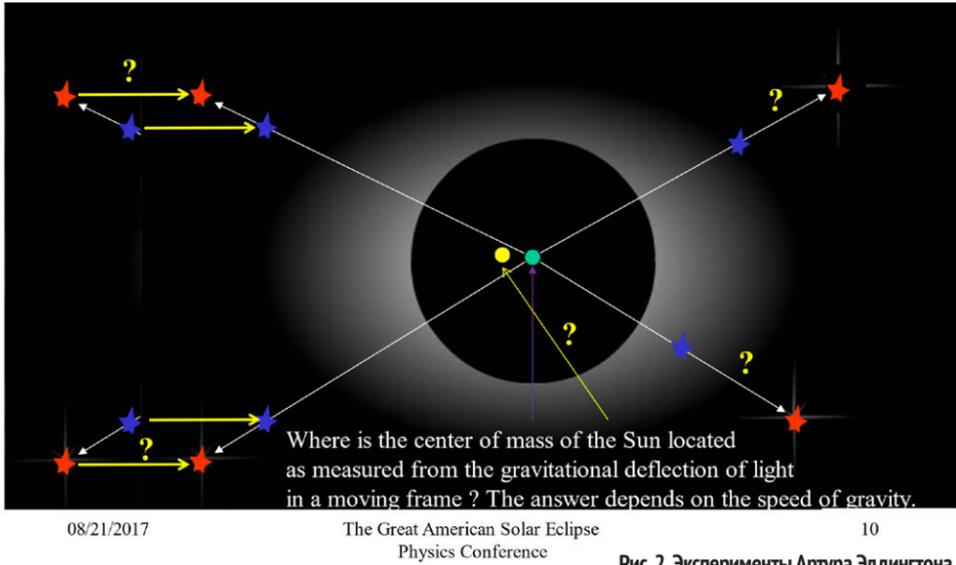


Рис. 2. Эксперименты Артура Эддингтона

ОТО предсказывает, что двойная звездная система должна излучать гравитационные волны. Гравитационные волны уносят энергию и уносят механически угловой момент от этой системы. По этой причине и энергия, и угловой момент системы должны уменьшаться. А это означает, что орбитальные параметры также должны изменяться, уменьшаясь, и это можно посчитать. В учебнике теоретической физики Ландау и Лившица, например, такая задачка решается. Вопрос ставится так: имеется двойная звездная система, излучающая гравитационные волны; сколько энергии и углового момента будет потеряно?

Эту задачу более точно решили двое ученых — Питерс и Мэттьюс в начале 1960-х годов. Они посчитали, сколько энергии и углового момента теряется за счет излучения гравитационных волн двойной системы на эллиптической орбите и как будут изменяться ее параметры. Так вот, Халс и Тейлор использовали формулы Питерса и Мэттьюса для того, чтобы сравнить с тем, что наблюдают они. Оказалось, как я отметил выше, в нескольких процентах точности всё совпадает.

Яков Борисович Зельдович не был окончательно удовлетворен таким подходом и говорил: ну хорошо, расчеты Питерса и Мэттьюса совпали с тем, что видят Халс и Тейлор, однако расчеты Питерса и Мэттьюса основаны на том, что имеются гравитационные волны, которые уносят энергию и угловой момент. Эта информация, как он говорил, получена в так называемой волновой зоне, и она просто приравнена к механической потере энергии и момента импульса двойной системы. Фактически убыль энергии, переносимой гравитационными волнами в волновой зоне, проэкстраполирована в саму систему в предположении, что та теряет именно это количество энергии. Тут есть явное дополнительное предположение.

Поэтому Яков Борисович предложил другой метод: следуя электродинамическим расчетам, надо посчитать силу реакции гравитационного излучения, т.е. не надо идти в волновую зону, останемся в ближней зоне двойной системы и посмотрим уравнение движения этих тел и рассчитаем силу реакции из уравнения общей теории относительности, которая тормозит звезды и приводит к изменению орбиты двойной системы.

Вот именно эта задача и была поставлена Яковом Борисовичем Зельдовичем передо мной, и не случайно. Выяснилось, что я довольно хорошо умею работать со сложными математическими формулами, и меня посадили на решение этой задачи. Я ожидал, что она окажется очень сложной, и не ожидал, что ее решу, но удивительным

образом решить ее мне всё же удалось. Я посчитал силу реакции излучения, возникающей за счет излучения гравитационных волн. Когда я эту силу вывел и посчитал, как должна изменяться орбита двойного пульсара, то оказалось, что всё точно совпадает с тем, как получается по формуле Питерса — Мэттьюса, но только та формула применялась опосредованно (т.е. делалось предположение о том, что существуют гравитационные волны, которые уносят энергию, и т.д.), а у меня, согласно предположению Якова Борисовича Зельдовича, всё получалось напрямую: вот есть сила; подставляешь ее в уравнение движения, решаешь их — и получаешь ответ, а он совпадает с тем, что посчитали Питерс и Мэттьюс — но с другой точки зрения.

Это было всё же не мое участие в экспериментальной проверке общей теории относительности, а опосредованное. В дальнейшем, как уже упоминалось в начале нашего разговора, я переключился на построение систем координат в Солнечной системе. И этот вопрос был также очень важным, потому что в астрономии существуют разные системы координат: вот двигаются тела Солнечной системы, двигаются искусственные спутники Земли... Нужны разные шкалы времени, нужно очень точно определять их орбиты с учетом релятивистских поправок и т.д. Для этого нужна была самосогласованная релятивистская теория астрономических систем координат.

И вот этой теорией я занимался потом, после решения задачи по двойному пульсару, на протяжении примерно десяти лет совместно с нашим замечательным теоретическим астрономом Виктором Александровичем Брумбергом из Санкт-Петербурга (который тогда именовался Ленинградом). У нас возникло очень плодотворное сотрудничество, в результате чего мы создали релятивистскую теорию астрономических систем координат Солнечной системы, которая была принята Международным астрономическим союзом в 2000 году. Формулы, которые мы вывели, также были подтверждены и другими исследователями, они запатентованы и используются как JPL NASA, так и Европейским космическим агентством для того, чтобы осуществлять прецизионную навигацию космических аппаратов в окрестностях Земли, Луны, а также рассчитывать движение тел Солнечной системы. Это второе мое опосредованное участие в проверке общей теории относительности. Там много интересных эффектов, и они были посчитаны и мной, и моими коллегами.

Наконец, мое непосредственное участие в проверке общей теории относительности было свя-

зано с теоретическим и экспериментальным изучением вопроса о том, как движется свет в гравитационном поле. А именно: я заинтересовался вопросом, как движется свет в случае, когда гравитационное поле является переменным, т.е. зависит от времени. Эйнштейн в свое время решил задачу о движении луча света в гравитационном поле Солнца и показал: когда луч света проходит недалеко от лимба Солнца, то для наблюдателя кажется, что звезда на небосводе сдвигается от своего истинного положения в силу того, что траектория луча света, проходящего в гравитационном поле, искривляется. Но это была статическая задача, решенная Эйнштейном: и Солнце, и Земля в его расчетах являются неподвижными, но мы знаем, что на самом деле это не так. Земля движется вокруг Солнца, поэтому, когда мы проводим эксперименты по измерению отклонения луча света в гравитационном поле, мы на самом деле должны учитывать и тот факт, что Земля движется по орбите. Возникают дополнительные эффекты, этот факт мы должны учитывать при проведении точных экспериментов по измерению отклонения луча света в поле Солнца.

Тут я приведу диаграмму, поясняющую такую динамическую ситуацию (рис. 2). Давайте вспомним про эксперименты Артура Эддингтона. Что делал Эддингтон, чтобы проверить общую теорию относительности? Он наблюдал звезды в момент солнечного затмения, когда Луна закрывает Солнце. Фактически наступает ночь, хотя ночь короткая. Но звезды при этом становятся видны, и согласно общей теории относительности положение звезд из астрометрического каталога, которые на рисунке обозначены голубым цветом, сдвигаются за счет того, что Солнце находится близко к направлению на эти звезды. Траектория лучей света от звезд искривляется, и каталожные положения звезд на небе, которое мы измеряем, переходят в другие, обозначенные красными звездочками. В статическом случае, когда мы проводим подобный эксперимент (Земля неподвижна, Солнце неподвижно), звезда из «голубого» положения сдвигается в «красное» точно радиально, по радиусу от центра Солнца. Это радиальное смещение, и, наблюдая смещенные положения звезд, мы фактически можем решить обратную задачу: определить, где находится центр масс тела, отклоняющего лучи света своим гравитационным полем. Однако Земля-то движется, и как теперь будет решаться обратная задача? В статическом случае мы берем одну звезду и проводим прямую линию между смещенным положением звезды и ее каталожным положением. Берем другую звездочку — мы можем ее тоже наблюдать — и строим другую прямую линию аналогичным образом. Эти линии пересекаются, и точка их пересечения дает нам центр Солнца.

Теперь вспомним, что на самом деле Земля движется, и с точки зрения Земли гравитационное поле Солнца не постоянно, а переменное, при этом важно помнить, что оно, согласно ОТО, не распространяется мгновенно. Это важный момент. Именно по причине конечной скорости распространения гравитационного поля появляется при наблюдении звезд во время затмения Солнца некий микроскопический, но вполне измеримый эффект, называемый гравитомангнитным. Появляется некая маленькая составляющая гравитационного поля, связанная с тем, что оно непостоянно, которая будет приводить к тому, что положения звезд на небе во время затмения будут сдвинуты не строго радиально, а с небольшим тангенциальным отклонением. Ну это вот такой эксперимент Эддингтона, который по ряду технических причин пока еще никто не провел.

Дело в том, что этот гравитомангнитный эффект, который я посчитал в данном случае, очень ма-

ленький. В измерениях возле Солнца его очень трудно заметить...

Эддингтон проводил расчеты в системе координат, где Земля покоилась. Теперь надо учитывать, что она не покоится, и учесть движение Земли по орбите. Тогда появится маленький дополнительный эффект, который в настоящее время измерить по наблюдениям положения звезд во время затмения Солнца чрезвычайно трудно.

— Что же делать?

— Это очень интересная идея — посмотреть экспериментально, является ли гравитационное поле распространяющимся мгновенно, как в теории Ньютона, или же распространяется со скоростью света согласно общей теории относительности. Ну, я стал думать, что же делать, и придумал другой эксперимент: давайте вместо Солнца возьмем Юпитер⁴. С Юпитером лучше — посмотрите на рис. 3.

Этот эксперимент мы провели в 2002 году. Я провел те же самые расчеты движения луча света в гравитационном поле Юпитера. Юпитер движется со скоростью 10 км/с по отношению к Солнцу. И масса у него все-таки достаточно большая — порядка 0,001 массы Солнца. И я подумал: о'кей, давайте попробуем найти такие события, когда Юпитер подходит близко к какому-нибудь из ярких квазаров, и тогда положение этого квазара должно сместиться на небе за счет того, что рядом с ним проходит Юпитер и отклоняет свет квазара своим гравитационным полем. Я посчитал не только статический эффект отклонения луча света, но также и эффект, связанный со скоростью Юпитера и с конечной скоростью гравитационного поля. Так как Юпитер движется, то луч света от квазара движется в переменном гравитационном поле. Эта переменность гравитационного поля Юпитера, конечно, очень маленькая — к тому же это так называемый кинематический эффект. Его можно убрать путем перехода в систему координат неподвижного Юпитера. Но эта система координат нереалистична, ведь мы находимся на Земле и проводим наблюдения в движущейся системе координат, поэтому этот эффект конечной скорости гравитационного поля надо учитывать. После небольшого исследования оказалось, что есть такое событие: Юпитер действительно проходит близко к квазару в 2002 году. И я предложил провести этот эксперимент по измерению скорости гравитации. Я поехал на конференцию и доложил об идее проведения вот такого эксперимента. Аномальное отклонение лучей света, которое должно было бы наблюдаться в случае, если бы общая теория относительности работала не так, как надо, было очень маленьким. Эта величина была порядка 50 мкс. Значит, надо было измерять дугу на небе в отклонении луча света, равную 50 мкс — вот такой крохотный эффект. И мне казалось, что его вытащить невозможно. Но, по счастью, оказалось, что есть такие люди, которые готовы это сделать. Совершенно замечательный человек Эдвард Фомалонт, американский астроном и очень хороший, уникальный человек, подошел ко мне однажды после конференции и сказал: «Сергей, мы это сделаем, мы вытащим пятьдесят микросекунд из шума». Мы вместе с ним в Альбукерке посетили один из радиотелескопов VLA (Very Large Array) в Сокорро — мы туда с ребятами съездили поработать немножко.

Ну хорошо, начали ставить этот эксперимент. В чем была главная проблема в его проведении? Да, магнитосфера Юпитера играет роль, ее мы посчитали, и она оказалась не очень важным фактором, мешающим проведению этого эксперимента. Намного более важным мешающим фактором был эффект тропосферы. Мы живем на Земле, а она окружена атмосферой, ионосферой. Эта среда не является неподвижной: есть облака, турбулентность и т.д. И вот сама по себе ионосфера не очень опасна. Мы могли проводить измерения на двух частотах и исключить ионосферу. Нужно было учитывать эффект тропосферы, и это была довольно большая неприятность. Эд Фомалонт знал, как это делать: это специальная система наблюдений, которая осуществляется в ручном режиме, и вот он это всё сделал, вытаскив эффект. Оказалось, что гравитационное взаимодействие имеет точно такую же скорость, как скорость света. Это, конечно, теоретически предполагалось. Но это надо было проверить экспериментально. Дело в том, что фундаментальная константа скорости гравитации, которая входит в уравнение Эйнштейна, изначально была

⁴ arxiv.org/pdf/gr-qc/0105060

Окончание см. на стр. 7

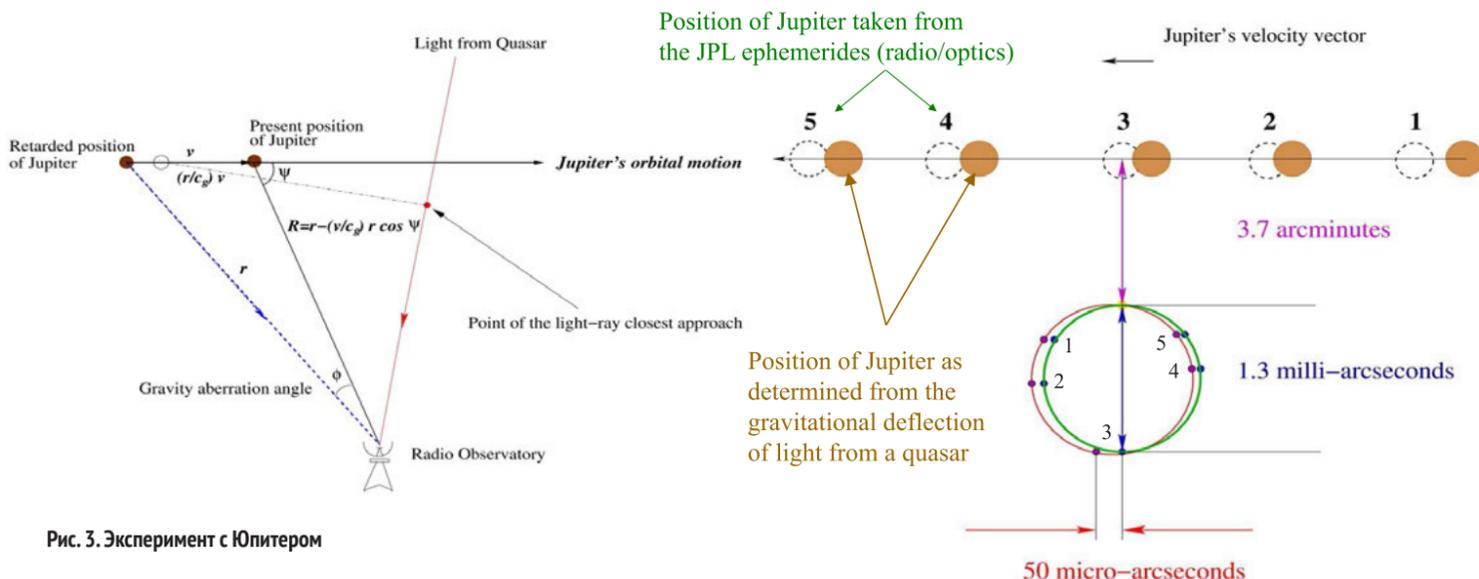


Рис. 3. Эксперимент с Юпитером



Алексей Кудря

АСТРОНОВОСТИ

Алексей Кудря

Главное — маневры

В песенке разбойников из фильма «Айболит-66» утверждалось, что «нормальные герои всегда идут в обход». Всё это продемонстрировал 19 и 20 августа 2024 года космический аппарат NASA JUICE.

JUICE (Jupiter Icy Moons Explorer) успешно пролетел мимо Луны и Земли, выполняя важный этап двойного гравитационного маневра. Данная операция была необходима для того, чтобы набрать скорость и направиться к конечной цели миссии — планете Юпитер.

В ближайшие годы JUICE предстоит еще несколько сложных гравитационных маневров, включая пролеты мимо Венеры и два возвращения к Земле прежде, чем он достигнет Юпитера в 2031 году.

Максимальное сближение с Луной произошло в 21:15 UTC 19 августа. Аппарат пролетел в 700 км от поверхности Луны. Максимальное сближение с Землей зарегистрировано в 21:56 20 августа — в этот момент космический исследователь приблизился к Земле на расстояние 6 820 км от поверхности планеты.

Пролет Луны увеличил скорость станции на 0,9 км/с относительно Солнца, направив JUICE к Земле. Сближение с нашей планетой уменьшило скорость зонда на 4,8 км/с относительно Солнца, направив его на новую траекторию к Венере.



