



газета, выпускаемая учеными и научными журналистами

ДИФИРАМБ МОЛЕКУЛЯРНОЙ ФИЛОГЕНИИ

Мир устроен как укроп или как рябина?

Цикл интервью Надежды Маркиной о молекулярных методах в современной биологии подытоживает беседа с Михаилом Гельфандом, докт. биол. наук, вице-президентом по биомедицинским исследованиям Сколтеха, членом Европейской академии, почетным членом Международного общества вычислительной биологии. Михаилу Сергеевичу пришлось «за молекулярных генетиков» отвечать на некоторые вопросы, возникшие у предыдущих спикеров¹.

¹ См. предыдущие интервью:
trv-science.ru/tag/molekulyarnaya-phylogeniya



Михаил Гельфанд

— Все зоологи и ботаники, с которыми я говорила, признают, что молекулярные методы произвели революцию в филогении. Было сказано, что дело морфологов — не пытаться построить свою отдельную филогению по морфологии,

а пытаться понять, как эта морфология могла получиться. Хотя были высказаны и некоторые «но». Первое: в молекулярных деревьях какие-то вещи быстро меняются, какие-то группы «прыгают» по дереву туда-сюда, и не следует ли подождать, пока всё устаканится, прежде чем этим деревьям доверять. И второе «но»: молекулярные деревья строятся на вероятностном подходе, а вероятность — это как бы не 100% уверенности. Что вы можете сказать на эти «но»?

— На первое «но» я могу ответить, как сириевый иностранец в Торгсине: «Кароши люблю, плохой — нет». Плохие молекулярные филогении быстро перестраиваются, а хорошие молекулярные филогении не перестраиваются. Современные методы построения деревьев, помимо всего прочего, сообщают меру своей уверенности во внутренних узлах. Как раз то, что мы можем оценить надежность реконструкции, — это большое достоинство молекулярных деревьев. С морфологическими деревьями может доходить до мордобоя, но количественной оценки нет.

Второе. Любая новая таксономия, основанная на молекулярных деревьях, некоторое время активно обсуждается. Ну вот, гипотеза, что нематоды и членистоногие относятся к одной группе. Несколько лет люди ругались, рисовали разные деревья, потом это устаканилось, и, по-моему, сейчас уже стало общим местом. Но общим местом это стало у нас на глазах.

Есть разные гигиенические правила при построении молекулярных деревьев. Их надо проверять на устойчивость. Надо проверять, что они не зависят от того, каких представителей таксонов вы взяли. Бутстрепы делают, чтобы их оценивать. Но если правила гигиены соблюдать, то всё хорошо. А с морфологическими деревьями проблема вот такая. Удивительным образом оказывается, что какое бы молекулярное дерево ни было построено, классические зоологии и ботаники найдут морфологические признаки, которые будут этому дереву замечательным образом соответствовать. И тем самым видно, что деревья, основанные на морфологии, не безумно хороши.

Дальше: оказалось, что молекулярные деревья действительно ведут к пересмотру каких-то очень глубоких представлений на уровне

типов. И, если я правильно понимаю, это более-менее устаканилось. А с другой стороны, они позволяют делать какие-то вещи, которые морфологи не могли.

Есть две моих любимых истории. Первая: киты оказались ближайшими родственниками бегемотов². Сейчас это уже совсем общее место, но история все-таки чудесная. А второе — змеи оказались ящерицами. И я подозреваю, что на самом деле есть много других таких же историй, про которые мы просто не знаем, они менее раскручены. Хотя это ведь позвоночные, а киты вообще млекопитающие. То есть речь о совсем недавних событиях. А с другой стороны, появились какие-то таксоны, которые люди просто не выделяли. Был кустик какой-то странный, амборелла, по внешним признакам его пихали то туда, то сюда, а оказалось, что эта самая ранняя ветка цветковых³.

И это всё мы говорим про многоклеточных, у которых есть хоть какая-то морфология. А самое-то чудесное произошло не с ними, а с одноклеточными. Во-первых, простейшие, которые фактически были такой же помойкой, как линнеевские «черви», туда просто скидывали всё, что непонятно. Оказалось, что простейших очень много разных; открыли и открывают много новых типов. Взаимоотношения между ними не до конца понятны, но глубина разделения очевидна.

