

газета, выпускаемая учеными и научными журналистами

ПОРФИРИОН-ДЖЕТ ПРОНЗИЛ ФИЛАМЕНТ И БЬЕТ В БЛИЗЛЕЖАЩИЙ ВОЙД

Борис Штерн

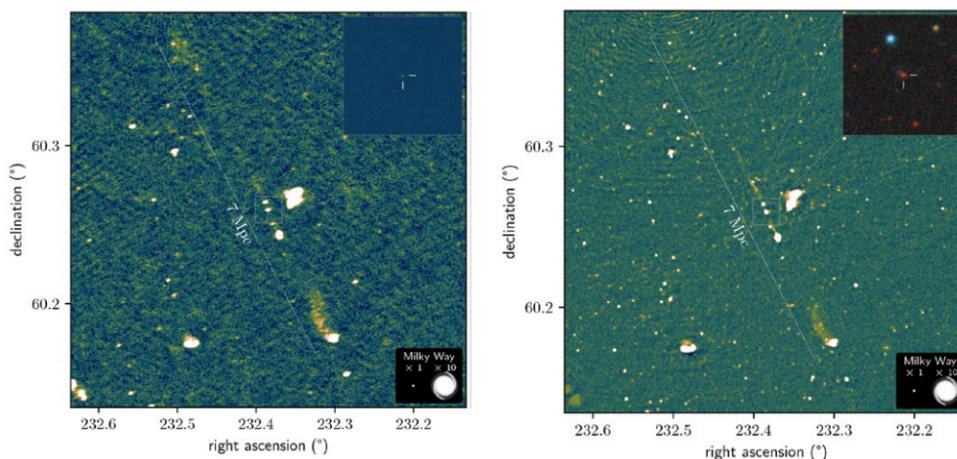
В начале 2024 года международная команда астрономов обнаружила квазар с джетами рекордного размаха — 7 Мпк (23 млн световых лет) [1]. Объекту дано название «Порфирион» по имени самого могучего древнегреческого мифологического гиганта. Джеты обнаружены с помощью европейского массива длинноволновых радиотелескопов LOFAR. Фактически это интерферометр со сверхдлинной базой: он включает станции в Нидерландах, Германии, Польше, Франции, Ирландии, Латвии, Швеции, Великобритании, Италии и Болгарии. Проект родился в Нидерландах (там находится самое большое количество станций) и постепенно разросся на всю Европу.

Система работает на низких частотах — на самых низких, которые проходят через ионосферу, — от 10 МГц (длина волны около 30 м) и выше. На низких частотах хуже угловое разрешение, но выше чувствительность к слабому радиоизлучению, кроме того, это важное дополнение к более распространенным коротковолновым интерферометрам, работающим в дециметровом и сантиметровом диапазонах.

Обнаруженный квазар находится на красном смещении 0,9, что соответствует возрасту Вселенной 6,3 млрд лет (7,5 млрд лет назад). Наиболее четкие изображения получены на длинах волн 2,08 и 0,46 м (см. рис. вверху). Виден сам квазар, яркое протяженное пятно снизу справа (подобные яркие пятна наблюдаются у многих джетов) и яркие облака на концах джета, особенно заметные на более длинноволновой карте.

Пару слов о том, что такое джеты (струи) квазаров. Квазары — сверхмассивные черные дыры в центрах галактик в состоянии интенсивной аккреции окружающего вещества. Наиболее распространена дисковая аккреция, при этом диски светят ярче всей окружающей галактики, вплоть до 10^{47} эрг/с, что в тысячу раз ярче нашей галактики. Диски ориентируются в плоскости экватора вращающейся черной дыры, а вдоль полюсов бьют струи замагниченной плазмы — джеты. Это чисто магнитогидродинамический эффект (так называемый эффект Блэнкфорда — Знаека): либо диском, либо самой черной дырой «наматывается» тороидальное магнитное поле, которое в конечном счете «выплывывается» вместе с плазмой в обе стороны вдоль оси вращения дыры. Этот эффект благополучно воспроизводится с помощью численного моделирования. Типичная скорость потока в джете близка к скорости света. Обычно вместо скорости в таких случаях используется лоренц-фактор, $1/\sqrt{1-v^2/c^2}$, показывающий, насколько сильно релятивистские эффекты — замедление времени, синее смещение и т. п. Типичный лоренц-фактор джетов квазаров на первых парсеках порядка 20.

Наблюдается целый зоопарк джетов: от относительно небольших, сравнимых по размерам с галактикой, до гигантских, бьющих далеко в межгалактическое пространство. Наиболее известный и зрелищный пример больших дже-



Изображения джетов Порфириона, полученные радиointерферометром LOFAR.

Левая карта — длина волны 2,08 м, правая — 0,46 м. Врезки справа вверху — карты центра с лучшим угловым разрешением, на которых виден сам квазар. Яркое пятно на джете снизу от центра — типичный для джетов узел, связанный с внутренним ударным фронтом. Яркое пятно на нижнем конце джета — фронт от столкновения последнего с внешней средой (из статьи [1])

тов — относительно близкий и очень яркий радиоисточник Лебедь А (рис. внизу). В нем размах джетов не превышает 300 кпк, зато прекрасно видны горячие пятна от столкновения джета с окружающей средой и разлетающиеся борозды (лопасти) от блуждающих излучающих частиц. Всё, что видно на этой карте, — синхротронное излучение релятивистских электронов. Лебедь А можно рассматривать как уменьшенную в 25 раз модель Порфириона, находящуюся в десятки раз ближе.

До сих пор были известны джеты с размахом около 4 пк, причем этот рекорд держался почти полвека, из чего делался вывод, что это и есть естественный предел. Обстоятельства, которые могут способствовать новому рекорду: очень большая мощность джета и разреженная внегалактическая среда. По оценкам авторов, сделанных с помощью численных моделей джетов и подгонки их под наблюдения, мощность джета действительно очень велика — около 10^{46} эрг/с. Квазар не находится в скоплении галактик — оно было бы видно в оптике. Значит, среда действительно не слишком плотная. Скорее всего, источник находится в филаменте (нити) крупномасштабной структуры и, судя по масштабу, пробивает филамент, в котором находится родительская галактика и бьет в близлежащий войд (пространство, почти лишенное галактик). Так что, скорей всего, существенны обе причины.

Важность нового открытия в том, что подобные джеты по своему размеру сравнимы с элементами крупномасштабной структуры, которые в те времена были почти вдвое меньше, чем сейчас. Вполне возможно, что подобные джеты «накачивают» войды, составляющие большую часть объема Вселенной, магнитным полем и частицами высоких энергий. По оценкам авторов статьи, на каждый войд приходит-

ся по джету, который инжектирует в него поле с частицами. В результате поле только от этих источников должно составлять 10^{-16} – 10^{-15} Гс.

Надо заметить, что это довольно слабое поле. Такой интервал значений не то, чтобы совсем исключен, но поставлен под сомнение данными «Ферми» по гамма-квантам. Поле, скорей всего сильнее, но джеты — лишь один из возможных механизмов генерации магнитного поля войдов. Вряд ли типичное магнитное поле войдов слабее, чем 10^{-13} Гс, иначе оно давало бы эффект смещения гамма-изображений блазаров от их оптического изображения, чего не наблюдается. Причина такого смещения — каскадное эхо: гамма-кванты очень высоких энергий реагируют по пути с фотонами света галактик и порождают электрон-позитронные пары. Эти пары в свою очередь «пинают» фотоны реликтового излучения (комптоновское рассеяние), переводя их в гамма-кванты, которые с задержкой в десятки и сотни тысяч лет прилетают в детектор немного с другого направления, куда отклонен джет.

Авторы статьи попытались определить параметры «центральной машины», т. е. квазара, исходя из наблюдений джета. Вообще говоря, это задача тяжелая — она требует многих дополнительных предположений. У них получилось следующее: мощность, всаживаемая в джет, — около 10^{46} эрг/с, что всего на порядок меньше максимальной светимости аккреционных дисков. Энергия, накачанная в релятивистские электроны за миллиарды лет работы квазара, — порядка 10^{63} эрг, что составляет около миллиарда M_{\odot}^2 Солнца.

Эти параметры кажутся экстремальными — возможно, эти оценки завышены, а возможно, здесь работает дополнительный механизм, предложенный Андреем Нероновым с соавторами [2]. Их предположение заключается в том, что длинный джет формируется не магнитогидродинамическим потоком, а пучком тэвнских гамма-квантов, испущенных в самом начале джета. Тогда требования к параметрам источника становятся менее экстремальными. Они также объясняют пучком гамма-квантов прямолинейность джета на таком огромном расстоянии.

Правда, Порфирион выглядит именно как магнитогидродинамический джет: яркий узел в середине и горячие пятна на концах. Вполне возможно, работают оба механизма: поток гамма-квантов помогает джету «рыть туннель» в межгалактической среде, таким образом требования к энергетике джета снижаются.

1. Black hole jets on the scale of the cosmic web. *Nature* 633 (8030): 537–541. DOI: 10.1038/s41586-024-07879-y, arxiv.org/pdf/2411.08630
2. arxiv.org/pdf/2411.01640

В номере

Вторая геометризация физики в XX веке

Очерк *Алексея Левина* к 70-летию теории Янга — Миллса — стр. 2–3



Загадка Веги, зелень на Марсе, необычный дуэт черных дыр...

...и другие астроновости от *Алексея Кудря* — стр. 4–5

Быт и досуг иностранных студентов в Германии

Впечатлениями делится *Софья Гайдаш* — стр. 6–7



Живопись палеолита в Каповой пещере

Юрий Ляхницкий рассказывает об уникальном памятнике культуры и природы на Южном Урале — стр. 8–9



Двукрылые-экстремофилы



Екатерина Яковлева и Дана Сивунова — о механизмах выживания мух-береговушек в самых суровых условиях планеты — стр. 10, 13

Сентиментальные путешествия Шкловского

Культурологи *Александр Марков* и *Оксана Штайн* об острашении и деформации материала в письмах о любви и не о любви — стр. 11

Кем быть физиком сегодня?

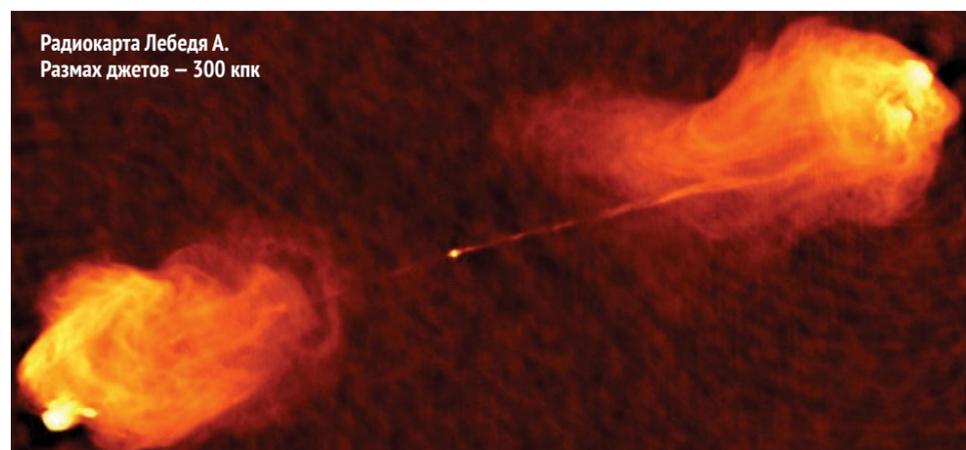
Размышления бывалого фиановца *Юрия Захаренкова* — стр. 12–13

«А Пушкина кто у вас пасет?»

Трагикомические заметки *Александра Мещерякова* о поэтах и поэзии — стр. 16

Подписывайтесь на наши аккаунты:

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



Радиокарта Лебедя А. Размах джетов — 300 кпк

1 октября 1954 года Янг Чжэньнин, сотрудник Принстонского Института фундаментальных исследований, и Роберт Лоуренс Миллс, постдок Колумбийского университета, опубликовали в журнале *Physical Review* статью «Conservation of Isotopic Spin and Isotopic Gauge Invariance». Она содержала результаты теоретического исследования, которое ее авторы совместно выполнили во время временной работы в Брукхейвенской национальной лаборатории.

Представленная в публикации (и позднее названная их именами) теоретическая конструкция дала начало мощному интеллектуальному движению, которое в течение двух последующих десятилетий привело к появлению целого ряда так называемых калибровочных теорий фундаментальных взаимодействий. Они легли в основу нового понимания природы материи, выраженного в Стандартной модели элементарных частиц. (Создание калибровочных теорий довольно подробно описано в 7-й, 8-й, 9-й и 13-й главах моей книги «Этюдн о частицах»¹; позволю себе отослать к ней тех, кому это интересно.)

Огромное влияние теории Янга – Миллса на развитие физики давно общепризнано и не требует новых подтверждений. Однако куда менее известно, что их работа также сослужила хорошую службу одной из самых динамичных областей математики второй половины XX столетия. Идеи Янга и Миллса со временем были конструктивно переосмыслены математиками, работавшими на стыке дифференциальной геометрии, алгебры и топологии. В рамках этих исследований еще в 1930-е годы была создана теория расслоенных пространств, окончательно отшлифованная уже после Второй мировой войны. Как оказалось, и оригинальная модель Янга – Миллса, и ее последующие версии в виде более продвинутых калибровочных теорий допускают естественное описание на языке теории расслоений. Этот акт физико-математической синергетики был настолько неожиданным, что сначала выглядел как нечто вроде *deus ex machina*. Он и привел к тому преобразованию фундаментальной физики, которое я назвал второй геометризацией. Вот о ней я и хотел бы рассказать на общепонятном языке (то есть без формул) в связи с 70-летним юбилеем теории Янга – Миллса.

Загадка Фримена Дайсона

Однако начну я с довольно загадочной фразы одного из создателей квантовой электродинамики Фримена Дайсона, которая при первом чтении меня немало удивила. Она взята из его выступления 29 апреля 1965 года на весенней сессии Американского физического общества, текст которого под названием «Old and New Fashions in Field Theory» в июне опубликовал журнал *Physics Today*. В начале своей речи Дайсон отдал должное общей теории относительности, которая, по его словам, «осуществила представление физической реальности как геометрической по своей природе» (речь, конечно, идет о гравитации). Затем он напомнил о появлении в 1925 году квантовой механики, которая стала основой всех будущих «теорий материи и электромагнетизма», но при этом не имела ничего общего с эйнштейновской теорией тяготения. Наконец, подводя итог полувекового развития физики между 1915 и 1965 годами, он резюмировал с явной ноткой ностальгии: «*Всё ещё остаётся загадкой, почему геометрический анализ, который привел к такому глубокому пониманию гравитации, не имел никакого успеха в других областях физики*».

Как интерпретировать столь суровый вердикт? Дайсон мог иметь в виду очень интересные, но неудачные попытки Германа Вейля, Вольфганга Паули и еще нескольких ученых, которые после Первой мировой войны пытались построить единую геометрическую теорию тяготения и классической (то есть доквантовой) электродинамики, вводя в свои модели дополнительное, пятое по счету измерение. Однако к середине 1960-х годов эти усилия стали далекой историей и уже мало кого интересовали. К слову, тогдашние исследования в области квантовой гравитации (а им отдали дань такие титаны физики, как Ричард Фейнман и Стивен Вайнберг) предпринимались вне геометрического контекста. Так что эйнштейновская, она же первая, геометризация фундаментальной физики вроде бы полностью отступила перед квантовым барьером.

Но так ли это? В 1965 году уже существовала теория кварков, созданная годом ранее Марри Гелл-Манном и Джорджем Цвейгом (ее история во всех деталях изложена в 6-й главе моей книги). Ее математическая основа — это теория непре-

Теория Янга – Миллса и вторая геометризация физики



Алексей Левин

В статье, приуроченной к 70-летию юбилею теории Янга – Миллса, историк науки Алексей Левин рассказывает об одном из крупнейших достижений фундаментальной физики XX столетия и его взаимосвязи с математикой.

ривных групп, также известных как группы Ли. По определению, непрерывная группа — это гладкое многообразие, на котором заданы групповые операции. Таким образом, это математическая конструкция, лежащая на стыке алгебры (групповая структура) и геометрии (гладкое многообразие, допускающее внутри себя операции дифференцирования).

Гелл-Манн и Цвейг работали с одним конкретным семейством групп Ли, а именно с совокупностями унитарных квадратных матриц порядка 3×3 , имеющими единичный детерминант (это так называемая группа $SU(3)$). Правда, в своих вычислениях они в основном использовали не сами групповые элементы, а их генераторы, т. е. объекты, которые порождают эти элементы при экспоненциальных отображениях. В таких операциях алгебраическая ипостась непрерывных групп стоит на первом месте (кстати, совокупность генераторов непрерывной группы и называется ее алгеброй), но ведь и геометрическая никуда не уходит. Так почему же Дайсон не заметил совсем недавнего проникновения геометрии в теорию элементарных частиц?

О причинах этого недостатка можно долго гадать, но я хочу предложить гипотезу, которая мне кажется достаточно правдоподобной. Математический аппарат ОТО удалось построить на основе определенной версии теории дифференцируемых многообразий, которую принято называть римановой геометрией. Исторически она восходит к работе гениального немецкого математика Бернхарда Римана, написанной в 1854 году, но опубликованной только в 1868-м, через два года после его смерти. Идеи Римана в 1860–1870-е годы подхватили и развили такие замечательные математики, как Эдмунд Бельтрами, Элвин Бруно Кристоффель и Рудольф Липшиц. На рубеже XIX и XX столетий большой вклад в развитие римановой геометрии внесли Фридрих Шур и два замечательных итальянских геометра, Грегорио Риччи-Курбастро и его ученик Туллио Леви-Чивита. Они разработали мощный математический аппарат, получивший название тензорного анализа, или тензорного исчисления. Именно его и использовал Альберт Эйнштейн — по совету своего цюрихского друга, математика Марселя Гроссмана.



Янг Чжэньнин (Alanmak / Wikimedia Commons)

С помощью тензорного анализа Эйнштейн смог точно выразить на языке математики суть своего главного физического прозрения (или, лучше сказать, озарения). По мысли великого физика, гравитационное поле — это проявление искривления пространственно-временного континуума. Можно выразиться и сильнее: поле тяготения и искривленное пространство-время — по сути дела, одно и то же. В этом утверждении и состоит физический смысл ОТО. Всё остальное — дело математики и вычислительной техники.

При чем же здесь суждение Дайсона? В римановом пространстве любого числа измерений можно задать метрический тензор, или просто метрику, — функцию пространственно-временных координат, которая определяет квадрат расстояния между бесконечно близкими точками. Строго говоря, метрика задается не на самом многообразии, а на его касательных векторных пространствах. В классической римановой геометрии эта функция всегда принимает только положительные либо нулевые значения. Эйнштейн строил свою геометрию как обобщение плоского пространства Минковского, чья метрика может приводить и к отрицательным величинам. Такую метрику называют псевдоевклидовой; по аналогии,

метрика Эйнштейна, для которой положительность тоже не гарантирована, называется псевдоримановой. Она позволяет вычислить тензор кривизны пространства-времени, который определяет степень его отличия от плоского пространства Минковского. На основе тензора кривизны строится так называемый тензор Риччи, который на правах отдельного слагаемого входит в левую часть эйнштейновских уравнений гравитационного поля (другими слагаемыми служат метрический тензор, умноженный на взятую с обратным знаком половину скалярной кривизны пространства-времени, и тот же самый тензор, умноженный на космологическую постоанную). В правой части уравнения располагается носитель информации о плотности материи и энергии — тензор энергии-импульса.

Почему я пишу об этом так подробно? Дело в том, что метрика — это основа основ псевдоевклидова пространства общей теории относительности. Она позволяет вычислить и параметры его кривизны, и так называемые числа Кристоффеля, которые позволяют производить в этом пространстве параллельный перенос векторов и тензоров. На основе этого переноса, в свою очередь, определяются операции взятия производных (то есть дифференцирования), которые и позволяют записывать физические принципы ОТО на языке дифференциальных уравнений. Это так называемые ковариантные производные, которые использовались еще Кристоффелем и Липшицем, но получили свое название в трудах Риччи и Леви-Чивиты. Задание метрического тензора позволяет также определять и проводить операции интегрирования, которые изначально опять-таки применялись только в евклидовом пространстве. В общем, метрика эйнштейновской геометрии — это буквально ее альфа и омега!

Всё это Дайсон, разумеется, прекрасно знал. Но он знал и то, что математический аппарат теории квантовых полей и частиц вовсе не включал никаких метрических пространств (конечно, за исключением пространства Минковского). Поэтому его заключение о бесполезности первой геометризации фундаментальной физики для описания мира квантов выглядит вполне логично.

Однако для геометризации квантовой физики можно обойтись и без метрических многообразий. Такую возможность как раз и предоставляет теория расслоенных пространств, о которой я в меру своих сил постараюсь рассказать.

Математическая интродукция

Чтобы облегчить задачу, ненадолго вернусь к римановским мирам. Пусть имеем n -мерное пространство Римана с заданной на нем метрикой. В каждой его точке можно построить касательное пространство, которое будет линейным (другими словами, плоским) векторным пространством, причем тоже n -мерным. Элементарный пример — двумерная сфера в нашем трехмерном мире и двумерные же плоскости как ее касательные поверхности.

Пойдем дальше. Все эти плоскости, равно как и касательные пространства на многообразии с любым числом измерений, будут совершенно одинаковыми (на математическом языке — изоморфными). Однако одного этого факта еще недостаточно для установления соответствия между их векторами даже в том случае, если касательные пространства опираются на бесконечно близкие точки исходного многообразия. Чтобы получать такие соответствия, надо иметь возможность производить взаимно-однозначные линейные преобразования между координатными системами того и другого пространства. Для этого нужна дополнительная информация, которая позволила бы связывать друг с другом хотя бы бесконечно близкие касательные пространства. В римановых многообразиях такие связности обеспечивают операции параллельного переноса, которые, как уже говорилось, осуществляются с помощью символов Кристоффеля и ковариантных производных.

А как быть, если мы имеем дело с гладкими многообразиями, которые не поддаются метризации? Можно ли в них ввести такие понятия, как связность, параллельный перенос и кривизна, выполняя операции дифференцирования и интегрирования и вообще выжимать из них такие же богатства полезной информации, что и из римановых многообразий?

Оказывается, такая программа вполне осуществима — хотя и с разницей в деталях. Эти задачи как раз и решаются на базе теории расслоенных пространств, по-английски *the theory of fiber bundles*. Ее основная концепция, в принципе, очень проста. Возьмем гладкое многообразие M и «пришили» к каждой его точке некоторый массив дополнительной информации, закодированной в тех или иных математических структурах. Этот массив принято называть слоем (*fiber*) над данной точкой, а само многообразие M — базой. Объединение базы и всех ее слоев — это и есть расслоенное пространство. Это самостоятельный геометрический объект, который обычно обозначают буквой E . Его размерность равна сумме размерностей базы и любого слоя (в предположении, что слои обладают одинаковой размерностью). Чтобы такая конструкция работала, необходимо еще задать операцию проекции, которая отображает каждую точку слоя в ту точку базы, к которой этой слой «пришпилен». При этом точки одного слоя связаны друг с другом общностью своей «пришпленности», а вот точки разных слоев сами по себе никакого отношения друг к другу не имеют. Однако эти взаимные отношения можно установить, задавая определенные математические структуры, которые и называются связностями (*connections*). Например, в расслоенных пространствах с римановыми базами связность определяется правилами параллельного переноса векторов, о котором уже говорилось (напомню, что речь идет о движении вектора вдоль кривой без изменения его направления). Связность этого рода называется аффинной.

Для неметрических баз связность обычно (хотя и не исключительно) задается полностью антисимметричными тензорами специального вида, так называемыми дифференциальными формами, которые в этом случае называются формами связности. С их помощью определяется и тензор кривизны расслоенного пространства. Прошу читателей поверить, что это очень красивая математика.

Недавно у нас шла речь о многообразии (кстати, оно не обязано быть римановым, как в вышеприведенном примере) и его касательных пространствах. Их объединение — это тоже пример расслоенного пространства. Такие пространства, которые обычно обозначают TM , называются касательными расслоениями, или касательными пучками. Легко видеть, что если размерность многообразия M равна n , то размерность расслоения TM составляет $2n$.