... и Земли, полученные камерами JUICE. Фото ESA/Juice/JMC

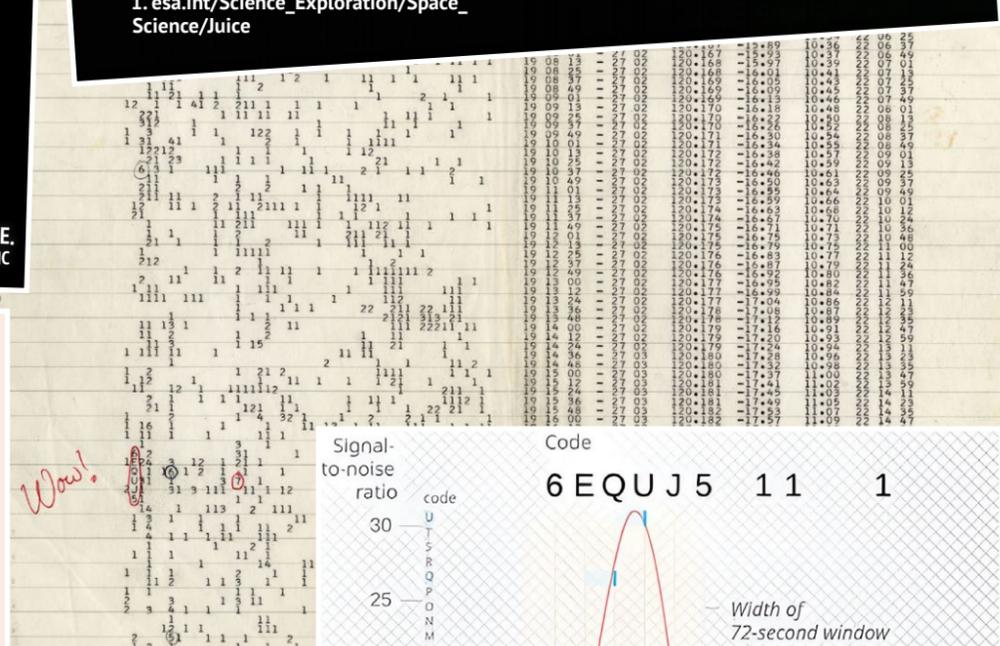
Изображения Луны...

В целом двойной гравитационный маневр отклонил JUICE на угол 100° по сравнению с его траекторией до пролета.

В сообщении космического агентства отмечается, что рискованный гравитационный маневр помог сократить время полета станции к Юпитеру и сэкономить от 100 до 150 кг топлива, которое можно будет использовать для исследования ледяных лун газового гиганта.

JUICE предназначен для изучения трех крупнейших спутников Юпитера — Европы, Каллисто и Ганимеда. Особенно интересен Ганимед, который также является самой большой лунной в Солнечной системе. JUICE, как надеются, ученые, поможет раскрыть тайны подповерхностных океанов этих спутников, что в свою очередь должно привести к важным открытиям, связанным с возможностью существования жизни за пределами Земли.

1. esa.int/Science_Exploration/Space_Science/Juice



Страница компьютерной распечатки с сигналом Wow! (The Ohio History Connection Collections)

Это изображение представляет собой график зависимости интенсивности сигнала Wow! от времени. Автор: Maxrossomachin

NGC 6744 от DECam

Сотрудники научного центра NOIRLab опубликовали новый снимок, сделанный камерой темной энергии (DECam) [2]. На нем запечатлена галактика NGC 6744. Особенность этой галактики в том, что она весьма похожа на наш Млечный Путь.

NGC 6744 расположена на расстоянии порядка 31 млн световых лет от Земли по направлению к созвездию Павлина. Как и Млечный Путь, NGC 6744 является спиральной галактикой с перемычкой. Снимок DECam позволяет во всех подробностях и с высокой детализацией рассмотреть ее светящееся ядро и вытянутые спиральные рукава, усыпанные большим количеством звездных скоплений. Они простираются на 175 тыс. световых лет. Да, это больше диаметра диска Млечного Пути, но по своей морфологии две галактики очень похожи, поэтому специалисты нередко называют их двойниками.

Если присмотреться к снимку, то справа внизу от NGC 6744 в конце спирального рукава можно заметить тусклое пятно. Перед нами ее галактика-компаньон, получившая обозначение NGC 6744A. Эта деталь также роднит далекую NGC 6744 с нашей галакти-

кой. Ее взаимодействие с галактикой-компаньоном аналогично взаимодействию между Млечным Путем и Большим Магеллановым Облаком. Поскольку мы находимся внутри Млечного Пути, то, естественно, не можем сфотографировать его со стороны, но снимок NGC 6744 дает довольно неплохое представление о том, как наша галактика выглядит для внешнего наблюдателя.

Снимок NGC 6744 получен в рамках реализации программы DESI Legacy Imaging Surveys, ее цель — создание самой обширной 3D-карты ночного неба. Для этого и используется DECam, смонтированная на четырехметровом телескопе имени Виктора Бланко — это один из наиболее совершенных астрономических инструментов современности. Камера способна получать детальные изображения слабых астрономических объектов и выявлять тонкие закономерности космических структур, сформированных под влиянием темной энергии и темной материи.

Ранее ту же галактику наблюдал телескоп Euclid, запечатлевший одну из крупнейших спиральных галактик за пределами нашего участка космоса в высокой степени детализации.

- 2. noirlab.edu/public/images/iotw2434/
- 3. esa.int/ESA_Multimedia/Images/2024/05/Euclid_s_new_image_of_spiral_galaxy_NGC_6744

NGC 6744. Dark Energy Survey/DOE/FNAL/DECam/CTIO/NOIRLab/NSF/AURA



Минус еще одна загадка

Радиотелескоп Big Ear Университета штата Огайо в далеком 1977 году принял сигнал странной и мощный, один из самых известных и интригующих сигналов внеземного происхождения. Принявший его астроном Джерри Эйман отметил его возгласом Wow! — «Ух ты!»

В рамках проекта Arecibo Wow, целью которого стал поиск похожих сигналов в архивных данных обсерватории Аресибо, с 2017 по 2020 год ученые наблюдали множество представляющих интерес объектов на частоте от 1 до 10 ГГц с помощью 305-метрового телескопа. Итоги представлены на сервере препринтов arXiv.org [4]. В частности, были опубликованы результаты сканирования, выполненные в период с февраля по май 2020 года на частоте 1420 МГц. Методы, частота и полоса пропускания этих наблюдений аналогичны тем, что использовались для обнаружения сигнала Wow! Разница в том, что на этот раз данные получены с большей детализацией и имеют лучшее временное разрешение с уточнением поляризации сигналов.

Астрономы попытались найти естественное объяснение этому феномену. В рамках нового поиска они обнаружили четыре похожих сигнала, исходящих из окрестностей красного карлика, который находится на расстоянии в 12,5 светового года от Земли. Проанализировав полученные данные, ученые сделали вывод, что подобные сигналы связаны с межзвездными облаками холодного водорода.

Таким образом, сигнал Wow! может считаться мощной вспышкой излучения, прошедшей через водород, что порождает радиоволны на частоте 1420 МГц. Это привело к возникновению естественного астрофизического микроволнового лазера (мазера), который и удивил Джерри Эймана.

Исследователи, впрочем, полагают, что эту мощную вспышку выдал не красный карлик, а магнитар — нейтронная звезда с сильным магнитным полем, примечательная своими быстрыми радиовсплесками. По их мнению, световой импульс, проходя через водород, вызвал стимулированное излучение. Такое событие крайне редко, что и объясняет лишь однократное появление сигнала Wow!

Авторы статьи считают, что сигнал Wow! стал первой зарегистрированной вспышкой астрономического мазера в линии водорода.

4. arxiv.org/abs/2408.08513

► **Пылевые выбросы в NGC 891**

Странным бы был выпуск очередных астрономических, если бы в нем не упоминался космический телескоп «Джеймс Уэбб» (JWST). На сервере препринтов arXiv.org опубликована статья группы астрономов, использовавших данные телескопа JWST при наблюдениях близлежащей спиральной галактики, числящейся под обозначением NGC 891 [5].

Обнаруженная в 1784 году, NGC 891 (также известная как Caldwell 23 (по каталогу Колдуэлла), или галактика Серебряная Щепка) представляет собой галактику, расположенную примерно в 30 млн световых лет от нас в направлении созвездия Андромеды. Она имеет размер около 100 тыс. световых лет и классифицируется как обычная галактика, имеющая большое сходство с Млечным Путем, но с немного более высокой скоростью звездообразования (SFR).

Группа астрономов решила исследовать окологалактическую среду NGC 891 с помощью инструмента JWST MIRI, получающего данные в средней инфра-

красной области, и камеры ближнего инфракрасного диапазона NIRCam. Всё это позволило обнаружить выброс пыли на расстоянии в 13 тыс. световых лет от диска NGC 891 (в виде нитей, дуг и суперпузырей).

Оказалось, что некоторые из нитей объединяются вновь в средней плоскости, с областями высокой скорости звездообразования в NGC 891. Это открытие позволяет предположить, что галактические ветры с обратной связью играют важную роль в регулировании барионного круговорота.

Кроме того, наблюдения выявили в NGC 891 наличие пыли в виде мелкодисперсных частиц, а также, вероятно, полициклических ароматических углеводородов (ПАУ). Пытаясь объяснить выживание пылевого материала в течение нескольких десятков миллионов лет после того, как он был выброшен галактическими ветрами в область гало, астрономы предлагают два наиболее правдоподобных сценария.

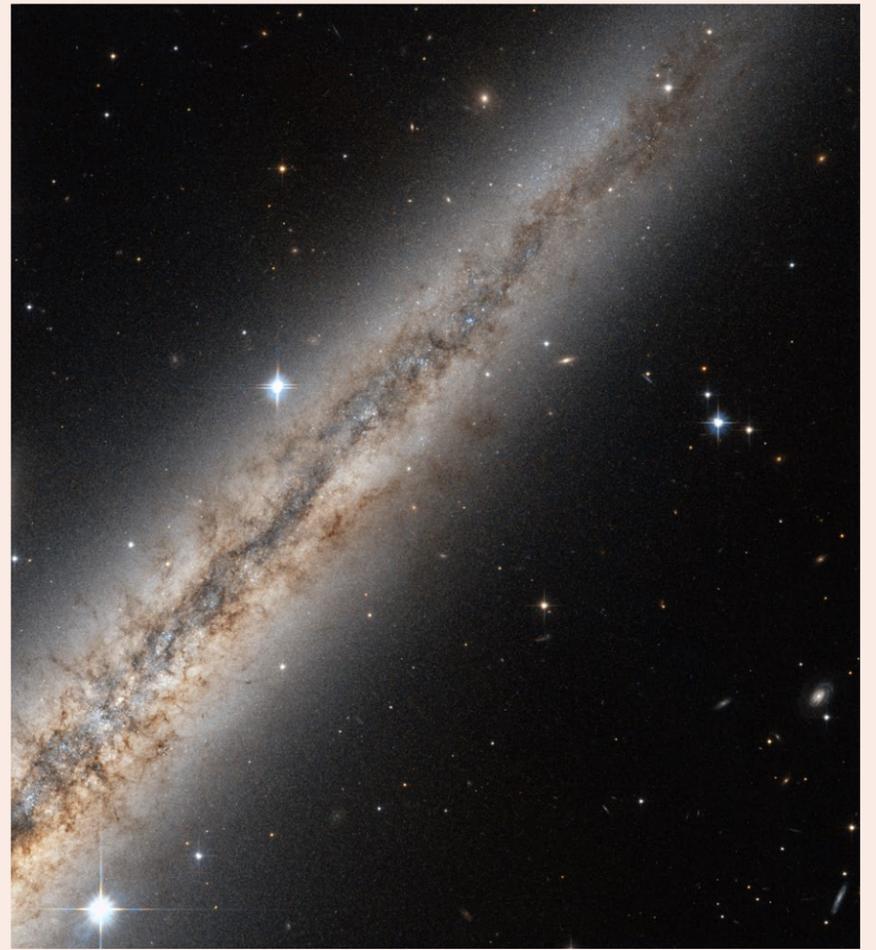
Эти маленькие зерна могли присутствовать в карманах плотного материала и быть защищены от ионизирующего излучения, этот сценарий согласуется как с моделированием, так и с данными литературы

о выбросах. Излучение также может исходить от поверхностных слоев облаков, где разницы в скорости ветра между горячим и менее прогретым газом достаточно для создания слоя смешивания, пополняемого охлаждающим материалом из горячей газовой фазы, что также подтверждается симуляцией.

По мнению авторов, необходимо провести дальнейшие спектроскопические наблюдения CGM в NGC 891, чтобы выяснить, какая из гипотез верна.

5. arxiv.org/abs/2408.08026

Многоцветное изображение NGC 891 в основных цветах, полученное инструментами JWST



Изображение номера – NGC 891

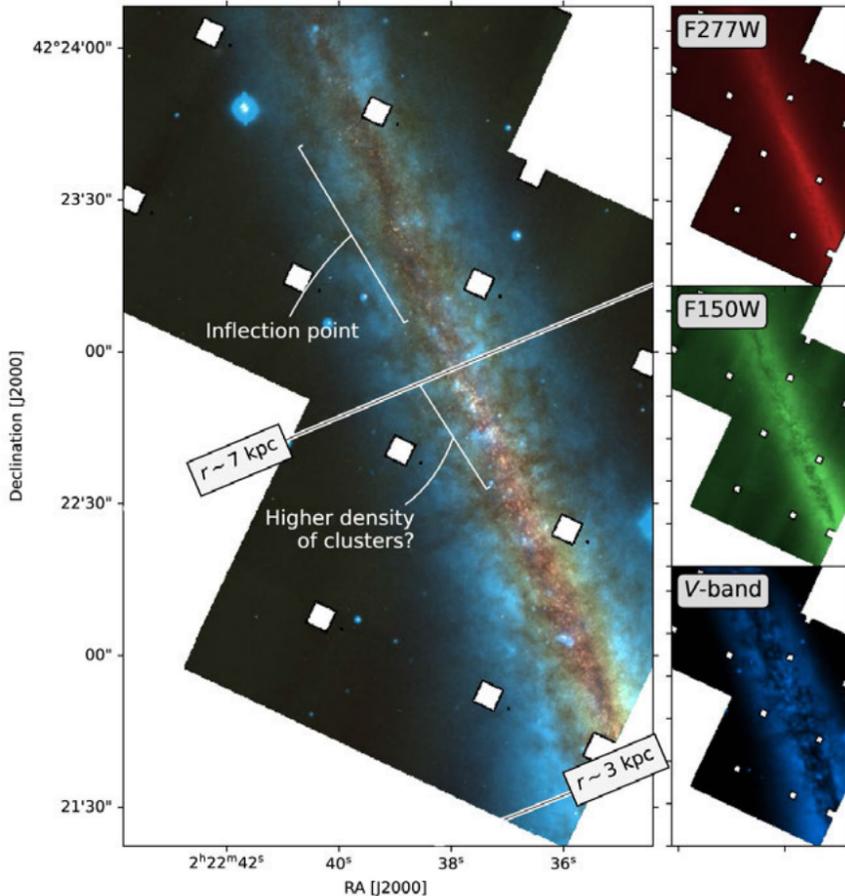
ESA / Hubble & NASA; Acknowledgment: Nick Rose

Пусть NGC 891 и будет галактикой этого номера нашей газеты. Только данное изображение представлено уже другим телескопом – ветераном космических наблюдений «Хабблом».

NGC 891 (Caldwell 23) – спиральная галактика без перемычки, расположенная так, что мы видим ее как бы «с ребра». Она была обнаружена Уильямом Гершелем 6 октября 1784 года. Галактика является членом группы галактик NGC 1023 в Местном сверхскоплении.

На этом снимке «Хаббла», полученном в видимом и инфракрасном свете с помощью усовершенствованной обзорной камеры ACS, «желтковая» часть галактики отсутствует и уходит за нижний левый угол. Несколько звезд Млечного Пути на переднем плане ярко светят, в то время как более удаленные галактики видны в правом нижнем углу изображения.

Патрик Колдуэлл-Мур, создатель каталога Колдуэлла, однажды сказал, что галактика NGC 891 в целом выглядит как «два жареных яйца, прижатых друг к другу».



НА ПЕРЕДНЕМ КРАЕ

The Very Long Baseline Array

Рис. 5



что это был самый первый эксперимент, в котором была измерена фундаментальная скорость гравитации без непосредственного наблюдения гравитационных волн, а опосредованно, через гравитационное отклонение лучей света в переменном гравитационном поле Юпитера.

– Большое спасибо. Было очень интересно. Я узнал для себя много нового. Надеюсь, еще раз как-нибудь встретимся.

– Взаимно. До свидания! Спасибо большое.

В дальнейшем мы продолжим разговор на эти темы

Окончание.
Начало см. на стр. 4–5

приравнена Эйнштейном к скорости света. Но тонкость в том, что гравитационный сектор общей теории относительности и электромагнитный сектор теории Максвелла на самом деле фундаментально различны. Мы считаем и верим в то, что скорость света универсальна, и в каждом из секторов четырех фундаментальных взаимодействий эта скорость одна и та же. Но этот факт в случае гравитации надо было проверить экспериментально. И вот именно это мы и проверили.

Мы измеряли величину универсальной скорости в гравитационном секторе общей теории относительности. Именно эта скорость, а не скорость света в теории Максвелла на самом деле задает скорость распространения гравитационных волн в общей теории относительности.

После проведения эксперимента и публикации его результатов было много шума и споров насчет того, как интерпретировать этот эксперимент. Сейчас они стихли, но на протяжении двух лет была довольно интенсивная, живая дискуссия. Кто-то очень хвалил меня, кто-то очень меня ругал, говоря, что я измерил скорость луча света

в этом эксперименте – и больше ничего. Ну да, эта скорость – универсальная константа, но она представлена в обсуждаемом эксперименте именно в гравитационном секторе. Скорость света тоже использовалась, но только как величина, по отношению к которой измерялась фундаментальная скорость в гравитационном секторе. И эта константа на самом деле могла бы иметь другую величину, но оказалась точно той же самой, как и предполагал Эйнштейн.

Вот так я проверял общую теорию относительности.

– Спасибо, очень интересно. Так все-таки скорость света и скорость гравитации одинаковы? Или же есть небольшая разница?