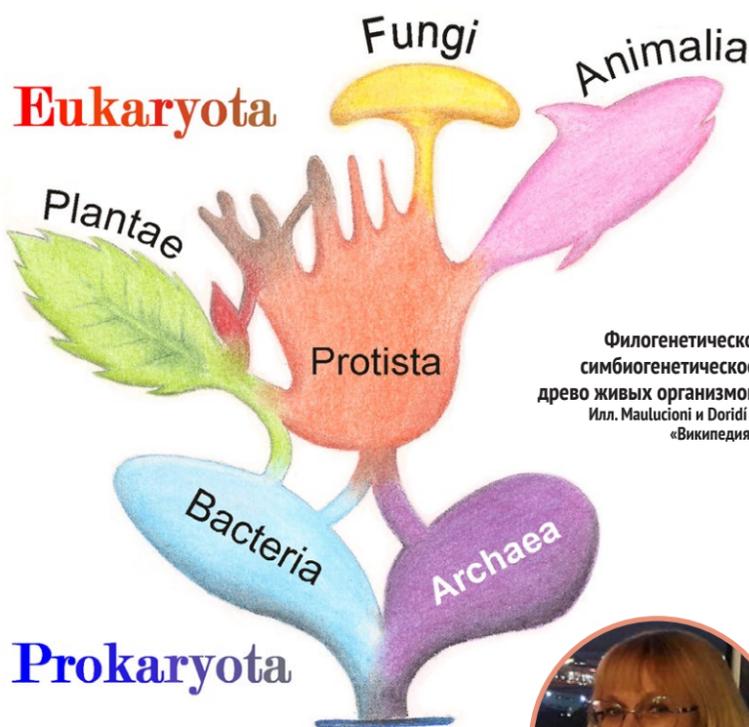
Потом еще одна моя любимая байка: грибы перестали быть низшими растениями и вообще перестали быть растениями, оказались ближе к животным. Стало ясно, что многоклеточность много раз возникала, чего никакие морфологи, по-видимому, в виду не имели: классическая картина была такой, что сначала появились многоклеточные, а потом они разделились на растения и животных. Но посчитали и показали, что всё не так. Вообще, это мировоззренческого уровня вещь. И это еще даже ничего, а вот где совсем всё стало по-другому — так это прокариоты.

— Да, там же некоторые таксоны вообще только молекулярно описаны.

— Там все крупные таксоны и взаимоотношения между ними описаны только молекулярно. А когда начали делать метагеномы, оказалось, что мы для большей части разнообразия просто не подозревали, что такое бывает. Если посмотреть на таксономию бактерий, то глубокие узлы там разрешаются плохо; очень глубокая реконструкция будет ненадежна. У меня есть студент, который хочет понять, что у бактерий является первичным — одна мембрана или две

² Гельфанд М.С. Молекулярная эволюция: как киты уходили под воду // Природа. 2016. № 10. elementy.ru/nauchno-populyarnaya_biblioteka/434242/Molekulyarnaya_evolyutsiya_kak_kity_ukhodili_pod_vodu

³ Михневич Ю. Амборелла волосистоножковая // Элементы, 22.04.2022 elementy.ru/kartinka_dnya/1547/Amborella_volosistonozhkovaya



Филогенетическо-симбиогенетическое древо живых организмов. Илл. Maulucioni и Doridi / «Википедия»



Надежда Маркина

мембраны, — и не может, потому что дерево всё время перестраивается в глубоких узлах, а от этого весь сценарий меняется.

— Не очень понятно, почему.

— Из чисто математических соображений, там просто сигнал пропадает. В зависимости от топологии дерева эволюционные сценарии сильно меняются. А дерево ненадежно, потому что накопилось уже слишком много изменений. В пределе, если прошло бесконечное время, то все окажутся друг другу родственниками на одинаковом уровне.

Но тем не менее масса интересного восстанавливается надежно. Архейная гипотеза — это же началось как анализ последовательностей? Думали, что это такие странные и разные бактерии, а потом Вёзе на молекулярных данных их объявил самостоятельной большой группой. Затем гипотеза симбиогенеза Линн Маргулис о том, что митохондрии — это потомки каких-то бактерий. Она была доказана теми же молекулярными деревьями, и стало ясно, о каких именно бактериях идет речь. И вот теперь, видимо, окончательно доказано, что мы являемся химерой из локиархей, которых только недавно молекулярно вычислили из метагеномов (сначала сделали их геномы, а уже потом культивировали) и альфа-протеобактерий (правда, сейчас Кунин туда хочет еще подмешать вирус как третью компоненту⁴ — вот через лет пять и посмотрим, хорошо ли получилось). В общем, это такой чудесный новый мир.