Данное выше определение расслоенного пространства — только частичное. Полная дефиниция (до которой, кстати, математики додумались отнюдь не сразу) включает задание так называемой структурной группы, определяющей допустимые гладкие преобразования (гомеоморфизмы) каждого слоя на самого себя, и содержащая еще некоторые условия, которых я не буду касаться. В общем, расслоенные пространства — это интереснейшие математические объекты с богатыми внутренними структурами. Именно в этом качестве они оказались очень полезными для многих областей физики, включая и физику квантовых полей и частиц.

Но отнюдь не только для нее. Возможно, читателей удивит, что они фактически имели дело с расслоенными пространствами, изучая в школе ньютоновскую механику. В физике Аристотеля пространство и время абсолютны, и между ними нет никаких связей. Однако в физике Галилея — Ньютона абсолютно только время, единое для всей Вселенной. В то же время координаты движущейся частицы (если взять в качестве примера этот простейший случай) в любой момент зависят от выбора инерциальной системы отсчета. Поэтому они меняются при переходах между такими системами в соответствии со всем известными преобразованиями Галилея.

Так что здесь мы имеем дело с расслоенным пространством, хотя и очень простым. Его базой служит время T , а слоями являются совокупности всех событий, происходящих во Вселенной в определенный момент времени t . Геометрическое вместилище каждого слоя изоморфно трехмерному евклидову пространству R_3 , которое называется типичным слоем. Поэтому расслоенное пространство E в данном случае может быть представлено как прямое произведение базы T на типичный слой R_3 . Такие расслоения называются тривиальными, или глобально тривиальными. Но это, как говаривал один из моих профессоров математики на физфаке МГУ, только жалкий частный случай. В общем случае на типичный слой могут умножаться лишь достаточно малые области базы, так что произвольное расслоение лишь локально тривиально.

Вейлевская прелюдия

Теперь можно перейти к теории Янга – Миллса, но не сразу, а постепенно. Как уже говорилось, Янг и Миллс ее обдумали и сформулировали

¹ см. avtor-kmk.ru/pages/showitem.php?id=953 и trv-science.ru/2024/04/etyudy-o-chastitsah/

► во время совместной работы в Брукхейвенской национальной лаборатории в 1953–1954 годах. В истории физики микромира это было очень интересное время. Экспериментаторы открывали всё новые и новые частицы, изобилие которых никак не удавалось объяснить. В поисках перспективных идей Янг и Миллс решили опробовать очень интересную симметрию, которую замечательный немецкий математик Герман Вейль в 1929 году использовал для модификации волновых функций, описывающих частицы со спином (так называемые спиноры). К тому времени Поль Дирак уже предложил свое знаменитое релятивистское уравнение свободного электрона, содержащее четырехкомпонентные спиноры. Однако из этого уравнения вытекало существование частиц с отрицательной энергией, которые Вейль не мог понять и принять. Поэтому он предпочел работать с двухкомпонентными спинорами, которые пятью годами ранее изобрел Вольфганг Паули для описания спина нерелятивистских электронов. Эта техника сейчас выглядит несколько архаично, и поэтому я расскажу то, что хочу рассказать, на примере уравнения Дирака, как принято в современных учебниках. А трудность с отрицательной энергией была устранена в 1931 году благодаря открытию позитрона.

Итак, сначала о калибровочной симметрии. Ее первую версию Вейль изобрел еще в 1918 году, рассчитывая на этой основе объединить эйнштейновскую теорию гравитации с классическим электромагнетизмом. Эта попытка не удалась, однако придуманное Вейлем название сохранилось — калибровочная симметрия. При работе с уравнением Дирака она проявляется в том, что фазу спинорной волновой функции электрона (которая, к слову, представляет из себя оператор, описывающий рождение и уничтожение частиц) можно непрерывно менять в любой точке пространства-времени. Для этого ее надо умножить на $e^{i\alpha(x)}$, где e — это основание натуральных логарифмов, i — мнимая единица, и $\alpha(x)$ — гладкая вещественная функция пространственно-временных координат. С геометрической точки зрения эти множители представляют из себя повороты на произвольные углы вокруг фиксированной оси, иначе говоря, вращения плоской окружности.

В математическом плане такие фазовые повороты описываются очень простой абелевой (то есть коммутативной) непрерывной группой, известной как $U(1)$. Они приводят к тому, что в уравнении Дирака появляются добавки, которые необходимо компенсировать, чтобы оно сохранило свою форму неизменной. Для этого в него вводится векторное квантовое поле, взаимодействующее с электроном. Формально это делается посредством усложнения операций дифференцирования, при котором к обычным производным добавляются слагаемые, пропорциональные потенциалам этого поля. Если использовать модифицированные производные и связать надлежащим образом эти потенциалы с функцией $\alpha(x)$, уравнение Дирака для свободного электрона сохранит свой вид при калибровочном преобразовании (поэтому такие производные, как и производные в теории римановых пространств, называются ковариантными).

И в двухкомпонентной модели Вейля, и в «дираковской» интерпретации рожденное калибровочными преобразованиями поле интерпретируется как электромагнетизм. Чтобы такая интерпретация стала законной, к лагранжиану, из которого следует уравнение Дирака, надо добавить новый член, совпадающий с классическим лагранжианом электромагнитного поля, из которого получаются уравнения Максвелла. Такая добавка дает возможность интерпретировать кванты векторного поля как давно известные фотоны. В пользу этого вывода говорит и то, что калибровочная симметрия предписывает этим квантам иметь нулевую массу покоя — как у фотонов.

Получается, что локальная калибровочная симметрия, задаваемая группой $U(1)$, в полном смысле слова предписывает электрону взаимодействовать с электромагнитным полем. Любой фазовый сдвиг становится актом такого взаимодействия — например, испусканием или поглощением фотона.

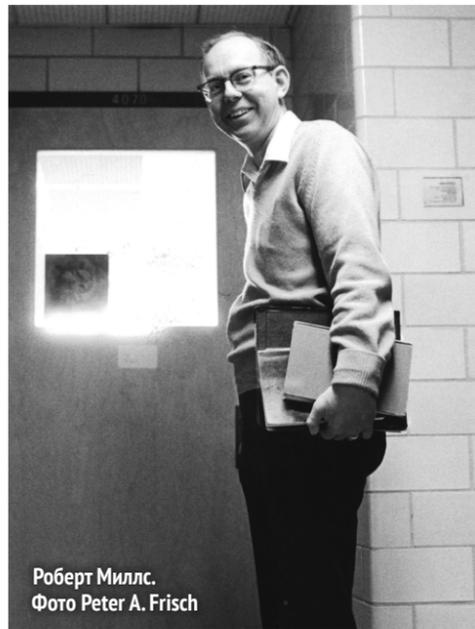
Этот пример служит хорошей иллюстрацией главной особенности калибровочных теорий. В самом общем плане это название закреплено за теориями, чьи физические предсказания инвариантны относительно той или иной группы преобразований, фигурирующих в теории величин, например волновых функций. Очень важно, что эта инвариантность — не просто формальное свойство задействованных в этих теориях математических структур. Она работает как динамический принцип, позволяющий предсказывать реальные (то есть наблюдаемые) физические эффекты. Так, из статьи Вейля следует, что из требования локальной фазовой инвариантности уравнения Дирака вытекает существование электромагнитного поля.

Но при чем здесь теория расслоенных пространств? Дело в том, что с точки зрения дифференциальной геометрии в этом примере мы имеем дело с расслоением, которое имеет пространство Минковского в качестве базы, а группу $U(1)$ — в качестве типичного слоя. Связность в этом случае задается дифференциальной формой первого порядка, или один-формой. Если обозначить компоненты 4-вектора потенциалов электромагнитного поля как A_0, A_1, A_2, A_3 , то эта форма будет выглядеть так:

$$A_0 dt + A_1 dx + A_2 dy + A_3 dz$$

(dt — дифференциал временной переменной, dx, dy и dz — дифференциалы пространственных координат).

Дифференцируя эту форму, получим тензор Фарадея, из которого путем несложных преобразований выводятся уравнения Максвелла. Нужно только иметь в виду, что речь идет не об обычном, а о так называемом внешнем дифференцировании, которое осуществляется по специальным правилам. С геометрической точки зрения тензор Фарадея можно рассматривать как кривизну $U(1)$ -расслоения. Как видим, понятия связности и кривизны можно с успехом вводить и использовать и при отсутствии метрики.



Роберт Миллс.
Фото Peter A. Frisch

В 1930-е годы работа Вейля не вызвала массового интереса физиков. Возможно, дело было в том, что Дирак и сам смог «поженить» свое исходное уравнение свободного электрона с электромагнетизмом, причем сделал это без всякой калибровочной симметрии. Однако ее понял и высоко оценил Вольфганг Паули, который подробно рассказал о ней в двух обзорах, опубликованных в 1933 и 1941 годах. В конце 1940-х годов с ними ознакомился Янг, который был тогда аспирантом сначала в Китае, а потом в Чикаго. Вместе с Робертом Миллсом он в 1953 году начал работать над применением идей Вейля для конструирования уравнений, описывающих частицы иной природы, нежели электрон. Результатом этих усилий и стала статья в *Physical Review*, о которой говорилось в начале.

Расцвет неабелевых теорий

Янг и Миллс занялись двумя «старейшими» барионами, протоном и нейтроном. Хотя эти частицы и не тождественны, но по отношению к ядерным силам они ведут себя одинаково и имеют почти одинаковую массу. В 1932 году Вернер Гейзенберг показал, что с «внутриядерной» точки зрения протон и нейтрон можно считать различными состояниями одной и той же частицы. Для их описания он ввел новое квантовое число, которое формально было полным аналогом электронного спина, но, конечно, не имело отношения в квантованном моменту импульса частицы. Пятью годами позднее Юджин Вигнер назвал это число изотопическим спином. Правда, аналогия с химическими изотопами была явно неудачной, точнее было бы говорить об изобарическом спине, но вариант Вигнера стал общепринятым. Поскольку сильное взаимодействие не делает различий между протонами и нейтронами, оно сохраняет полный изотопический спин — подобно тому, как электромагнитное взаимодействие сохраняет электрический заряд.

Янг и Миллс задались вопросом, какие локальные калибровочные преобразования сохраняют изоспиновую симметрию. Было ясно, что они не могут совпадать с калибровочными преобразованиями квантовой электродинамики — хотя бы потому, что речь шла уже о двух частицах, а не об одном только электроне. Поскольку для вычисления с обычными двухкомпонентными

спинорами уже давно применялись генераторы группы $SU(2)$, известные как матрицы Паули, на их основе Янг и Миллс построили свои калибровочные преобразования. Такие преобразования сложнее вейлевских, поскольку элементы группы $SU(2)$, равно как и их генераторы, не коммутируют друг с другом (группы с некоммутирующими элементами называются неабелевыми). Пересказать их на словах я не берусь.

Янг и Миллс проанализировали свойства своих калибровочных преобразований и выяснили, что они тоже порождают силовые поля, чьи кванты предположительно переносят взаимодействия между протонами и нейтронами. Кванты в данном случае было три: два заряженных (положительно и отрицательно) и один нейтральный. Они имели нулевую массу и единичный спин — то есть, согласно стандартной терминологии, были безмассовыми векторными бозонами. Как и положено безмассовым частицам, они должны были перемещаться со скоростью света. В общем, если не учитывать электрических зарядов, это были аналоги фотонов.

Теория V -полей, как их окрестили соавторы, была очень красивой, но не выдерживала проверку опытом. Нейтральный V -бозон еще можно было попробовать отождествить с фотоном, но его заряженные собратья явно оставались не при деле. Согласно квантовой механике, посредниками в переносе короткодистанционных сил могут быть лишь достаточно массивные виртуальные частицы. Радиус ядерных сил не превышает 10^{-13} см, и безмассовые бозоны Янга и Миллса явно не могли претендовать на роль их переносчиков. Опять же, экспериментаторы никогда не регистрировали таких частиц, хотя в принципе заряженные безмассовые бозоны легко обнаружить.

Сейчас известно, что у Янга и Миллса был конкурент — да еще какой! Когда Янг вернулся в Принстон, директор Института фундаментальных исследований Роберт Оппенгеймер попросил его провести семинар по новой работе. Там присутствовал Паули, который пару раз спросил Янга, что делать с отсутствием массы у V -частиц. Янг честно сказал, что ответить на этот вопрос не может. Позднее выяснилось, что примерно в то же время Паули и сам получил аналогичные результаты, но воздержался от их публикации как раз из-за «непонятки» с безмассовостью. Янг и Миллс были много моложе и, возможно, поэтому оказались смелее.

Но история их полей на этом не закончилась. Соавторы показали, что неабелевы калибровочные симметрии рассмотренного ими типа «на бумаге» могут порождать силовые поля неэлектромагнитной природы, однако физическая реальность этих полей была чистой гипотезой. Но оставалась таковой недолго. В 1960-е годы Шелдон Глэшоу, Стивен Вайнберг и Абдус Салам построили на основе полей Янга — Миллса теорию электрослабых взаимодействий, которая в следующем десятилетии стала частью Стандартной модели элементарных частиц. В этой новой теории переносчики электрослабого взаимодействия, законные наследники полей Янга — Миллса, получили массу благодаря так называемому механизму Хиггса, о котором тоже можно прочитать в моей книге (стоит отметить, что Янг сначала его не принял — что делать, и гении ошибаются). После этого калибровочные симметрии стали неотъемлемой частью фундаментальной физики. Сам Янг в посвященной Эйнштейну статье, опубликованной в 1980 году, выразил суть калибровочного принципа с чеканной лапидарностью: «Симметрия диктует взаимодействие».

Расслоенные пространства и физика

Читатель, вероятно, уже догадался, что теорию Янга — Миллса можно описать в терминах расслоенных пространств. В этом случае база — это, как и раньше, пространство Минковского, а типичный слой — группа $SU(2)$. В этом расслоении тоже можно ввести и связность, и кривизну, но сделать это технически сложнее, чем для $U(1)$ -расслоения. То же самое можно сказать и о других неабелевых калибровочных теориях.

В 1930-е годы ни статья Вейля, ни последовавший через четыре года обзор Паули не заинтересовали математиков, создававших теорию расслоений. Понять это нетрудно. Релятивистская теория электрона была успешно объединена с электромагнетизмом другими способами и другими учеными, включая Поля Дирака, Паскуаля Иордана, Юджина Вигнера, Ханса Бете и Энрико Ферми. В середине того десятилетия были даже основания считать, что вычислять взаимодействия между фотонами и электронами, равно как и другими заряженными частицами, теперь в принципе можно с любой точностью. Однако во второй половине 1930-х стало ясно, что такие вычисления дают конечные результаты только в первом порядке теории возмущений. В следующих порядках они приводили к бесконечностям, о чем, кстати, Роберт Оппенгеймер,

мер, Вернер Гейзенберг и шведский физик-теоретик Ивар Веллер догадались еще в 1930 году. В результате ключевой проблемой квантовой электродинамики стала борьба с расходимостями. Путь к ее решению был намечен голландским физиком Хендриком Антони Крамерсом и двумя его учениками еще в 1939–1941 годах (тогда же, независимо от них, аналогичные результаты получил Оппенгеймер). Однако полностью расходимости были устранены из квантовой электродинамики на основе метода перенормировок только во второй половине 1940-х годов, прежде всего благодаря трудам Бете, Джулиана Швингера, Синьитиро Томонаги, Ричарда Фейнмана и Фримена Дайсона.

Работе Янга и Миллса в этом смысле повезло больше — хотя и не сразу. В том же 1965 году, когда было опубликовано выступление Дайсона на сессии Американского физического общества, Королевский колледж Лондона пригласил сотрудника (и будущего директора) Института теоретической физики Варшавского университета Анджея Траутмана прочесть курс лекций о новейших методах математической физики. Насколько я знаю, в этих лекциях он впервые продемонстрировал связь между калибровочными теориями в версиях Вейля и Янга — Миллса и теории расслоенных пространств. Лондонские лекции Траутмана, как и другие его работы на эту тему² появились в печати уже в 1970-е годы и произвели сильное впечатление как на физиков, так и на математиков. Как раз тогда расслоенными пространствами заинтересовался и Янг. В 1975 году он посвятил им очень интересную статью³, написанную в соавторстве со скончавшимся летом этого года гарвардским профессором Тай-Тзун Ву. В этой работе Ву и Янг сформулировали словарь соответствий между терминами теорий калибровочных полей и расслоений, который немало помог встречному движению физиков и математиков. Позднее Янг вспоминал, что в 1976 году он дал копию этой статьи известному американскому математику, профессору Массачусетского технологического института Изадору Зингеру. Зингер привез ее в Оксфорд и показал своему не менее знаменитому коллеге и соавтору, президенту Лондонского математического общества Майклу Атье и другим математикам. Они настолько заинтересовались ее содержанием, что сами стали исследовать геометрические аспекты калибровочных теорий.

В общем, к концу 1970-х годов вторая геометризация физики стала свершившимся фактом. Она привела к множеству глубоких результатов как в области теоретической физики, так и в сфере математики. А также создала новый язык, который, как сейчас считается, пригоден для описания всех фундаментальных взаимодействий. Правда, пока неясно, можно ли использовать этот язык для создания квантовых теорий гравитации. Но это уже совсем другая история.

Обобщающее заключение

Для ясности резюмирую написанное. «Чистые» теории Янга — Миллса (их называют теориями безмассовых векторных частиц, калибровочных бозонов. Все они имеют в качестве типичного слоя ту или иную группу Ли, она же калибровочная группа (расслоения с такой структурой называются главными, principal fibre bundles). Их формы связности задаются наборами векторных функций, которые физики называют калибровочными потенциалами (вспомним описанный выше 4-вектор с компонентами A_0, A_1, A_2, A_3). Геометрическая структура типичного слоя может описываться с помощью разных систем координат (как и наше родимое евклидово пространство). Переход от одной системы координат к другой является тем, что физики называют калибровочным преобразованием. На основе формы связности вычисляется тензор кривизны расслоенного пространства, который на языке физики называется калибровочным полем.

Однако это еще не вся картина. Как известно, в нашем мире существуют не только калибровочные бозоны. Есть и другие частицы, как массивные, так и безмассовые, которые физики называют полями материи, matter fields. Их тоже можно представлять на языке теории расслоений, но для этого надо вводить дополнительные математические структуры, так называемые ассоциированные расслоения. Поскольку даже их краткое описание полностью выходит за рамки этой статьи, самое время ее закончить.

А в заключение подчеркну, что геометризация уравнений калибровочных теорий дает уникальную возможность находить их глобальные решения. И в этом, вероятно, ее основное достоинство. ♦

² См., например, Trautman A. *Infinitesimal connections in physics. Proceedings of the International Symposium on New Mathematical Methods in Physics, Bonn, 1973.*

³ Wu T.T. and Yang C. *Concept of nonintegrable phase factors and global formulation of gauge fields. Physical Review D, Vol. 12, No 12 (1975).*

АСТРОНОВОСТИ

Алексей Кудря

Кадр из фильма «Контакт». Режиссер: Роберт Земекис. Сценарий Карла Сагана. Производство: South Side Amusement Company / Warner Bros. Pictures



Элли была права

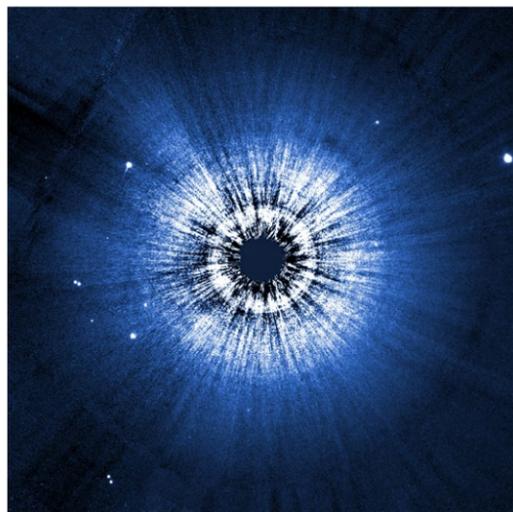
В замечательном романе 1985 года астронома и популяризатора науки Карла Сагана и в не менее замечательной его экранизации Робертом Земекисом «Контакт» (1997) главная героиня Элеонора «Элли» Эрроуэй в исполнении Джоди Фостер, работая по программе SETI и получив инопланетный сигнал, исходящий от Веги, сильно удивлена (как и ее коллеги). Система молодая, звезде всего несколько сотен миллионов лет — там не может быть не то что разумной жизни — еще не должны успеть сформироваться планеты.

И вот спустя почти сорок лет с момента выхода романа исследователи из Аризонского университета воспользовались космическими телескопами «Хаббл» и «Джеймс Уэбб», чтобы провести наблюдения за газопылевым диском, который окружает самую заметную звезду созвездия Лиры [1].

Результаты их работы оказались неожиданными: в диске не было обнаружено никаких явных признаков, указывающих на присутствие крупных образований. Диск Веги оказался удивительно ровным, что стало настоящей загадкой для ученых.

Эта звезда, светимость которой в 40 раз превышает солнечную, а возраст оценивается примерно в 400–450 млн лет, представляет собой идеальный объект для наблюдений. Ее плоскость эклиптики почти перпендикулярна лучу зрения земных астрономов, что делает ее очень удобной для изучения.

Совместные наблюдения «Уэбба» и «Хаббла» позволили получить новые и более детальные сведения о системе Веги. «Уэбб» зафиксировал инфракрасное излучение, исходящее от мелких частиц, которые вращаются вокруг звезды. Он также смог разрешить свечение пыли и в ореоле диска — внешнего диска, аналога пояса Койпера Солнечной системы, простирающегося на расстояние от 11 до 24 млрд км.



▲ Изображение околозвездного диска вокруг звезды Вега, полученное с помощью спектрографа космического телескопа Hubble Space Telescope STIS. NASA, ESA, CSA, STScI, С. Вольф (Аризонский университет), К. Су (Аризонский университет), А. Гаспар (Аризонский университет)

«Хаббл» в свою очередь запечатлел внешнее гало, состоящее из еще более мелких частиц, сравнимых с консистенцией дыма, которые отражают свет звезды. Самой удивительной особенностью является чрезвычайная однородность диска. Как отметили исследователи, «это загадочная система, потому что она отличается от других наблюдаемых нами околозвездных дисков. Диск Веги ровный, до смешного ровный».

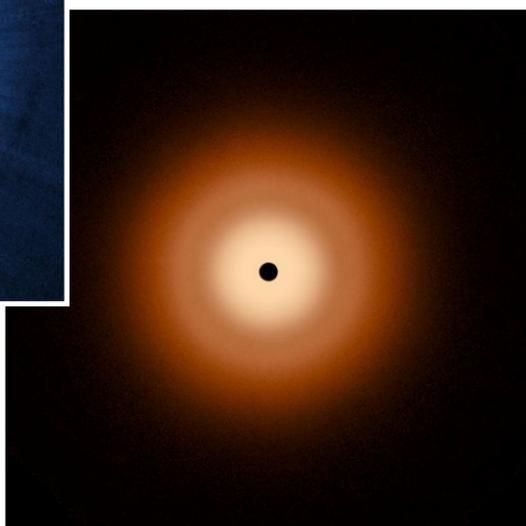
Единственная выявленная неровность — тонкий разрыв, расположенный примерно в 60 астрономических единицах от звезды, что вдвое больше расстояния от Нептуна до Солнца. Эта слоистая структура диска — результат давления звездного света, который выталкивает мелкие частицы наружу быстрее, чем крупные.

Интересным оказалось сравнение системы Веги с еще одной близкой к нам звездой — Фомальгаутом, который находится примерно на том же расстоянии, имеет тот же возраст и температуру, что и Вега. Однако околозвездная архитектура Фомальгаута сильно отличается от архитектуры Веги. Вокруг Фомальгаута есть три вложенных друг в друга пояса обломков, что предполагает наличие планет, которые гравитационно удерживают пыль в кольцах. Хотя ни одна планета пока не была идентифицирована, ученые предполагают, что именно они отвечают за формирование этих колец.

Учитывая физическое сходство звезд Веги и Фомальгаута, возникает вопрос: почему Фомальгаут, возможно, смог сформировать планеты, а Вега — нет? В чем же разница? Возможно, это как-то связано со скоростью вращения звезд. Вега вращается со скоростью свыше 270 км/с (на экваторе) и совершает один оборот вокруг оси всего за 12,5 суток. Ученые надеются, что последующие наблюдения помогут раскрыть тайны Альфы Лиры.