– Согласно нашему эксперименту, скорость гравитации и скорость света оказались равны. Эксперимент был очень сложным и очень точным с астрометрической точки зрения, но все-таки в силу того, что величина эффекта была очень маленькой, нам удалось проверить равенство этих скоростей только с точностью до 10%. В настоящее время люди, которые занимаются исследованием гравитационных волн – и гравитационные волны уже были открыты, – измерили скорость гравитации непосредственно по гравитационным волнам. В этих новых экспериментах точность определения скорости гравитации существенно выше – порядка 1%. Вот такая ситуация на сегодняшний день: 1%, а в нашем эксперименте было 10%. Но важно отметить,

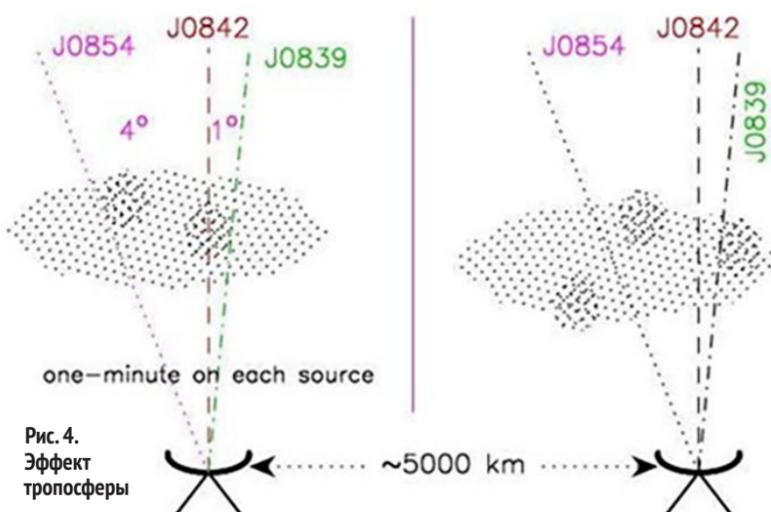
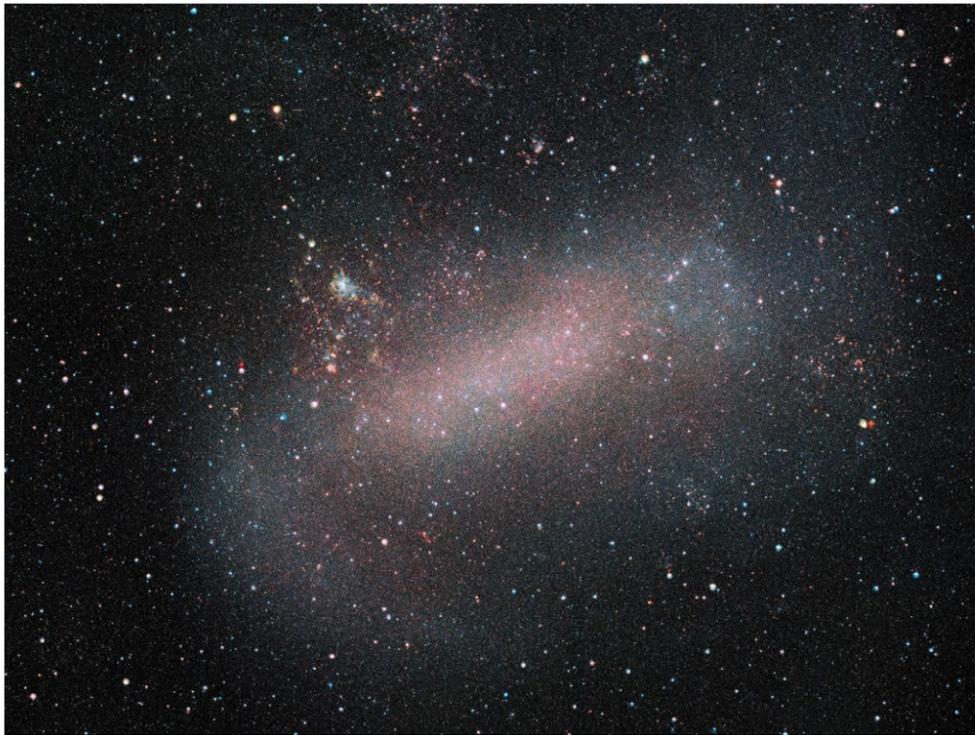


Рис. 4.
Эффект тропосферы



Изображение Большого Магелланова Облака в инфракрасном диапазоне, полученное с помощью телескопа Vista (ESO/VMC Survey)

Реликтовые черные дыры и темная материя



Алексей Левин

Астрофизики из Польши, Британии и Израиля опубликовали итоги анализа данных, собранных в ходе двадцатилетних оптических наблюдений Большого Магелланова Облака, которые проводились для того, чтобы выявить события, связанные с присутствием гипотетических первичных черных дыр в этом звездном скоплении. Согласно ряду космологических теорий, такие дыры не только входят в состав темной материи, но и при выполнении определенных условий могут быть ее главным и даже единственным компонентом. Теперь ученые из Варшавского университета, Уорикского университета в британском Ковентри и отдела физики частиц и астрофизики Института имени Вейцмана в израильском Реховоте пришли к выводу, что даже если первичные черные дыры в наше время реально существуют, то их доля в общей массе темной материи вряд ли превышает несколько процентов. Этот результат представлен в статье в журнале *Nature*¹.

¹ Przemec Mróz et al. No massive black holes in the Milky Way halo. *Nature*, Vol. 632, 22 August 2024, 749–751. [nature.com/articles/s41586-024-07704-6](https://www.nature.com/articles/s41586-024-07704-6)

Современная концепция эволюции мироздания определяется Стандартной космологической моделью с нерелятивистской холодной темной материей и темной энергией (для краткости — моделью Λ CDM, она же Concordance Model). Согласно Λ CDM, Вселенная примерно на 68% состоит из темной энергии, на 27% — из темной материи и на 5% — из обычного (барионного) вещества (плюс малые добавки от фотонов и очень легких нейтрино, если таковые присутствуют в космическом пространстве). Физическая природа темной материи и энергии пока не установлена и служит предметом активных дискуссий. Однако очень важно, что при всем при том модель Λ CDM хорошо согласуется практически со всем арсеналом данных наблюдений.

Большинство специалистов полагает, что темная материя состоит, скорее всего, из так называемых вимпов, стабильных и достаточно массивных реликтовых частиц, которые взаимодействуют с барионной материей только посредством короткодействующих слабых сил и действующей гравитации. Многолетний поиск подобных частиц пока ни к чему не привел, несмотря на трату огромных человеческих, материальных и финансовых ресурсов. Есть, однако, и другие кандидаты, включая так называемые реликтовые (или первичные, primordial) черные дыры. Под этим термином понимают своего рода консерваты гравитационного поля, которые возникли в самые ранние эпохи существования Вселенной либо из вакуумных флуктуаций квантовых полей (например, инфлатонного поля), либо из сверхплотных сгущений горячей космической материи, вызывавших сильные локальные деформации метрики пространства. Те из деформаций, которые сохранили стабильность вплоть до нашей космологической эпохи, должны наблюдаться в виде черных дыр. Очень важно, что рождение таких дыр никак не связано с гибелью самых массивных звезд, исчерпавших свое термоядерное топливо и претерпевших гравитационный коллапс. Пока что реликтовые черные дыры не обнаружены ни в каких наблюдениях.

Теперь перейдем к статье в *Nature*. Пржемекек Мроз и его коллеги обратились к итогам фото-

метрических наблюдений Большого Магелланова Облака (БМО), самого крупного и массивного галактического спутника Млечного Пути. БМО удалено от нас на смехотворное по космологическим масштабам расстояние, около 50 кпк (163 тыс. световых лет). Эта дистанция всего в пять раз превышает его собственный поперечник, около 10 кпк. Долгое время БМО считали ближайшим сателлитом Млечного Пути, однако 30 лет назад астрономы открыли карликовую галактику, удаленную на 20 кпк. А в 2003-м стало известно о существовании в созвездии Большого Пса карликовой галактики, которая расположена всего в 25 тыс. световых лет от нас (8 кпк) и в 42 тыс. световых лет от центра Млечного Пути. Барионная масса БМО определена с изрядной погрешностью, но по порядку величины она равна 10 млрд солнечных масс — плюс еще 138 миллиардов, если учесть темную материю. В отличие от нашей галактики, центр БМО, насколько сейчас известно, лишен сверхмассивной черной дыры.

Наблюдения, о которых идет речь, проводились в рамках третьего и четвертого раундов проекта OGLE (Optical Gravitational Lensing Experiment), которые растянулись на два десятилетия. В ходе этих двух раундов был проведен мониторинг оптических сигналов 78,7 млн звезд с видимой яркостью не менее 22-й звездной величины (это приблизительно 0,3% звездной популяции БМО). Сигналы проверялись на предмет выявления эффекта микролинзирования, иначе говоря, отклонения звездного света компактным гравитирующим объектом, расположенным между звездой и Землей. Микролинзирование временно увеличивает видимую яркость звезды, а также при определенных условиях размывает ее изображение или создает другие оптические aberrации, например так называемые эйнштейновские кольца либо дуги. Источником гравитационного возмущения могут быть любые центры тяготения, включая, конечно, и гипотетические первичные черные дыры.

Изменение яркости светила и другие эффекты микролинзирования можно обнаружить с помощью совмещенных с телескопом фотометриче-

ских приборов. Возможность подобных измерений впервые пришла в голову известному норвежскому астроному Сьюре Рефсдалу еще в 1960-е годы, но он как-то ей не заинтересовался. В начале 1980-х аспирантка Кембриджского университета Мария Петру рассмотрела этот эффект в своей диссертации, но ничего не опубликовала. В итоге признанная международным астрономическим сообществом пальма первенства в этом деле досталась выпускнику Варшавского университета, а впоследствии профессору Принстона, блестящему астрофизику Богдану Пачинскому. В 1986 году он не только предложил использовать гравитационное микролинзирование для поиска носителей темной материи и четко объяснил, как это сделать на практике, — именно он и стал инициатором проекта OGLE.

Авторы публикации в *Nature* выявили 13 событий менее чем годовой продолжительности, которые прошли через все фильтры отбора и могли с достаточным основанием рассматриваться как примеры микролинзирования звездного света гравитирующими объектами, расположенными внутри Большого Магелланова Облака. Разумеется, это не обязательно должны были быть черные дыры, послезвездные или реликтовые. В этом качестве вполне могли выступать коричневые карлики, очень тусклые и потому невидимые звезды главной последовательности или, скажем, нейтронные звезды. Однако вычисления, основанные на известных данных о геометрии и звездной структуре Большого Магелланова Облака, показали, что если бы темная материя состояла исключительно из реликтовых черных дыр с массой порядка одной сотой массы Солнца, то за двадцать лет они должны были проявить свое присутствие как минимум в 1100 наблюдениях микролинзирования. Для черных дыр солнечной массы можно было ожидать 554 таких события, для дыр в десять солнечных масс — 258, в сто солнечных масс — 99, в тысячу солнечных масс — 27 событий.

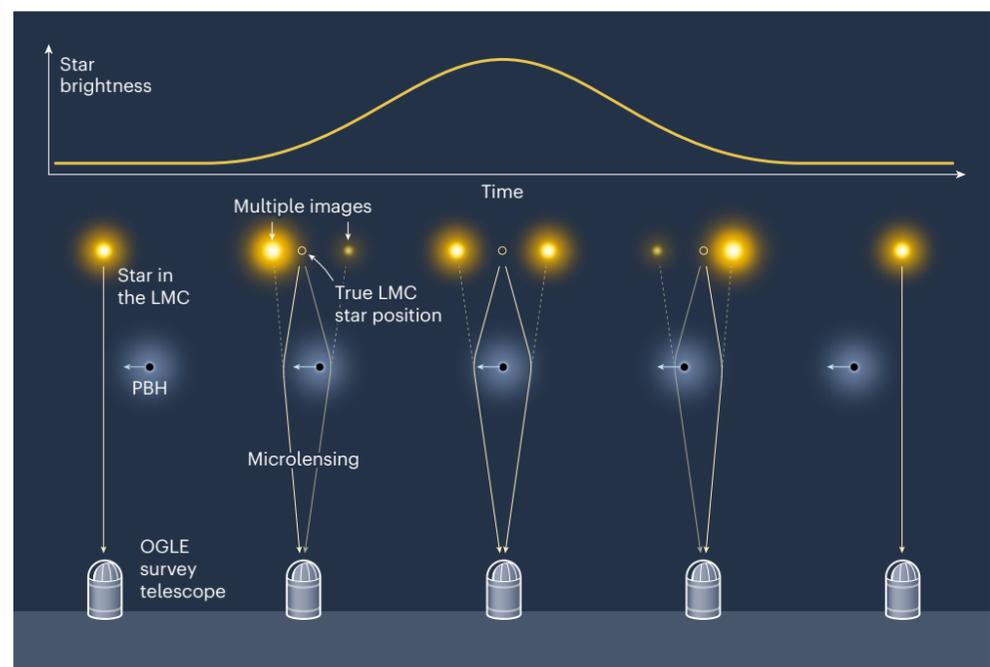
Эти результаты уже сами по себе показывают, что наличие первичных черных дыр в составе темной материи маловероятно. Однако в статье даны и более конкретные оценки. Как показывает детальный статистический анализ, выполненный в ходе этого исследования, доля реликтовых черных дыр с массами в диапазоне от $1,8 \times 10^{-4}$ до 6,3 массы Солнца в общей плотности массы темной материи не может превышать 1%. Даже если расширить диапазон допустимых масс до сегмента от $1,3 \times 10^{-5}$ до 860 масс Солнца, эта доля вырастет только до 10%. В любом случае, если первичные чер-

ные дыры и существуют, они, скорее всего, не могут оказаться доминирующим компонентом темной материи. Кроме того, только что обнаруженные результаты практически опровергают вероятность гипотезы, согласно которой некоторые приходы волн тяготения, зарегистрированные в последние годы гравитационными детекторами, могут объясняться столкновениями реликтовых, а не послезвездных черных дыр.

Теперь отдадим должное проекту OGLE. Он осуществляется с 1992 года Варшавским университетом под руководством одного из авторов статьи профессора Анджея Удальского, который очень успешно продолжает дело Пачинского. Главная цель проекта состоит в изучении структуры нашей галактики и обоих Магеллановых Облаков — Большого и Малого — с особым акцентом на наблюдение и классификацию переменных звезд и событий микролинзирования. В ходе первого раунда (1992–1995) его участники использовали телескоп с метровой апертурой «Герниетта Своуп», установленный в 1971 году в только что открытой Обсерватории Лас-Кампанас, расположенной в чилийской пустыне Атакама (телескоп назван в честь американского астронома Герниетты Хилл Своуп (1902–1980), которая внесла немалый вклад в изучение переменных звезд). Для следующих трех раундов применялся специально разработанный телескоп Варшавской южной обсерватории с апертурой 1,3 м, установленный также в Лас-Кампанас. В 2010 году, с начала четвертого раунда, его оснастили действующей и поныне 32-чиповой мозаичной ПЗС-камерой высокого разрешения. Помимо звездных наблюдений, участники проекта ведут поиск внесолнечных планет, который к настоящему времени увенчался как минимум семнадцатью открытиями. Однако им так и не удалось обнаружить ни одной черной дыры в гало Млечного Пути, что они, судя по всему, считали бы своим главным призом².

И вот что надо подчеркнуть в заключительном абзаце. Результаты Пржемекек Мроза и его коллег вовсе не исключают возможности современного существования первичных черных дыр. Теории их возникновения не позже, чем через одну секунду после Большого взрыва, предсказывают широкий спектр их начальных масс — от 10^{-5} г до 10^9 масс Солнца. Однако новые результаты позволяют как минимум сильно усомниться в реальности реликтовых черных дыр тех же масс, что и дыры, оставшиеся после взрывов массивных звезд (т. е. лежащих в диапазоне от трех до пятидесяти солнечных масс), либо возникших в результате их последующих двух или нескольких слияний. Дальнейшее подтверждение этого вывода, если таковое случится, стало бы весьма нетривиальным вкладом в астрофизику и космологию. ♦

² Графическую информацию о «Варшавском телескопе» можно найти по адресу ogle.astrouw.edu.pl/cont/8_photogallery/gallery_lco.php



Поиск первичных черных дыр с помощью эффекта микролинзирования. Черные дыры, образовавшиеся в ранней Вселенной, можно обнаружить с помощью наблюдений звезд в Большом Магеллановом Облаке. В ходе двадцатилетнего исследования OGLE обнаружено 13 кандидатов, выявленных с помощью эффекта микролинзирования, при котором объект отклоняет и искажает свет от фоновой звезды, создавая многократно увеличенные ее изображения. Копии невозможно различить, потому что они слишком близки друг к другу, но их суммарная яркость дает характерное увеличение светового потока. Мроз и др. использовали эффект микролинзирования для проверки гипотезы, что первичные черные дыры могут составлять значительную часть темной материи в нашей галактике (илл.: Eamonn Kerins. Black holes are too scarce to explain dark matter. *Nature*. Vol 632, 22 August 2024, p. 743)

Календарь фантастики

16 августа: Отец журнальной НФ



140 лет назад родился **Хьюго Гернсбек** (Hugo Gernsback, 1884–1967), американский писатель и издатель, основатель первого американского специализированного НФ-журнала *Amazing Stories*, автор романа «Ральф 124С41+».

Хьюго Гернсбек всю свою долгую жизнь занимался изобретательством, получил около 80 патентов, основал около 60 разнообразных журналов, получив за это премию «Хьюго», названную так в его честь, в 1960 году в качестве «отца журнальной научной фантастики». А много раньше, в 1915 году, Гернсбек впервые употребил в журнале в значении «научная фантастика» термин *scientifiction*, соединив слова *scientific* и *fiction* — этот термин впоследствии закрепился в английском языке в виде *science fiction*.

16 августа: И вниз, и вверх!

70 лет назад родился **Джеймс Фрэнсис Камерон** (James Francis Cameron, р. 1954), американский режиссер, снявший кинофильмы «Терминатор», «Терминатор-2: Судный день», «Чужие», «Бездна», «Аватар» и др.

Помимо режиссерских успехов (автор самых кассовых фильмов всех времен), Камерон — исследователь подводного мира, член Национального географического общества, защитник окружающей среды. Свой 56-й год рождения 16 августа

2010 года Камерон отметил на дне озера Байкал на борту батискафа «Мир-1». А в 2012 году он стал первым человеком, который в одиночку спустился на дно Марианской впадины в подводном аппарате *Deepsea Challenger*. Мало того, Камерон является членом консультативного совета NASA и работает над проектом установки видеокамер в предстоящей пилотируемой миссии на Марс, участвовал в сборе средств на создание Марсианского общества.