Да, и последнее — это про виды-двойники, которых морфологи не различают.

— Конечно, про это все говорят и признают, что здесь молекулярные методы просто бесценны.

— А потом они находят морфологические признаки.

— Да, потом они находят, если как следует покопаться, всё так. Но вот про то, что какие-то группы «перемещаются» по дереву туда-сюда, тоже говорят. И про то, что с крупными таксонами более-менее понятно, в отдельных группах где-то понятно, а где-то не очень.

— Ну хорошо. Во-первых, это просто означает, что недостаточно данных собрали, и ситуация еще не устаканилась. Это как с китами было — там же тоже первые деревья были

Окончание см. на стр. 2–3

⁴ Штерн Б. Новое о происхождении эукариот: кто кого съел. Интервью с Евгением Куниным // TrV-Наука № 399 от 12 марта 2024 года. trv-science.ru/2024/03/koonin-o-proishozhdenii-eukariot/

В номере

Плодовитая галактика, дуэт черных дыр, охота на зодиакальный свет... и другие астроновости от Алексея Кудря — стр. 4–5

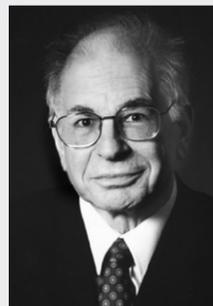


Научно-образовательные спутники Spase-p

Александр Хохлов подводит промежуточные итоги программы студенческих кубсатов — стр. 6

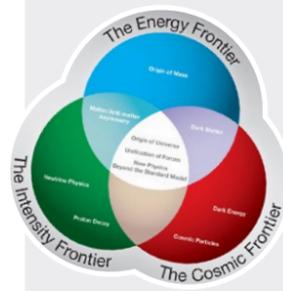
Даниэль Канеман и теория перспектив

Егор Бронников о скончавшемся нобелевском лауреате — стр. 7



Стандартная модель и ее пределы

Главы из новой книги Алексея Левина «Этюды о частицах» — стр. 8–10



Ланселот поневоле

Научно-фантастический рассказ Павла Амнуэля — стр. 11

Органчик в голове градоначальника

Александр Марков и Оксана Штайн — о музыкально-политологической шкатулке — стр. 12



Новый взгляд на происхождение человека

Рецензия Юрия Угольниковца на перевод книги археолога Тома Хайэма «Мир до нас» — стр. 13

«Повсюду ванны, краны, а что толку?»

Арсений Богатырёв изучил вопросы ЖКХ в творчестве Агаты Кристи — стр. 14–15

Сад поскуцнел, а парк стал горче

Трагикомические воспоминания япониста Александра Мещерякова — стр. 16

Подписывайтесь на наши аккаунты: t.me/trvscience, vk.com/trvscience, twitter.com/trvscience

Окончание. Начало см. на стр. 1

не безумно надежны. А потом, когда появилось достаточно данных, оно всё и выстроилось. И когда какие-то группы гуляют туда-сюда, это просто означает, что либо плохо строили деревья, либо действительно данных не хватает, просто надо немножечко подсобить.

Там может быть другая проблема, с которой только молекулярными методами и справляются. Скажем, если мы про цветочки говорим, то там еще гибридизация бывает. И тогда эволюция получается не очень древесная. Любимый пример, который Мария Логачёва и Алексей Пенин изучают с очередным поколением аспирантов⁵, — это пастушья сумка (*Capsella bursa-pastoris*). Она безумно успешная, растет везде. Но это гибрид двух очень изолированных — во всяком случае, сейчас — видов. Каждый из них гораздо менее универсален, он эндемик, сидит в своем ареале и никуда не вылезает. А пастушья сумка болтается всюду. Но как понять, что она гибрид? Нужно смотреть каждый геном — отцовский, материнский. Дешевых способов рисовать молекулярные деревья с учетом гибридизации я, пожалуй, не знаю. Хотя, может быть, они есть.

А дальше начинаются мои любимые анекдоты. Вот денисовцы — чисто молекулярный объект. Сколько там осталось от этого денисовца? Полтора зуба и три фаланги...

— Не только. Еще челюсть в Тибете нашли.

— Ну да, еще полчелюсти⁶. Но с самого начала денисовцы — это чисто молекулярная история⁷.