1. science.nasa.gov/missions/hubble/nasahubblewebbprobe-surprisingly-smooth-disk-around-vega/

▼ Изображение околозвездного диска вокруг звезды Вега, полученное с помощью инструмента среднего инфракрасного диапазона телескопа JWST MIRI. NASA, ESA, CSA, STScI, С. Вольф (Аризонский университет), К. Су (Аризонский университет), А. Гаспар (Аризонский университет)



NASA, ESA, STScI, Дэвид Тилкер (JHU)

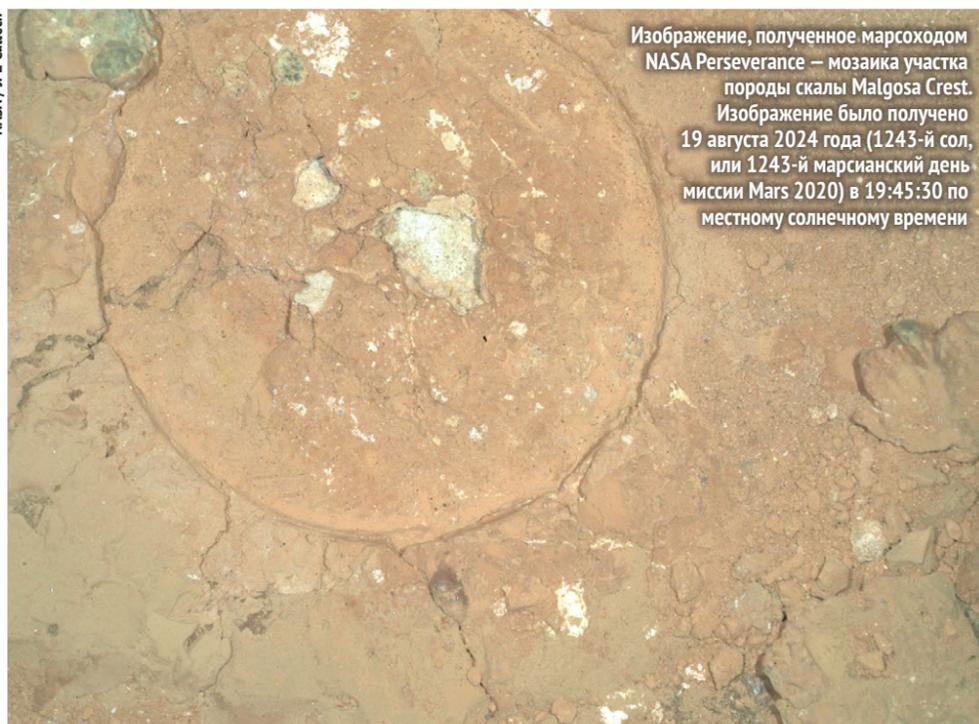
Изображение номера — галактика NGC 1546 в объективе «Хаббла»

В июне 2024 года космический телескоп «Хаббл» после многочисленных поломок и ремонтов вышел на новый режим работы гироскопа и системы наведения для получения четких изображений объектов дальнего космоса.

Одним из первых таких объектов стала спиральная галактика NGC 1546. Эта островная вселенная, входящая в скопление галактик Dorado (в созвездии Золотой Рыбы), она находится всего в 15 Мпк (50 млн световых лет) от нас. Галактический диск NGC 1546 наклонен к нашей линии обзора. Желтоватый свет старых звезд и голубоватые свечение областей звездообразования просвечивают сквозь пылевые полосы галактики. Более далекие фоновые галактики, гравитационно не связанные с NGC 1546, «разбросаны» по всему изображению, полученному космическим телескопом «Хаббл».

hubblesite.org/contents/media/images/2024/026/01J0P4K5EMNAM5M171KN6QKT38

NASA / JPL-Caltech



Изображение, полученное марсоходом NASA Perseverance — мозаика участка породы скалы Malgosa Crest. Изображение было получено 19 августа 2024 года (1243-й сол, или 1243-й марсианский день миссии Mars 2020) в 19:45:30 по местному солнечному времени

Красные скалы с зелеными пятнами

Марсоход NASA Perseverance уже более четырех лет трудится на поверхности Красной планеты, исследуя древнюю среду, собирая образцы, совершая открытия и изучая возможность существования микробной жизни в прошлом нашего космического соседа [2].

В ходе последних изысканий Perseverance с помощью камеры SHERLOC WATSON получил изображение участка скалы в районе Serpentine Rapids. На снимке запечатлены белые, черные и — что самое удивительное — зеленоватые пятна, которые скрываются внутри породы. Состав этих скал пока остается загадкой и требует дополнительных исследований, но находка заставляет ученых задуматься о том, какие еще открытия могут быть сделаны Perseverance в будущем.

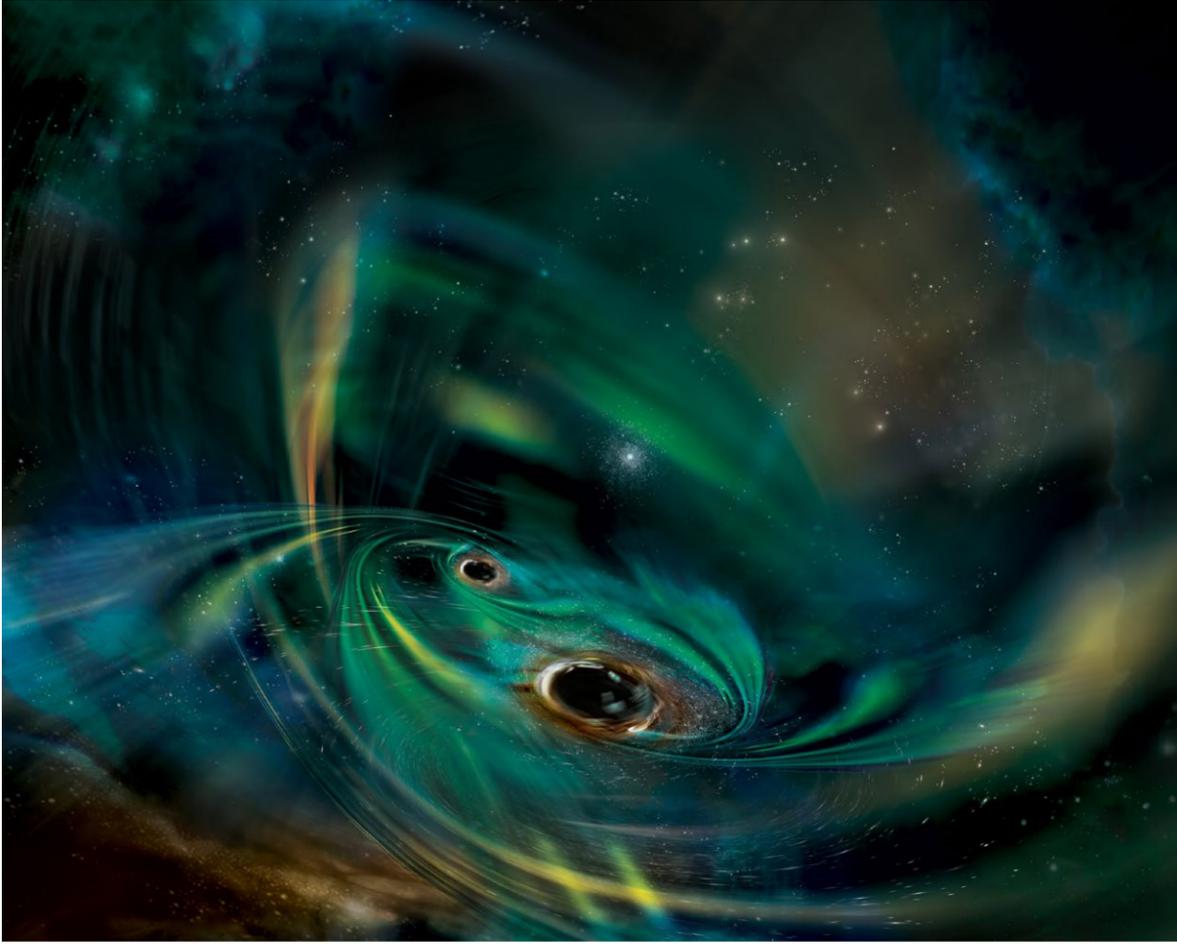
Чтобы получить эти изображения из недр скалы, Perseverance проделал отверстие в обнажении породы под названием Wallace Butte. Диаметр отверстия составил примерно 5 см, а большое зеленое пятно, расположенное в левом верхнем углу снимка, имеет диаметр около 2 мм. Этот снимок был получен 19 августа, на 1243-й день миссии Mars 2020.

Камни на Земле, похожие на изученные красные марсианские породы, обычно приобретают свой цвет из-за окисленного железа — того же самого железа, которое делает нашу кровь красной и придает брошенным автомобилям характерный «ржавый» оттенок. Зеленые пятна, которые можно увидеть на новом снимке Perseverance, также часто встречаются в красных породах на Земле и образуются, когда жидкая вода просачивается сквозь отложения, прежде чем затвердеть и превратиться в камень. Этот процесс поддерживает химическую реакцию, которая превращает окисленное железо в восстановленную форму, придавая камню зеленый оттенок.

На Земле в этой реакции восстановления железа иногда участвуют микробы. Но зеленые пятна могут также появляться и в результате разложения органических веществ, которое создают локальные восстановительные условия. Взаимодействие серы и железа также может создавать восстановительные условия без участия микроорганизмов.

Вопрос о том, какая именно реакция привела к появлению зеленых пятен на изображении, полученном Perseverance, останется загадкой, поскольку у марсохода не было возможности разместить манипуляторы с инструментами SHERLOC и PIXL прямо над зеленым пятном. Таким образом, роботизированному исследователю не удалось рассмотреть его поближе. Команда надеется, что в будущем Perseverance обнаружит что-то подобное, чтобы лучше понять, какие химические реакции приводят к появлению этих особенностей в породе.

2. science.nasa.gov/blog/red-rocks-with-green-spots-at-serpentine-rapids/



AT 2021hdr. Пара гигантских черных дыр вращается в облаке газа (в представлении художника). NASA/Аврора Симонет (Университет Сонома)

Обсерватория Swift наблюдает пару гигантских черных дыр

Используя данные, переданные космической обсерваторией Swift, ученые обнаружили интересное транзиентное событие, получившее обозначение AT 2021hdr.

Считается общепринятым, что в центре почти каждой галактики находится сверхмассивная черная дыра. Если такой объект интенсивно «питается» окружающим материалом, то его сопровождает ярко светящийся аккре-

ционный диск и система воспринимается как активное галактическое ядро (AGN). Общее свойство активных ядер галактик — мощное излучение во всем электромагнитном спектре.

Статья о AT 2021hdr была опубликована 13 ноября в журнале *Astronomy & Astrophysics* [3] и на сервере препринтов arXiv.org [4].

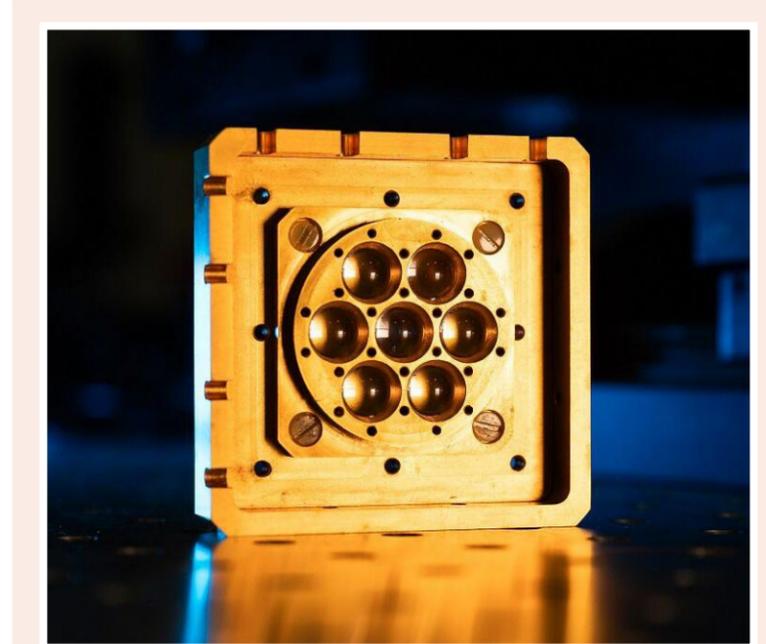
В ядре наблюдаемой галактики 2MASX J21240027+3409114, расположенной на расстоянии 1 млрд световых лет от нас в созвездии Лебедя, оказалась не одна, а сразу две сверхмассивные черные дыры. Расстояние

между ними составляет около 174 а. е. (26 млрд км), они находятся настолько близко, что свету требуется всего один день, чтобы преодолеть это расстояние. И эта пара в 40 млн раз массивнее Солнца.

По оценкам астрономов, черные дыры совершают оборот каждые 130 дней и сольются примерно через 70 тыс. лет.

Изначально событие AT 2021hdr было обнаружено в марте 2021 года Паломарской обсерваторией в Калифорнии с помощью камеры ZTF (Zwicky Transient Facility) и было отмечено как потенциально интересный источник с помощью ALeRCE (Automatic Learning for the Rapid Classification of Events). При первом обнаружении это транзиентное событие приняли за необычную вспышку сверхновой со странной кривой блеска, что и привлекло внимание ученых. Но более детальные наблюдения показали, что это событие повторяется каждые 60–90 дней. И тут стало совсем интересно.

В итоге группа исследователей, потратив достаточно большое время на изучение явления, пришла к выводу о том, что это пара близко расположенных сверхмассивных черных дыр, вращающихся в плотном облаке газа и пыли. Само это облако сформировалось за счет проходящей мимо звезды, которая разрушилась под действием приливных сил черных дыр. И сейчас, в наблюдаемый период, этот газ формирует аккреционный диск, который и питает эту пару, обеспечивая возникновение в 2MASX



Созданы сверхчувствительные детекторы для исследования космоса

Российские ученые разработали уникальные детекторы, которые способны работать при температурах, близких к абсолютному нулю — ниже 1 К. Эти детекторы открывают новый мир для изучения Вселенной, позволяя наблюдать за терагерцовым излучением, которое находится в области электромагнитного спектра между дальним инфракрасным и микроволновым диапазонами [5].

Почему именно терагерцовое излучение так важно для исследователей? Как объясняет докт. физ.-мат. наук **Сергей Шитов**, в этом диапазоне во Вселенной наблюдается меньше теплового шума, что делает возможным обнаружение даже самых слабых сигналов от далеких космических объектов. С помощью терагерцовых волн можно даже искать следы воды и кислорода на экзопланетах.

В основе разработки лежит микросхема с двумя ключевыми элементами — RFTES-болетром и СВЧ-предусилителем на основе магнитного датчика — СКВИДа постоянного тока [6]. Когда космическое излучение попадает на сверхпроводящий элемент, оно нагревает его, вызывая переключение между сверхпроводящим и обычным состоянием. Эти незначительные изменения преобразуются в измеримые сигналы.

Фотографии предоставлены НИТУ МИСИС

Еще интереснее устроен второй тип детектора с парой балансирующих болетров. «Представьте весы с одинаковыми гирями, — объясняет инженер-исследователь **Никита Руденко**. — Когда излучение равномерно, весы находятся в равновесии. Но малейшая разница в сигналах вызывает отклонение». Это позволяет изучать тончайшие неоднородности в реликтовом излучении Вселенной, оставшемся после Большого взрыва.

Несколько таких детекторов

можно объединить в матрицу, создавая своеобразный «фотоаппарат» для невидимого излучения. Это значительно ускоряет сбор данных и позволяет наблюдать за космическими объектами одновременно на разных частотах.

5. misis.ru/news/9401/

6. bigenc.ru/c/skvid-magnitometr-5cc588

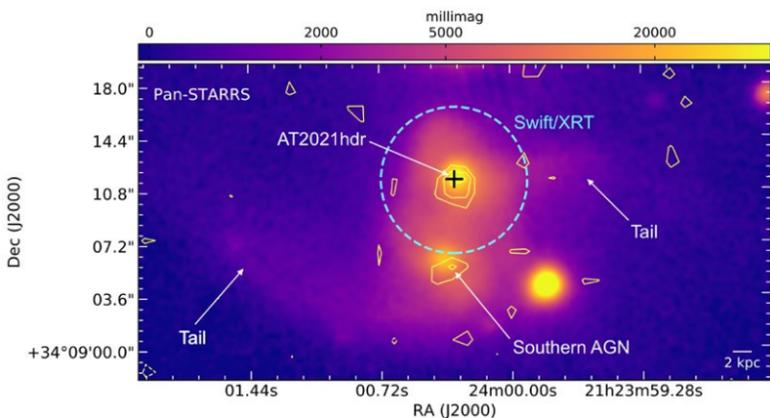
J21240027+3409114 активного ядра галактики. При этом часть газа за счет сложного взаимодействия выбрасывается из системы.

Астрономы планируют продолжить наблюдения за AT 2021hdr, чтобы лучше понять механизм этих событий и детально разобраться в происходящих процессах. Также интересно и изучении самой галактики 2MASX J21240027+3409114, так как

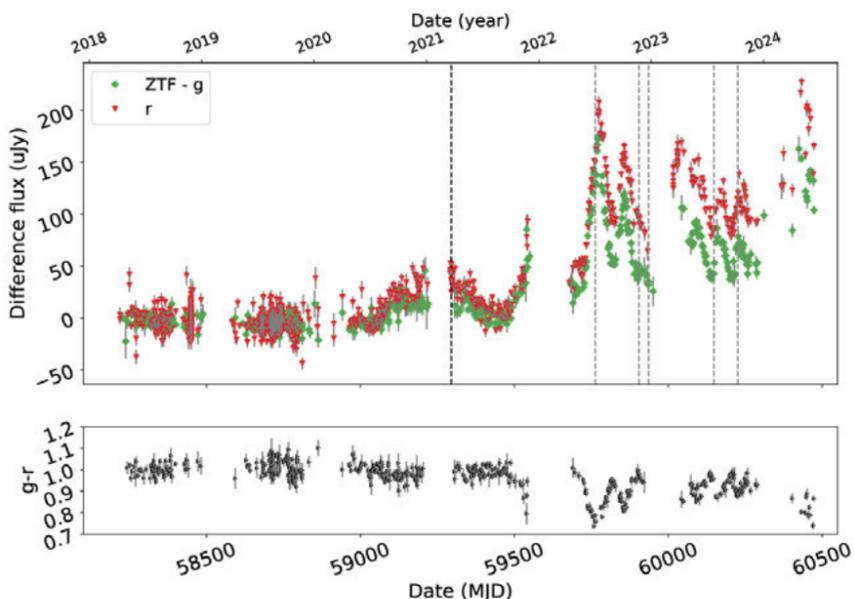
она находится в процессе слияния с другой галактикой, расположенной неподалеку.

3. anda.org/articles/aa/pdf/forth/aa51305-24.pdf

4. arxiv.org/abs/2411.08949



Композитное изображение Pan-STARRS: AT 2021hdr (черный крест) и окружающая среда. Указаны местоположения вторичного AGN и приливных хвостов

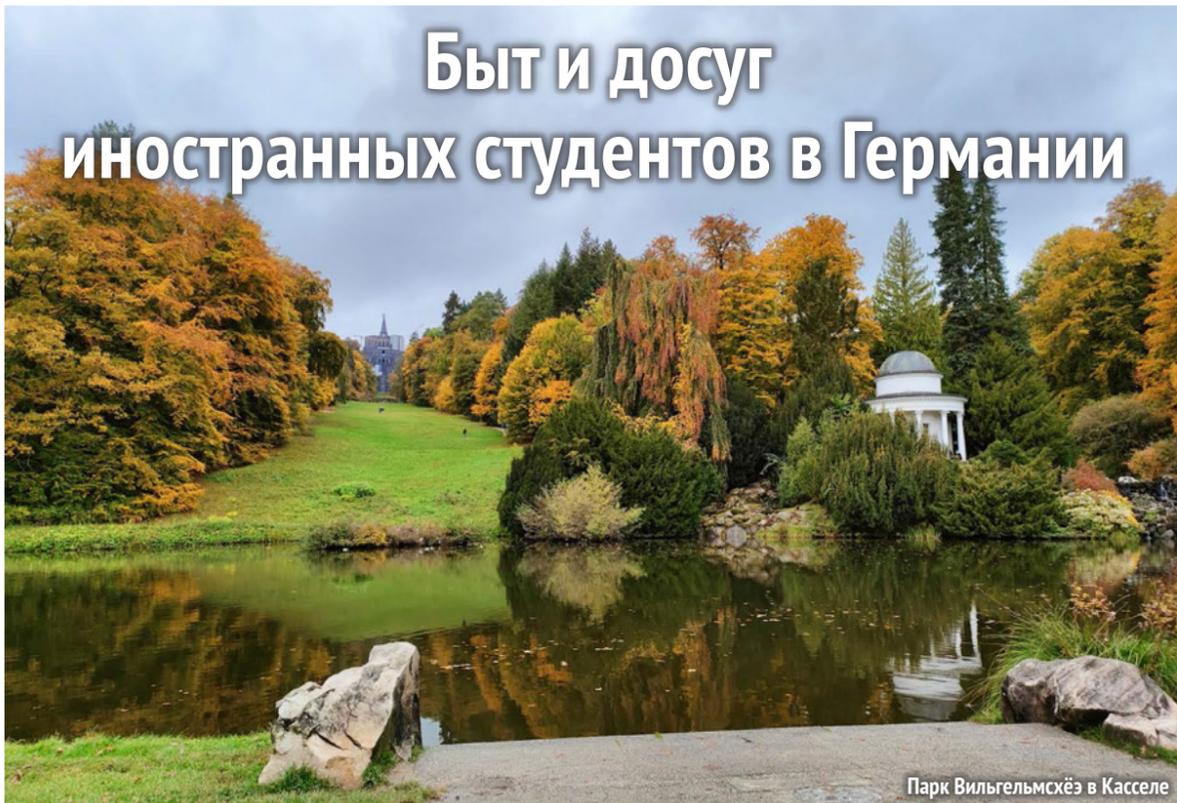


Кривая блеска ZTF для AT 2021hdr в период с 2018 по 2024 год.

Верхняя панель: кривая блеска ZTF (в разнице потоков от принудительной фотометрии PSF) для AT 2021hdr в диапазонах g (зеленые квадраты) и r (красные треугольники).

Черная пунктирная линия обозначает дату первого оповещения ZTF, а серые пунктирные линии соответствуют датам получения оптических спектров

Быт и досуг иностранных студентов в Германии



Парк Вильгельмскёв в Касселе

В ТрВ-Наука № 21 (415) от 22 октября 2024 года был опубликован материал выпускницы троицкой Гимназии им. Н.В. Пушкива **Софьи Гайдаш**, которая решила получить высшее лингвистическое образование в Германии¹. Подобный вариант и раньше был не самым распространенным и доступным, а сейчас тем более. В первой публикации Соня рассказала, как ей удалось победить германскую образовательную бюрократию и достичь уровня знаний, позволившего заинтересовать одно из учебных заведений ФРГ. С начала учебы прошло уже два месяца, и у нашего корреспондента в Нордхаузене появились новые впечатления, которыми она делится с читателями газеты.

¹ trv-science.ru/2024/10/kak-postupit-v-nemeczkij-vuz-v-2024-godu

При переезде в другую страну с целью получения образования неизбежно сталкиваешься с необходимостью быстро налаживать свой быт и проходить различные бюрократические испытания. С удовольствием поделюсь своими наблюдениями и личным опытом, как справиться с организацией нового уклада жизни, когда ты иностранный студент и тебе 18 лет.

Первые две недели пребывания в Германии с точки зрения самостоятельного оформления документов — максимально стрессовая история. По сути, срочного решения требуют три задачи: получить прописку, оформить ИНН и банковскую карту. Без прописки, кстати, невозможно открыть блокированный счет. Деньги на него переводятся через российский банк, но пользоваться ими можно только решив несколько бюрократических вопросов уже на территории ФРГ. Наличие такого счета — одно из условий для получения национальной визы.