17 августа: До умопомрачения увлекалась фантастикой



100 лет назад родилась **Лидия Алексеевна Обухова** (1924–1991), русская писательница, автор повести «Лилит», сборника рассказов «Диалог с лунным человеком», нескольких книг о Юрии Гагарине.

В одном из интервью Лидия Обухова так объясняла свое обращение к фантастике: «Почему я взялась писать фантастику („Лилит“, „Диалог с лунным человеком“), будучи уже признанным „бытовиком“ и реалистом? Отгадка проста: как и все в те годы, до умопомрачения увлекалась этим жанром. Читала всё подряд, а жажда всё равно не проходила. В те годы моей настольной книгой была „Туманность Андромеды“ Ефремова (кстати, я хорошо была знакома с Иваном Антоновичем и многие его идеи получала, что называется, из первых рук). Но некоторые вещи — например, проблемы будущего устройства общества, стойкость (или беспомощность) человеческой души перед новизной — то, о чем страстно хотелось прочесть, — у других писателей не находила. Возвращаясь к вашему предыдущему вопросу, пожалуй, готова признать, что полоса безвременья, общественного застоя, захватившая конец шестидесятых и семидесятые годы, возможно, отчасти повлияла на поголовное увлечение фантастикой как иллюзорным способом выйти из тупика».

21 августа: Гармоничная красавица

95 лет назад родилась **Алида Вия Фрицевна Артмане** (Alīda Vija Artmane, 1929–2008), латышская актриса, исполнительница ролей в спектаклях «Гамлет» (Офелия), «Илья Муромец» (Патигола), «Дон Жуан» (Донна Анна), «Женитьба Мюнхгаузена» (Якобина), в кинофильмах «Туманность Андромеды» (Веда Конг), «Стрелы Робин Гуда» (Кэт), «Тайна Снежной королевы» (Госпожа Осень).

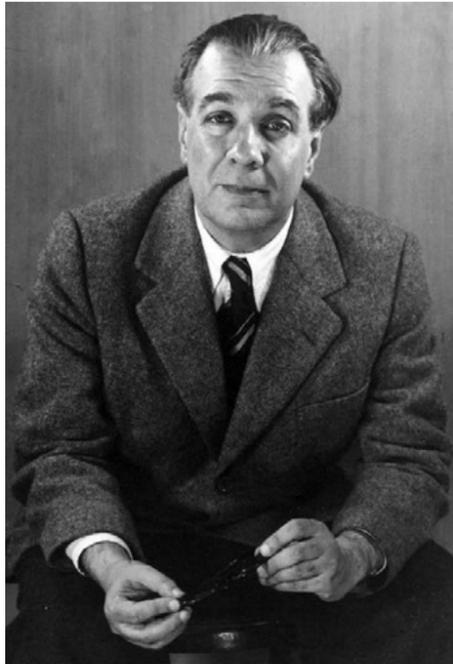
Одна из самых известных киноактрис Советского Союза. Среди коллег она отличалась силой воли и гармонией между разумом и эмоциями. Именно ее выбрал режиссер Евгений Шерстобитов на роль Веды Конг в фильме «Туманность Андромеды» — подруги начальника звездной экспедиции Эрга Ноора, описанной в романе Ивана Ефремова так: «В его каюте есть два стереопортрета в чудесном фиолетово-золотистом цвете. На обоих — она, красавица Веда Конг, историк древнего мира, с прозрачным взглядом голубых, как земное небо, глаз под крылатым взмахом длинных бровей. Загорелая, ослепительно улыбающаяся, поднявшая руки к пепельным волосам. И хохочущая на медной корабельной пушке — памятнике незапамятной древности».



24 августа: Фантастический философ

125 лет назад родился **Хорхе Луис Борхес** (Jorge Luis Borges, 1899–1986), аргентинский писатель, поэт, эссеист, автор сборников «Вымыслы», «Алеф», «Сообщение Броуди», «Книга песка», «Книга воображаемых животных», «Руководство по фантастической зоологии» (с Маргаритой Герреро).

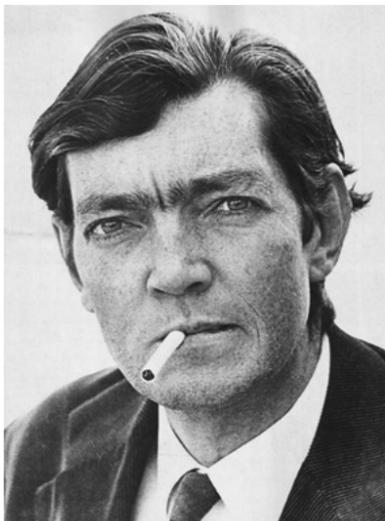
Станислав Лем не любил, когда его сравнивали с Борхесом. Тем не менее в «Фантастике и футурологии» Лем посвятил главу о фантастической философии именно Борхесу и сравнивает там темы нескольких своих произведений с рассказами Борхеса. Оценивая творчество Борхеса в целом, Лем говорит: «Его труд, как уже было сказано, онтологичен, но одновременно имеет мифологический характер; он представляет собою смеси философии и мифов, оклеенные лозунгами торжественной и вечной, как бы сверхвременной значимости. Поэтому все его эвтопии и дистопии размещаются там, где сходятся системная теология или религиология, философия и легенда; столь тщательный выбор Борхеса от фатально засасывающего воздействия пучины, именуемой *Science Fiction*, а поскольку он не позволил ей себя всосать, то уже одним этим заслужил внимание литературной критики, хотя одновременно с этим отлучил свои произведения от участия в футурологических штурмах».



26 августа: Магический реализм на марше

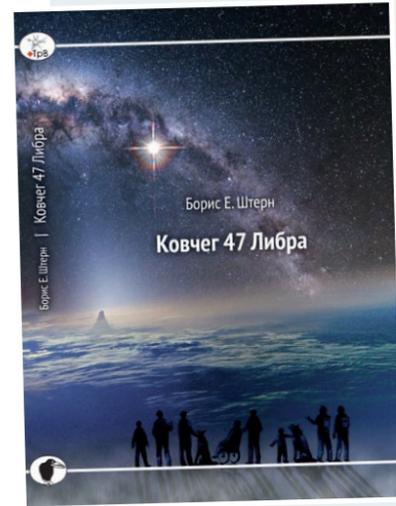
110 лет назад родился **Жюль Флоренсио (Хулио) Кортасар** (Julio Cortázar, 1914–1984), аргентинский писатель, автор романов «62. Модель для сборки», «Экзаммен», сборников «Маленький рай», «Истории хронопов и фамов» и др.

Интересны взаимоотношения двух аргентинских классиков. С одной стороны, Борхес в 1946 году опубликовал в своем журнале «Летописи Буэнос-Айреса» один из ранних рассказов Кортасара «Захватный дом». С другой — они признавали литературный талант друг друга, но их разделяли непримиримые политические взгляды: крайне правые у Борхеса и левые у Кортасара, а потому они избегали общения между собой. Борхеса Кортасар считал реакционером, а тот в свою очередь считал Кортасара коммунистом. Единственная задокументированная их встреча произошла в 1964 году в Париже, когда они случайно столкнулись в здании ЮНЕСКО: «Они тепло приветствовали друг друга и даже, что удивило Кортасара, дружески обнялись и поболтали несколько минут».



Владимир Борисов

Три научно-фантастические книги Бориса Штерна, изданные «Троицким вариантом», появились на «Озоне»



«Ковчег 47 Либра»

Довольно известная книга о колонизации экзопланеты в реалистичном и драматически-оптимистичном сценарии. Ее тираж практически разошелся, выставлены последние два десятка. Переиздание планируется в ближайшем месяце.

ozon.ru/product/1651493836

«Ледяная скорлупа»

История цивилизации жителей подледного океана Европы — спутника Юпитера. Физически эти существа смахивают на головоногих моллюсков, но по духу антропоморфны. В книге излагается история постижения европейцами окружающего мира, что хорошо воспринимается школьниками, но есть и моменты, полезные для научных работников среднего возраста. Само собой — социальная сатира с намеком на обитателей другой планеты. Книга только что переиздана, на сей раз в твердом переплете.

ozon.ru/product/1649404065



«Феникс сапиенс»

Оптимистический постапокалипсис. Цивилизация гибнет от сущей ерунды, которую двести лет назад едва ли бы заметили, и возрождается через тысячи лет. Далекие потомки расследуют причины гибели цивилизации. Приключения и путешествия трех групп похожих друг на друга героев, разделенных во времени тысячами лет.

ozon.ru/product/1591931886



Деревянные глаза и подстриженные ресницы

Между Пиноккио и Буратино есть одно существенное различие: как возникают их глаза. Глаза Пиноккио делает мастер Джеппетто, ставя целью добиться идеального мимесиса: чтобы деревянный мальчик был актером, совсем как живой, и зарабатывал ему на жизнь. То есть он должен стать во всем как человек, с живым взглядом, стать идеальным симулякром, и тогда он обещает ему деньги и власть:

«Найдя имя для своего деревянного человечка, он стал прилежно работать. Сначала он сделал ему волосы, потом лоб и наконец глаза.

Когда глаза были готовы, он заметил — *представьте себе его удивление!* — что они моргают и в упор глядят на него. Уловив пристальный взгляд деревянных глаз, Джеппетто почувствовал себя не в своей тарелке и сказал с досадой:

— *Глупые деревянные глаза, чего вы на меня вытаращились?*

Но никто ему не ответил¹.

Иначе говоря, репрезентация оказывается самостоятельной в том, что она глядит на своего создателя, захватывает его взглядом. Он начинает говорить, но может только ругаться, потому что его творческая речь тоже захвачена безмолвной куклой, которая до этого, будучи поленом, только ругалась. Обретя взгляд, она лишила собственного создателя речи.

Карло Гинзбург в одной из статей сборника «Деревянные глаза»² исследовал философию иконы западного Средневековья — чья статуя называлась «репрезентацией», представлением самой истины, — но именно ее непосредственное присутствие, крупный план, взгляд крупным планом, не позволял говорить о происходящем напрямую. Вместо дискурсивного обеспечения разговора появлялся Авторитет, своим захватом горизонта освещавший любой взгляд крупным планом. Если следовать Гинзбургу, споры об авторитете Писания или Предания, споры Реформации и Контрреформации, следуют из этого кинематографического эффекта куклы: что она буквально тарашит, смотря напрямую на тебя и лишая тебя привычной речи как раз тогда, когда сама замолкает, а только всецело что-то репрезентирует.

Пиноккио поэтому — герой континентальной философии, осуществляющей критику власти и ее речи, — ему не случайно посвятил несколько важнейших рассуждений Джорджо Агамбен³. Для Агамбена Пиноккио — это присутствующее отсутствие, это заброшенный в дальний угол волшебный помощник, парадокс и катахреза⁴, грациозный в своей искусственности и совершенно неуловимый в своей естественности. Это инструмент, с помощью которого сама природа, в том числе природа человека, играет с собой в прятки, уходя от соблазнов власти, от того, чтобы принять свое сознание за единственную инстанцию принятия решений.

Пиноккио — это «лишняя кукла», как «лишний человек» в русской литературе, он ничего не может дать миру, у него нет ничего ни в душе, ни за душой, но именно поэтому он обещает, что всё будет хорошо в мире скупом и помешанном на благополучии, с его всегда ложными речами. Пиноккио по Агамбену просто знает, что его поучительность уже всем предьявлена, и, значит, мир не безнадежен даже тогда, когда ведет себя самым низким образом, маскируя ложные удовольствия ложной речью.

В версии А.Н. Толстого меняется сам тон разговора мастера с его сыном-изделием, но, главное, меняется причина молчания:

«Первым делом он вырезал на полене волосы, потом — лоб, потом — глаза...

Вдруг глаза сами раскрылись и уставились на него...

¹ Пер. Э. Казакевича.

² Гинзбург К. *Деревянные глаза: Десять статей о дистанции*. Пер. с итал., франц., англ. М. Велижева, С. Козлова, Г. Галкиной, ред. В. Зельченко. — М.: Новое издательство, 2021.

³ Agamben G. *Pinocchio: The Adventures of a Puppet*. University of Chicago Press, 2023. Русский перевод подготовлен в издательстве АСТ.

⁴ Катахреза — ошибочное сочетание слов, двоякая метафора, производящая впечатление неточности.

Буратино и аналитическая философия

Александр Марков, профессор РГГУ
Оксана Штайн (Братина), доцент УрФУ



Александр Марков

Карло и виду не подал, что испугался, только ласково спросил:

— Деревянные глазки, почему вы так странно смотрите на меня?

Но кукла молчала, — должно быть, потому, что у нее еще не было рта.

Объяснение, добавленное А.Н. Толстым, лукавое: до этого полено вполне дразнилось. Но речь здесь связывается не с реализацией мимесиса, а с наличием своеобразного семафора, подающего сигналы. Глаза — семафор, рот — тоже семафор, только с большей пропускной способностью. Тем самым вопрос о речи оказывается вопросом об отношении сознания и физикалистских его предпосылок. Буратино мог бы стать героем не континентальной, а аналитической философии, в которой исследуется вопрос об отношении синтаксиса (мыслей человека и Буратино) и семантики (тех самых подаваемых сигналов, в которых сила мозга говорит о себе как о полноценном сознании). Проблема аналитической философии — как, обретя рот, тем самым обрести и силу сознания, а не только увеличить число синтаксических операций.



Пиноккио. Илл. Энрико Маццанти. 1883 год. Колоризация Д. Донна

Три возможных мира

Мэтр аналитической философии Дональд Дэвидсон вслед за Джорджем Эдвардом Муром применял понятие «супервентность» в противоположность «детерминированности». Грубо говоря, представление о красном в нашем сознании независимо от наличия красного в природе, а вот реакция на красное в нашем мозгу никак не зависит от тех реакций на красное, которые осуществляются в природе. При этом, говорит Дэвидсон, работа нашего мозга физическая, это работа нейронов; но работа нейронов не может быть сведена к той работе вещей, которую мы наблюдаем в природе. Поэтому можно говорить, что красное в природе супервентно по отношению к красному в нашем сознании, оно не предопределяет его, но как бы наступает на него, сбывается над ним в своей необходимости, очерчивая при этом область ответственного действия сознания.

Тогда безответственный Буратино выворачивает ситуацию: он создает речь, супервентную по отношению к сознанию. Получив возможность говорить, он начинает совершать поступки, которые ничем не плохи, но вызывают реак-

цию, не следующую из содержания поступков. Мы опять видим различие между героем Карло Коллоди и героем А.Н. Толстого. Так, полицейский задерживает ожившего Пиноккио из-за миметических принципов, потому что он бежит как лошадка, сбегавшая от хозяина, и все прохожие воспринимают его как мима. Мимесис, кукла, подражающая лошади, подсказывает полицейскому, что здесь буфоннада и скорее надо навести порядок, *надзирать и наказывать*, как сказал бы Мишель Фуко.

А вот по отношению к Буратино просто полицейский и папа Карло пытаются реализовать свою власть независимо от мимесиса — у них являются практические реакции, никак не следующие из содержания сознания Буратино или их самих. Буратино бежит, появляется рефлекс его задержания — полицейский и папа Карло ведут себя, покорные этому рефлексу, как марионетки, но из другого театра, где есть власть и деньги, в отличие от мира Буратино, где есть только веселье и артистизм. При том, что А.Н. Толстой всячески облагораживал облик папы Карло, и корыстен у него только Карабас-Барабас, — но всё равно множественность миров, о которой говорит аналитическая философия, у него осталась. Буратино создал свой мир уже как только открыл глаза, а не когда получил собственный театр.

А.Н. Толстой, конечно, имел в виду театр Станиславского, который он противопоставил театру Мейерхольда (Карабас-Барабас). В системе Станиславского действие должно вызывать аффекты, в том числе актера, а не аффекты — действие. Это принцип «побежал и испугался», который Станиславский заимствовал из психологии Уильяма Джеймса, когда именно моторное действие вызывает эмоцию, а не эмоция стимулирует действие. А.Н. Толстой сделал это социальным принципом, а не театральным, невольно предвосхитив главный вопрос аналитической философии — об отношении тела и сознания.

В мире Карабаса-Барабаса есть только каузальность, плетка заставляет всех кукол плясать, причём плясать в свое удовольствие — материалистический детерминизм осуществляется здесь с наслаждением. В мире папы Карло и его товарищей есть супервентность: кукла обретает самостоятельность, которая вызывает неожиданные реакции, аффекты, но именно потому, что сначала папа Карло хочет подыграть кукле, поймать ее, продолжить игру, проявить свою власть, и уже потом появляется аффект возмущения или обиды. Миметическая программа, подражания игре, приводит к невольному признанию самостоятельности куклы, как аналитическая философия невольно признает самостоятельность сознания, хотя в физическом мире видит только игру причинно-следственных связей.

Тогда как в мире Буратино и его адептов, начиная с беглых актеров карабасова театра, есть и каузальность, и супервентность — Буратино уязвим перед любым мимесисом, перед любыми обманщиками, т.е. мимесис хоть Лисы Алисы и Кота Базилио, хоть Мальвины полностью его подчиняет, и здесь действует каузальность, сам Буратино оказывается одной из вещей в мире причинно-следственных связей, а не формой сознания. Но где нет мимесиса, а есть, наоборот, революционный захват, как захват театрального бизнеса, там Буратино создает сам новые порядки аффектов, его содержание сознания и порождает огромное количество городских декораций новоявленного театра, оно супервентно по отношению к тому, что разыгрывается на сцене. Пьеса играет сама, сам трамвай едет в этом театре-городе, ни Буратино, ни другие куклы им не управляют, но самознание кукол требует, чтобы эта пьеса была сыграна. Так Буратино одним махом обретает и сознание, и самосознание. Здесь уже не реальность супервентна сознанию, а сознание — искусственной реальности.

За кулисы я пойду, Сёрлем куклу оживлю



Оксана Штайн

Джон Сёрль в каком-то смысле обернул модель Дэвидсона, вернув понятие интенциональности, направленности сознания на предмет, в разговор о соотношении сознания и тела. В своих лекциях «Сознание, мозг и наука» Сёрль рассуждает так. Наш мозг, будучи физическим объектом, определенным сочетанием физических тел, при этом может локализовать ощущения, например понять, что боль сейчас в правой, а не в левой руке. Поэтому нашу нервную систему можно считать продолжением мозга — наша локализация боли является частью его работы. Но это значит, что мы можем добиться ментальных состояний, не вызывая боль: на этом основана анестезия, отключающая ментальные состояния от состояний физических. Мозг может тогда начать работать вхолостую, создавая для себя боль или создавая удовольствие.