А кроме того, всякие чудесные истории про интрогрессию митохондрий бурого медведя в белого медведя⁸, а значит, все белые медведи по материнской линии являются потомками

одной бурой мамы-медведицы, которая известно, где и когда жила. И таких историй много на самом деле.

Еще есть истории про инфекционные раки, которые тоже чисто молекулярные⁹. Это не вирусы типа папилломы человека или саркомы Рауса у птиц, которые провоцируют рак, а сами раковые клетки, которые оторвались от первоначального организма-хозяина и функционируют как инфекционные агенты. Венерическая саркома собак — это рак какой-то одной собаки, и известно, когда он появился, — дерево нарисовали и по скорости расхождения выяснили, когда жила та несчастная первая собака, которая заболела¹⁰. А лицевой рак тасманийского дьявола — он, наоборот, молодой, и вроде бы их даже два разных, что само по себе удивительно.

Еще чудесная история такого же сорта. У двустворчатых моллюсков в Атлантическом океане есть инфекционный рак. Причем у одного из этих моллюсков рак от моллюска другого вида: раковые клетки одного вида теперь стали инфекционным раком другого вида. Интересно было бы посмотреть на морфологов, которые бы это каким-нибудь способом, кроме анализа последовательностей, выяснили.

Это такой дифирамб молекулярной филогении, которая делается на рисовании деревьев. Но я понимаю, почему классические зоологи испытывают неуверенность, когда при них произносят слово «вероятность»: потому что на естественнонаучных факультетах в университетах очень плохо учат теории вероятности; просто не тому, чему надо. На самом деле это великое достоинство — то, что в этих деревьях встроены механизмы оценки их надежности.

⁹ Гельфанд М.С. Инфекционный рак // Природа. 2016. № 2.

elementy.ru/nauchno-populyarnaya_biblioteka/434079/Infektsionnyy_rak

¹⁰ Carlo C. Maley, Darryl Shibata. 2019. Cancer cell evolution through the ages // Science 365, 440–441. [science.org/doi/10.1126/science.aay2859](https://doi.org/10.1126/science.aay2859)

⁵ Коровина А. Мария Логачёва: об эволюции растений, создании идеальной гречихи и пангеномной эре в исследованиях // Биомолекула, 24 августа 2022 года. biomolecula.ru/articles/mariia-logacheva-ob-evoliutsii-rastenii

⁶ Гельфанд М. Тибетский денисовец // ТрВ-Наука № 279 от 21 мая 2019 года. trv-science.ru/2019/05/tibetskij-denisovec/

⁷ Огнёв А. В поисках утраченного генома. Нобелевская премия по физиологии и медицине. Интервью с Михаилом Гельфандом // ТрВ-Наука № 364 от 18 октября 2022 года. trv-science.ru/2022/10/v-poiskakh-utrachennogo-genoma/

⁸ Сернова Н.В., Гельфанд М.С. Истории, прочитанные в митохондриальных геномах: слоны, медведи, люди... // Природа, 2016, № 12. elementy.ru/nauchno-populyarnaya_biblioteka/433986/Istorii_prochitannye_v_mitokhondriialnykh_genomakh_slony_medvedi_lyudi



Что общего между жирафом, верблюдом, кабаном и кошкой? Молекулярно-генетические методы дают ответ. Теперь эти животные объединены в один отряд: китопарнокопытные (Cetartiodactyla)

Что могут молекулярные деревья?

— Еще такое «но». Морфологи понимают, как в организме всё устроено, что за что отвечает и как это всё работает. А на уровне молекул, спрашивают они, знаем ли мы путь от молекул до функционирования конкретного органа и тем более организма? И когда узнаем?

— Во-первых, интересный вопрос, не иллюзия ли это понимание. И второе, более существенное. Очень долго разные люди говорили, что надо изучать evo-devo, evolution-development. Ну, до сих пор бытует мнение, что онтогенез повторяет филогенез, но мы знаем, что это неправда¹¹. Геккель, как известно, свои картинки сильно приукрашивал. Но изначальная идея была правильной: различия между взрослыми существами закладываются в эмбриогенезе, а с эволюционной точки зрения это различия чисто

Вот когда началась интересная история с филогенией? Когда плотность покрытия существующего разнообразия известными геномами достигла некоторого критического уровня. И тогда стали видны всякие нетривиальные вещи.

— Когда примерно?