Решение каждой из этих трех задач связано с посещением соответствующих учреждений, которые работают по не самому удобному для студента графику. Совместить всё это с учебой довольно сложно.



Очаровательные улицы Лейпцига



▲ Ратуша в Касселе



▲ Исторический центр Эрфурта

Зал № 600 из дворца правосудия в Нюрнберге, где проходили судебные процессы над нацистами



В любом случае администрация студенколлега советует все бюрократические вопросы решать максимально быстро. Большая часть документов в Германии отправляется по физической почте, соответственно, нужен личный почтовый ящик. Следующий шаг после получения прописки — оформление индивидуального номера налогоплательщика. Без него невозможно получить дебетовую карту на руки и открыть счет в немецком банке.

Чтобы открыть даже виртуальную карту, ИНН и прописка всё равно необходимы. От момента подачи документов до получения карты потребуются примерно неделя. Я не ожидала, что сотрудники центра по делам иностранцев работают достаточно оперативно и любезно отвечают на все вопросы, корректируя и объясняя, что неверно заполнено.

Мне пришлось срочно купить новую папку с большим количеством ячеек, так как все документы должны храниться в распечатанном виде и предоставляться по требованию иногда в нескольких экземплярах. Около года назад именно на эту тему я иронизировала над моим другом по переписке, который родился и вырос в Германии. В одном из наших разговоров он упомянул, что не может найти справку, полученную четыре года назад. Я удивилась, ведь обычно важных бумаг не так много и хранятся они, как правило, в одном месте. Он засмеялся, включил видеосвязь и по-

дание, даже до получения визы. Эта карточка дает много приятных бонусов. В моем студенколлеге к ним относятся: бесплатный проезд на всех видах транспорта в рамках земли Тюрингия (кроме высокоскоростных поездов); существенная скидка в столовой на территории университетского кампуса; бесплатное посещение библиотек в любом городе Германии (с возможностью бронировать время и место онлайн); скидки в музеях. Всё это существенно снижает расходы студентов.

Лично для меня хорошие бытовые условия являются основополагающим фактором для продуктивной учебы и работы. Комфортное общежитие, которое расположено прямо на территории университета, дает ощущение спокойствия и стабильности. Не нужно тратить много времени на дорогу, ведь до аудитории идти буквально пять минут. Между парами перерыв составляет полчаса и можно отдохнуть в своей комнате, чтобы немного переключиться после сложной лекции или контрольной работы.

Оплата за общежитие снимается автоматически с банковского счета студента и в моем случае составляет 260 евро в месяц за комнату 23 м². Даже в рамках одной квартиры стоимость не одинаковая, одна моя соседка платит 240 евро, а другая — 290. Возможно, ценообразование связано с количеством квадратных метров.

В указанные варианты сумм уже включены коммунальные платежи. Таким образом, в центре нашей квартиры, расположенной на втором этаже отдельно стоящего дома, на-

ходится кухня, полностью оборудованная всем необходимым (плита, два холодильника, шкафы с посудой и т. д.), четыре индивидуальные комнаты, каждая с кроватью, шкафом для одежды, письменным столом, двумя стульями, тумбочкой, и общей душевая с туалетом.

При минимальной оплате труда 13 евро в час можно внести платеж за месяц своего проживания, работая в среднем все-

го пять дней по четыре часа, чтобы это нормально совмещалось с учебой. Условия более, чем адекватные, на мой взгляд. Со мной в общежитии живут еще три девушки — из России, Ирана и Украины. Мы отличаемся, поддерживаем чистоту, и каких-то бытовых конфликтов у нас не возникает. Продукты каждый покупает себе самостоятельно, но специи и соусы — общие. Стоимость мяса, овощей, молочных продуктов и фруктов примерно такая же, как в Москве. Что-то немного дороже, что-то — ▶

► дешево. Безусловно, в Германии от земли к земле цены разнятся, и Тюрингия в отличие от Баварии, например, считается более доступной по расценкам и тарифам. Столовая — довольно большая, расположена в отдельном здании на территории университета. Сюда может прийти любой человек, но стоимость блюд будет не одинаковой для студентов, преподавателей или жителей города. Самые выгодные предложения, конечно, у учащихся, нам обед обходится в среднем от двух с половиной до четырех евро. Порции очень большие, поэтому что-то покупать дополнительно не имеет смысла.

Тема быта была бы раскрыта не полностью, если не упомянуть про стирку вещей. Подвалы общежитий оборудованы специальными комнатами со стиральными машинами и сушилками. Студенческая карта пригодится и здесь. Ее нужно прикладывать к входной двери, чтобы зайти в прачечную, и непосредственно перед стиркой — к специальному аппарату, чтобы списались деньги. Оплата — 1 евро, при этом не имеет значения, какой режим выберешь и сколько килограммов одежды будешь стирать.

Об интернете и мобильной связи также необходимо позаботиться лично. На мой взгляд, сотовый тариф предоставляет очень неплохие условия, если сравнить с другими предложениями, — 10 ГБ интернета и безлимит разговоров по Германии за 8,99 евро на месяц. Получить SIM-карту можно, предоставив паспортные данные, визу, фото, плюс разговор по видеосвязи с сотрудником компании, чтобы объяснить, зачем тебе нужен немецкий номер. Они не рассказывают тебе, какими располагают преимуществами перед конкурентами, а ты объясняешь, что их услуги нужны и как можно скорее. SIM-карту, кстати, приобретаешь еще до этого интересного диалога. Пополнять баланс гораздо проще — покупаешь сертификат, и на кассе супермаркета в чеке пишут специальный номер, который необходимо внести на сайте. Получение интернет-заказов и посылок можно тоже описать как увлекательный и занятный опыт. Сотрудники компании Amazon буквально бросают коробки в коридор общежития. С DHL — совсем иначе: если ты не оказался у почтового ящика, когда подъезжает их фургон, они просто оставят уведомление, чтобы заказчик самостоятельно явился в ближайший филиал почты. Если посылка приходит из другой страны, ее передают хаусмастеру (управляющему общежитием), и забираешь тогда уже из его кабинета.

Страховка оформляется еще до получения визы, она входит в основной пакет документов для учебы. Для студентов студийного колледжа ее стоимость составляет 36 евро в месяц. Без страховки обращаться к врачам слишком дорого даже для местных жителей.

И, наконец, самая увлекательная часть рассказа — досуг иностранных студентов в Германии. В выходные дни действительно есть свободное время, при условии, что в течение недели ты продуктивно совмещал учебу с работой.

У студентов в нашем студийном колледже уже преоформлена карта Deutschlandticket, которая позволяет при единовременной оплате 49 евро получить возможность пользоваться услугами железнодорожного и других наземных видов транспорта по всей стране в течение года, не покупая билетов. Исключение составляют только высокоскоростные поезда. Поездки в любом случае получаются довольно комфортными. Интересных городов вокруг много, например до Лейпцига, Касселя или Эрфурта мы доезжаем меньше, чем за два часа.

В Касселе мне очень понравился музей братьев Гримм и средневековый замок Löwenburg, в Лейпциге — рыночная площадь, ратуша и зоопарк, в Эрфурте — потрясающий старый город. И именно здесь мы застали Октоберфест с его невероятной атмосферой. Я раньше думала, что это исключительно баварская история. Но оказалось, что в нее вовлечено гораздо больше земель Германии. Когда в поездке случаются такие дополнительные приятные бонусы, получаешь очень сильный эмоциональный заряд, которого хватает на пару загруженных учебных недель!

Из более дальних путешествий мы успели съездить в Нюрнберг. Это в шести часах езды на поезде от Нордхаузена, где я учусь и работаю. Конечно, мы оставались там на ночь, чтобы успеть посмотреть как можно больше. И первой целью нашей поездки стал Дворец правосудия, где проходил Нюрнбергский процесс. Мы были в том самом зале, где судили военных преступников нацистской Германии. История как будто оживает, и то, что ты когда-то ходил на уроках в школе, теперь видишь своими глазами. Это действительно впечатляет. Средневековая архитектура города также стоит временных затрат на длительную дорогу.

Любое путешествие в выходные или праздничные дни — это не просто возможность отвлечься от будничных учебных, рабочих или бытовых забот, но и погружение в культуру страны, позволяющее лучше прочувствовать менталитет местных жителей. Это отдельная тема, которая, безусловно, заслуживает внимания. Так много стереотипов, которые в реальности оказываются лишь мифами или особенностями предыдущих поколений, которые сейчас вообще не актуальны! Но это уже совершенно другая история, о которой можно говорить и писать бесконечно.

Софья Гайдаш

Фото автора

Календарь фантастики



Олег Борисов
в роли Петра Гарина
(«Крах инженера
Гарина»)

Пётр Кривак ►

на спутнике Сатурна Титане, подготовил послания внеземным цивилизациям, которые отправились на станциях «Пионер» за пределы Солнечной системы, руководил Планетным отделением

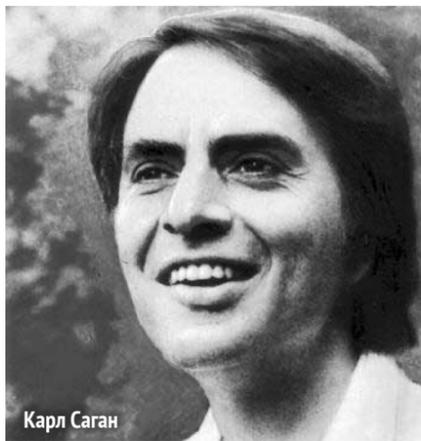
Американского астрономического общества, был главным редактором журнала *Icarus*, посвященного исследованиям Солнечной системы.

8 ноября: Что за другой галактикой?

95 лет назад родился Олег (Альберт) Иванович Борисов (1929–1994), русский актер, исполнитель ролей в кино- и телефильмах «Нос» (Майор Ковалёв), «Крах инженера Гарина» (Гарин), «Рецепт ее молодости» (Барон фон Прус), «Парад планет» (Костин), «Мастер» (Мастер; Берлиоз), «Искушение Б.» (Магистр), «Лебединая песня» (Мефистофель; Гамлет), «Мне скучно, бес» (Мефистофель; Господь Бог), в радиопостановках «Двойник» (Голядкин), «Вино из одуванчиков» (Мистер Джонас).

В дневниках (изданы под названием «Без знаков препинания») Борисов писал: «Мне всегда интересен предел, крайняя точка человеческих возможностей. А если предела не существует? Носители экстремизма, убежден Либуркин (театральный режиссер), всегда ищут этот предел. А за пределом — беспредел, бесконечность? Этой проблемой был озадачен и Гарин — достижение бесконечной власти над миром. На уроках физики я когда-то допытывался у своего учителя: „Мы видим небо, звезды, а что за ними?“ „Другая галактика“, — неуверенно отвечал физик. „А что за другой галактикой? За другой цивилизацией? — не унимался я. — Где-то же должен быть потолок? А за этим потолком — следующий. А что за тем потолком, следующим?“ Физик рисовал на доске крендель — лежащую боком восьмерку, которая у них, у физиков, означает бесконечность. Смешные люди».

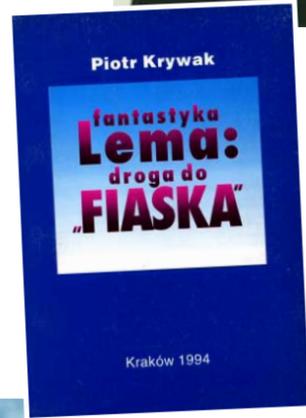
9 ноября: Неутомимый исследователь



Карл Саган

90 лет назад родился Карл Саган (Carl Sagan, 1934–1996), американский астрофизик, лауреат Пулитцеровской премии за книгу «Драконы Эдема. Рассуждения об эволюции человеческого мозга», автор научно-популярной книги «Космическая связь: внеземная перспектива», новеллизации телесериала «Космос», романа «Контакт».

Интересы Сагана широки и не ограничивались одной лишь астрономией. Он изучал происхождение жизни на Земле, занимался экзобиологией, участвовал в экспериментах по моделированию синтеза органических молекул в первичной атмосфере Земли, разработал парниковую модель атмосферы Венеры, сделал расчеты эволюции марсианского климата, исследовал вещество комет и органических аэрозолей



ков и аллюзий, которые благодаря легкому повествованию служат для детей воспитательным уроком и примером для подражания. Роман учит нас контролировать свои желания, ведь дорвавшись до вседозволенности, легко забыть себя настоящего.

15 ноября: Лем и не только

75 лет назад родился Пётр Яцек Ян Кривак (Piotr Jacek Jan Krywak, р. 1949), польский литературовед, автор работ «Эволюция научно-фантастического творчества Станислава Лема», «Фантастика Лема: путь к „Фиаско“».

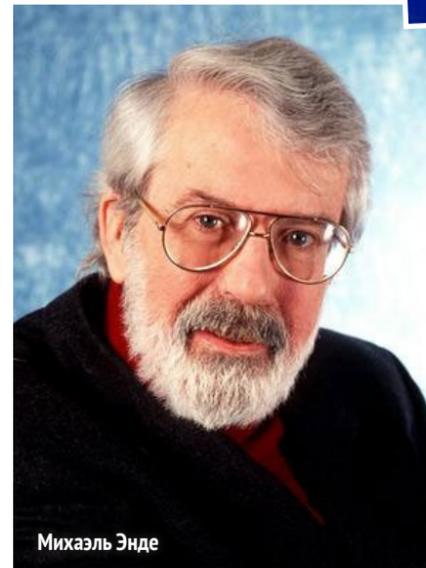
Деятельность Петра Кривака не исчерпывается глубокими и серьезными исследованиями творчества Лема, в частности, он автор статьи «Рептильная фантастика», посвященной весьма щекотливой теме — публикациям фантастики на польском языке в годы гитлеровской оккупации Польши — в 1940–1943 годах. Их появилось совсем немного, десять рассказов и повестей в журналах, которые выходили в это время. Все эти вещи, по словам Кривака, слабые, даже примитивные, но для исследователя и историка польской научной фантастики представляют несомненный интерес. Кривак в статье подробно излагает и обсуждает их сюжеты. Публиковались они, скорее всего, под псевдонимами, расшифровать которые ныне вряд ли возможно.

16 ноября: Питерский Странник

65 лет назад родился Николай Юрьевич Ютанов (Ян Юа, 1959–2023), русский писатель, переводчик и издатель, астроном и футуролог, автор повестей «Оборотень», «Путь обмана» и др.

Выходец из литературного семинара Бориса Стругацкого, которому мэтр доверил написать задуманный Стругацкими роман «Белый Ферзь», так и не закончил эту работу, но сделал очень много другого. Он создал издательство Terra Fantastica, активно участвовал в организации и работе Конгресса фантастов России, конференции «Форум будущего», вручал литературные премии «Странник» и «Мечи», привозил в Россию Лоис Макмастер Буджолд, Пола Андерсона и Брюса Стерлинга, а в перерывах создал интернет-магазин «Озон».

Владимир
Борисов



Михаэль Энде

95 лет назад родился Михаэль Андреас Хельмут Энде (Andreas Helmut Ende (Andreas Helmut, 1929–1995), немецкий писатель, автор романов «Приключения Джима Пуговицы», «Джим Пуговица и чертова дюжина», «Момо», «Бесконечная история», «Пунш желаний».

Самый известный роман писателя — «Бесконечная история». При внимательном чтении обнаруживается, что это не просто детская сказочка, а серьезное философское размышление о связях реального мира с мирами нашего воображения. Сумасшедшие жители мира Фантазии — это люди из нашего мира, забывшие о реальности и сошедшие с ума. И наоборот, когда часть мира Фантазии поглотило НИЧТО, к людям на Земле хлынул мощный поток лжи. Лучше мечтать, чем обманывать друга. Книга Энде наполнена множеством интересных выдумок и нестандартных фантазийных существ, множеством наме-



Николай Ютанов

Капова пещера находится на Южном Урале — в Башкортостане, в заповеднике Шульган-Таш. Это одна из крупнейших и древнейших пещер Урала. Ее протяженность составляет 3931 м, амплитуда (вертикальный диапазон) — 178 м. В пещере преобладают крупные галереи и залы (рис. 1).

Первые наблюдения в пещере сотрудники ВСЕГЕИ и волонтеры — члены Русского географического общества под общим руководством Ю.С. Ляхницкого — проводили еще в 1975 году, но планомерные исследования начались с 1982 года. С 1995 года работы велись по договору с Научно-производственным центром по охране и использованию недвижимых объектов культурного наследия Республики Башкортостан (Ляхницкий и др., 1897, 1999, 2010, 2013).

Одной из задач, стоящих перед группой, было проведение фотофиксации древних изображений. Палеолитическая живопись Каповой пещеры (Шульган-Таш) уникальна для Восточной Европы. Она имеет огромное культурологическое значение как феномен творчества наших древних предков. Рисунки были открыты А.В. Рюминым в 1959 году [7], исследовались О.Н. Бадером [1], В.Е. Шелинским и др.

К сожалению, природные условия в Каповой пещере не способствуют сохранению рисунков. Несмотря на принимаемые меры, идет медленная деградация изображений. Поэтому особо важным было провести комплексную фиксацию изображений и сохранить их облик для будущих поколений.

В результате длительной настойчивой работы мы опубликовали два альбома [4] и «Каталог рисунков и знаков пещеры Шульган-Таш (Каповой)» [5]. В соответствии с разработанной нами методикой фиксация живописи включала: ее фотофиксацию, морфометрию (фиксацию геометрических размеров изображений), топографическую привязку, визуальную фиксацию субстрата (описание особенностей рельефа субстрата красочного слоя), микрофотофиксацию субстрата (фиксацию мелкокомасштабных характеристик субстрата красочного слоя) и компьютерное дешифрирование изображений. Непосредственно фотографирование рисунков проводил большей частью Олег Минников.

Компьютерное дешифрирование изображений необходимо для восстановления их первичного облика. В некоторых случаях удавалось воссоздать облик изображений, от которых остались только реликты. Процесс сводился к усилению полезного сигнала (линий) и ослаблению случайных пятен, трещин, загрязнений. В качестве примера приводится дешифровка изображения «Новый мамонт», открытого нами на северной стене Зала Знаков. При фотофиксации мы получили бледное слабо структурированное пятно. Мамонта мы в нем распознали только на экране монитора при дешифрировании (рис. 2). Детальное изучение рисунка показало правильность дешифрирования — были замечены процарапанные линии бивней мамонта. И подобных случаев было достаточно много.

Критерий типичности, схожести изображений из пещеры Шульган-Таш с известными образцами из пещер Западной Европы, соответствие исследуемых изображений по стилистическим, морфологическим, морфометрическим, цветовым особенностям с типичными, признанными, «эталонными» рисунками позволяет относить их к палеолитическим.

Изотопные методы определения возраста рисунков. В 2013 и 2014 годах были проведены совместные работы с Ю.В. Дублянским [2], в результате которых впервые удалось определить абсолютный возраст субстрата красочного слоя и перекрывающих его натечных кор. Это позволило досто-

О Каповой пещере (Шульган-Таш) — уникальном памятнике культуры и природы

Юрий Ляхницкий, канд. геол.-мин. наук, вед. науч. сотр. Всероссийского геологического института им. А.П. Карпинского, председатель Комиссии карстоведения и спелеологии Русского географического общества (СПб отделения), член Европейского союза охраны геологического наследия (Pro GEO)



Рис. 1. Западная стена Зала Рисунков. В нижней части стены видны красные палеолитические рисунки



Рис. 2. Фотография и результаты дешифрирования изображения «Новый мамонт» [5]

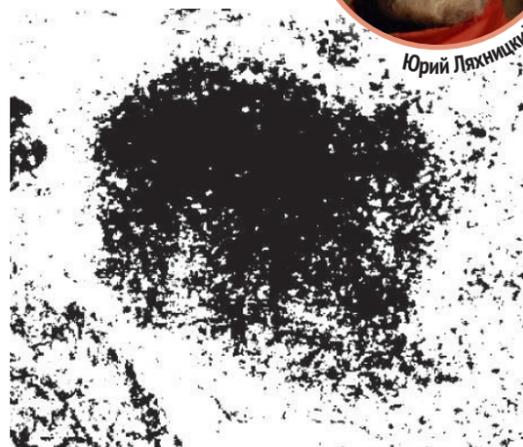


Рис. 3. Композиция «Лошадки» Зала Хаоса с верблюдом, расчищенным Эудалем Антоном Гийоме. Фото Ольги Червяцовой

верно определить временной интервал создания изображений (14–19 тыс. лет).

В процессе фиксации палеолитической живописи мы детально обследовали старые и открыли новые рисунки. Некоторые из них определены достаточно уверенно и имеют существенное значение [5]. Такими являются: «Новый мамонт» (рис. 2), «Архар», «Черный мамонт», «Олень» и др. — всего 7 изображений. Под «Большой лошадкой» — композиции восточной стены Зала Рисунков, перед «Носорогом» находится маленький рисунок, который ранее интерпретировался как мамонт, но мы доказали, что это «Маленький носорог». Всего в нашем каталоге приводится 195 изображений.

В 2018 году реставратор Эудаль Антон Гийоме вскрыл из-под четырехсантиметровых натечных кальцитовых кор на композиции «Лошадки» Зала Хаоса прекрасное реалистичное изображение верблюда (рис. 3). Это единственное реалистичное изображение верблюда хорошей сохранности времен палеолита в мировой практике. Но за несколько лет до этого нами был выявлен рисунок верблюда плохой сохранности, в подлинность которого тогда никто не поверил.

Основным результатом наших работ стало издание каталога изображений «Рисунки и знаки пещеры Шульган-Таш (Каповой)» [5], который детально передает ситуацию с палеолитическими изображения-

ми в пещере до удаления граффити и стал главным материалом в работе всех исследователей, работавших с живописью в последующие годы. Материалы каталога легли в основу до сих пор номинации объекта «Наскальная живопись пещеры Шульган-Таш» для включения в фонд «Всемирного наследия» ЮНЕСКО.

Выводы, сделанные по результатам фиксации изображений

Изображения пещеры Шульган-Таш могут быть разделены по морфологии, цвету и стилистике на ряд типов, которые в свою очередь делятся на группы.

Прежде всего это красные зооморфные рисунки (тип № 1) Зала Рисунков (группа 1) в значительной

мере реалистичные, близкие по стилистике и конфигурации к солотрейским и мадленским рисункам Западной Европы [5] (рис. 4, 5).

Среди зооморфных рисунков преобладают мамонты (7), два шерстистых носорога и бизон. Рисунки косвенно могут быть датированы возрастом артефактов из культурного слоя. Возраст углей из шурфа О.Н. Бадера под восточной стеной зала, вскрытого позднее Татьяной Щербаковой, по данным лаборатории ВСЕГЕИ, составляет 19 тыс. лет. Это наиболее древние рисунки пещеры, относящиеся к верхнему палеолиту (рис. 5).

Ко второй группе зооморфных рисунков могут быть отнесены реалистичные красные и близкие к полихромным рисунки с хорошо выраженными элементами стилизации. К этой группе относятся «Лошадки» Зала Хаоса (рис. 3) и «Бизон» из Зала Знаков. Среди животных этой группы уже нет мамонтов. Они несут черты некоторой стилизации. Зооморфные рисунки сопровождаются двумя трапециями. Они начерчены геометрически четко, обладают разным числом ребер и другими особенностями внутренней структуры.

Третья группа зооморфных рисунков — это небольшие зооморфные стилизованные и формализованные силуэтные изображения. Рядом с ними уже нет трапеций. Появляются различные новые знаки: U-образные, радиальные, круговые, производные трапеций и др. При этом уже не наблюдается четкой связи зооморфных рисунков со знаками. Вторым типом изображений являются разнообразные геометрические фигуры, которые мы называем «знаками». Наиболее интересная и многочисленная группа знаков — характерные трапеции, встречающиеся исключительно в пещере Шульган-Таш (рис. 6, табл.).

Они расширяются кверху, имеют внутренние круто наклонные, симметрично расположенные ребра и свешивающиеся с верхних углов «ушки». Все знаки имеют специфический красный цвет. Вторая группа знаков — треугольники. Наиболее интересны «двойные треугольники» со вставленным во внешний треугольник подобным, более мелким треугольником.