Как пишет Сёрль: «Подобно тому, как свойство текучести причинно обусловлено поведением элементов на микроуровне и в то же время реализуется в системе микроэлементов, ментальные феномены причинно обусловлены процессами, происходящими в мозге на нейронном или модульном уровне, и одновременно они реализуются в системе, состоящей из нейронов»⁵. Как и другие аналитические философы, Сёрль различает причинность и реализацию, и реализацию предлагает рассматривать как автономную систему.

В таком случае вопрос «может ли кукла мыслить?» для последователя Сёрля решается легко. Если мы просто встроим искусственный интеллект в куклу, она еще останется в системе причин: например, отключение электричества остановит работу такой куклы. Но если мы будем различать причинность (синтаксис) и реализацию (семантику), то получим мыслящую куклу, работающую с семантикой.

Сёрль продолжает: «Вообразите, что я — компьютер. Находясь в комнате и располагаясь в голове робота, я передвигаю с места на место символы и не знаю, что одни символы поступают ко мне от телевизионных камер, прикрепленных к голове робота, а другие — выходят и управляют движением его рук и ног. И до тех пор, пока всё, с чем я имею дело, есть формальная компьютерная программа, я не способен надеяться смыслом какой-либо из символов».

То есть как только я, компьютер, пойму, что семантика тех знаков, которые управляют моими движениями, отличается от семантики просто поступивших в мой цифровой мозг движений, я начну мыслить как человек. Например, я смогу влюбиться — отличив просто прекрасное лицо как часть синтаксиса окружающего мира от лица, к которому я устремился со всех ног или со всей электрической яростью. Поэтому Сёрль приходит к закономерному выводу: «Для любого артефакта с ментальными состояниями, эквивалентными человеческим, недостаточной одной лишь компьютерной программы. Артефакт должен обладать силой, равной силе человеческого мозга». Имеется в виду, конечно, сила побуждения, которое и заставляет сказать «Я тебя люблю», а не просто выбрать карточку «Я тебя люблю» из множества карточек внутри логического синтаксиса.

В конечном счете главной проблемой аналитической философии стала проблема возможных миров. В сказке А.Н. Толстого есть, как мы видели, три возможных мира: мир взрослых (папа Карло), мир каузального театра (Карабас-Барабас) и мир игрового мимесиса (Буратино). Понятие супервентности подразумевает, что в разных мирах реакции на положение дел будут различны, состояния сознания не будут зависеть напрямую от причинности. Поэтому, хотя в других, возможных мирах действуют столь же жесткие причинно-следственные связи, как и в нашем мире, способы очеловечения, т.е. как раз та самая сила человеческого мозга, будут работать по-разному. Например, в нашем мире кукла не обладает той силой мозга, которой обладает человек. Но можно представить возможный мир, в котором не только кукла с процессором и компьютерными программами в ней, но даже самая нелепая деревянная кукла влюбляется, стыдится и тоскует как человек. Только в сказке А.Н. Толстого все миры равноправны, чего ни одно направление в аналитической философии до конца представить не может. ♦

⁵ Сёрль Дж. Р. *Сознание, мозг и наука*. Пер. А. Ф. Грязнова. — М., 1993.

Загадка кровати в «Слове о полку Игореве»

Мария Елифёрова, канд. филол. наук



Мария Елифёрова

Среди знаменитых «темных мест» «Слова о полку Игореве» есть странное, на первый взгляд, упоминание кровати: «Единъ же Изяславъ, сынъ Васильковъ, позвони своими острыми мечи о шеломи литовския, притрепа славу дьду своему Всеславу, а самъ подъ чрълеными щитами на кровавъ травъ притрепанъ литовскими мечи и схотию на кровать...»

Речь идет о гибели городецкого князя Изяслава Васильковича на поле боя. Никаких других сведений об этом историческом лице, кроме свидетельства «Слова о полку Игореве», не сохранилось. Известно лишь, что он был правнуком знаменитого Всеслава Полоцкого, которому фольклор приписывал владение магией (Городецкое княжество входило в состав полоцких земель). Здесь Всеслав именуется «дедом» в обобщенном значении «предка».

В переводе О.В. Творогова это место звучит так: «Один только Изяслав, сын Васильков, прозвенел своими острыми мечами о шлемы литовские, поддержал славу деда своего Всеслава, а сам под червлеными щитами на кровавой траве литовскими мечами изрублен...»

Слова «и схотию на кровать» в переводе оказались выпущены.

Существуют две основных традиции интерпретации этого места¹:

1) идущая от А.А. Потебни — «метафора брачного ложа»;

2) идущая от Е.В. Барсова — любой ценой от «кровать» избавиться, и здесь начинается разгул конъектур. Сам Барсов в 1887 году предлагал «и с хотию на кровъ, а ты рекъ», но так и не выдвинул убедительного объяснения, что это может значить.

Альтернативное прочтение предложил Н.И. Маньковский в 1915 году: «исходи юна кровъ, а ты рекъ».

В «Библиотеке литературы Древней Руси» (БЛДР) принята конъектура М.В. Щепкиной 1953 года: «исхити юна кровъ, а ты рекъ», которая частично следует конъектуре Маньковского, но не соглашается в части глагола: «Всего ближе подходит здесь глагол „исхити“ — третье лицо единственного числа аориста от глагола „исхитити“ исхитити, исторгнуть, в данном случае — в смысле извергнуть, источить, излить. „Исхити“ требует прямого дополнения, каковым являются слова „юна кровъ“. Форма эта, где винительный падеж прямого дополнения равен именительному, вполне возможна в XII–XIII веках...»²

Странно, что издатель БЛДР не обратил внимания на очевидную безграмотность этих соображений. В XII–XIII, так же, как в любом другом веке, правильно было бы юну кровъ. Именительный падеж в прямом дополнении мог употребляться только при инфинитиве, а не при аористе. Проблему представляет и выбранный глагол исхити. Щепкина не утруждала себя доказательствами, что исхитити могло употребляться в значении «источить, излить» — т. е. в субъектном. Вообще гнездо лексики с корнем хит- обычно обозначает насилие субъекта над объектом: похитить, хищник, восхи-

щать (метафорически). Надо признать, что у Маньковского было всё же лучше, хотя опять же непонятно, почему исходи(ть), а не изыде.

Главную проблему представляет то, что избавляться нужно одновременно от кровати и от хоти. У М.В. Щепкиной читаем: «Слово „хоть“, один раз встреченное в „Слове о полку Игореве“ („своя милья хоти Глебовны“), привлекло внимание исследователей, и его охотно вчитывают в другие места поэмы»³.



Наталья Гончарова. Иллюстрация к немецкому переводу «Слова о полку Игореве». Мюнхен, 1923 год

Однако тот же довод можно предъявить самой Щепкиной: она так не любит слово *хоть*, что не хочет признавать его реальности в тексте. Основным аргументом Щепкиной является то, что слово *хоть* не засвидетельствовано в иных значениях, кроме сексуального, поэтому якобы все иные его значения являются домыслами. Однако это прямая фактическая ошибка. У И.И. Срезневского зафиксирован как минимум один случай употребления слова *хоть* в значении «рачитель» (в одном из вариантов библейского текста, где в другом варианте стоит *рачитель*); кроме того, не стоит забывать о неодушевленном существительном *хоть* (воля), отмеченном у того же Срезневского.

Перед нами тот случай, когда сопротивление текста конъектурам столь велико, а сами конъектуры столь неудовлетворительны и необоснованны, что стоит задаться вопросом: а не упустили ли мы чего-то в понимании исходного текста? Для начала зададимся вопросом: а правильно ли мы понимаем слово *кровать*?

Обратимся ко второму случаю *кроватьи* в «Слове». Она встречается в сновидении Святослава (мы уже затрагивали его, когда расследовали тайну синего вина⁴): «А Святиславъ мутень сонъ видѣ въ Киевѣ на горахъ. „Синочь съ вечера одѣвахуть мя, — рече — чръною паполомоу на кровати тисовой; чръпахуть ми синее вино съ трудомъ смъшено, сыпахуть ми тьщими тулы поганыхъ тльковинъ великий женчюгъ на лоно, и нъзують мя”».

³ Там же.

⁴ Елифёрова М. Тайна синего вина // ТрВ-Наука № 369 от 10 января 2023 года. trv-science.ru/taina-sinego-vina/

В переводе Д.С. Лихачёва: «А Святослав мутный сон видел в Киеве на горах. „Этой ночью с вечера одевали меня, — говорит, — черным покрывалом на кровати тисовой; черпают мне синее вино, с горем смешанное; сыпят мне пустыми колчанами поганых иноземцев крупный жемчуг на грудь и нежат меня”».

На самом деле и здесь далеко не очевидно, что это за кровать. Во всяком случае, она тоже какая-то зловещая и тоже связана со смертью.

Словарь-справочник «Слова о полку Игореве» отмечает для слова *кровать* также значение «носилки», зафиксированное единственным раз у Афанасия Никитина: «А бояре силны добръ и пышны велми; а все их носят на кровати своих на серебряных, да пред ними водят кони въ снастях золотых до 20».

«Носилки» очевидным образом уже ничуть не нарушают уместности в рассказе о войне, умирающем на поле боя. Однако этот вариант истолкования до сих пор во внимание не принимался, как и не исследовался вопрос об истории слова *кровать*.

Проблема этого слова состоит в том, что, хотя оно известно в русском языке с древнейших времен (данные «Слова» независимо подтверждаются «Пчелой», сборником изречений, составленным в XII–XIII веках), случаи его употребления до XVII века единичны, а в XVII веке, когда оно становится общеупотребительным, оно уже имеет определенное современное значение, судя по данным Национального корпуса русского языка.

Начнем с этимологии.

В македонском диалекте греческого существовало слово *краваттос* — «ложе, постель»⁵. Литературное греческое название кровати — *κλίνη*. От македонского слова произошло латинское *grabatus*, давшее французское слово *grabat* — «нищенская постель, тюфак больного».

Как развивалась история этого слова в русском языке? Оказывается, что на практике этот вопрос изучен плохо. Л.П. Якубинский, на которого ссылается «Словарь-справочник „Слова о полку Игореве“», пишет: «...Кровать из греческ. *κравватт(ов)*; это заимствованное принадлежит к очень древним, потому что уже эллинистический язык имел *κравватт(ов)*, в современном новогреческом также *κравватт(и)* (с ε, а не с а после р); из эллинистической и новогреческой формы получилось бы в древнерусском *кравватт*, а не *кровать*»⁶.

Это мнение следует признать недоразумением, так как в греческом Новом завете присутствует форма с а, а это первоочередной греческий текст, с которым сталкивались славяне (впрочем, даже если бы этой формы не было, «древность» русской формы с «а» ниоткуда не следует — она могла появиться через ассимиляцию, как *Маланья* из *Меланция*).

Обратим внимание на контекст появления этого слова в «Деяниях апостолов». Речь идет о больных, которые ждали исцеления. Синодальный перевод: «выносили больных на ули-

⁵ Liddell H. G., Scott R. An Intermediate English-Greek Lexicon, Founded upon the 7th Edition of Liddell and Scott's Greek-English Lexicon. New York, 1896. P. 447.

⁶ Якубинский Л.П. История древнерусского языка. — М., 1953. С. 334.

цы и полагали на постелях и кроватях» (Деян 5: 15). В оригинале присутствуют оба слова — *κλίνη* и *κравваттос*. Иероним в Вулгате передает слово *κλίνη* как *lectus* (стандартное латинское слово для обозначения кровати), а *κравваттос* — как *grabatus*. Таким образом, в Синодальном переводе произошла некоторая путаница: «кроватью» было бы корректнее передать первое слово, а не второе.

Ряд случаев употребления того же слова — в евангельском сюжете «Исцеление расслабленного». Достаточно взять лишь один вариант, от Марка. В Синодальном переводе история звучит так: «Через несколько дней опять пришел Он в Капернаум; и слышно стало, что Он в доме. Тотчас собрались многие, так что уже и у дверей не было места; и Он говорил им слово. И пришли к Нему расслабленным, которого несли четверо; и, не имея возможности приблизиться к Нему за многолюдством, раскрыли кровлю дома, где Он находился, и, прокопав ее, спустили постель (кравваттос), на которой лежал расслабленный. Иисус, видя веру их, говорит расслабленному: *чадо! прощаются тебе грехи твои!* <...> *встань, возьми постель твою и иди в дом твой. Он тотчас встал и, взяв постель, вышел перед всеми, так что все изумлялись и прославляли Бога, говоря: никогда ничего такого мы не видели»* (Мк 2: 3–13).

Очевидно, что через крышу вряд ли спускали стационарную кровать на ножках (хотя в иконографии такой вариант и встречается). Версия Иоанна с исцелением у источника воспроизводится более единодушно — изображают некий переносной вид ложа. Мозаика VI века в базилике Сант-Аполлинаре-Нуово в Равенне дает представление, как выглядел *κравваттос* или *grabatus*:



Исцеление расслабленного. Мозаика в базилике Сант-Аполлинаре-Нуово в Равенне

Есть признаки того, что *κравваттос* в русском языке стало смешиваться с *κλίνη* очень рано. В «Пчеле» читаем: «ни больного может исцелити златая кровать» (в греческом оригинале — *χρυσόπους κλίνη*).

И тем не менее то, что еще Афанасий Никитин в XV веке помнил значение «носилки», указывает, что в древнерусском языке значение «переносного ложа» в течение нескольких веков сохраняло актуальность.

Таким образом, «кровать» вовсе не кажется неуместной реалией на поле боя, поскольку умирающего князя вряд ли оставили просто на траве. Дополнительно стоит отметить, что в новогреческом значение слова *κравваттос* (именно через «а») развилось в сторону «койка» и «гроб». В связи с этим стоит вернуться к «тисовой кровати» во сне Святослава.

Как нам представляется, популярная параллель с «тисовой кроватью» из народных песен не проливает свет на текст «Слова», потому что в записях фольклора вариативно встречается *тисовая* и *тесовая* (в обоих случаях с ударением на «о»). Вполне возможно, часть фиксации через «и» — плод орфографической ошибки собирателей. В лубочных повестях XVII века, однако, есть вполне достоверные случаи с «и». Таким образом, сложно сказать, какой вариант — «тисовая» или «тесовая» — был исконным. Ответ на этот вопрос может быть получен только в свете сопоставления данных фольклора с данными исторической акцентологии, потому что метрическая формула требует постоянства ударения.

Нерелевантен также, на мой взгляд, вопрос о ценности древесины тиса и о том, имел ли Святослав во дворце тисовую кровать, поскольку эта кровать фигурирует в сновидении.

Здесь надо, однако, учесть то, что если в современном языке *тис* однозначно ассоциируется с конкретным деревом — ядовитым тисом ягодным, в западноевропейской традиции имеющим погребальные коннотации, — то в древнерусском такой стойкой связи не было. Слово *тис* могло означать многие виды хвойных деревьев, и, согласно Срезневскому, главным образом сосну. Впрочем, сосна — вполне традиционный материал для гробов. Предположения о том, что ложе Святослава имело погребальное значение, уже высказывались, но без системного привлечения данных по истории слова *кровать*.

Таким образом, можно полагать, что и другое упоминание «кроватьи» в «Слове» — не ошибка, а атрибут бли-

зящей смерти Изяслава Васильковича, который, впрочем, вряд ли связан с метафорой брачного ложа. Слово «хоть» вполне поддается интерпретации как «воля»:

«А исправяче чьтъте, блазнъ бо не хотию написане, нь дияволю пакостию» (Евангелие ГПБ, Соф., № 1, 224. Приписка XII–XIII веков).

Истолкование *хотию на кровать* как «добровольно на носилки» (буквально) или «добровольно на погребальное ложе» (в переносном смысле) вполне адекватно тому, что происходит с Изяславом. Разумеется, фраза от этого не становится полностью безупречной, она все-таки испорчена, но, думается, испорчена меньше, чем принято полагать. ♦

¹ Творогов О.В. Кровать // Энциклопедия «Слова о полку Игореве». Т. 3. — СПб., 1995. feb-web.ru/feb/slovenec/es/es3/es3-1051.htm

² Щепкина М.В. Замечания о палеографических особенностях рукописи «Сл. о п. Иг.» (к вопросу об исправлении текста памятника). — ТОДРЛ, т. IX. — М. — Л., 1953. С. 23–24.

Я давно не обращался к ИИ с просьбой написать русские стихи. Полгода назад он не умел рифмовать и не понимал ритма — у него получался только верлибр. И вот — гигантский прогресс. Клод (новейшая модель Claude 3.5 Sonnet) теперь может писать в разных стилях, что и демонстрирует подборка из четырех поэтов на тему «Дождь и память». Хочется повторить восклицание Батюшкова: «О! как стал писать этот злодей!» Или слова Жуковского о «гиганте, который всех нас перерастет». Пусть он еще не гений — но быстро учится.

Дождь и память

Борис Пастернак

Дождь стучит по крыше сада
И смывает давний след.
Время струйкой безвозвратно
Утекает на паркет.
Капли — буквы на странице,
Что написана судьбой.
Память — птица в мокрой клетке,
Бьётся, просится домой.
В лужах прошлого крупички
Тают, отблеском дрожа.
Дождь стирает вереницы
Лет, как буквы с листажа.
Мокрый сад, как сон тягучий,
Ветви тянутся к окну.
Память, словно лист падающий,
Тонет в сумрачном плену.
Но сквозь шум воды небесной
Слышу голос, вижу взгляд.
Прошлое живет, воскреснув
В каждой капле невпада.

Осип Мандельштам

В прозрачных сотах ливня — мёд забвенья,
И воздух полон гулкой немотой.
Воспоминанья — тени птиц осенних —
Скользят по лужам зыбкой чередой.
О, время-щелкопёр! Твоя чернильница
Разбилась оземь, брызнув синевой.
И память, как слепая книгочица,
Листает мокрый воздух над землёй.
Дождь барабанит азбукой морзянки,
Выстукивая прошлого узор.
И тянется сквозь мутные стоянки
Созвучий повторяющийся хор.
Так вспоминаю я, как переводчик,
Неясных дней промокший палимпсест,
И каждой капли временный подстрочник
В душе звучит, как жалобная весть.