— В разных группах по-разному, это же очень неравномерно делалось. Но, по-хорошему, качественный перелом — это, видимо, нулевые. Хотя археи, в общем, — тоже качественный перелом, полученный молекулярными методами, а это конец 1970-х. Хорошие же развитые серии транскриптомов, сначала тотальных, потом отдельных тканей, а теперь одноклеточных — это прямо сейчас происходит. Недавно была работа: сравнили раннее развитие мыши и кролика¹². Прямо на уровне того, как одни типы клеток сменяют другие. Но чтобы делать это совсем хорошо, нужно двадцать грызунов, и вот тогда вы поймете, как развиваются грызуны. И еще двадцать приматов, чтобы сравнить грызунов с приматами.

— Это, конечно, невероятно круто. Но дилетантский вопрос: а что нам это дает?

— Ну как, это нам объяснит, почему мышь — это мышь, а кролик — это кролик. Хотели же классики понимать, как всё работает? Был уже довольно старый эксперимент¹³, который я очень люблю. Взяли ген, который регулирует развитие передней конечности у млекопитающих. По-моему, его функция состоит в том, что он определяет, в какой момент окостенеет хрящ, такой мастер-регулятор этого развития. Взяли этот ген из летучей



Половинка нижней челюсти денисовца, найденная на Тибетском плато (Dongju Zhang, Lanzhou University)

молекулярные — на уровне регуляции экспрессии генов. А теперь это можно изучать содержательно, потому что мы можем сравнивать транскриптомы единичных клеток.

— Мы видим, на каком этапе у них начинают работать те или иные гены?

— Да, мы видим, в какой момент какие гены начинают работать. Для одного какого-то гена это и раньше могли, каждый раз в отдельном эксперименте. И, потратив много сил аспирантов, установили генные сети развития дрозофилы, морского ежа, цветка арабидопсиса. А сейчас мы можем делать транскриптомы единичных клеток, поэтому видим пути клеточной дифференцировки.

¹¹ Гельфанд М. Песочные часы в биологии развития // ТрВ-Наука № 112 от 11 сентября 2012 года. trv-science.ru/2012/09/pesochnye-chasyv-biologii-razvitiya/

мыши и пересадили в геном мыши обычной. И ничего не произошло, выросла обычная мышь. А потом взяли регуляторную область перед этим геном, и ее из летучей мыши пересадили в геном обычной мыши. А сам ген оставили как был. И сразу лапка стала длиннее на 15%. То есть сработал не сам ген, а его регуляция.

Млекопитающие по большому счету отличаются друг от друга не набором генов и даже не вариантами генов, а тем, когда они включают-выключаются. На самом деле на

¹² Mayshar Y. et al. 2013. Time-aligned hourglass gastrulation models in rabbit and mouse // Cell. Jun 8; 186(12): 2610–2627. [doi: 10.1016/j.cell.2013.04.037](https://doi.org/10.1016/j.cell.2013.04.037)

¹³ Cretekos C.J. et al. Regulatory divergence modifies limb length between mammals // Genes & Dev. 2008. 22: 141–151. [doi: 10.1101/gad.1620408](https://doi.org/10.1101/gad.1620408)

словах это люди понимали довольно давно — на уровне рукомахания. Но полвека это был такой треп, теоретический, а последние лет десять эти вещи можно потрогать руками, смотреть глазами, в компьютер вложить и начать сравнивать. К сожалению, хорошо это делать очень дорого, но становится проще. В первой статье про транскриптомы единичных клеток их было, по-моему, штук триста, и это была статья в *Nature*. А сейчас в нормальных статьях их тридцать тысяч — или уже триста тысяч.

Можно делать геномы единичных клеток и, например, смотреть филогению нейронов. Какая была бы наивная картина? Ну, вот есть мозг, и в каждом участке мозга нейроны — родственники друг другу, потому что какая-то клеточка делилась, и ее потомки сформировали этот участок. Оказывается, ничего подобного: нейроны, которые находятся в одном месте, генетически друг другу очень далекие родственники. Настолько далекие, что их общий предок мог вообще не быть предшественником нейронов, он был какой-то более ранней клеткой. А их функциональная идентичность определяется тем, в какое место они попали.

Задним числом понятно, что инженерно это очень правильное решение. Почему? Представим себе, что участок мозга — это потомки одной клетки. Это означает, что если в процессе онтогенеза эта клетка случайно умерла, то у вас исчез целый участок, потому что клетки, которые из нее должны были развиваться, не появились. А ситуация, когда идентичность нейрона определяется тем, куда он попал, гораздо более устойчива. Потому что даже если какие-то клетки в процессе онтогенеза случайным образом погибают, а это неминуемо, то место их потомков занимают другие. Это гораздо более устойчиво, чем жесткая иерархия.