Третья группа знаков — «трезубцы». При ближайшем рассмотрении оказывается, что эта фигура является производной от трапеции. Отличается она тем, что содержит только одно внутреннее ребро, ее боковые грани параллельны, а верхняя грань слабо прорисована и почти незаметна.

Четвертая группа — производные от трапеций, с внутренней, иногда сложной структурой, обычно параллельными боковыми гранями и двойными короткими «ушками». Типичным примером является «Сложная трапеция» из щели Зала Хаоса (рис. 7).

Пятая группа — U-образные структуры, обычно небольшого размера (10–15 см).

Шестая группа — «рогатки». Это знак, напоминающий асимметричную рогатку (фрагмент ветки с отростком), который сопровождается рядом отрезков прямых линий.

Седьмая группа — структуры центрального типа, состоящие из отрезков окружности, дуг или спиралей с ярким изометричным пятном в центре.

Восьмая группа — красные отрезки прямых или слегка изогнутых линий, расположенных по вертикали, как правило, группами.

К девятой группе относятся единичные, комплексные сложные знаки, состоящие из нескольких элементов.

Десятая группа — это «точки», маленькие красные бледные значки. Среди них встречаются «точки-указатели», мелкие значки, фрагменты реликтов рисунков и мелкие природные минеральные обособления.

Еще один очень сложный и неоднородный тип рисунков — пятна, которые визуально выглядят как бесструктурные красные изображения не-



Рис. 4. Композиция восточной стены Зала Рисунков



Рис. 5. «Идущий мамонт» из первой композиции Зала Рисунков

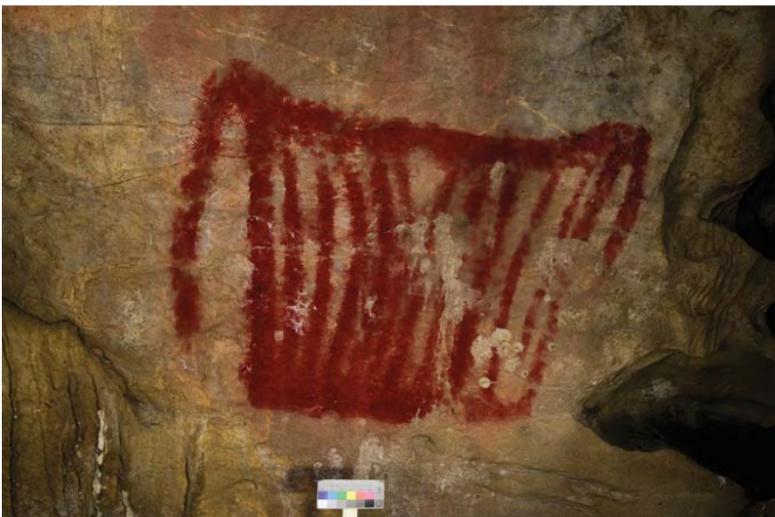


Рис. 6. Трапеция из первой композиции на восточной стене Зала Рисунков

▶ правильной формы. Это реликты очень плохо сохранившихся рисунков. Иногда еще один тип изображений выделяется условно, так как подлинность этих рисунков пока не доказана. Это черные угольные архаичные, с признаками примитивизма рисунки, присутствующие только в Зале Рисунков.

Таким образом, изображения Каповой пещеры достаточно разнообразны. Они вряд ли укладываются в понятие «живопись» и представляют собой сложную систему культурных, условных символов, абстрактных и, возможно, информационных знаков. Рисунки Каповой пещеры существенно постарели – утратили яркость, контрастность, первичные разнообразные оттенки. Этот процесс изменения различных окислов железа и перехода в тонкодисперсный гематит, главным образом под действием увлажнения пленочной влаги в течение тысячелетий, вполне закономерен.

Анализ материала позволяет нам сделать ряд выводов. О.Н. Бадер в своей монографии [1] (см. табл.) проводил мысль о достаточно высокой степени близости «живописи» Каповой пещеры и западноевропейских аналогов. Нам представляется, что между ними существуют и существенные

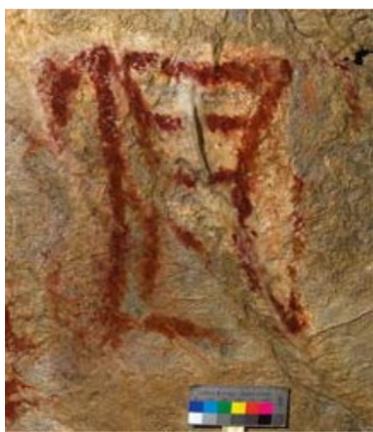


Рис. 7. Знак «Сложная трапеция» (обработанный – усиленный – вариант)

различия, а сама концепция создания изображений пещеры Шульган-Таш и многие из рисунков и знаков достаточно специфичны и имеют право считаться самобытными в рамках общего мирового культурного поля палеолита. Это прежде всего касается концептуальных различий рисунков первой группы (из Зала Рисунков) и аналогов Западной Европы.

Первая композиция восточной стены Зала Рисунков представляет собой

торжественное шествие зверей, возможно, олицетворяющих тотемы каких-то групп людей. Все они расположены закономерно, композиционно связаны воедино. Все, кроме одного животного, идут по периметру зала справа налево. Впереди – одинокий «Идущий мамонт», динамичная, хорошо прочерченная фигура. Сзади на некотором отдалении движутся остальные животные, образующие большой клин, на острие которого находится «Большая лошадь». Возможно, эта процессия, идущая в микрокосмосе зала против часовой стрелки навстречу солнцу, олицетворяет круговорот вселенной. Создается впечатление торжественной процессии. Строго говоря, это не просто «живопись», а сюжет на эзотерическую тему, построенный по определенному канону (рис. 4).

Если сравнить эту композицию с многочисленными рисунками пещер Западной Европы, в первый момент кажется, что они значительно примитивнее, но на самом деле они просто другие по замыслу. Разница между западными многофигурными живописными шедеврами и композициями пещеры Шульган-Таш приблизительно такая же, как между великолепием живописи католических храмов и образностью византийской иконы. Мастер из пещеры Шульган-Таш стремился не столько отразить внешнюю красоту животных, сколько создать их образы, передать внутреннюю торжественность встречи людей с миром Природы, с высшими силами, в которые они верили. Это своеобразный палеолитический алтарь, а не картинная галерея. Отсюда и соблюдение определенных канонических условностей в изображениях. Создававшие живопись в Западной Европе и на Урале обладали специфическими творческими особенностями – в одном случае преобладал художественный эстетический импульс, в другом – стремление передать духовный потенциал. Есть существенные различия и в знаках (табл. 1).

Прямоугольные, квадратные, «тектонические» решетки – знаки на Западе (см. табл.) – никак не являются аналогами специфических трапеций пещеры Шульган-Таш. В западных пещерах знаки, как правило, размещены бессистемно, а в Каповой пещере они всегда закономерно нанесены рядом с зооморфными рисунками. Следуя за Андре Леруа-Гураном¹, принято считать, что все палеолитические знаки призваны отражать мужское и женское начало. Нам кажется, что сведение вслед за Фрейдом всего мира подосознания человека к сексуальному влечению не отражает полностью его природы. Человек уже в то время был богаче, многогранней, тонко понимал природу, имел творческий импульс, стремился к достижению разнообразных целей.

В современной археологии известны артефакты, свидетельствующие о календарных понятиях кроманьонцев. Не исключено, что трапеции имеют календарную функцию (12 лунных месяцев). Это были достаточно развитые люди современного вида, им вполне могли быть доступны понятия о числительных, и они могли их отразить в виде этих специфических трапеций. О возможности появления численных и календарных знаков в графике палеолита писал Б.А. Фролов еще в 1974 году [8]. Ян Елинек считает, что палеолитические знаки «без сомнения, являются прямыми предшественниками письменности» и свидетельствуют о «богатом мире палеолитических традиций абстрактного изображения» [3] – высоким уровне мышления кроманьонцев. Мы всецело поддерживаем этот вполне обоснованный вывод крупного вдумчивого исследователя.

¹ Андре Леруа-Гуран (André Leroi-Gourhan, 1911–1986) – французский археолог, палеонтолог, палеоантрополог и антрополог. Интересовался проблемами доисторической технологии и эстетики, а также философской рефлексией.

Разнообразие стилей рисунков, смена традиций знаков, их морфологическое разнообразие, сопровождающееся сменой площадок, приуроченность определенных групп знаков к изолированным площадкам, на наш взгляд, свидетельствуют о сравнительно длительном периоде использования пещеры Шульган-Таш в качестве святилища. Изображения, по-видимому, создавались на протяжении четырех тысяч лет. Об этом же свидетельствует наличие стилизованных рисунков, очень близких по форме к рисункам других памятников, имеющих значительно более позднюю датировку. Характерным для пещеры Шульган-Таш является практическое отсутствие классических палимпсестов, хаотического наложения новых рисунков на старые, хотя на Западе это обычное явление. Зато встречается дорисовка, вернее, корректировка, умышленное изменение ранних знаков. Существуют случаи, которые могут интерпретироваться как уничтожение более ранних знаков.

Надо отметить, что разнообразие и число абстрактных знаков (по отношению к зооморфным рисункам) пещеры Шульган-Таш значительно выше, чем в западных пещерах. Ян Елинек отмечает преобладание абстрактных мотивов в образительном искусстве Центральной и Восточной Европы по отношению к изображениям Западной Европы. Эта тенденция существенно усилилась в Каповой пещере. Знаки там образуют системные группы, а не размещены хаотично. Отчетливо видна смена традиций в изображении рисунков и знаков. Это можно объяснить тем, что Капова пещера была крупнейшим региональным святилищем очень длительного времени.

Таким образом, описанные свойства и особенности изображений пещеры Шульган-Таш убедительно свидетельствуют о самобытности этого интереснейшего памятника – очага древнейшей оригинальной культуры. Данные, полученные при определении возраста субстрата рисунков и перекрывающих кор, свидетельствуют о значительных временных рамках и не противоречат нашим предположениям о разновременности создания изображений.

Некоторые западные археологи утверждают, что живопись Каповой пещеры создана выходцами из Западной Европы. Однако исследования группы Genotek показывают, что была активная миграция кроманьонцев из Африки 240 тыс. лет назад через Баб-эль-Мандебский пролив, Аравию и Ормудский пролив в Казахстан, в район южнее Балхаша, западнее Байкала, к востоку от Южного Урала, и 17,3 тыс. лет назад – на Южный Урал, в том числе в район Каповой пещеры. Судя по всему, живопись Каповой пещеры создали эти люди.

Очень большое значение имеет сохранность живописи. На втором этаже

13 изображений находятся в удовлетворительном состоянии по сохранности, 1 – в среднем и 11 – в неудовлетворительном, а на первом этаже 129 – в неудовлетворительном, 27 – в среднем и только 14 – в удовлетворительном.

К сожалению, мы вынуждены констатировать неутешительную картину сохранности изображений в пещере в целом (относительно момента их создания) в связи с неблагоприятными условиями для их сохранения в течение тысяч лет. Это является стимулом для активизации работ по консервации рисунков, разработке методов улучшения условий их сохранения и проведения закрепления красочного слоя при проведении реставрационных работ.

В целом проведенная нами фиксация позволила создать цифровые копии практически всех изображений пещеры, известных к 2016 году. В процессе удаления из пещеры варварских граффити вскрылись новые изображения, существенно изменился облик стен полостей. Проведенная позднее 3D-съемка пещеры позволила еще надежнее привязать изображения к стенам полостей. Это требует проведения новой фиксации изображений и создание нового каталога.

Основным выводом наших работ является доказательство существования в палеолите самостоятельного Южно-Уральского центра древнейшей культуры, аналогичного Западно-Европейскому, но имеющего определенную специфику и индивидуальные особенности.

1. Бадер О.Н. Капова пещера. – М.: Наука, 1965. 34 с.
2. Дублянский Ю.В., Мосли Дж., Ляхницкий Ю.С., Жигенев В., Шпётль К. Уран-ториевое датирование палеолитических рисунков пещеры Шульган-Таш (Капова). // Труды Международного симпозиума: «Проблемы сохранения, консервации палеолитической живописи пещеры Шульган-Таш и развитие туристической инфраструктуры достопримечательного места «Земля Урал-батыра» / Отв. ред. В.Г. Котов. 2016.
3. Елинек Ян. Большой иллюстрированный атлас первобытного человека. – Прага: Атрия, 1972. 560 с.
4. Ляхницкий Ю.С. «Шульганташ» (иллюстрированный альбом по Каповой пещере). – Уфа: Китап, 2002. 200 с.
5. Ляхницкий Ю.С., Минников О.А., Юшко А.А. Рисунки и знаки Пещеры Шульганташ (Каповой). Каталог изображений. – Уфа: Китап, 2013. 288 с.
6. Ляхницкий Ю.С. Особенности палеолитической живописи Каповой пещеры (Шульган-Таш). // Вопросы культурологии. – М. Том XX1, № 6. 2024. С. 488–512.
7. Рюмин А.В. Пещерная живопись на Южном Урале. Материалы комиссии по научной геологии и географии карста. Информационный сборник 1. – М.: МОИП, 1960.
8. Фролов Б.А. Числа в графике палеолита. – Новосибирск: Наука, 1974. 239 с.

Таблица сопоставления знаков в Каповой пещере и пещерах Западной Европы по О.Н. Бадеру с нашими дополнениями [1, 6]

Капова пещера - наши данные	КАПОВАЯ ПЕЩЕРА НА УРАЛЕ по О.Н. Бадеру	ПЕЩЕРЫ ФРАНКО-КАНТАБРИЙСКОЙ ОБЛАСТИ	СМАСЛОВА ИЗОБРАЖЕНИЯ
			МУЖСКИЕ СИМВОЛЫ (по Леруа-Гурану)
			ЖЕНСКИЕ СИМВОЛЫ (по Леруа-Гурану)
			АНТРОПОМОРФНЫЕ ФИГУРЫ



Рис. 3. Лужа-заливайка на берегу Белого моря, ББС МГУ (фото Е. Яковлевой)

Экстремофилы в мире мух Самые суровые условия Земли не пугают мух-береговушек

Екатерина Яковлева, мл. науч. сотр. Института биологии развития РАН, канд. экон. наук

Дана Сивунова, студентка биологического факультета МГУ



Пусть для далеких от энтомологии читателей это прозвучит странно, но среди мух (или, по-научному, короткоусых двукрылых насекомых) есть великое множество удивительных созданий, поражающих не только своей красотой, но и причудливостью местообитаний. В этой статье речь пойдет о семействе эфидрид (лат. Ephydriidae), или мух-береговушек, чьи личинки приспособились к жизни в широчайшем спектре экологических условий, включая самые суровые на нашей планете. На примере семейства мух-береговушек мы видим, что на базе универсальной личинки можно сделать «подлодку», бороздящую нефть, «амфибию», живущую на стыке воды и суши, «ихтиандра», успешно справляющегося с соленой, щелочной и кислой средой, которому в равной степени комфортно как в холодной, так и в горячей воде.

Широчайшая пластичность

В настоящее время описано около 2100 видов мух-береговушек, и это очень много для мушиного семейства. Его представители распространены по всему миру. Как и положено, большая часть видов ведет типичную мушью жизнь — проводит свой личиночный период в разлагающейся органике (хотя встречаются паразитоиды, хищники и мухи, личинки которых развиваются в листьях растений). Но свято место пусто не бывает. В природе это означает, что если есть неосвоенный ресурс, то конкуренция подталкивает к его освоению, хотя справляются с этим немногие.

Открытым остается вопрос, почему именно в семействе мух-береговушек так много видов, освоивших экстремальные местообитания. Эфидрид можно встретить в соленых озерах, карбонатных, хлоридных и сульфатных прудах. Здесь хрестоматийным примером стала щелочная муха *Ephydra hians*. В кислых источниках (2–3 pH) обитает, к примеру, *Ephydra thermophila*. Представители более 20 видов эфидрид развиваются в теплых источниках (30–40 °C) Йеллоустоуна, Исландии и Новой Зеландии. Есть и обитатели холодных источников, например *Paracoenia bisetosa*. Хотя ни один вид Ephydriidae не является по-настоящему морским (эти мухи не живут в открытом море), удивительное разнообразие видов можно найти в таких прибрежных местообитаниях, как солончаки (по крайней мере 42 вида из 16 родов), мангровые болота, песчаные пляжи и илистые отмели. Все они



Рис. 4. Общий вид личинки нефтяной мухи *D. petrolei* [2]

иллюстрируют широчайшую экологическую пластичность в этом семействе, но, как писал зоолог Уильям Торп, нефтяная муха *Diasemocera petrolei* «несомненно, является одним из главных биологических курьезов мира».

Расскажем о некоторых представителях этого семейства подробнее.

Жизнь на морском побережье

Мухи-береговушки (как следует из их названия) успешно живут на границе моря и суши: это литораль,

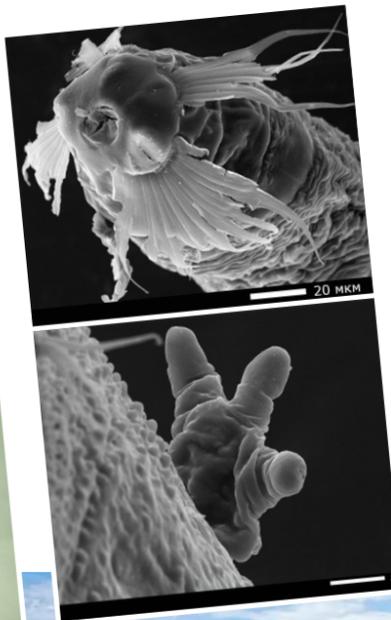


Рис. 5. Передние и задние дыхальца *E. girardia* (фото авторов из статьи [1])



Рис. 6. Озеро Моно (Калифорния, США) [5]

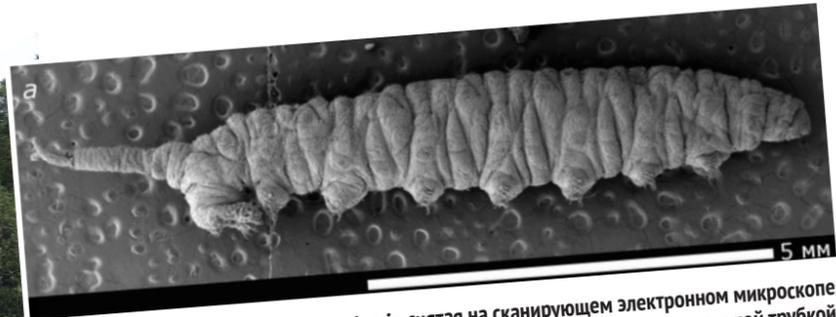


Рис. 1. Личинка *E. girardia*, снятая на сканирующем электронном микроскопе. Справа голова, слева задний конец тела с дыхательной трубкой (фото авторов из статьи [1])



Рис. 2. Куколка мухи *E. girardia* держится двумя парами ложных ножек на конце тела при окукливании (фото Е. Яковлевой)

часть берега моря, затопляемая во время прилива и осушаемая в отлив, и супралитораль, или зона заплеска. Жизнь животных на побережье далеко не безмятежна. Для водных обитателей существование на литорали означает, что дважды в день окружающая их вода (обеспечивающая стабильную температуру и низкий индекс ультрафиолетового излучения) отступает, и родной дом превращается в духовой шкаф, набитый хищниками. Для сухопутных обитателей, часть жизни проводящих на литорали, ситуация не лучше: во время прилива они подвергаются воздействию соленой воды, а значит, должны выводить из организма лишнюю соль, да еще и дышать в воде.

Тем не менее мухи-береговушки вида *Paracoenia fumosa* избрали литораль местом для развития своих личинок. Кстати, их можно встретить у нас на Белом море. Там же можно найти другой вид эфидрид — *Ephydra riparia* (рис. 1 и 2). Их личинки развиваются в лужах на берегу моря, которые во время прилива наполняются морской водой, но дожди и ручейки приносят в них пресную воду (рис. 3). Обитателям этих луж приходится бороться с постоянным стрессом, связанным с колебания-

ми солености. Адаптироваться к таким перепадам в осмотическом давлении личинкам помогают анальные папиллы — подушечки вокруг анального отверстия, площадь которых сжимается или растягивается, чтобы регулировать приток ионов в организм из окружающей среды. Стоит сказать, что после выхода из куколки взрослые крылатые мухи как вида

P. fumosa, так и вида *E. riparia* не погружаются в соленую воду, а бегают по поверхности воды (как водомерки) или сидят на траве вокруг мест, где развиваются их личинки.

Жизнь на морском побережье нетипична для насекомых. Ведь насекомые находятся в кроне эволюционного дерева ракообразных, и со своей родней они поделили планету так, что насекомые доминируют на суше, а ракообразные — в море (а в пресных водоемах у них практически паритет). Лишь менее 2% из описанных на сегодняшний день видов насекомых связали свою жизнь, как их эволюционные предки, с морскими биотопами [3], треть из них — двукрылые (мухи и комары).

Окончание см. на стр. 13

Рис. 7. Взрослая муха *E. hians* в пластроне (пузырьке воздуха) соскабливает водоросли с камней под водой озера Моно [6]



Материал и остранение

Книга Виктора Шкловского «Материал и стиль в романе Льва Толстого „Война и мир“» (1928) — его расставание с высоким формализмом.

Независимо от тех обстоятельств, которые к этому привели, — от давления на основателей формализма сверху до вызывающего влияния историко-литературных интересов младших формалистов, — эта книга элегически расставалась с понятием «остранение» и по-деловому энергично вводила понятие «деформация материала». Понятие «деформация материала» было развито Шкловским в статье «К технике внесюжетной прозы», вошедшей в сборник «Литература факта» (1929), — там материал деформировали типичные сюжеты, например семейного конфликта: они деформировали исторический материал, представляя классовую борьбу как семейную ссору. Деформация здесь — воздействие сюжетной схемы по типу анекдота на систематизацию сведений о социальном мире.

В названной статье Шкловский оказывается ближе к младоформалистам, участникам семинара Тынянова и Эйхенбаума на Высших государственных курсах искусствоведения при Государственном институте истории искусств, чем к себе образца 1918 или 1922 года. Младоформалистов как раз интересовало, как клишированные сюжеты вроде сюжетов чувствительной повести или путешествия деформировали фактические наблюдения писателей. Этому был посвящен сборник «Русская проза» (1926) участников семинара. Но Шкловский в книге о Толстом видит в деформации материала не действие жанровых клише, а собственную миссию Толстого.

Если обозначить мысль книги одной фразой, то Толстой Шкловского — создатель дважды: он создает (конструирует) народное движение как главный фактор победы в войне 1812 года, метафизический подъем, и тем самым создает себя как прогрессивного писателя, выходящего за пределы своего обусловленного дворянством кругозора. Тем самым как раз оригинальная форма эпопеи Толстого оказывается перестраивающей саму себя, разбивающей любые прежние клише и создающей как бы особое хаотичное движение этих осколков. Эти осколки и оказываются настолько необходимыми жизненными, чтобы и создать полное жизнеподобие «Войны и мира».

Изгнанный формализмом мимесис (подражание) возвращается самым необычным путем, через представление о постоянном фрагментировании в «Войне и мире» как большим механизме, который делает конфетти из источников, но так, что каждый герой схватывает эти осколки как необходимое участие в большом историческом процессе. Шкловский многократно напоминает, что не было никакого единого партизанского движения, что партизаны сталкивались с проблемами в том числе самоуправления крестьян по отношению к французам, что Москва была не городом, похожим на Вену, как полагал Наполеон, но местом пребывания аристократии зимой, и не было единства городской обороны: «Возможность уехать в деревню создала „патриотический подвиг дворян“»¹, то есть прекращение снабжения Москвы, поставившее армию Наполеона перед трудностями. Одним словом, репутация события оказывается составлена уже Толстым, тогда как современников интересовала репутация тех, кто мог привести в движение это событие: «Барклай, зима или рус-

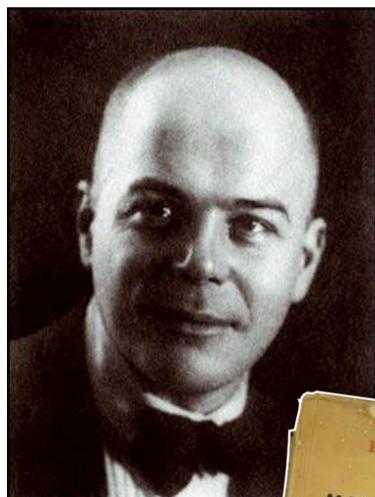
Сентиментальные железные дороги Виктора Шкловского

Александр Марков, профессор РГГУ
Оксана Штайн, доцент УрФУ



Александр Марков

ский бог». Это вовсе не общее величие действий в сложном движении и переплетении, но тот рычаг, который показывает действие Промысла — благодаря чему множество случайных обстоятельств окрашивается смыслом.