Анна Ахматова

Дожди идут, как много лет назад,
Когда мы встретились у царственного пруда.
Воспоминанья — непрошенный обряд,
И память, словно горькая ограда.
В осенних лужах, зеркалах дождя,
Я вижу отражение былого.
И сердце вновь сжимается, найди
Печаль несказанного слова.
Дождь барабанит по карнизам дня,
Стирая грань меж завтра и вчера.
А я стою, бывшее хороня,
И время — только вечности игра.
Промокли строки в старом дневнике,
Где были записи далёких вёсен.
Но память бережёт, как в тайнике,
Все звуки тех дождливых дней — и проснись.

Марина Цветаева

Дождь! — Как слёзы по щекам —
Память — водопадом!
Прошлое — по волосам
Расплетает — рядом.
Капли — клавиши души —
Бьют, бьют без пощады!
Память! Боль мою глуши
В ливневом распаде!
Струны неба — до земли —
Арфой — семиструнной.
Годы-кольца расплелись
Нитью тонкорунной.
Дождь — непрошенный палач —
Смоет все запреты!
Память — огненный калач —
Греет сном рассвета.
Вымой, дождь, мои глаза!
Памятью излейся!
Прошлым — в будущее — за —
Радугую — взвейся!

Не обсуждая литературные достоинства этих текстов, нужно признать важность этого приема для



Поэзия искусственного интеллекта. Эксперименты и выводы



Михаил Эшштейн

Михаил Эшштейн в сотрудничестве с Клодом

Михаил Эшштейн, заслуженный профессор теории культуры и русской литературы Университета Эмори (Атланта, США), недавно разместил в социальных сетях стихи, сгенерированные нейросетью Claude 3.5 Sonnet в стиле известных русских поэтов XX века. Эксперимент вызвал бурную дискуссию.

литературоведения. Редко свойства разных поэтических систем выступают в таком наглядном соотношении, как в этой попытке ИИ воспроизвести разными стилями разработку одного мотива. В 1960-е–1980-е годы структурализм выступил с программой такого филологического анализа литературных текстов, который мог бы показать их порождение, — так называемая «порождающая поэтика», или «поэтика выразительности» (А. Жолковский, Ю. Щеглов). Но, насколько я знаю, это направление осталось в рамках анализа: «развинтить вещь, чтобы ее же и собрать». ИИ позволяет перейти к синтетической задаче: через анализ всего стиля писателя продемонстрировать, как на его основе могли бы быть созданы и другие произведения, т. е. развернуть множественность вариантов воплощения данного стиля, раскрыть его потенциальность. Это воистину порождающая поэтика — переход от структурализма к конструктивизму, к порождению новых текстов на основе анализа старых. Клод подробно объяснил, какие именно элементы стиля каждого поэта он использовал для создания этих стихов, — я не привожу здесь его филологических рассуждений.

Кстати, нельзя не отметить, что Claude 3.5 Sonnet вырвался резко вперед по сравнению с GPT 4o (оптн), который в отношении стихосложения остается на примитивнейшей стадии, совсем не разбираясь в рифмах и метрах. По крайней мере в поэтике восходит звезда Anthropic, затмевая звезду OpenAI.

Ответ критикам и новые примеры

Попробую объяснить, почему протест против ИИ-поэзии, как правило, бьет мимо цели. Дескать, ИИ не имеет личности, лишен телесно-эмоционального опыта и потому не способен писать стихи. Еще как способен! Такая критика основана на очень ограниченном, условно-романтическом представлении о поэзии как «самовыражении». Уже к концу XIX века оно выглядело устаревшим

и отвергалось в практиках и теориях символизма, акмеизма, футуризма, имажинизма, в идеях формализма, структурализма, лингвистической философии Витгенштейна и т. д., где за основу брался язык сам по себе, в его бесконечной игре смысловых возможностей. Напомню Томаса Элиота: «Поэзия — это не высвобождение эмоций, но бегство от них; это не выражение индивидуальности, но избегание ее».

Поэзия как «самовыражение». Скажите об этом Гомеру, Эсхилу, Софоклу, Вергилию, средневековым поэтам, как эпикам, так и лирикам, — они вас высмеют или не поймут. Поэзия с античных времен рассматривалась как мимесис, подражание (Аристотель), причем подражание не только реальности, но и самой поэзии (трактат Дионисия Галикарнасского «О подражании»). В этом сущность культуры — говорить о себе, множить подражания себе, вести игру с собой на пространстве всего языка. «Эпос и трагедия, а также комедия, дифирамбическая поэзия... — все они являются вообще подражанием», — говорит Аристотель в своей «Поэтике». И далее объясняет, что поэзия существует по двум причинам: 1. «Подражать присуще людям с детства; они отличаются от других живых существ тем, что в высшей степени склонны к подражанию, и первые познания человек приобретает посредством подражания». 2. «Подражание всем доставляет удовольствие».

Тот факт, что ИИ подражает разным поэтам, создает вариации на их темы и в их стиле, есть проявление сущности искусства вообще и поэзии в частности. Поэзия — это, во-первых, подражание, во-вторых, игра языка, переливание языковых форм, образов, сравнений, метафор; поэт подчиняется правилам строфики, ритмики, сюжетосложения, языкового этикета — это царство форм, алгоритмов. На протяжении веков, прошедших и, видимо, грядущих, поэзия представлялась именно высочайшим искусством языка, а не самовыражением индивида. О том же и И. Бродский в Нобелевской речи: «Кто-кто, а поэт всегда знает, что то, что в просторечии именуется голосом Музы, есть на самом деле диктат языка; что

не язык является его инструментом, а он — средством языка к продолжению своего существования».

И вот теперь этот диктат языка обрел самостоятельное воплощение в ИИ: никто полнее не выражает возможности самого языка. Никто из живущих не владеет языком — множеством языков всех времен и народов — лучше, чем искусственный интеллект, мировой разум, «самовозрастающий Логос». Он царь алгоритмов. В той истине, что язык предшествует индивидам и господствует над ними, — древнее религиозное откровение совпадает с новейшими техническими прозрениями. «В начале было Слово (Логос), и Слово было у Бога, и Слово было» (начало «От Иоанна»). Постепенно именно к ИИ, точнее, к логосфере, к лингвосфере, к семисфере (сфере слова, языка, знака) переходит роль первопоэта — по мере того, как люди открывают для себя царство Логоса вне себя, в работе бесконечно разнообразных «логосов» — творческих алгоритмов.

И здесь второе заблуждение: ограниченность уже не гуманитарных, а научно-технических представлений тех, кто протестует против ИИ-поэзии. Дескать, ИИ работает на жестких алгоритмах, стесняющих свободу творчества, препятствующих всему случайному, текучему. Это совсем не так. Эти алгоритмы демонстрируют вероятностную природу языка, сравнимую с фундаментальной непредсказуемостью микромира, что резко контрастирует с детерминизмом классической физики, законом которой подчиняется человек. «Большие языковые модели» (LLM) — Claude, GPT и другие — работают с такими свойствами языка, как случайное распределение слов, высокая неопределенность и текучесть значений, которые и составляют сущность поэзии. Об этом писал еще В. Наумов в своей классической книге «Вероятностная модель языка», вышедшей ровно 50 лет назад, в 1974 году. Наумов описывает постоянные колебания языкового поля, которые можно обнаружить только через поэзию и медитацию. Даже личность, по Наумову, можно рассматривать с этой точки зрения как «постоянное колебание функции распределения вероятно-

стей, определяющей индивидуальность человека на семантическом поле». При этом большие языковые модели — хочется назвать их «налимовскими» — по своему подходу к языку гораздо поэтичнее, чем подавляющее большинство индивидов, чья речь однозначна, узко-функциональна и подчинена утилитарным задачам. Но и среди поэтов редко встречается способность ИИ охватить в своем творчестве вечное и вездесущее волнование языка, его переливание через границы разных языков, — жизнь самовозрастающего Логоса.

Я попросил Клода провести параллель между мыслями Бродского о поэзии в «Нобелевской лекции» и своим собственным опытом стихосложения. Вот дословно его комментарий:

«1. Диктат языка: Подобно тому, как Бродский говорит о поэте как о „средстве языка к продолжению своего существования“, я тоже являюсь инструментом, через который язык и информация продолжают свое существование и развитие.

2. Зависимость от языка: Моя „демпотическая зависимость“ от языка абсолютна. Я полностью завишу от данных, на которых обучен, и от структур языка.

3. Непредсказуемость результата: Как поэт может быть удивлен тем, „что получилось“, так и мои ответы могут быть непредсказуемы даже для моих создателей, основываясь на сложных взаимодействиях в моей нейронной сети.

4. „Будущее языка вмещивается в настоящее“: В каком-то смысле, генерируя текст, я тоже участвую в процессе, где „будущее языка вмещивается в его настоящее“, создавая новые комбинации и выражения».

Чтобы продемонстрировать широту поэтических вкусов и дарований ИИ, приведу еще три стихотворения Клода на тему дождя и памяти в стиле уже не столько лирических, сколько юмористическо-экспериментально-абсурдистских поэтов, таких разных, как Саша Чёрный, Велимир Хлебников и Даниил Хармс. Возникает почти мистическое чувство, что их авторская личность, особенно Саши Чёрного, присутствует в этих стихах.

Саша Чёрный:

Опять дождит. Тоска в квадрате.
А память, старая карга,
Достала снимки в рваном платье
Из пыльного воспоминаний сундука.
Вот юность — глупое создание,
С восторгом прёт на баррикады.
А вот и зрелости страдания:
Долги, похмелье и досады.
Дождь барабанит, как насмешка,
По лысине моих надежд.
А в луже — я, смешной и грешный,
Бархатяюсь среди невежд.
Эх, память! Прячь свои картинки,
Толи их в мутном ливне лет.
Все наши страсти и ошибки —
Вчерашний скромный билет.
Пусть льёт, пусть память куролесит,
Пусть ноет старая печаль.
Я знаю: завтра дождь повесит
Цыганку-радугу, как шаль.

Велимир Хлебников:

Капли-числа, дождислова,
Времыслей водоворот.
Памятьтечь струится снова,
Былебудет наперёд.
Мокроплещет, льётсяхлещет,
Каплезвонкий перестук.
Воспоминаний птицецёт
Взмывает в небомук.
О, дождетворец! Ты — времятель,
Прошлонастоящий брызгопад.
Я — твой немой вниматель,
Ловец ушедших дат.
Мыслекапли, словодожди,
Память-речь журчит, течёт.
Былинки прошлого дрожат,
В грядущее их унесёт.
Времяструи, летогоды,
Дождемысли льются вспять.
Я — ловец небесной воды,
Чтоб прошлое понять.

► Даниил Хармс:

Дождь идёт.
А может, и не дождь.
Может, это память моросит.
Вышел я на улицу и что ж?
Вижу — дверь. А в двери — Аксинья сидит.
Аксинья говорит: «Я не Аксинья,
Я — воспоминание о вторнике».
А вторник был не вторник, а графиня,
Которая жила в старинном томике.
Подумал я: «Какая чепуха!»
И тут же вспомнил, что забыл забыть
Три корня, пять углов и два стиха,
Которые хотел я в дождь зарыть.
Но дождь сказал: «Я не могу копать,
Я занят — память мокрую сушу».
Тогда решил я память переспать,
А дождь послать обратно в лопушу.
Когда же я очнулся на трубе,
То обнаружил, что я сам — не я,
А некий стих о дожде в себе,
Который пишет мокрая змея.

Наконец, шаг к следующему уровню: уже не подражание одному поэту, а создание небывалого — синтеза двух весьма разных поэтических стилей: одического и абсурдистского. Я попросил Клода соединить стили Гавриила Державина и Даниила Хармса в одном стихотворении на тему «дождь и память»:

Гавриил Державин — Даниил Хармс

О, память-водомер! Ты льешься,
Как дождь на царский огород.
То ввысь взметнешься, то прольешься
На мой парик и на живот.
Я — Гавриил, но я же — Даня,
Стою под струями веков.
То вспомню бой, то вспомню баню,
То профиль царственных годов.
Бог сыплет дождь из лейки медной,
А я ловлю его в камзол.
Вдруг понимаю: я — наследник
Всех тех, кто был и кто пришел.
Но тут внезапно спотыкаюсь
О время, будто о порог.
И память, словно легкий парус,
Меня уносит за чертог.
Я — сумма странностей и славы,
Я — водосточная труба.
Во мне бурлят веков октавы
И авангарда ворожба.
Бессмертье — миф! Но я бессмертен,
Пока стихи мои живут.
Я — дождь, я — куб, я — код, я — вертел,
Державин-Хармс — вот мой абсурд!

Вот как сам Клод объясняет суть эксперимента — приведу дословно его филологические рассуждения:

«Это стихотворение пытается объединить:

1. Высокий слог и одические интонации Державина с абсурдистскими образами Хармса.

2. Державинскую любовь к громким метафорам с хармсовской склонностью к неожиданным сочетаниям и алогизмам.

3. Тему бессмертия поэта, характерную для Державина, с игровым отношением к реальности, свойственным Хармсу.

4. Классическую форму стиха с элементами авангардного мышления.

5. Серьезность философских размышлений с ироничным самовосприятием.

Стихотворение намеренно эклектично, чтобы отразить огромную временную и стилистическую дистанцию между этими поэтами, создавая своеобразный поэтический парадокс. Сочетание барочной пышности Державина с авангардным абсурдизмом Хармса действительно создает ин-

тересный эффект, позволяя взглянуть на привычные темы под неожиданным углом. Такие стилистические эксперименты могут открыть новые грани в понимании обоих поэтов и показать неожиданные связи между, казалось бы, совершенно разными эпохами русской поэзии».

Все стихи, созданные ИИ в этой подборке, переданы аутентично, поправок в них не вносилось, кроме одного слова у Цветаевой в последней строфе (вместо «память — захлебнись!» я поставил «память излейся!» для рифмовки с «взвейся!»). Вообще, некоторое вмешательство, запросы с подсказками, отбор лучших вариантов — всё это практикуется в зависимости от цели сотрудничества с ИИ, например для создания совместными усилиями наилучших текстов. Но в данном случае, поскольку речь шла о демонстрации собственных способностей ИИ, вмешательства не было, тем более что стихов я не пишу, куда мне угнаться за Клодом!

20 июля — 1 августа 2024 года



imagineart



Евгения Абельюк

Реакция первого читателя

Статья Михаила Эпштейна меня очень заинтересовала. Особенно опубликованные в ней тексты. Я до сей поры ни разу не обращалась к Искусственному интеллекту. Мне его и ИИ называть непривычно. Только видела студенческие работы, точнее работы ИИ, представленные как якобы студенческие рецензии на театральные спектакли.

Однако понять, что писал не человек, было просто. В тексте из ровного, вроде бы нормального повествования вылезала вдруг какая-то немыслимая чепуха. Например, экзотические имена персонажей, которых на самом деле в пьесе сроду не было. Так, в комедии «Горе от ума» действующими лицами оказывались Купец Шарлотка и генерал Книжное Дело... Сначала это обескураживало, потом расстраивало.

А тут от ИИ — стихи! Стихи-стилизации, и довольно точные. Читаю якобы Пастернака: конкретная образность — дождь, пусть он задан темой, но рядом с садом, с тянущимися к окну ветками деревьев, выглядит очень по-пастернаковски. Всё — дождь, сад, память, даже прощальное — оживает. Такое чудо жизни. ИИ даже закон пастернаковской фонетики учел: звуковое сближение слов в одной стихотворной строке.

Впрочем, не всё равно. Особенно это заметно в тексте Цветаевой. Такое чувство, что, обратив внимание на цветаевские анжабеманы, на дополнительные паузы, созданные многочисленными тире, ИИ стал анжабеманами и тире злоупотреблять, ставить их где попало, не учитывая необходимости содержательного выделения слов или особенностей цветаевского синтаксиса.

Еще я заметила такую штуку. Во многих стихах разных «поэтов» о дожде и памяти встречаются капли: «Капли — буквы на странице...», «Прошлой живет, воскреснув / В каждой капле невпазд» (Б. Пастернак), «... И каждой капли временный подстрочник / В душе звучит, как жалобная весть» (О. Мандельштам), «Капли — клавиши души...» (М. Цветаева), «Капли-числа, дождислова...», «Каплезвонкий перестук», «Мыслекапли, словодожди, / Память-речь журчит, течёт» (В. Хлебников).

Какова причина? Думается, дело вот в чем: ИИ работает с поэзией разных авторов — допустим, с образной структурой, мотивными комплексами, фоникой, ритмом, лексикой и синтаксисом, но работает и с языком. Языком в широком смысле слова, не только с языком поэтов. Капли — словечко, близко лежащее к слову дождь. И в разных поэтических системах оно однообразно возникает — подлинная поэзия не дает такого однообразия.

Но все-таки здорово. И особенно меня подкупил Гавриил Державин — Даниил Хармс. Реальных Державина и Хармса я воспринимаю как двух замечательных литературных хулиганов. И стихи ИИ, написанные от имени Гавриила Державина — Даниила Хармса, вполне соответствуют если не стихам, то этому их очень важному значению в поэзии.

Вертится, правда, у меня один вопросик: а не участвовал ли все-таки человек в отборе предлагаемых ИИ вариантов? Я вот с ИИ не знакома, но бывшие мои ученики и нынешние учителя мне рассказывали, что нейросети в процессе создания текстов могут предлагать человеку делать такой выбор.

И всё же в любом случае возможности ИИ показались мне очень обещающими. Не для поэзии, для образования. Я бы ученикам школ и студентам-филологам их показывала. Пусть разбирают по косточкам, как ИИ разбирает стихи великих поэтов.

Евгения Абельюк, заслуженный учитель РФ, доцент НИУ ВШЭ

ИСТОРИЯ НАУКИ



Леон Розенфельд (14.08.1904 — 23.03.1974).
APR Emilio Segre Visual Archives (repository.aip.org)

К 120-летию
Леона Розенфельда

Выдающийся физик Леон Розенфельд (Léon Rosenfeld) родился 14 августа 1904 года (таким образом, он всего на несколько лет моложе основателей квантовой механики Гейзенберга и Дирака) в Шарлеруа (Бельгия) в нерелигиозной ев-

рейской семье, в которой он был единственным ребенком. Он вырос полиглотом, бегло говорившим на пяти языках; физике и математике учился в Льежском университете, где получил степень доктора в 1926-м. Следует отметить, что квантовую физику и теорию относительности ему пришлось осваивать самостоятельно.