Виктор Шкловский. 1920-е годы

Толстому, как говорит Шкловский, после опыта Крымской войны нужно было, чтобы смысл возник сразу как ясное видение нескольких вариантов развития событий. Но если следовать Шкловскому, получается, что как раз нескольких вариантов событий в патриархальной России быть не могло, поэтому Толстой как бы сыграл в двойную игру: он приписал героям своей эпопеи стратегическое мышление в духе современных Толстому событий, без доверия Барклаю или зиме, но также сделал движение истории однонаправленным, так что в конце концов народное начало, становясь тотальным началом языка, и побеждает.

Народ побеждает, но и народный язык как метаописание всей реальности определяет картину реальности. Шкловский в своей книге как раз отмечает постоянную замену Толстым местного колорита, деталей места и времени, на описание дворянского дома вообще, офицерства вообще, величия вообще — то есть отмечает создание широкого метаязыка, который обходится без деталей, но при этом обладает достаточной мощностью и упругостью. «Характеристики главным образом мнимые. Они занимают место характеристики и ничего не характеризуют»². Они создают не характер персонажа, социальной группы, места или времени действия, а некоторую место для характеристики, тот самый метаязык как универсальное средство создания любой характеристики.

Шкловский продолжает в этой книге говорить много об остранении. Но это уже не деавтоматизация приема, как она объяснялась в ранних его теоретических работах, когда странный взгляд на привычное заставляет воспринять высказывание писателя как искусство, преобразование действительности, а не представление ее текущего состояния. Остранение

в понимании молодого Шкловского превращало обыденность в искусство как необходимое критическое вторжение в слишком взаимосвязанный порядок событий. В книге о «Войне и мире» остранение — это совсем другое, это исключительно языковое и стилистическое явление, это эффект многоязычия Толстого, которое и позволяет создать характеристики основных персонажей, выводящие их за пределы классовой оценки.

Толстой должен был как аристократ смотреть на аристократов глазами аристократа, но вводя прием остранения, он выводит персонажа из-под действия схем, которые подразумевались историческим романом, где действует высшее общество. Наполеон оказывается совсем не императором по своему поведению, а «Андрей Болконский, умирая, болен стилистическим приемом Толстого»³. Остранение тем самым — это механизм борьбы с чувствительностью, которая поддерживала классовый порядок, это исключительно социальное, а не эстетическое явление.

Чувство разрыва на железной дороге

Но дальше Шкловский неожиданно связывает остранение и эффект железных дорог

после перекаривания карт по итогам Первой мировой войны. Он пишет:

Мне пришлось ездить по Чехии, и я убедился в том, что это трудное занятие.

Дороги по Чехии идут через нее на Вену. В стране остались не связанные или связанные потом, сходящиеся где-то вонне отрезки.

Пути истории для Толстого были как пути чешских железных дорог.

Жизнь для него была незаконна, и он не смог связаться с телеграфом и войнами. Перенесенное в искусство, это мировоззрение дало установку на недоверие к жизни и потребность ее пересказать, остранить. Основным приемом здесь оказалась примерка вещи на человеке, не связанном с ней, передача игры через человека вне игры⁴.

Телеграф — это примета уже Крымской войны; и здесь Шкловский поневоле обращается к своей идее о том, что сознание Крымской войны как уже принадлежащей эпохе массовой передачи сообщений и позволило Толстому написать народную эпопею, а не исторический роман. Но на самом деле история поездки по Чехии — часть биографии Шкловского.

Если мы посмотрим на карту железных дорог межвоенной Чехословакии⁵, то никаких разрывов и срочных построек веток мы не заметим: железнодорожная сеть Австро-Венгрии была очень густой, и разрыв Вены и Праги не означал прерывания

подавляющего большинства направлений (хотя, конечно, из Праги в Пресбург-Братиславу проще было ехать через Вену). Но было другое — поезду иногда несколько раз приходилось менять направление движения или же рейсы становились пересадочными. Иначе говоря, не было единого направления движения поездов, как не было единого направления языка и истории в мире, который Толстой описывает.

Жизнь незаконна, в ней много разрывов, разрывов больше, чем связей, и Толстой стремился связать это путем остранения, делая странный на фоне одного языка другой язык поддержкой тела героя, а значит, и связности всего сюжета. Получается, что здесь Толстой не столько изобретает народный эпос, сколько создает тело героя, Наполеона или князя Андрея, как способное действовать в романе по законам романа; создает скорее иллюзию того, что так было, почти кинематографическую. Эпопея как эффект деформации материала не нуждалась в иллюзии, она работала как конструкция. Здесь же, при разговоре об остранении, иллюзия является. Почему?

Дело в том, что Шкловский и Якобсон, получивший место в Праге, соперничали за Эльзу Триоле. Якобсон, живя в Праге, наведывался в Берлин к Эльзе, в остальное время забрасывал ее письмами и не прекращал это делать, даже когда женился на своей пражской знакомой, студентке медицинского факультета. Приехавший в Берлин Шкловский действовал иначе: он стал, по просьбе самой Эльзы, писать письма не о любви, составившие книгу «Зоо. Письма не о любви, или Третья Элоиза» (Берлин, 1923). То есть действовал как раз путем остранения, в отличие от Якобсона, который действовал путем деформации материала, пытаясь создать массив писем и объяснений, способных переломить волю Эльзы. Шкловский говорил не о любви, чтобы говорить о любви. Он прямо описывал это остранение в новом смысле — не как эстетический прием оживления материала, но как создание почти кинематографических эффектов — во вступительном, недатированном письме книги «Зоо». Оно выглядит условным, отрешенным от колорита времени и места, особенно с учетом того, что книга не раз переиздавалась автором. Текст письма состоит, как часто у Шкловского, из имитации кинематографических интертитров:

Я очень советую вам добиваться от женщины немедленного ответа.

Иначе вам придется часто стоять растерянным перед новым неожиданным словом.

Синтаксиса в жизни женщины почти нет.

Мужчину же изменяет его ремесло.

Орудие не только продолжает руку человека, но и само продолжается в нем.

Говорят, что слепой локализует чувство осязания на конце своей палки⁶.

Толстого, деформирующего материал, тоже изменяет его ремесло, а такое орудие, как язык, будучи остранено, и поддерживает тело мужчины, продолжаясь в нем. Тогда слепой к историческим судьбам чело-

век оказывается зрячим, прозревает развитие событий и начинает видеть всё стратегически, как и нужно было Толстому. Он видит уже не через телеграфное сообщение, а глядя одними глазами с народом. В этих строках из «Зоо» уже заключена, как в зерне, огромная книга о Толстом. Зрение и слепота заменяются статью целостного и доступного кинематографу тела.

Нам становится теперь понятно, о чем говорят железные дороги. Путь из Праги в Берлин, который проделывал Якобсон ради Эльзы, занимал восемь часов. Еще в январе 1922 года, то есть больше, чем за год до первого датированного письма, вошедшего в «Зоо», Шкловский публично призывал Якобсона в газете «Книжный угол» вернуться в Советскую Россию, чтобы стать мозгом формалистского движения. Для этого надо вместили полноту библейского понимания событий в себя:

Попот кончается.

Звери выходят из своих ковчегов: нечистые открывают кафе.

Оставшиеся пары чистых издают книги.

Возвращайся.

Без тебя в нашем зверинце не хватает хорошего веселого зверя.

Мы пережили многое.

Мы сумели отдать своего ребенка чужим для того, чтобы его не разрубили.

И он достался чужим, не так, как в толстой книге, которую мой отец читал справа налево, моя мать читала слева направо, а я совсем не читаю.

Да, мы должны добывать себе солому для своих кирпичей.

Это опять из той же книги.

Мы сами пишем, сами печатаем, сами торгуем⁷.

Якобсон не поддался этим уговорам, потому что в январе 1922 года его роман с Эльзой только разгорался — он еще не ездил в Берлин, но письма писал всюду. Шкловский, конечно, увидел бы в этом как раз деформацию материала, попытку сделать события необратимыми. Сам же он еще исходил из того, что остранение может сделать события обратимыми. Еврейская нечитанная Библия, по замыслу Шкловского, остраняет и его, и его адресата, чтобы обернуть события вспять, чтобы Якобсон вернулся. Это разрывы чтения, создающие поры во времени. Путешествуя на перекладных по чешским железным дорогам, Шкловский еще верил в обратимость событий.

Более того, публикуя «Зоо» («Всё, что было — прошло, молодость и самоуверенность сняты с меня двенадцатью железными мостами»), он пытался еще как-то создать обратимость событий. Но ко времени, когда уже само слово формализм стало нежелательным, остранение стало просто способом еще как-то конструировать себя в безумном мире, а утверждение тотальной и необратимой деформации материала стало способом продолжить уже незримое соперничество с Якобсоном за Эльзу, за их общую Беатриче в филологии. Ты знаешь всё о стихах, я знаю всё о прозе; я передаю тебе привет на первой странице книги о Толстом («Роману Якобсону привет»), я издаю книгу о Толстом и готовлю переиздание «Зоо», и если ты ничего не добился своими необратимо деформирующими реальность любовными письмами, то, может быть, я добыюсь чего-то необратимостью эпического языка. ♦

⁷ Шкловский В. Письмо к Роману Якобсону // Его же. Гамбургский счет. Гамбургский счет: Статьи — воспоминания — эссе (1914–1933). — М.: Советский писатель, 1990. С. 145.

¹ Шкловский В. Материал и стиль в романе Льва Толстого «Война и мир». — М.: Федерация, 1929. С. 78

² Там же. С. 90.

³ Там же. С. 108.

⁴ Там же. С. 109.

⁵ disk.yandex.ru/d/WkhkgkIYPGR9qA

⁶ Шкловский В. Зоо, или Письма не о любви. — Л.: Издательство писателей в Ленинграде, 1929. С. 17.

Размышления о физиках Из рассказов бывалого фиановца

Юрий Захаренков



Юрий Захаренков

Юрий Александрович Захаренков больше двадцати лет трудился в ФИАНе под руководством академика Басова, проводя эксперименты по взаимодействию мощного лазерного излучения с твердыми мишенями. Там же защитил кандидатскую диссертацию в 1978 году. В 1991–1992 годах работал в Великобритании, в Резерфордской лаборатории и Эссекском университете. С 1992 года – в США, в Лоуренсовской лаборатории в Ливермор, в телекоммуникационных стартапах Кремниевой долины и в компании Raytheon в Лос-Анджелесе. Сейчас – на заслуженном отдыхе. Продолжаем публикацию его воспоминаний и размышлений¹.

¹ См. trv-science.ru/tag/yurij-zakharov/

Кем быть физику сегодня? Углубиться в проблемы фундаментальные, искать, например, решение загадки квантовой гравитации или, вооружившись современными технологиями, добывать знания в лабораторных экспериментах, способствовать их применению в устройствах, так необходимых обществу?

Правильнее было бы спросить: какие они, современные физики? Что изменилось в их облике с приходом нового тысячелетия?

Еще пятьдесят лет назад можно было говорить о гигантах физики, изобретавших новые понятия и теории для объяснения появлявшихся в экспериментах и наблюдениях эффектов, о «просто великих» ученых, развивавших эти теории, или о прикладниках, изобретателях, экспериментаторах, работавших с «железом». Затем фундаментальные проблемы физики переместились в просторы Вселенной, фокус сместился на астрофизику с ее огромными пространственно-временными масштабами и в микромир (с субатомными размерами элементарных частиц). Написаны тысячи статей, математически описывающих процессы, недоступные для экспериментальной проверки. С другой стороны, многократно возросла потребность в прикладных исследованиях, способных напрямую влиять на повышение уровня жизни (экология, энергетика, кибернетика, телекоммуникации, медицина и т. д.). В этих направлениях также необходимо решать сложные задачи, связанные с изучением физических процессов (управляемая термоядерная энергия, лазеры, полупроводниковые устройства, новые материалы и т. д.). Таким образом, в понятии «физик» сошлись существенно отличающиеся и, что важно, не пересекающиеся определения.

За время моего активного участия в экспериментальных исследованиях в ряде передовых лабораторий мира я познакомился со многими талантливыми учеными, своими глазами наблюдал за ходом научного прогресса и его поддержкой со стороны как государственных, так и частных организаций. Мне показалось интересным посмотреть на этот пройденный путь и представить некий собирательный образ современного физика. Разумеется, это больше мое субъективное восприятие, не претендующее на какое-либо историко-философское обобщение.

Задумал я этот рассказ, в какой-то момент удивившись, почему среди моих близких друзей заметно больше физиков-теоретиков, чем экспериментаторов, хотя сам я экспериментатор с полувековым стажем. Другая кадровая загадка – успешные физики-организаторы. Лишь совместными усилиями все эти три «составляющие» двигают науку. С присущей физикам скромностью начну с себя, которого знаю лучше других.

Начало пути в физику

Вопрос «кем быть?» мучил меня недолго. В школе закрытого городка Челябинск-70, в которой я учился вместе с детьми ученых и конструкторов, посвятивших себя созданию атомного

щита (он же и меч), авторитет физики от теории до технического воплощения был чрезвычайно высок. Наши родители считали, что своим трудом обеспечивают мирную жизнь страны после недавней пережитой ужасной войны. И такой настрой они воспитывали в своих детях.

Многие мои одноклассники, закончив московские вузы (МИФИ, МФТИ), вернулись на Урал, чтобы продолжать дело своих родителей. А я еще в школе решил никогда не участвовать в разработке ядерных вооружений. Мой отец, ветеран военно-ядерной отрасли СССР, не заманивал меня на работу в свое КБ (как он сделал с моим старшим братом) и с восторгом рассказывал о своих встречах с известными физиками. По-видимому, наблюдая, как я прилежно учусь в школе, он решил предоставить мне свободу выбора. А я прочитал книгу об американском физике-экспериментаторе Роберте Вуде и был очарован тем, с каким искусством и выдумкой он использовал привычные нам вещи для изготовления инструментов и приборов (например, загнал кошку в найденную им на улице трубу для своего телескопа, чтобы она ее прочистила). Или как позже он убедил судью, что благодаря движению навстречу свету фору цвет от красного становится зеленым, потому правила он не нарушил (конечно, он не сказал, какая нужна скорость для того, чтобы проявился эффект Доплера, иначе ему бы выписали штраф за быструю езду). Не удивительно, что заманивала меня именно экспериментальная физика, я ведь с детства мечтал быть шофером, копаться в двигателе, что-то там настраивать. К тому же работа теоретика казалась мне скучной, а способностей могло и не хватить для теоретических изысканий.

Первая встреча с ученым, вопрос о сосульках

Евгений Иванович Забабахин, научный руководитель ядерного центра Челябинск-70, пришел к нам в школу на день родителей (мы с его сыном Игорем учились в одном классе) и рассказал увлекательную историю о своих молодых годах учебы в рабфаковском техникуме, где был установлен порядок коллективной сдачи контрольных зачетов, в которых он один выступал от всей группы; как он поступил на физфак МГУ, а с началом войны попал в Военно-воздушную академию им. Н.Е. Жуковского, где и началась его научная деятельность.

Он говорил о красоте природы вокруг нас и о процессах, происходящих на Земле, Солнце и в космосе. Потом вдруг спросил: «А с какой стороны крыши сосульки растут, с темной или солнечной?» Мы хоть и не знали тогда его званий, должности и наград (он был академиком, научным руководителем секретного атомного объекта), но понимали, какой он большой ученый. А тут вдруг «сосульки»! Уже потом мы с ребятами сумели обосновать правильный ответ, включив в систему не только снег и солнце, но и крышу (крыша нагревается, талая вода скатывается в обе стороны, но замерзает в сосульку только

на темном крае крыши). Все же казалось странным, что такой большой ученый, а на всякие «сосульки» отвлекается! А ведь в этом и была цель его вопроса: оглянитесь вокруг, природа на простых и привычных примерах показывает взаимосвязь глубоких физических процессов. Много лет прошло с той встречи, но я ничуть не удивился, узнав, что Е.И. Забабахин первую свою классическую теперь работу сделал по теории схлопывающихся пузырьков.



Евгений Иванович Забабахин

Этот урок с Е.И. Забабахиним я запомнил на всю жизнь. «Я тоже хочу быть таким же наблюдательным, – думал я, – научиться видеть за каждым явлением действие физических законов».

Храм науки

К концу второго семестра четвертого курса на кафедре волновых процессов физфака МГУ, уже перед экзаменами, моя менторша-дипломница мне и говорит: «Если бы я выбрала дипломную практику в ФИАНе, сейчас бы уже делала настоящую научную работу, а не эту халтуру. Тебе надо пока не поздно искать там руководителя диплома, там такие дела с лазерами делают, почитай свежую статью Г.А. Аскарьяна о самофокусировке!» Я фамилии Аскарьяна еще не слышал, но слово «самофокусировка» звучало очень заманчиво. «А как же туда можно попасть?» – спросил я, надеясь, что она даст мне какой-нибудь номер телефона своего знакомого из ФИАНа. Но она никогда там не знала, а то бы уже сама переехала туда. Позднее, уже будучи сотрудником ФИАНа, я понял, что к студентам-дипломникам относятся прежде всего как к бесплатной рабочей силе. Отличие университета состояло в том, что этой силы там было вдосталь, а вот академическим институтам нужно было искать и заманивать дипломников.

Что мне было делать? Слово «ФИАН» звучало фантастически, там же работали два нобелевских лауреата, открывших эпоху лазеров. За неимением лучшего варианта я спросил отца, не мог бы он меня рекомендовать кому-нибудь ученому из ФИАНа. Спросил я его в обед, а вечером он мне говорит: «Звонил Басову, студенты-дипломники им нужны, завтра утром его секретарша Серафима Яковлевна тебе позвонит и всё объяснит» (отец

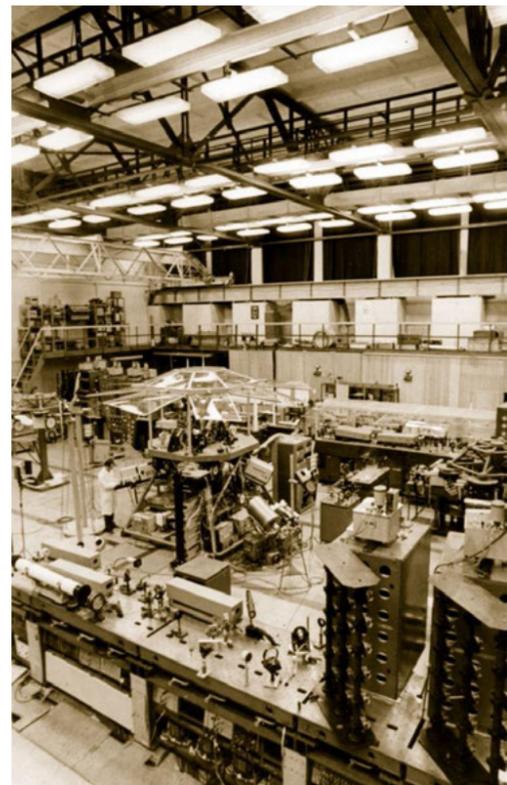
познакомился с Н.Г. Басовым на заседании одного из советов военно-промышленной отрасли). Вот так – без подготовки прямо к академику. А вдруг он меня гонять по курсу лазеров начнет? А я почти не помню, что было на экзамене...

На следующий день меня провели прямо в кабинет Н.Г. Басова. Академик вышел из-за стола и протянул мне руку... «Позовите Олега Николаевича, – это он про своего заместителя Крохина. – Вот Юра приехал из Челябинска-70, где и вы тоже работали. К кому мы его пошлем?» А Крохин: «К Склизкову, конечно». Не прошло и пяти минут, а я уже знакомился с группой Глеба Владимировича Склизкова (в свое время набравшегося опыта экспериментальных работ в Арзамасе-16). Склизков быстро ввел в курс их работ: «Мы строим лазерную установку для термоядерного синтеза, но ты пойдешь к Грибкову в Павильон». За двадцать минут пребывания в «священном» ФИАНе я успел познакомиться с мировыми лидерами еще таинственного для меня лазерного термояда и был направлен в какой-то загадочный Павильон.



Владимир Алексеевич Грибков

Я поднялся по узкой металлической лестнице снаружи здания на второй этаж, открыл дверь – а там внутри прямо с порога начиналась Большая Физика. На верстаке лежали обрезки толстого медного провода и какие-то длинные розовые резиновые шланги, в стороне стояли незнакомые мне измерительные приборы, слева приоткрылись два небольших письменных стола, а дальше угадывались контуры большой лазерной установки. Меня встретил мой первый наставник, еще не руководитель, м. н. с. Володя Грибков. Он предложил мне осмотреться вокруг лазера, но ничего не трогать, пока он не закончит обсуждение результатов последнего эксперимента со своими коллегами – Владимиром Бойко (тот был старшим среди них



Лазерная установка «Дельфин» (ФИАН)

и казался очень серьезным) и Ефимом Аглицким (потом я узнал в нем первого капитана команды КВН от московского Физтеха). Рядом с ними сидел Валера Никулин (тоже, как и я, дипломник, но на год старше) – молча слушал разговор своих старших наставников. Беседа мэтров принимала острый оборот, они спорили относительно рентгеновских линий в зарегистрированных ими спектрах. Валера подошел ко мне и сказал, что покажет мне установку и расскажет, в чем будет состоять моя работа. Установка выглядела внушительно, оканчивалась она вакуумной камерой с окнами для размещения диагностики, а в центре ее была мишень, в которую они стреляли. А работа моя была простая – протягивать медные проводники в те самые резиновые трубчатые изоляторы. Через пару дней я превратился в умелого протяжника токоносителей для подключения конденсаторной батареи (в подсобке на первом этаже Павильона) к лампам накачки лазерных усилителей.

На третий день Володя сказал, что мне надо взять все мои проводники и пойти с ними помогать Сергею Захарову в самой дальней комнате. Сергей оторвался от какого-то металлического предмета, который он прикручивал к рейтеру на оптическом рельсе, безучастно посмотрел на меня и кивком указал, где нужно положить проводники. Я старался понять, что это он там монтирует, но прошло пять минут – и ни одного слова от Сергея. Когда он заговорил, я даже вздрогнул, так неожиданно прозвучал его вопрос: «А что ты собираешься здесь делать?» – «Меня послали помогать», – ответил я. «Ну тогда посиди пока понадобится». Минут через пятнадцать он, не отрываясь от завинчивания гаек, ►



Павильон. Здесь в 1968 году были получены первые реакции синтеза ядер в лазерных мишенях. Позже другой лазер на втором этаже этого здания стал местом моей преддипломной практики в 1970 году

Окончание. Начало см. на стр. 10



Капитаны отдела ЛТС, лазерного термоядерного синтеза (слева направо): Юрий Сенатский, Борис Круглов, Андрей Шиканов, Сергей Федотов, Глеб Склизков, Владислав Розанов



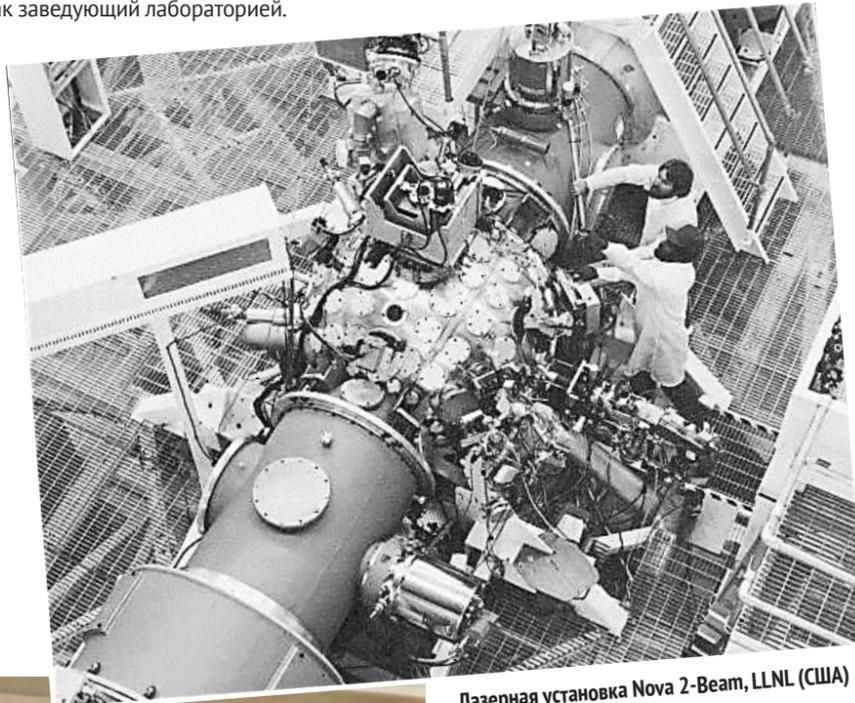
Андрей Сергеевич Шиканов

К Шиканову меня перевели в самом начале 1971 года, когда была запущена лазерная установка в корпусе отделения квантовой радиофизики и потребовались помощники для проведения экспериментов. Девять пучков этой установки направлялись на микроскопические сферы из дейтерированного полиэтилена с огромной для того времени мощностью 100 ГВт (150 Дж за 1,5 нс). Таких установок больше в мире не было.

проговорил куда-то в угол: «Мне мощь не понадобится, иди к Грибкову». Я рассказал Володе о странном общении с Захаровым, а он меня успокоил: у Сергея такой характер одиночки-умельца, а вообще-то он очень хороший и талантливый коллега. В тот период он собирал лазер для своих экспериментов.

Мне Володя понравился сразу, и я старался все его задания выполнять быстро и качественно. Запомнился один случай. Как-то, ближе к окончанию рабочего дня (около восьми вечера) он меня спрашивает: не могу ли я задержаться? Конечно, я остался (время, проводимое в лаборатории, было для меня наилучшим занятием). Дело в том, что Володя решил передвинуть зеркала оптического зонда около вакуумной камеры, но при этом длинный и толстый чугунный рельс перегородил проход к камере. «Давай, — говорит он мне, — отпилим кусок рельса ножовкой по металлу». Сказано — сделано. Только пилить здоровенный (20×20 см) рельс не так-то просто. Мы сменяли друг друга каждые десять минут, и вот около девяти вечера в Павильон зашел Склизков. Напрасно мы закрывали своими телами еще не законченную работу. «Вы знаете сколько такой рельс стоит?» — спрашивает Глеб Владимирович. Мы только в пол устались, а Володя: «Зато как удобно!» — мямлит. Г. В. рукой махнул: «Допиливайте!»

Так началась моя трудовая деятельность в ФИАНе, где я проработал 21 год в одной и той же лаборатории мощных лазеров и их взаимодействия с веществом. Моим непосредственным руководителем во все годы был Андрей Сергеевич Шиканов, вначале как руководитель диплома, потом как руководитель группы и диссертации и наконец как заведующий лабораторией.



Лазерная установка Nova 2-Beam, LLNL (США)

Экспериментаторы

В ноябре 1970 года в Москве проходила конференция по взаимодействию лазерного излучения с веществом. Володя взял меня с собой! Я сидел сбоку и старался вникнуть во всё, о чем говорили докладчики. Я хорошо запомнил выступление почетного ветерана термояда с магнитным удержанием плазмы Игоря Николаевича Головина. Под его руководством в Институте Курчатова начиная с 1950-х годов были выполнены экспериментальные исследования стабилизации пинчей продольным магнитным полем, создан первый токамак. Говорят, что это именно он придумал название новой установки, сокращение от «ТОроидальная КАмера с МАгнитными Катушками». Отметив энтузиазм собравшихся лазерщиков, Головин пожелал успехов в достижении управляемой (или, по крайней мере, контролируемой) реакции синтеза ядер. «Однако запомните, что стены вокруг крепости с секретом термояда одинаково высокие, взять их с наскока не удалось нам двадцать лет назад, и советую вам приготовиться к длительной осаде». В последующие пятьдесят лет я любил цитировать эти мудрые слова моим молодым коллегам.



Лазерная установка Vulcan, RAL (Великобритания)

Все десять лет работы этой установки, получившей название «Кальмар», все мы, молодые физики-экспериментаторы работали одной слаженной группой, помогая друг другу. По результатам этих экспериментов были защищены пять кандидатских и одна докторская диссертация, трое участников получили Государственные премии, были написаны две книги по экспериментам с высокотемпературной плотной лазерной плазмой.

Начало 1980-х для меня совпало с работой по внедрению разработанных в моей группе (я уже дорос до старшего научного сотрудника) скоростных методов диагностики нестационарной плазмы, создаваемой в различных крупномасштабных экспериментальных установках. В ФИАНе на смену работе «Кальмару» пришел многоканальный лазер «Дельфин» (с тераватной мощностью в 108 пучках).

Начало перестройки в стране сопровождалось уменьшением бюджетного финансирования АН СССР. Одновременно поощрялись прямые хозяйственные договоры с ведомственными институтами. Для нас это выразилось в установлении связей (в том числе личных) с руководителями таких институтов системы Минсредмаша, как Курчатowski центр ТРИНИТИ в Троицке, где была построена уникальная установка «Ангара-5», Институт теоретической и экспериментальной физики (ИТЭФ), где молодой Борис Шарков создавал лазерно-плазменный источник для тяжелоионного ускорителя. Были также совместные работы с ВНИИ оптико-физических измерений (ВНИИОФИ), приведшие к созданию нового электрооптического регистратора в рентгеновском, а также в корпускулярном диапазоне.



Установка «Ангара-5», ТРИНИТИ (Троицк)

Освоительницы нефти

Другое, еще более необычное местообитание, которое освоили эфидриды, — это нефтяные лужи, естественные просачивания сырой нефти на поверхности земли, которые встречаются в Калифорнии, на Кубе и Тринидаде (хотя, скорее всего, география еще шире). Взрослая муха *Diasemocera petrolei* бегает по поверхности нефтяной лужи: погружение в нефть для нее опасно, но волоски на ее лапках (так называют ту часть ноги насекомого, которая соприкасается с поверхностью), по-видимому, выделяют специальный секрет, помогающий не проваливаться в нефть [4]. В то же время ее личинки виртуозно приспособлены к развитию в сырой нефти — субстрате, который в разных формах ранее использовался в качестве инсектицида (рис. 4). Личинки легко переносят высокую температуру: когда воздух нагревается до 38 °С, черная поверхность нефти становится еще горячее, при этом личинки не испытывают никакого дискомфорта. От токсичности субстрата личинка защищена толстой кутикулой (от лат. *cuticula* «кожица»), которая в лабораторных условиях выдерживает 50-процентный раствор скипидара. Однако личинка нефтяной мухи тонет в жидкости менее плотной, чем нефть, и очень быстро высыхает, если теряет нефтяную пленку.

Личинки, как и взрослые насекомые, дышат с помощью трахей. Трахейная система личинок двукрылых, как правило, связана с окружающей средой посредством передних и задних дыхалец (рис. 5). Задние дыхальца эфидрид расположены на длинной дыхательной трубке (как на рис. 1 или еще длиннее). У личинки нефтяной мухи дыхательная трубка заметно укоротилась и стала толще и мускулистее, а вокруг дыхательного отверстия располагаются железы, выделяющие воду, которая препятствует попаданию нефти в трахею. Передние дыхальца при этом не имеют сквозного отверстия (оно, по-видимому, заросло) и не используются для дыхания.

Рацион личинок *D. petrolei* состоит из организмов, упавших на поверхность нефтяной лужи. Нефть попадает в пищеварительную систему личинки, но эксперименты показали, что мухи не могут питаться углеводородами, содержащимися в ней. Нежный эпителий средней кишки пищеварительного тракта, лишенный защитной кутикулярной выстилки, от нефти надежно защищает перитрофическая мембрана — белково-хитиновая оболочка, проницаемая для пищеварительных ферментов, сформированная за счет секреторной деятельности клеток кишки. Пьет личинка капельки воды, не смешивающиеся с нефтью.

В кишечнике личинок обнаружено уникальное сообщество устойчивых к антибиотикам бактерий, которые, видимо, помогают нейтрализовать токсическое действие нефти. Однако эксперименты показали, что при одиночном культивировании эти микроорганизмы не могут использовать углеводороды из нефти в качестве пищи, хотя в случае выращивания целого сообщества результат может быть иным (это еще предстоит выяснить). Нефтяная муха описана в 1899 году, но хотя история ее изучения насчитывает уже более ста лет, по-прежнему актуальны слова биолога Уильяма Торпа, сказанные в первой половине XX века: «В ее биологии еще много интересных моментов, которые предстоит выяснить».

Обитатели озера Моно

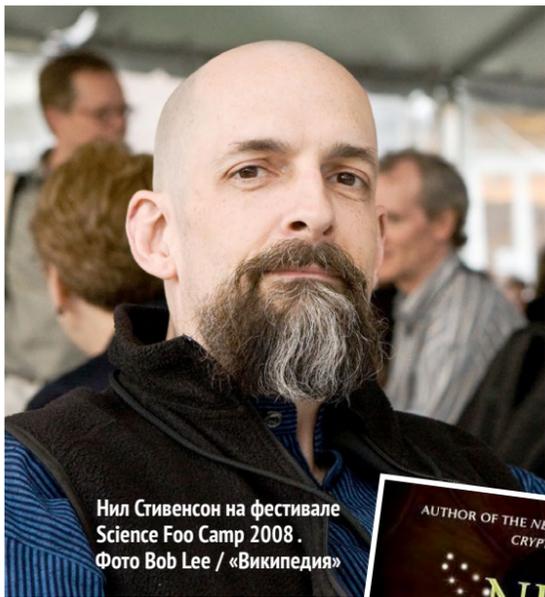
Щелочные озера — еще одно суровое местообитание, пожалуй, не уступающее нефти. Удивительные щелочные мухи *E. hians*, населяющие Новый Свет, в частности, обитают в калифорнийском озере Моно, известном своей соленостью и щелочностью (рис. 6). Его соленость колеблется в широких пределах и в среднем составляет 69 промилле, т. е. 69 граммов соли на литр воды (в то время как средняя соленость мирового океана — 35 промилле), а pH=10. По этой причине в озере Моно из животных способны выжить лишь рачки *Artemia monica* и личинки мухи *E. hians*.

Личинки щелочной мухи, как и всех представителей рода *Ephydra*, имеют ложные ножки. Они активно передвигаются [6] по камням под водой и соскабливают водоросли своими челюстями. Регулировать солевой обмен им помогает специальная известковая железа. Что интересно, взрослые мухи также погружаются под воду и питаются водорослями на камнях. Благодаря волоскам на поверхности тела вокруг мухи образуется прослойка воздуха — пластрон, который при погружении под воду работает как скафандр. С его помощью муха остается сухой и может дышать под водой (рис. 7).

Мы привели лишь малую часть примеров того, в каких необычных и суровых условиях могут развиваться личинки мух-береговушек. И хотя все перечисленные выше эфидриды крайне различаются по своей экологии, их личинки не так различны. Двукрылые — многочисленный и очень успешный отряд насекомых, и их личинка с универсальной и пластичной морфологией — один из важнейших факторов успеха.

1. elementy.ru/genbio/synopsis/731/Morfologiya_lichinok_mukh_beregovushek_Ephydra_riparia_i_Paracoenia_fumosa_Diptera_Ephydridae_i_adaptatsiya_dvukrylykh_k_povyshennoy_solenosti
2. twitter.com/labreatarpits/status/1487144146158505986
3. journals.plos.org/plosbiology/article?id=10.1371/journal.pbio.3001570
4. youtu.be/V0CKcK5BqQU
5. earth.com/news/tiny-creature-found-in-mono-lake-sheds-light-on-animal-evolution/
6. youtu.be/T88hBWlxuMQ

Окончание в следующем номере



Нил Стивенсон на фестивале Science Foo Camp 2008. Фото Bob Lee / «Википедия»

Многомирие по Нилу Стивенсону

Павел Амнуэль



Павел Амнуэль

Так сложилась история Арба. Главный герой романа Эразмус — молодой «послушник» (фраа) научного монастыря (матика), юноша умный и любознательный, постоянно вступающий в научные споры, в которых и познает идею поликосмизма.

Вот как обсуждают персонажи романа идею многомирия (поликосмизма): — Да. Об этом-то Пафлагон и писал, когда не был занят изучением нашего космоса... Но протезизм — веру в то, что существует иной уровень бытия, царство чисто теоретических форм, — можно считать самой ранней и простой из поликосмических теорий, — пояснил Арсибальт...

— Но поликосмические гипотезы, о которых я слышал — те, что возникли перед Реконструкцией, — совсем другая история. В них существуют космосы, похожие на наш, хоть и отделенные от него. С материей, энергией и полями.

И далее персонажи романа рассуждают о коллапсе волновой функции и интерференции разных «повествований»:

- Древние теоры начали говорить о поликосмосе в связи со звездами: как они рождаются и что в них происходит.
- Нуклеосинтез и всё такое, — подхватила Тулия.
- А еще — как при взрыве звезд образуются планеты...
- И мы, — закончил я.

— Да, — сказал Джезри. — Отсюда вопрос: почему все эти процессы в точности таковы, чтобы вести к возникновению жизни? Вопрос скользкий. Богопоклонники говорят: «Бог создал космос специально для нас». Но поликосмический ответ таков: «Нет, космосов много, одни годятся для жизни, другие нет — мы видим лишь тот, в котором можем существовать»...

Далее:

— Иначекие традиции живучи, — сказал Ороло. — И одна из старейших традиций — учить фидов квантовой теорике так, как открывали ее теоры во времена Предвестий. Тебя, Эразмас, учили так же. Даже не будь мы знакомы раньше, я бы понял это по твоему словарю: «представляет собой суперпозиции квантовых состояний», «наблюдение ведет к коллапсу волновой функции» и так далее.

— Да. Я вижу, к чему ты клонишь. Целые ордена теоров, существующие не одну тысячу лет, используют совершенно другие модели и терминологию.

— Да, — сказал Ороло. — Угадай, какая модель, какая терминология мне ближе?

— Наверное, чем поликосмичнее, тем лучше. <...>

— Да. И как это выглядит в поликосмической интерпретации квантовой теорики?

— Суперпозиции больше нет. Волновая функция не коллапсирует. Просто в реальных параллельных космосах существует много разных копий меня — или моего мозга. Модель космоса в каждом из параллельных мозгов находится в одном определенном состоянии. И они взаимодействуют друг с другом. <...>

— Я говорю, что всё распространяется на другие космосы. Так следует из поликосмической интерпретации. Единственное отличие мозга — в том, что он научился этим пользоваться.

Итак, главная идея: многомирие существует, волновая функция не коллапсирует, миры (повествования) ветвятся, но при этом сохраняется интерференция (взаимодействие) различных ветвей, которая воспринимается сознанием: «Единственное отличие мозга — в том, что он научился этим пользоваться».

Однако существует возможность перехода не только идей, но и материальных тел из одного

«повествования» в другое. В романе Стивенсона переходы совершает звездолет, на нем стоят двигатели, о которых немало писали в научной и научно-фантастической литературе Земли, а не планеты Арб. Звездолет в «Анафеме» перемещается с помощью многочисленных ядерных взрывов, каждый из которых сообщает кораблю дополнительный импульс. Такой звездолет и выходит на орбиту спутника планеты Арб. Герои романа долгое время не понимают, что это звездолет из другого «повествования» или, как мы бы сказали, из другой ветви эвереттовского многомирия. Как они догадываются? Здесь мы встречаемся уже не с пересказом достаточно известных в физике положений многомировой интерпретации, но с собственной идеей Стивенсона относительно того, чем может отличаться материя разных «повествований».

Контакт пришельцев из другого «повествования» (их называют Геометрами) с жителями Арба начинается с конфликта: Геометры с помощью мощного лазера уничтожают три объекта на поверхности планеты. И вот что говорит Джези, друг Эразмаса:

— Тут в Тредегаре некоторые разбираются в лазерах, — сказал Джезри. — Они сразу почуяли что-то странное. Есть известное число газов или их смесей, которые дают красное излучение. У каждого — своя длина волны. Специалист по лазерам может взглянуть на пятно света и сразу определить состав активной среды. Лазеры Геометров были незнакомаго цвета.

— Не понимаю, какое...

— По счастью, космограф из Рамбальфа догадался подставить под этот свет фотомнемоническую табулу (арбский аналог спектрографа. — П. А.), — продолжал Джезри. — Так что теперь мы знаем длину волны. Оказалось, что она и впрямь не соответствует никаким известным спектральным линиям.

— Погоди, такого не может быть! Длины волн выводятся из квантово-механических уравнений, базовых для всего! <...>

— Ты не мог знать — мы сами узнали только несколько часов назад, — что всё это новоматерия. Всё в аппарате — живое и неживое — состоит из того, что мы зовем новоматерией. В том смысле, что ядра вещества организованы неестественным — по крайней мере для нашего космоса — образом. <...>

— Поведение электронов — практически синоним химии, — сказал Джезри. — Для того и придумали новоматерию: игры с ядерным синтезом дали нам новые элементы и новую химию.

— А функционирование живых организмов основано на химии... Мы не можем химически взаимодействовать с Геометрами — а равно с их вирусами и бактериями, — потому что лазер был не того цвета!

— Простейшие взаимодействия, несомненно, возможны, — сказал Джезри. — Электрон — всегда электрон. Так что наши атомы могут образовывать с их атомами простые химические связи. Но это не та сложная биохимия, которую используют микробы.

— Значит, Геометры способны производить звуки, которые мы услышим. Видят свет, отраженный от наших тел. Могут двинуть нас в морду... Но не заразить.

Автор не детализирует, чем конкретно ядра атомов «новоматерии» из иного «повествования» отличаются от «наших» (арбских). Электроны, судя по приведенному отрывку, — те же. Водород (т. е. протоны) — тоже. Нет ни слова о том, чем отличаются законы взаимодействия между элементарными частицами. Химические связи между обычной материей и «новоматерией» существуют (или могут существовать). Тем не менее электроны «новоматерии» ведут себя неестественно — т. е. при лазерном излучении излучают «не ту» длину волны. В принципе, причиной такого поведения может быть только разница в квантовых законах, но автор (устаи персонажей) это отвергает. Как бы то ни было, результатом неправильного поведения электронов новоматерии становится иная биохимия, приводящая, например, к тому, что организм человека с Арба не может усваивать пищу, произведенную на звездолете из иного «повествования» (и наоборот). Попав на звездолет Геометров, жители Арба вынуждены есть лишь привезенную с собой пищу (то же происходит, когда один из Геометров попадает на Арб).

Нил Таун Стивенсон (Neal Town Stephenson) родился 65 лет назад, в Хэллоуин, 31 октября 1959 года, в Форт-Миде (штат Мериленд, США); отец его был профессором электротехники, а мать работала в биохимической лаборатории. Вырос в Иллинойсе и Айове, начинал учиться физике в Бостонском университете, но потом перешел на географическое отделение, мотивировав свой поступок тем, что «там круче компьютеры». Зарекомендовал себя способным программистом. С 1984 года живет в основном на Тихоокеанском побережье, пишет романы, время от времени публикует статьи в журналах.

Персонажи романа догадываются, наконец, что звездолет Геометров прибыл из иного «повествования». Наблюдая внешнее устройство звездолета, они делают выводы о том, какой принцип используют Геометры для движения в пространстве (многократные ядерные взрывы), но пока не имеют представления, когда произошло «ветвление», и насколько культура Геометров отличается от культуры и науки Арба. Эту проблему они обсуждают на большом семинаре (мессале).

— Множественность миров, — провозгласил он и выдержал долгую торжественную паузу. — Звучит впечатляюще. Я представления не имею, что это понятие означает для части присутствующих. Самый факт существования Геометров доказывает, что есть по меньшей мере один другой мир, так что на определенном уровне все тривиально. Но как номинальный процинан в этом мессалоне я сыграл мою роль и скажу: у нас нет ничего общего с Геометрами. Никакого совместного опыта, никакой общей культуры. Пока это так, мы не можем с ними общаться. Почему? Потому что язык — лишь поток символов, лишенных всякого смысла, пока мы, у себя в голове, не наделим их смыслом: процесс аккультурации. Пока мы не начнем делиться опытом и, таким образом, развивать общую с Геометрами культуру — то есть соединить наши культуры, — мы не сможем общаться с ними, а их усилия с нами общаться останутся так же непонятны, как те жесты, которые они уже сделали, вышвырнув небесного эмиссара в шлюз, сбросив жертву убийства на культовый объект и металлический гвоздь — в жерло вулкана... Прибытие Геометров — идеальный лабораторный эксперимент для демонстрации теории светителя Проца, а именно, что язык, общение, даже самая мысль суть манипуляции символами, смысл которым присваивает культура — и только культура. Я надеюсь лишь, что они не настолько загрязнили свою культуру просмотром наших спилей (фильмов. — П. А.), чтобы нарушить чистоту эксперимента. <...>

— Множественность миров означает множественность культур, до последнего времени полностью изолированных друг от друга и потому неспособных пока к общению... Таким образом, цель данного мессала — разработать и, я надеюсь, применить стратегию, которая позволит мирской власти при поддержке инаков разрушить множественность, то есть создать общий язык. Мы выполним свою цель и сделаем себя ненужными, превратив множественные миры в единый.

Когда произошло ветвление, приведшее к рождению разных, но, во многом всё же похожих цивилизаций? В романе это случилось на самых ранних стадиях после Большого взрыва. Именно тогда, когда физические законы и константы еще только формировались, мироздание расщепилось, и в каждом возникли немного иные законы взаимодействия, возникло то, что герои романа называют «новоматерией». То есть «на самом деле» речь идет о мирах с разными, хотя и близкими, физическими постоянными.

— Мы говорим о бесконечно малом промежутке времени сразу после Большого взрыва, — сказала Мойра, — когда из моря энергии образовались первые элементарные частицы.

— То есть гипотеза утверждает, что они получились такими, а могли бы получиться иными, породив космос с другими константами и другой материей, — уточнил Лодогир.

— Совершенно верно, — сказала Мойра.

— Как теперь нам перевести сказанное на язык повествований и конфигурационного пространства, который предпочитает фраа Дзад? — спросила Игнета Фораль.

— Я попробую, — сказал фраа Пафлагон. — Если проследить наш мировой путь — серию точек в конфигурационном пространстве, представляющую прошлое, настоящее и будущее нашего космоса, — назад во времени, мы увидели бы конфигурации более горячие, яркие и плотные, как если бы прокручивали в обратную сторону фотомнемоническую табулу с записью взрыва. Мы попали бы в области Гемнова пространства, едва ли узнаваемые как космос: мгновения сразу после Большого взрыва. В какой-то момент, двигаясь назад, мы оказались бы в конфигурационном

Проблемы многомирия всё чаще становятся предметом обсуждения в физических журналах, и эвереттизм постепенно теряет статус маргинального направления в науке, становясь одной из частей современной физики. Новые научные направления обычно немедленно становятся источником вдохновения для авторов научно-фантастической литературы. Писатель-фантаст обычно не ограничивается популяризацией устоявшихся в науке идей или даже идей, еще не устоявшихся, но обсуждаемых, в том числе и таких, которые будут наукой отвергнуты. Писатели-фантасты предлагают свои варианты идей, свой взгляд на научные проблемы. Эти идеи могут так и остаться лишь в фантастике, но могут стать и предметом реального научного обсуждения и поиска, как уже не раз бывало в истории взаимоотношений науки и фантастики.

Произведение научной фантастики, содержащее новую научно-фантастическую идею, интересно рассмотреть и сопоставить с аналогичными идеями, обсуждаемыми в науке. Обратимся к опубликованному в 2008 году (на русском языке — в 2012-м¹) роману американского писателя Нила Стивенсона «Анафем».