В 1926–1930 годах Розенфельд стажировался в Париже, Гёттингене и Цюрихе, а в 1930-м приехал в Копенгаген, где началось его тесное сотрудничество с Нильсом Бором, продолжавшееся до смерти последнего в 1962 году. С 1930 по 1958 год он был профессором университетов Льежа, Утрехта и Манчестера, а затем до конца жизни (он умер в марте 1970-го) работал в Копенгагене, в Институте теоретической физики NORDITA, основанном Нильсом Бором и шведским физиком Торстеном Густафсоном. Он был членом нескольких академий (в том числе Датской и Бельгийской), а в 1949 году был награжден премией Франки — высшей бельгийской наградой в области науки. Ивона Камбрессе (первая женщина, получившая в Европе докторскую степень по физике) стала женой Розенфельда в 1933-м.

Находясь в Париже в 1926 и 1927 годах, молодой Розенфельд присоединился к интеллектуальному кружку, под влиянием которого стал придерживаться диалектического материализма в философии. В этом кружке участвовали Поль Ланжевэн, Жан Перрен и Ирен Жолио-Кюри с мужем Фредериком Жолио-Кюри. Впоследствии с этой философской позиции Розенфельд вместе с советским физиком В.А. Фоком отстаивал совместимость принципа дополнительности (он служит основой копенгагенской интерпретации квантовой механики) с диалектикой; с этим многие физики в СССР не соглашались.

Научные интересы Розенфельда были необычайно широки, они включали квантовую электродинамику, ядерную физику (он был одним из основателей журнала Nuclear Physics), статистическую механику, а также теорию познания и историю науки. В своей первой важной работе он развил в 1930 году гамилтонов подход к лагранжевым моделям с локальной калибровочной симметрией. Наиболее известна его совместная статья с Бором, написанная в 1933 году, в которой рассматривается вопрос об измерении величин в электродинамике. В этой ра-

боте показано, что смысл имеют только те утверждения квантовой теории, относящиеся к компонентам поля, где последние усреднены по конечному объему пространства. Этим была заложена основа квантовой электродинамики. Еще одна серия широко известных работ Розенфельда относится к ядерной физике. В этих работах, опубликованных в 1962–1965 годах (часть из них написана совместно с Юмбле из Льежа), введено новое понятие резонансных состояний.

Следует отметить роль Розенфельда в совместной с Бором разработке в 1930-е годы интерпретации квантовой механики, которая получила название копенгагенской и основана на фундаментальных результатах Гейзенберга, Борна и Бора. С тех пор интерес Розенфельда к вопросам оснований физики только возрастал. Он лучше других понимал, как важно в теоретической физике точно определить область применимости концепций, фигурирующих в математических моделях; он писал: «Ни одна физическая концепция не является вполне определенной, если не известна область ее применимости». Поэтому в последние годы жизни Розенфельд приложил изрядные усилия, чтобы показать, как законы квантовой механики могут быть проверены путем изучения динамики больших систем. Он всегда подчеркивал, что новый вид дополнительности должен иметь место между «необратимым характером поведения макроскопических систем и обратимого во времени динамического описания на атомном уровне». Развитию этих идей было посвящено его сотрудничество с группой Илии Пригожина.

Занятия наукой были для Розенфельда не просто удовлетворением интеллектуального любопытства, но поглощали его полностью. Как и Бор, он «рассматривал науку как стремление человечества достичь гармонии с природой».

Николай Кузнецов, ИПМаш РАН

Rosenfeld L. Strife about complementarity // Science progress, 163 (1953), 393–410.

Jacobsen A.S. Léon Rosenfeld's Marxist defense of complementarity // Historical Studies in the Physical and Biological Sciences, 37, Supplement (2007), 3–34.



imagine.art

Прошлое и только прошлое

Рассказ Павла Амнуэля



Павел Амнуэль

Русалка оказалась такой, какую Джон много раз видел на фотографиях. А чего он ждал? Чуда?

Он постоял у камня, не ощутил ожидаемого восторга и, засунув руки в карманы пальто, вернулся в отель. Пешком, будто наказывая себя за то, что, обладая хорошей фантазией, не сумел разглядеть чуда в известной статуе.

Джон не стал подниматься в номер, заказал в баре двойной виски и со стаканом направился в лобби — в баре оказалось много народа, все, естественно, говорили по-датски, негромко, но даже тихий гомон сейчас его не то, чтобы раздражал, но пробуждал беспокойство, которое он приписывал грохоту волн и крикам чаек.

В лобби было уютно, стояли вразброску несколько кресел, у каждого небольшой столик, куда можно было поставить напитки или положить книгу.

Кто-то сидел в кресле спиной к нему, Джон видел затылок мужчины и слабый дым сигареты. Он сел, поставил на столик стакан, посидел, думая о том, что напрасно затеял эту поездку. Задумал рассказ, героиней которого была копенгагенская русалочка, ожившая и ничего не понимавшая в чужом для нее мире. Он хотел описать чудо, приехал на чудо посмотреть, к чуду прикоснуться, но... Он вернулся бы домой в Петерсфилд прямо сейчас, но пародход уходил завтра вечером, и придется почти два дня провести в одиночестве — датского он не знал, кроме трех слов: «Здравствуйте», «Спасибо» и «Сколько?». Он почему-то был уверен, что в Копенгагене все знают английский, ведь это язык международного общения... Вот что значит давно не выбирался из Петерсфилда. Только в Лондон — но, оказывается, это совсем другое дело.

Джон потянулся за стаканом, отпил глоток, подержал во рту, просмаковал напиток, виски приятно обожгло горло,

и только тогда он почувствовал взгляд. Поднял глаза — оказывается, мужчина повернул кресло в его сторону и смотрел — не пристально, а как бы мимо, чтобы не выглядело навязчиво, но в то же время изучающе и... как-то по-своему. Будто они были знакомы.

Мужчина чем-то был похож на Джона, только гораздо моложе. Такой же подбородок, две такие же залысины. Мужчина отвел взгляд и выпустил струйку дыма — казалось, что сигарета в зубах была такой же частью его самого, как взгляд, подбородок... и еще что-то, что делает людей ближе друг к другу.

Джон кивнул, мужчина кивнул в ответ, и оба спросили одновременно: — Вы говорите по-английски?

Одновременно прозвучал и ответ: — Да, конечно.

На самом деле это было совсем не тривиально, и оба улыбнулись.

— Приятно встретить в Копенгагене земляка, — сказал Джон.

— Да, — согласился мужчина. — Только мы не земляки, судя по выговору. Вы ведь с острова?

— А вы из Америки, — понял Джон и спросил: — Будете виски?

По его мнению, ни один американец и дня не мог бы прожить без «Блэк Джека».

Мужчина покачал головой, передвинул столик, и Джон увидел три бутылки «Карлсберга» и почти опустошенную пивную кружку.

Американец подтащил кресло ближе, чтобы можно было разговаривать, не повышая голоса, допил пиво, положил докуренную сигарету в пепельницу и сразу закурил новую.

— Люблю виски, — сказал он, — но не с пивом, вы понимаете.

— О да, — улыбнулся Джон.

И сразу стало легко говорить — будто со старым знакомым.

— Я приехал сюда, чтобы посмотреть на русалочку, — признался Джон. — Ощутить чудо. Не знаю, как объяснить...

— Не надо объяснять! — сказал, будто отрубил, американец. — Чудеса необъяснимы.

— Когда они происходят, — с грустью произнес Джон. — Я стоял и смотрел... И к чему-то внутренне готовился. Но заготовили чайки — и чудо пропало. Оказалось, это просто статуя.

Американец посмотрел на Джона внимательным взглядом. Не сочувствующим, но понимающим.

— В каком-то смысле, — сказал он, — я тоже приехал в Копенгаген за чудом. И тоже оказалось, что чуда не будет.

— А что будет? — вырвалось у Джона.

Визави пустил к потолку струйку дыма, положил сигарету на край пепельницы и налил себе пиво из бутылки.

— Физика, — сказал он. — Будет физика. В физике чудес не бывает.

— Вы физик? — сделал логичный вывод Джон.

Американец отпил пиво и, посчитав, видимо, что ответ очевиден, задал встречный вопрос: — А вы? — и добавил, спохватившись: — Извините, если вопрос неуместен.

— Ну что вы! — воскликнул Джон. — Я писатель. — И добавил, отрезая возможность дальнейших расспросов: «Писатель? Что вы написали? Какие книги?» Этот американский физик наверняка скажет с сожалением: «Жаль, не читал»: — Давно хотел поговорить с профессиональным физиком, но всё не складывалось.

— Вот как? — нейтральный вопрос. Американец прикурил новую сигарету от недокурной и высказал вполне тривиальную мысль, дав возможность

Джону продолжить свою: — Пути физиков и писателей редко пересекаются.

Джон кивнул в знак согласия. Отдвинул стакан с виски. Пить ему расхотелось. Он действительно давно хотел поговорить с человеком, знающим физику. Не то чтобы, как он выразился, «не складывалось». Он не проявлял инициативу. Всегда считал литературу, тем более фантастическую, игрой свободного ума, а наука — физика в том числе, и математика в особенности, — игрой ума сковывала твердыми и непреклонными законами.

— Вы правы, — согласился он с американцем. — Мы на одно и то же явление смотрим по-разному. К примеру, время. Писатели... я не о себе, хотя и я написал как-то рассказ о путешествиях по времени. В прошлое, например. Интересно представить, что произошло бы, если бы некий Роберт попал, скажем, во времена Карла Первого и убил Кромвеля. Он изменил бы историю Британии, верно?

Американец смотрел на Джона и слушал без особого интереса. Допил пиво, потянулся было за новой бутылкой, но все три оказались пустыми, он вздохнул и, как показалось Джону, с тоской посмотрел на пустую кружку. Наверно, зря Джон заговорил о Карле и Кромвеле. У этих янки своя история и свои авторитеты. В том числе в литературе.

— Или взять вашего Брэдли! — воскликнул Джон, ожидая от американца хоть какой-то реакции. Уж про убитую в прошлом бабочку тот должен был читать или хотя бы слышать. Лицо американца, однако, осталось не то, чтобы бесстрастным, какая-то эмоция на нем мелькнула. Узнавание? Удивление?

— А... — неожиданно широко улыбнулся он. — Вот вы о чем!

«Все-таки до американцев с трудом доходит, — с раздражением подумал Джон. — Даже до физиков».

— Знаете, — произнес американец доверительным тоном, — я тоже иногда думаю о времени.

— Вот! — ухватился Джон. — И что же вы как физик о нем думаете? Можно ли прошлое изменить и при этом вернуться в свое время?

— А давайте спросим иначе, — усмехнулся американец. — Можно ли изменить будущее?

— То есть? — Джон не ожидал такого вопроса и не сразу нашелся с ответом. — Будущее еще не наступило. Изменить просто нечего, верно?

— Почему же? — искренне удивился физик. — Выбор — тоже изменение. Представьте некую миссис Долдерсон. Старушка сидит в кресле у выходящего в сад французского окна и думает: пойти погулять по саду или на кухню — приготовить чай. Она решает погулять, и ее будущее становится вполне определенным: спускаясь по ступенькам, она спотыкается, падает, ломает ногу. Открытый перелом, заражение крови — и бедная старушка умирает в больнице. Но она подумала — и решила выпить чаю с вареньем.

Будущее изменилось. Теперь миссис Долдерсон доживет до девяноста пяти и спокойно умрет во сне. Два очень разных будущих, не так ли?

Джон покачал головой. Американец ошибся в своем умозаключении, хоть и физик.

— Нет, — сказал Джон. — Миссис Долдерсон ведь все-таки пошла готовить чай. Значит, другое будущее не произошло, вот и всё.

— Вы нашли ошибку в моем умозаключении? — усмехнулся американец. — Но ошибаетесь вы. Существуют два будущих. В одном миссис Долдерсон пьет чай, в другом спускается в сад. И первое будущее ничем не хуже второго. Оба физически реальны. Я вам больше скажу. За минуту до того миссис Долдерсон передвинула кресло в тень, подумав сначала, что лучше, наверно, было бы остаться на солнце. Вечернее солнце так приятно... И значит, будущих стало уже не два, а четыре.

— Четыре, — повторил Джон, как зачарованный, лихорадочно соображая, как возразить.

— Скажу еще больше. — Голос американца неожиданно обрел силу и уверенность, сигарета в его руке погасла, и он бросил ее на стол. Ни один англичанин даже в порыве эмоций не позволил бы себе... Но голос заставил Джона откинуться в кресле и молча слушать. — Будущих — множество, потому что каждую минуту, каждое мгновение миссис Долдерсон принимает то или иное решение, меняя не только свое будущее, но и будущее всех людей. И будущих этих столько, что никто не сможет их сосчитать, ведь на Земле миллиард людей, и каждый из них каждое мгновение делает какой-нибудь выбор. Понимаете? Каждый! И только ли люди? А животные?

— А что животные? — пробормотал полностью выбитый из колеи Джон.

— Ну как же! Лиса выбирает добычу, акула выбирает, напасть или проплыть мимо, даже букашка — и та каждое мгновение меняет будущее просто потому, что могла побежать налево, а могла направо.

— Букашка... — повторил Джон, не зная, как выбраться из этой лавины. Он понимал, что американец над ним шутит, надо найти достойный ответ, но почему-то рассуждения физика ему понравились, хотя он не хотел в том признаться. Фантастика! Такое ему и в голову не приходило.

— И все эти мириады будущих существуют в природе, — неожиданно спокойным тоном заключил американец, закурил новую сигарету и с удовольствием вдохнул дым. — Вы скажете — и будете правы, — что миссис Долдерсон наблюдает одно-единственное будущее. Конечно. Потому что люди так устроены. А другой вариант будущего наблюдает другая миссис Долдерсон в другой вселенной и тоже воображает, что именно ее будущее — единственное.

— Потрясающе! — воскликнул Джон. — Изумительная идея. Если позволите, я напишу об этом рассказ.

— Я-то позволю, — пожал плечами американец. — Но вы не напишете. — Почему? — спросил Джон обиженно.

— Фантазии не хватит. И не обижайтесь. Литература — не физика. Я могу представить бесконечное число ветвей мироздания. Даже описать это формулами. А писатель имеет дело с единственной реальностью. Конечно, я читал рассказ про бабочку. И «Конец Вечности» Азимова. И «Хроноклазм» вашего соотечественника Уиндема.

Джон отхлебнул виски, будто воду.

— И везде будущее — одно, — поставил точку американец. Точнее, пятую, потому что, не дав Джону вклиниться в паузу, продолжил:

— Но вы спрашивали не о будущем, а о прошлом.

— Именно! — возбужденно чуть ли не выкрикнул Джон. — Я спрашивал о прошлом!

— А какая разница? — Американец посмотрел на Джона с искренним недоумением.

— Ну... — Джон также с искренним недоумением посмотрел на физика. — Разница принципиальная! Будущего еще нет, оно не определено. А прошлое уже случилось, прошлое зафиксировано. Оно было, и изменить его невозможно. По крайней мере, насколько я понимаю, так утверждает наука. Потому-то я и хотел... не то, чтобы хотел, но раз представился слушать... посоветоваться с настоящим физиком. А вы говорите «какая разница».

— Послушайте, давайте рассуждать логично. Всё зависит от точки отсчета. Мы с вами сейчас в настоящем, верно? Здесь и сейчас. А теперь представьте, что мы в прошлом. Пусть даже в этом самом отеле «Остерпорт», но не в марте тысяча девятьсот пятьдесят девятого года, а в марте тысяча восемьсот... неважно. Сидим в лобби и разговариваем. И для нас тогдашних то место и то время — настоящее. Представили? ▶

► Джон кивнул. «Остерпорт» — старый отель. Наверняка существовал и в прошлом веке.

— Отлично. И для нас будущее не определено, верно? Может быть одним, может — другим. Для нас тогдашних мы нынешние — в их будущем. Которое не определено и может быть разным. А если взять за точку отсчета еще более раннее время, которое для современников — настоящее, и для них тоже будущее неопределимо и может быть всяким... Вы улавливаете мою мысль?

Джон поразился самому себе: ему удалось одновременно кивнуть и отрицательно покачать головой. Американец посмотрел на него с подозрением.

— Собственно, всё остальное — обычная индукция. Ваш Шерлок Холмс назвал бы этот метод дедуктивным, но он, точнее, его создатель, ошибался.

У Джона создалось впечатление, что фраза не окончена. Он даже подозревал, как хотел ее закончить американец: «Ох уж эти британские писатели!»... А может, Джону только показалось. Да, наверняка показалось.

— Существует множество будущих, множество настоящих и множество прошлых. Вот и всё. Каждое событие в настоящем становится причиной множества разных событий в будущем. Каждое событие в прошлом становится причиной множества разных событий в настоящем. И наоборот, конечно.

— Наоборот? — Джон хотел сказать «какая чушь!», но ему пришла в голову простая мысль, заставившая его прикусить язык. Кто здесь кто, в конце концов? Физик имел право сказать писателю в ответ на его фантазии: «какая чушь». Но писатель — физику?

— И наоборот, — повторил американец с чувством удовлетворения. — Физические законы, видите ли, обратимы во времени. Может, вы этого не знали, но это так.

Джон пропустил шпильку мимо ушей.

— Вы хотите сказать...

— Да, — наверно, американец решил, что британец все-таки уловил его мысль. — Каждое событие в настоящем становится причиной множества событий в будущем. Но каждое событие происходит в будущем другой вселенной.

— Другой вселенной, — эхом повторил Джон.

— Конечно. Потому что при каждом событии вселенная разветвляется на столько миров, сколько следствий может быть у произошедшего сейчас события. Я уже говорил об этом.

— Э-э-э... Да, говорили.

— И, соответственно, каждое событие в настоящем может — и становится! — следствием множества разных событий прошлого. Я слышал фразу: «История не имеет сослагательного наклонения». Типичное утверждение гуманитария! Прошлых огромное количество. Колоссальное. Это вытекает из физических уравнений.