В предисловии автор пишет, что «действие книги происходит не на Земле, а на планете Арб, во многом напоминающей Землю». И далее:

Ортоговорящая культура Арба в книге пользуется лексикой, основанной на арбских прецедентах многовековой давности; в этих случаях я придумывал слова, исходя из древних земных языков. Первый и самый яркий пример — «анафем», составленное из латинского «антем» (гимн, антифон) и греческого «анафема». Орт, классический язык Арба, имеет совершенно другой словарь, и слова для «антем», «анафема» и «анафем» в нем совсем иные, однако составляют такой же ассоциативный ряд. Чтобы не употреблять ортские слова, лишённые для земного читателя всякого смысла и коннотаций, я постарался сочинить приблизительные земные эквиваленты, сохраняя некий аромат ортской терминологии. То же — или примерно то же — сделано и в других местах книги...

Дело, конечно, не в придуманных автором названиях, но для понимания дальнейшего они всё же играют определенную роль, и поэтому я приведу ассоциации арбских научных терминов с земными. Идеи многомирия ученые Арба называют «поликосмизмом». «Теорик» — это теоретик. «Теорика» — теория. «Гемново пространство» — фазовое пространство. Гилеин поток — мировая линия. То, что в эвереттике называют «ветвью» альтерверса, ученые Арба называют «повествованием».

Основная идея романа соответствует современным представлениям эвереттизма об отсутствии коллапса волновой функции и о возникновении в связи с этим множества (возможно — бесконечного) ветвей («повествований»).

«Анафем» — большой роман (около 40 авторских листов!), действие которого разворачивается в основном в «матиках». «Матик» — это нечто вроде монастыря, где иноки, удалившиеся от мира, изучают науки, ведут научные исследования и дискуссии. Но матик — не религиозная структура, напротив, это вполне светское образование.

¹ Stephenson N. Anathem. New York: William Morrow, 2008. Стивенсон Н. Анафем. Роман. Пер. Е. Доброхотовой-Майковой. с. 11-870 в Собрании сочинений. — М.: АСТ, Астрель, 2012 (по факту книга вышла в декабре 2011 г.).

пространстве, где физические константы, о которых мы говорили...

— Двадцать чисел, — сказала сура Асквина.

— Да. Еще не определены. Место настолько непохожее на наше, что эти константы в нем не имеют смысла — у них нет значений, потому что они еще могут принять любое значение. Так вот, до того момента истории, о котором я говорю, нет разницы между старой картиной единственной вселенной и картиной мирового пути в Гемновом пространстве. <...>

— Как в наших генетических цепочках закодированы все мутации, все адаптации, каждый наш предок вплоть до первого живого существа, — сказала сура Мойра, — так вещество Геометров несет в себе запись того, что фраа Джад назвал повествованием их космосов, вплоть до точки в Гемновом пространстве, где повествования разошлись.

Разойдясь на самых разных стадиях эволюции, миры, однако, продолжили эволюционировать практически одинаково (параллельно). В результате в каждом из миров возникли малоотличимые друг от друга разумные существа (пять пальцев на руке, две ноздри и пр.). Отличие, по сути, лишь в том, что пища Геометров и жителей Арба — разная: пища Геометров не усваивается жителями Арба и наоборот.

Что же происходит после «расхождения» миров? По Стивенсону, они интерферируют, взаимодействуют, и это взаимодействие воспринимается сознанием. Сознание усиливает слабые сигналы, которые, как протанутая между деревьями паутина, связывают повествования между собой. Более того, усиливает избирательно и таким образом, что возникает положительная обратная связь, направляющая повествования. Сознание соединяет отдельные миры, но это не сознание мультивидуума, поскольку в интерференции участвуют сознания разных индивидуумов, создавая положительную обратную связь, более того — сознания создают обратную связь избирательно, направляя определенным образом эволюцию каждого мира. Однако связь эта существует не между всеми мирами, а лишь между «соседними». Разумеется, «следующий» мир интерферирует с «последующим» и т. д. Соответственно, некие идеи, возникшие в сознании ученого в мире N, могут быть восприняты сознанием ученого в мире N + 1, что меняет его мировосприятие, становится причиной возникновения новых «безумных» (для этого мира) идей и т. д.

— Способность нашего сознания видеть — не просто как спилекатор (аналог видеопроектора. — П.А.), воспринимающая и записывая данные, — но опознавать миски, мелодии, лица, красоту, идеи — делать их доступными для осмысления. Эта способность, по утверждению Атаманта, фундамент всякой рациональной мысли. И если сознание способно опознавать медно-мисковость, почему бы ему не опознать равнобедренно-треугольность и Адрохонесово-теоремность?

— То, что вы описываете, — всего лишь распознавание образов и присваивание имен, — сказал Лодогир.

— Так утверждают синтактики, — отвечал Ж'вэрн (один из Геометров. — П.А.). — Но я бы возразил, что вы всё переворачиваете с ног на голову. У вас, проциан, есть теория — модель сознания, и вы всё ей подчиняете. Ваша теория становится основой для всевозможных допущений, и процессы сознания рассматриваются просто как явления, требующие объяснений в терминах этой теории. Атамант говорит, что вы создали порочный круг. Вы не можете развивать свою основополагающую теорию, не прибегая к способности сознания наделять данные этостью, а значит, не вправе объяснять фундаментальные механизмы сознания в рамках вашей теории.

— Я понимаю точку зрения Атаманта, — сказал Лодогир, — но, сделав такое утверждение, не исключает ли он себя из рационального теоретического общения? Сознание приобретает мистический статус — его нельзя исследовать, оно такое, какое есть.

— Напротив, нет ничего более рационального, чем начать с того, что нам дано, что мы наблюдаем, спросить себя, как получилось, что мы это наблюдаем, и разобрать процесс наблюдения самым тщательным и последовательным образом.

— Тогда позвольте спросить: какие результаты Атамант получил, осуществив эту программу?

— Решив ей следовать, он несколько раз заходил в туники. Но суть такова: сознание работает в материальном мире, на материальном оборудовании.

— Оборудовании? — резко переспросила Игнета Фораль.

— Нервные клетки или, возможно, искусственные устройства с теми же функциями. Суть в том, что они, как сказали бы ита, «железо». Атамант утверждал, что сознание, а не оборудование — первичная реальность. Космос состоит из материи и сознания. Уберите сознание — останется прах; добавьте сознание, и у вас будут

предметы, идеи, время. История долгая и непростая, но в конце концов Атамант нашупал плодотворный подход, основанный на поликосмической интерпретации квантовой механики. Вполне естественно он применил этот подход к своему излюбленному объекту...

— Медной миске?! — изумился Лодогир.

— Комплексу явлений, составляющих его восприятие медной миски, — поправил Ж'вэрн, — и объяснил их следующим образом.

Затем Ж'вэрн (непривычно разговорчивый в этот день) прочел нам кальк (лекцию. — П.А.) о том, к чему пришел Атамант, размышляя о миске. Как он и предреждал, это в основных чертах напоминало диалог, который я пересказал чуть раньше, и вело к тому же основному выводу. Настолько, что я даже поначалу удивился, чего ради Ж'вэрн всё это излагает. Напрашивалась мысль, что он просто хочет показать, какой Атамант был умный, и заработать для матарритов несколько лишних баллов... Наконец Ж'вэрн добрался до предположения, которое мы слышали раньше: что мыслящие системы вовсю используют интерференцию между космосами, чьи мировые пути недавно разошлись. <...>

— Это согласуется с тем, что я прочел вчера у Атаманта. Сознание, писал он, вне пространства и времени. Однако оно вступает в пространственно-временной мир, когда мыслящее существо реагирует на выстроенный им образ этого мира и пытается взаимодействовать с другими мыслящими существами — совершает то, что может осуществить лишь через посредство пространственно-временного тела. Таким образом, мы попадаем из солипсистского мира — реального только для одного субъекта — в общий, где я могу быть уверен, что вы видите ту же медную миску, и этость, которой вы ее наделяете, созвучна моей. <...>

— Давайте ограничимся рассмотрением той бесконечно малой доли интерференции, которая приходится на нервную ткань. Как я только что сказал, это уже само по себе дает избирательность. — Лодогир кивнул на доску. — Однако, намеренно или нет, фраа Джад открыл щелочку еще для одной избирательной процедуры. Да, наш мозг ловит эти «сигналы». Но он не пассивное устройство. Не просто детекторный радиоприемник! Он считает. Он мыслит. Выход этих размышлений практически нельзя предсказать по входу. Этот выход — наши мысли, решения, которые мы принимаем, наше взаимодействие с другими мыслящими существами и поведение обществ на протяжении эпох.

— Спасибо, фраа Лодогир. — Игнета Фораль еще раз перечитала надпись на доске. — Возьмется ли кто-нибудь за «положительную обратную связь»?

— Мы получаем ее в качестве бесплатного приложения, — сказал Пафлагон.

— Как это?

— Она есть в модели, которую мы обсуждали. Ничего добавлять не надо. Мы уже видели, как слабые сигналы, усиленные особыми структурами нервной ткани и общества, состоящего из мыслящих существ, производят в повествовании — в конфигурации космоса — куда большие изменения, чем конкретный сигнал. В ответ на слабые сигналы мировой путь изгибается, меняет курс, и по поведению мирового пути можно отличить космос, населенный мыслящими организмами, оттого, в котором их нет. Однако вспомним, что сигналы проходят только между соседними космосами. Вот вам и положительная обратная связь! Интерференция направляет мировые пути космосов, в которых есть сознание: мировые пути, лежащие ближе друг к другу, интерферируют сильнее.

Поскольку интерференция происходит лишь между соседними мирами, то, по Стивенсону, и перемещения материальных тел возможны лишь между мирами-соседями, причем только в одну сторону: из мира N в мир N + 1, затем в мир N + 2 и т. д. Сами же перемещения возможны потому, что Вселенная вращается, и существуют решения уравнений ОТО, допускающие, что во вращающейся Вселенной материальное тело способно перемещаться обратно во времени. В одном из миров, на планете Урнуда, такое решение получили и построили звездолет, перемещающийся с помощью ядерно-взрывных двигателей. Однако принцип причинности, который соблюдается во всех космосах, привел к тому, что звездолет отправился не в прошлое собственной Вселенной, а был выброшен в соседнюю (вселенную N + 1). Там урнудцы обнаружили планету, сходную со своей, вошли в контакт с ее обитателями, часть которых стала членами экипажа звездолета, вновь отправившегося в прошлое, но, конечно, переместившегося во следующую (N + 2) вселенную. В этой вселенной также была обнаружена похожая планета, часть населения которой присоединилась к экипажу звездолета и т. д. Когда звездолет прибыл в окрестности Арба, на нем сосуществовали уже четыре «экипажа» из четырех предыдущих миров. Эти

экипажи постоянно конфликтовали друг с другом. Возникла опасность войны и с Арбом, пресеченная героем романа и его друзьями. Судя по тексту романа, ни одна из цивилизаций не может обойтись без того, чтобы не устроить войну: конфликты начинаются с войны на Урнуде, затем описываются войны, происходившие в последующих космосах, причем сами урнудцы и становились причиной войн. Одной из планет в этой цепочке миров является Земля (которая в романе носит название Латерр — La Terr).

— Как вы путешествуете между космосами? — спросил Пафлагон.

— Времени мало, — сказал Жюль Верн Дюран (Геометр с Земли. — П.А.), — а я не теор. — Он повернулся к сууре Мойре. — Вам, должно быть, известен некий способ думать о гравитации, вероятно, появившийся примерно во времена Предвестий и называемый у нас общей теорией относительности. Он исходит из посыла, что масса-энергия искривляет пространство...

— Геометродинамика! — сказала сура Мойра.

— Если решать уравнения геометродинамики для случая вращающейся вселенной, можно показать, что космический корабль, летя достаточно быстро и достаточно далеко...

— Будет двигаться назад во времени, — закончил Пафлагон. — Да. Это решение нам известно. Впрочем, мы всегда считали его не более чем курьезом.

— У нас на Латерр его получил наш светитель по имени Гёдель: друг светителя, открывшего геометродинамику. Они были, так сказать, фраа в одном матике. Для нас это решение тоже было скорее курьезом, хотя бы потому, что сперва неизвестно было, вращается ли наш космос...

— А если не вращается, то решение бесполезно, — сказал Пафлагон.

— В том же институте придумали корабль на атомных бомбах, позволяющий проверить эту теорию.

— Ясно, — сказал Пафлагон. — Значит, Латерр построила такой корабль и...

— Нет, нет! Мы так его и не построили!

— Как и мы, хотя у нас были те же идеи, — вставил Лео.

— Но на Урнуде всё было иначе, — продолжал Жюль Верн Дюран. — У них была геометродинамика. Было решение для вращающейся вселенной. Были космографические свидетельства, что их космос и впрямь вращается. И они придумали корабль на атомных бомбах. Но они и впрямь построили несколько таких кораблей. Их вынудила к этому разрушительная война между двумя блоками наций. Она перекинулась в космос; вся солнечная система стала театром военных действий. Последний и самый большой из кораблей звался «Дабан Урнуд», что значит «Второй Урнуд». Он должен был доставить колонистов в ближайшую звездную систему всего в четверти светового года от Урнуда. Однако на борту произошел мятеж. Власть захватили люди, понимавшие теорию, о которой я говорил. Они решили взять новый курс: тот, который приведет их в прошлое Урнуда, где новое командование корабля надеялось изменить решения, положившие начало войне. Но оказались они не в прошлом Урнуда, а в другом космосе, на орбите планеты, очень напоминающей Урнуд...

— Тро, — сказал Арсибальт.

— Да. Так вселенная защищает себя — не позволяет нарушить причинные связи. Если вы пытаетесь сделать что-то, что даст вам возможность нарушить законы причины и следствия — вернуться в прошлое и убить своего дедушку...

— Вас просто выбрасывает в другую, отдельную причинно-следственную область? Потрясающе! — воскликнул Лодогир. <...>

— Понимаете, в сознании каждого урнудца глубоко укоренено подозрение, что с каждым пришествием они попадают в более идеальный мир — более близкий к тому, что вы называете Гилениным теоретическим миром. Некогда пересказывая детали, но мне самому часто думалось, что Урнуд и Тро — менее совершенная версия Латерр, а Фтос для нас то же самое, что мы для Тро. Теперь мы попали в следующий мир, и Основание страшится, что жители Арба обладают качествами и способностями для нас не просто недоступными, но и непостижимыми. Оно крайне чутко относится ко всему, что представляется такими качествами...

— Отсюда высадка десанта и смелая военная хитрость, чтобы разузнать про инкантеров, — сказал Лодогир.

— И риторик, — напомнил ему Пафлагон.

Мойра рассмеялась:

— Снова политика Третьего разорения! Только бесконечно более опасная.

— И ваша... наша беда, что их не разубедить никакими силами, — сказал Жюль Верн Дюран.

— Быстро: Атамант и медная чаша? — спросил Лодогир.

— Был такой латерранский философ Эдмунд Гуссерль; он держал у себя на столе медную пепельницу, о которой упоминает в своем трактате, — сказал латерранец. Если я правильно прочел выражение его лица, он немного смутился. — Я сильно приукрасил историю. Рассказ об исчезнувшей царяине, разумеется, придуман от начала до конца, чтобы вытянуть из вас, существующих ли на Арбе люди с такими же способностями.

Дело едва не доходит до очередной войны и уничтожения — на этот раз планеты Арб. Но героям романа удается переломить ход событий, остановить цепочку войн, разрушений и последующих перемещений звездолета в очередное «повествование» — мир N + k.

Таким образом, идея романа «Анафем» довольно своеобразно описывает миры, возникающие при ветвлении. Это скорее не квантовое ветвление по Эверетту (хотя Стивенсон в своих комментариях ссылается именно на Эверетта, а герои романа рассуждают о квантовых ветвлениях), но хаотическая инфляция по Линде, когда после Большого взрыва возникает огромное (возможно — бесконечное) число миров-повествований. Для перемещения из «повествования» N в «повествование» N + 1 Стивенсон придумал научно-фантастическую идею, согласно которой космос противостоит попытке

нарушить принцип причинности. Хотя уравнения ОТО для вращающейся Вселенной допускают перемещения в прошлое, в реальности этого не происходит: «машина времени», которой становится звездолет, перемещается не в прошлое ветви N, а в настоящее время ветви N + 1.

В 2017 году Нил Стивенсон в соавторстве с Николь Галланд опубликовал роман «Взлет и падение Д.О.Д.О.», где под другим углом, с новыми научно-фантастическими идеями авторы рассказали о проблемах многомирия.

Не только Нил Стивенсон публикует научно-фантастические произведения, действие которых происходит в многомирии. Многомирие (в том числе по Эверетту) присутствует в произведениях Грега Игана (трилогия «Ортогональная Вселенная», рассказ «Бесконечный убийца» и др.). О многомирии в современном научном понимании пишут американские фантасты Пол Мелкоу («Стены Вселенной»), Блейк Крауч («Темная материя»), Тед Косматка («Мерцающие»), Роберт Ланца и Нэнси Кресс («Наблюдатель»), Тед Чан («Тревожность — это головокружение от свободы»)...

Два известных фантаста — Терри Пратчет (много лет писавший фэнтези о «плоском мире») и Стивен Бакстер (признанный автор НФ) — опубликовали в середине 2010-х годов серию из пяти романов «Бесконечная Земля», действие которых происходит в многомирии, где существует бесконечное количество ветвей, и в каждой — своя Земля, свой Марс, а многообразные многомировые эффекты становятся причиной увлекательных сюжетов.

Не остался в стороне и кинематограф. Достаточно упомянуть научно-фантастические сериалы «Темная материя» и «Созвездие»... Фантастическая наука (изображение науки в научной фантастике) идет в ногу с «обычной» наукой, часто ее опережая в своих построениях. Идеи многомирия (в том числе — по Эверетту) всё чаще становятся главными идеями научной фантастики. В фантастической науке происходит тот же процесс, что в реальной физике: с обочины науки многомировое представление перемещается в центр и становится мейнстримом.

К сожалению, в российской науке пока не сложилась ситуация, когда идеи многомирия серьезно обсуждают ученые. Соответственно, нет и многомирового направления в российской научной фантастике. О параллельных мирах пишут много, но в рамках старых, полувекковой давности, фантастических идей, давно уже «отработанных» в западной фантастике. ♦



Про поэзию

Александр Мещеряков

Между прочим, в последних классах школы я пописывал ужасные упаднические вирши, зачитывался Блоком.

*Уж не мечтать о нежности, о славе,
Всё миновалось, молодость прошла!
Твое лицо в его простой оправе
Своей рукой убрал я со стола.*

Когда я томно читал такие стихи на вечерах самодеятельности, девочки рдели и млели, но одноклассники дружно ржали. От окончательного мужского презрения меня спасало только то, что я был капитаном сборной школы по гандболу и бегал быстрее всех.

В общем, чувства мои склонялись к чему-то воздушно-литературному. У меня была фантазия, что я обладаю литературным даром. Пара тогдашних сочинений сохранилась. Сказать по правде, они написаны чудовищно. Но на выпускном сочинении я получил твердую «пятерку». Я взял вольную тему — «Жизнь прекрасна и удивительна», развил, обобщил. Для раскрытия темы не хватало убедительных цитат, и я смело сочинил их, приписав поэту Луконину. Он числился поэтом «официальным», и имя его было тогда на слуху, но и читать его никто не читал. Включая, естественно, и меня. Наверное, я был первым и последним, кто использовал имя этого поэта для литературной мистификации. Запоздало благодарю и прошу прощения.

Из моего токийского окошка не видно ни дерева, ни травинки — бетонные джунгли застилают горизонт и половину неба. Осень, а цикад не слышно, им здесь не нравится. Свои концерты они устраивают в тех местах,

где у них нет конкурентов в виде автомобилей и поп-звезд.

Для отдыха глаз я купил горшочек с чудесными лиловыми цикламенами, поставил на подоконник, люблюсь. Вообще-то японцы так не делают. Они натренированы землетрясениями — на подоконники и шкафы ничего не ставят. История и природа научили их предусмотрительности. Столы в Японии строят крепчайшие — чтобы под них прятаться. Затрясет, упадет, разобьется, задавит... Те счастливы, у которых есть свой дом, выставляют цветы и лоханки с рыбками перед входом в него. Так безопаснее и экологичнее. Но я-то ведь не японец и рассчитываю, что, авось, пронесет. Тем более, что своего дома у меня нет — живу на четвертом этаже университетского общежития.

Вечер. Намаялся за день за книгами. Иду в магазин, не глядя покупаю бутылку sake, чтобы принять с устатку. Прихожу домой, наливаю. Заодно и читаю, что написано на этикетке. Всё как положено: сделано из наилучшего отечественного риса, содержание спирта пятнадцать процентов. Батюшки! А это еще что? Неужели стихи? Красивым средневековым почерком выведено:

*На берегу в Сиогаме
Ветерок по соснам гуляет.
В дымке тонут
Острова в океане.
Весна!*

Гуглю: сочинил сёгун Минамото Санэтомо в начале тринадцатого века. А я читаю в двадцать первом! Все-таки удивительно, насколько слово долговечнее человека.

Сиогама — это сильно севернее Токио, я там никогда не был, только читал, что в 2011 году



Сумасшедший корабль.

Н. Радлов. Сумасшедший корабль. Шарж. 1920-е годы. Слева направо: А. Ахматова, Н. Гумилёв, В. Ходасевич, В. Шишков, В. Шкловский, М. Слонимский, О. Мандельштам, А. Волынский

там разгулялось цунами. А вообще-то места живописные. И рыба там ловится отменная. По количеству сусечных на душу населения Сиогама занимает первое место в Японии. Девушки тоже красивые. Может, съездить? Отвлекусь от кабинетных занятий, послушаю вволю цикад, вдохну соленого воздуха... Эх, хорошо! Словом, погружаюсь в фантазии.

Но тут отрываюсь на секунду от мечтаний и снова вижу свои цикламены на фоне глобальной мегаполисной серости. Так что стихи, может, мне достались и неплохие, но всё равно забирает слабо. Пятнадцать градусов всего, надолго не хватает.

В двух шагах от метро «Китай-город» в крошечном скверике стоит памятник Мандельштаму: на высоком четырехграннике — навсегда запрокинутая в небеса голова. Похожим образом выставляли на пиках отрубленные головы преступников в старой Японии. Вряд ли создатели памятника знали про это. Впрочем, Мандельштам и вправду был официально признан злодеем, за что его и уморили. Но если честно, то памятник получился сильный и стильный. Возвращаясь с университетских занятий, я застыл перед ним — стал любоваться, вспоминать стихи, проклинать палачей. Был конец мая, цвела сирень, настроение — чувствительное.

На скамеечке сбоку от памятника сидел довольно опрятный бомж возраста пятьдесят плюс (а может, впрочем, и минус) в чересчур просторном пиджаке непонятного цвета. Я еще удивился, что не рваный. Правда, очки с тонкой оправой смотрелись на припухшем носу не вполне органично. Также, наверное, на помойке нашел. Это в Японии все бомжи очкастые, а у нас — большая редкость. Невольно вспомнилась басня Крылова про мартышку и очки. В округе бомжей немало — видно, сказывается вековое наследие Хитровки, которая под боком. Бомж встал рядом со мной и приятно испитым голосом произнес: «Осип Эмилевич Мандельштам — это современник Сергея Александровича Есенина и Анны Андреевны Ахматовой. А меня звать Фёдором Константиновичем. Хотите, стихи почитаю?» Я понимал, что за декламацию придется заплатить, но всё равно кивнул. Фёдор Константинович приосанился, снял левой рукой очки и, зажав их между почти чистыми пальцами, отработанным жестом отставил руку на полную длину вверх и несколько вбок. Получилось пафосно и фотогенично. Заклекотал:

*Мы живем, под собою не чуя страны,
Наши речи за десять шагов не слышны,
А где хватит на полразговорца,
Там припомним кремлевского горца.
Его толстые пальцы, как черви, жирны,
А слова, как пудовые гири, верны,
Тараканы смеются усища,
И сияют его голенища.*

Ну, и так далее...

КНИЖНАЯ ПОЛКА

Научно-фантастические книги Бориса Штерна, изданные «Троицким вариантом», на «Озоне» и в нашем магазине



«Ковчег 47 Либра»

Довольно известная книга о колонизации экзопланеты в реалистичном и драматически-оптимистичном сценарии. Переиздание книги уже поступило в продажу: ozon.ru/product/1733434732

«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 европийцами 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 переиздана 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

Также книги можно приобрести с автографами автора в магазине **ТрВ-Наука**: trv-science.ru/product-category/books



«Троицкий вариант»

Учредитель — ООО «Трвант»
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, 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»