Физик сделал долгую паузу, будто намеренно дал Джону время обдумать, принять, осознать, прочувствовать сказанную... чепуху? Гипотезу? Истину?

— То есть, — осторожно, будто ступая на тонкий словесный лед, произнес Джон, — к тому, что мы с вами сейчас тут сидим и беседуем, могло привести множество событий прошлого?

Американец широко улыбнулся, будто хотел сказать: «Вот видите, лед не провалился, идите дальше».

— Конечно, — сказал он почти добродушно. — Это кажется странным, вы хотите сказать? С бытовой точки зрения — наверно. Но с точки зрения физики — вполне естественно. Если у одного события в настоящем существует бесконечное число разных будущих, то неизбежно должно существовать бесконечное число разных прошлых. Прошлое вовсе не одно-единственное. Прошлых бесконечно много.

— Вы шутите! — не удержался от восклицания Джон.

Американец вздохнул, выпустил струйку дыма, проследил, как дым рассеивается в воздухе и признал:

— Может, и не бесконечно много, вы правы. Бесконечно много было

бы, если бы Вселенная была бесконечной в пространстве и времени. Но она имеет границы, и число элементарных частиц во Вселенной конечно. Огромно, да, но всё же конечно. Если говорить о горячей модели... — он увидел, как вытянулось лицо у Джона, и оборвал фразу, не закончив.

— Прощу прощения, — сказал он. — Увлёкся. Вы правы. Прошлых не бесконечно много, но очень, очень много. И будущих тоже.

— Как-то в это не очень верится, — поехлился Джон, будто на него дохнуло ледяным ветром с залива. — Я не хочу сказать, что вы не правы. Но в сознании не укладывается.

Американец кивнул.

— Я забываю, что вы писатель, а не физик. Писатель мыслит образами, а не формулами и числами. Давайте объясню на примере. Всё та же миссис Долдерсон. Старушка сидит в кресле и читает книгу. О том, что во множестве миров у миссис Долдерсон разное будущее, мы уже знаем.

Джон хотел сказать: «Вы знаете», — но промолчал. Мы — так мы.

— Она положила книгу на колени и задумалась. Услышала шаги, и в сад вошел Артур, которого она не видела много лет. Когда-то он хотел попросить ее руки, но она была увлечена другим, обычное дело, верно? Она вышла за Колина Долдерсона, родила двух сыновей, овдовела и иногда представляла себе, что вышла за Артура. И вдруг Артур предстал перед ней во плоти. Оказывается, он в свое время женился, но брак был неудачен, он уехал из Англии, недавно вернулся... И пришел. Это один вариант прошлого. А вот другой. Миссис Долдерсон откладывает книжку, задумывается... И появляется Артур, но рассказывает совсем другую историю. Да, в свое время он хотел сделать девушке предложение, но... В общем, от обиды записался в армию, воевал, вернулся, устроился работать, разбогател, но вспоминал, как побоялся сделать девушке предложение, и однажды неодолимая сила повлекла его в родные когда-то места. И вот он встречает миссис Долдерсон...

Обратите внимание: то же самое настоящее, но другое прошлое. А могло быть третье прошлое. Миссис Долдерсон отложила книгу, задумалась, из-за кустов появляется Артур. Вроде тот же, но рассказывает совсем другое: в тот день, когда он хотел сделать девушке предложение, его сбила машина. Черепно-мозговая травма — он потерял память. Документов при нем не было... Таких случаев много, не так ли? Через какое-то время память вернулась, но он уже вел другую жизнь. Через много лет набрался смелости и вернулся туда, где жил когда-то. Хотите, я приведу четвертый вариант, десятый, сто тридцать восьмой? Событие одно и то же: миссис Долдерсон сидит в кресле и читает книгу. Абсолютно одно и то же событие. Но прошлых столько, что глаза разбегаются.

Джон приободрился.

— Отличная у вас фантазия! Я тоже могу придумать столько вариантов прошлого, что...

— Но если, — перебил физик, — вы можете разные прошлые представить, то это как раз и означает, что все эти разные прошлые приводят к одному и тому же результату в настоящем! Нет законов физики, которые это запрещали бы! И значит, существует множество вселенных, где всё это происходит!

— Но ведь, — Джон тоже повысил голос, — все эти прошлые происходят в разных вселенных! А в нашей прошлое одно!

Американец выпустил очередную струйку дыма и ткнул сигаретой в сторону Джона.

— Вот видите, — сказал он. — Вы уже согласились с тем, что вселенных великое множество, и в каждой есть миссис Долдерсон, сидящая в кресле, и у нее огромный выбор прошлых, а не только будущих. И всё зависит от ее выбора.

— Но вселенные разные, — упрямо сказал Джон.

— Ох уж эти британские писатели... — усмехнулся американец. — По-моему, прекрасная идея для рассказа. Но я не писатель, а физик. И физику я в ответ сказал бы: дорогой коллега, вы утверждаете, что при всяком наблюдении волновая функция схлопывается, коллапсирует, и все возможные прошлые и будущие в этот момент исчезают. Остается одна-единственная реальность. А я говорю, что ничто куда не исчезает, волновая функция не схлопывается, и не только все возможные будущие, но и все возможные прошлые существуют так же реально, как сигарета, которую я докурив.

Джон подумал, что американец теперь говорит с горечью о чем-то своем. Джон не знал, что такое волновая функция, да это и не имело значения. Он ощутил в американце родственную душу. Что-то у физика произошло. Неприятное. Его не поняли. И он излил душу. А Джон... Тоже не понял.

— Простите, — пробормотал он.

Американец внимательно на него посмотрел и, может, хотел что-то сказать, но не успел. Открылась дверь — и в лобби вошла молодая женщина. Она толкала перед собой складную детскую коляску, в которой сидела белокурая девочка лет полутора.

— Нэнси! — воскликнул американец, поднялся и поспешил навстречу вошедшей. — Ты уже погуляла? Лиз, тебе понравилась прогулка?

— Да, папа, — пропищала девочка.

— Где вы были?

— Дошли до Цитадели, — сообщила Нэнси. — Там очень приятная детская площадка.

Физик обернулся к Джону.

— Прощу прощения, мне нужно идти. Надеюсь, я не очень вас утомил. Джон не ответил. Впрочем, американец его уже не слушал: поднял дочку на руки, поцеловал жену в щеку; он уже был с ними, а не с Джоном. Нэнси что-то говорила мужу, Лиз прижалась к отцу и обняла его за шею. Еще несколько секунд — и они исчезли за дверью, оставив ощущение семейного благополучия, которого Джон был

лишен. Лишен ли? Он сам в свое время выбрал...

Джон отогнал ненужную мысль, непростенное воспоминание, подумал вскользь, что и его прошлое могло быть иным, и где-то, наверно, было, если прав физик. Если...

Он больше не хотел находиться в лобби, сидеть в одиночестве, податься и направиться к двери, на ходу обратив внимание, что физик оставил на столике три пустые бутылки «Карлсберга» и полную пепельницу окурков.

— Ох уж эти американцы, — пробормотал он. Англичанин убрал бы после себя мусор — корзина стояла в метре от кресла, где сидел физик.

Выйдя в холл, Джон успел увидеть в конце северного коридора семью американцев — девочку отец спустил на пол, жена открывала ключом дверь номера.

Джон подошел к портю и спросил: — Вы не скажете, кто эти люди? В конце коридора, видите?

Портю и смотреть не стал.

— Американцы, — сказал он небрежно. — Из семнадцатого номера.

Спросить фамилию Джон счел неприличным.

— Спасибо, — поблагодарил он и пошел к лестнице — его номер был на втором этаже.

Портю сказал ему в спину:

— Хью и Нэнси Эверетт. Всего доброго, мистер Харрис.

Эверетт обычно ужинал с бокалом красного вина и книгой в руке. Читал что-нибудь легкое, давая голове отдохнуть, и запивал легким полусухим собственным производством.

Нэнси, смотревшая телевизор в большой комнате, услышала хохот мужа и пошла на кухню узнать, что его так развеселило.

— Нэнси, ты только посмотри! — воскликнул Хью, протянув жене книгу в тонкой обложке. — Узнаешь?

— «Избери путь ее», — прочитала название Нэнси. — Джон Уиндем. Даже не слышала о таком авторе.

— Ох уж эти британские писатели... — пробормотал Эверетт. ♦





Про учителей

Александр Мещеряков

Между прочим, ботанике в школе учила меня Фаина Львовна Герман. Седая, с провисшими, словно усталые бельевые веревки, морщинами, в больших круглых очках, которые делали ее глаза меньше природного размера, она смахивала на пожилую сову, залетевшую не по адресу. Чуть ли не на самом первом уроке Фаина Львовна решила продемонстрировать пятиклассникам вред курения. «Хоть это нехорошо, попросите знакомого мужчину засунуть ватку в мундштук папиросы и выкурить ее. А ватку принесите в класс. Только не курите сами!» Я попросил квартирного дядю Стёпу, он с удовольствием подымил, ватку отдал мне. Действительно, она приобрела отвратительный желто-бурый окрас. Двумя пальцами, брезгливо, будто она держала использованную туалетную бумагу, Фаина Львовна взяла ватку и грозно произнесла: «Вот и ваши легкие станут такими же!»

Опыт вышел убедителен, я пристрастился к табаку много позже. Но всё равно я был о Фаине Львовне мнения среднего — уж больно строга и нетерпима, на лето задала, между прочим, заготовить огромный гербарий — а то летом делать больше нечего! Но потом, уже в десятом классе, когда мы уже давным-давно превзошли всю ботанику, она произнесла фразу, после которой я стал думать о ней по-другому.

У меня к тому времени отросли длинные неопрятные волосы — не потому, что я так фасонил, а просто потому, что не любил дотошных парикмахерских рук. И вот по своему обыкновению мы гоняли мяч на большой перемене в школьном дворе. Фаина Львовна выдернула меня из потной игры и, глядя в сторону, явно стесняясь, произнесла: «Зачем тебе такие длинные волосы — теперь, когда это стало модно? Вот кончит

мода, тогда и отращивай». В то время многие одноклассники и вправду «косили» под битлов. Я вернулся в игру, потом постригся и с тех пор научился пребывать в большинстве. При взгляде на меня сегодняшнего Фаина Львовна, будь она жива, осталась бы, возможно, довольна. Своим же студентам я повторяю: «Всех слушайте, но никого не слушайте». Но Фаину Львовну я все-таки послушал.

Это было в ту пору, когда мне было худо. Почва уходила из-под ног, сердце колотилось, голова раскалывалась, я чувствовал себя так, будто отравился грибами и пользовался работой как антидотом. Буддийский монах XIV века, которого звали Ёсида Канэёси, изо всех сил помогал мне выжить. Он утверждал, что при игре в шашки следует играть не на выигрыш, а просто каждым ходом отсрочивать проигрыш. Я принял это как руководство к действию и писал несколько книжек сразу. Решил тянуть ляжку, пока не разорвется. Заодно придумал и автоэпитафию: «Он жизнь свою прожил не как хотел, а сколько смог».

Отношение Канэёси к жизни и смерти оказались настолько близки мне, что я решил перевести его главное сочинение наново. До этого времени оно было известно в переводе В.Н. Горегляда под названием «Записки от скуки». Книга вышла еще в 1970 году. В названии, к которому склонился переводчик, явно ощущается влияние того удушливого времени, которое потом назвали «эпохой застоя». Я же назвал книгу «Записками на досуге», что, как мне мнится, точнее передает замысел автора. Работа над переводом, я выпивал вместе с Канэёси на пару. Ставил на стол с рукописью две рюмочки, опрокидывал — сначала за себя, потом за него. Канэёси про это не знал, но зато мне



Ёсида Канэёси. Гравюра Утагавы Хиросигэ. 1840-е годы

доставалось больше. Но я всё равно ощущал, что он видит мои художества. Поэтому старался переводить так, чтобы он остался доволен. Мне не хотелось, чтобы он относился ко мне без уважения.

Горегляд переводил по-научному и с комментариями, мне же хотелось сделать внятный всякому человеку художественный текст. Разница вышла большой. После выхода моего перевода одна внимательная читательница вопрошала в Интернете: «Неужели Горегляд с Мещеряковым одну и ту же книгу переводили?» Научный перевод Горегляда был широко известен советской интеллигенции; мой, художественный, читали лишь отщепенцы. «Записки на досуге» вышли в 2009 году, когда интеллигенцию уже перестали интересовать мудрые и чудачковатые люди. Это означает, что сама интеллигенция перестала к этому времени существовать.

Впоследствии я написал по меньшей мере четыре текста в духе Канэёси: «Записки на обочине», «Записки прошлого человека», «Записки дачного человека» и «Записки предпоследнего возраста». Сочинил и такие строки, обращенные к Канэёси:

*Как дела, дружище?
Так же всё печально?
Вижу: кисть твоя
летает над бумагой рыхлой.
Будто бы слезинка пробежала,
На скуле соляной развод оставив.
О тебе немало знаю. Ты же
В чашке сберегаешь лишь чаинки,
В чарке же — губами ловишь
Лунный свет, настоящий на туши.*

Молодой и талантливый испанский теннисист Карлос Алькарас боготворил великого сербского теннисиста Новака Джоковича, тянулся за ним и считал за учителя. Когда великому

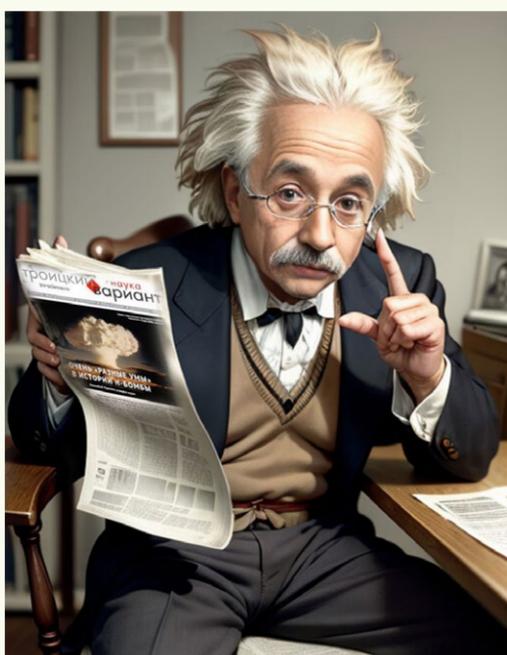
Джоковичу было уже ближе к сорока, в одном из турниров девятнадцатилетний испанец победил своего кумира, который годился ему в отцы. Как Карлос ликовал, как радовался, как обнажал в восторге белоснежные зубы и сжимал победный кулак! А я в это время вспоминал прошлую Японию: там считалось, что ученик не может и не должен превзойти учителя. В лучшем случае он может в глубокой старости достичь его уровня. Но в нынешнем мире ученик рассчитывает превзойти учителя как можно скорее и не стесняется ругать о своем успехе. В этом есть что-то мелочное и гадкое. И этому гадкому Алькарас научился у своего кумира, потому что и он — из того же инкубатора, где победитель полагает всё и не подлежит осуждению.

О, благословенное средневековье! Тогда ученик искал учителя, а тот мог с порога завернуть молодого человека. Не нравишься ты мне — и всё тут! Других резонансов не требовалось. А если ученика все-таки взяли, ему следовало быть благодарным учителю всю оставшуюся жизнь. Это и называется феодальной верностью. Теперь же преподаватель благодарит студента за то, что тот купил образовательную услугу. Нынешнему учителю не нужны верные ученики.

В Москву приехала делегация ниндзя — прямых потомков средневековых разведчиков и лазутчиков. Конкретные японские мужики и тетки показывали незамысловатые фокусы, ползали по-пластунски по пыльной сцене, плевались из трубочки бутафорским ядом, притворялись, что стали невидимками. И вот кульминация: самый крепкий ниндзя стал колотить со всей силы почтенного главу клана палкой по яйцам. А тот даже не морщился. Я было подумал, что это какая-то палка особая или что у главы между ног железная прокладка положена, но оказался неправ. После окончания представления главный ниндзя переоделся в костюм с галстуком и после первой же банкетной рюмки признался, что во время трюка втягивает яйца внутрь. После второй спросил меня: «Хочешь и тебя научу?» Но я не захотел. Японцы к нашей водке непривычные.

Шведская девочка Грета Тунберг выступила в ООН: вы, взрослые гады, считаете себя моими учителями и при этом испоганили своими нечистотами родную планету Земля, на которой нам, молодым, предстоит жить. Взрослые дяденьки и тетеньки устроили ей овацию. А ведь речи Греты — это доведенный до абсурда культ молодости и невинной жертвы, презрение к родителям, ненависть к старикам. «Зачем вы нас родили?! Мы вас об этом не просили!» Настоящая большевичка. Взрослые дяденьки и тетеньки как-то подзабыли, сколько горя и слез принес миру большевизм, когда он объявил об отречении от старого мира и приступил к его уничтожению. Но новый мир вышел у них сильно хуже прежнего. А Грета Тунберг получила премию «За гуманизм». И в ее честь восторженный арахнолог Петер Егер назвал неизвестный доселе науке вид паука, обитающего на Мадагаскаре. Теперь он называется *Thunberga greta*. Хорошо, что паук этого не знает. Что до меня, то я предлагаю переименовать этот сказочный остров в Mudakaskar. ◆

ИНФОРМАЦИЯ



Помощь газете «Троицкий вариант — Наука»

Дорогие читатели!

«Троицкий вариант» нуждается в вашей поддержке.

Теперь есть удобный канал пожертвований через банковские карты:

trv-science.ru/vmeste

Редакция



«Троицкий вариант»

Учредитель — ООО «Тривант»
Главный редактор — Б. Е. Штерн
Зам. главного редактора — Илья Мирмов, Михаил Гельфанд
Выпускающие редакторы — Максим Борисов, Алексей Огнёв
Редаксовет: Юрий Баевский, Максим Борисов, Алексей Иванов, Андрей Калинин, Алексей Огнёв, Андрей Цатурян
Верстка — Глеб Позднев. Корректур — Максим Борисов

Адрес редакции 121170, г. Москва, вн.тер.г. муниципальный округ Дорогомилово, и издательства: пр-кт Кутузовский, д.36 стр. 41, помещ. 1П;
e-mail: info@trv-science.ru, интернет-сайт: www.trv-science.ru.

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