Есть еще одно полезное приложение клеточной филогенетики — реконструкция истории раковых опухолей. Это те же древесные методы. Можно смотреть, в каком порядке появлялись мутации, как различаются клоны, каково происхождение метастазов.

Таким образом, область применения молекулярных деревьев на самом деле гораздо шире, чем кажется на первый взгляд. Скажем, эмбриология на уровне геномов — т.е. какие клетки от каких происходят. Это можно дополнить транскриптомикой и описывать дифференцировку клеточных типов и тканей. Филогения рака — это такая опрокинутая эмбриология, дифференцировка, регрессия к ранним клеточным типам.

— А в России есть возможность у кого-то делать транскриптомы единичных клеток? ▶



Amborella trichopoda

— В России с единичными клетками работают, хотя мало где. Коллеги из Института биологии гена делают структуру хроматина в единичных клетках дрозофилы; мы с ними потом эти данные обрабатывали — и получилась хорошая статья¹⁴.

Потом — это моя любимая история — получается, что у насекомых с полным превращением в куколке воспроизводится транскрипционная программа эмбриона¹⁵. Не так ярко, как хотелось бы, но немножко получается. Так что evo-devo — то, что люди давно хотели, — теперь можно делать арифметически.

«Вопрос из схоластического превращается в чисто вычислительный»

— Если вернуться к общей биологии. Я всем задавала вопрос: изменились ли критерии вида? Вообще, что считать видами? И было общее мнение, что виды — это, безусловно, реальность, но критерии вида размываются.

— Ну вот неандертальцы — это отдельный вид или нет?

— Ну, есть разные мнения. Но скрещивание происходило.

— Скрещивание-то происходило, но мальчики были дохлые. Оно было успешным, потому что мы его потомки, но при этом оно было не вполне успешным, потому что гибриды мужского пола, видимо, были слабо фертильными, и это мы тоже видим в геномах¹⁶.

— И как из этого ответить на вопрос, отдельный ли это вид?

— Эта проблема была всегда, только она решалась на уровне разговоров. А сейчас для нее возможны некоторые количественные оценки.

— Я и пыталась всех вывести на количественные оценки.

— Есть классическое определение, которое я услышал от Алексея Симоновича Кондрашова: вид — это такой набор особей, между которыми происходит свободный обмен генетическим материалом.

— Бывает так, что группы в природе изолированы, и свободного обмена не происходит, но если их «посадить в одно ведро» (не мое выражение), то особи вполне могут размножаться.

— Есть много разных схем экспериментов. Например, вы сажаете вместе самца одного вида и самку другого, и они начинают размножаться, потому что делать им нечего. А если бы у самки был выбор, то она бы взяла самца своего вида, а на того бы внимания не обратила. Это классическая вещь: должен быть эксперимент с соревнованием. Второй вариант. Есть наездники, два разных вида, они совершенно не скрещиваются — не дают потомства. Но они превращаются в один вид, если их накормить тетрациклином, потому что скрещиваться им не дают вольбахии. Вообще, в биологии всегда есть серые зоны. Есть понятные крайности и есть более или менее широкие переходные ситуации. Нормальный биолог к этому относится без невроза.

— Зоологи ищут количественный уровень молекулярных различий, который мог бы служить критерием вида. И в разных группах он разный.

— Совершенно верно. В разных группах он разный, и человек от шимпанзе отличается один раз на 100 букв, а два экземпляра дрозофилы друг от друга тоже отличаются один раз на 100 букв. Значит, с точки зрения дрозофилы, человек и шимпанзе — это один вид. Но потомства не получается, проверено: энтузиасты этим делом сто лет назад занимались¹⁷.

В принципе, можно для каждого семейства собрать людей, которые им занимаются, и они примут решение, что, скажем, у жуков мы выделяем один вид при таком-то сходстве такого-то гена, а у бабочек — при таком-то сходстве другого гена... Но, во-первых, я не очень понимаю, чем это будет полезно, — это всё равно не содержательное, а техническое определение. Во-вторых, всё равно будет куча исключений, потому что в биологии всегда бывает куча исключений, и всё равно таксономисты будут ругаться. В-третьих, это надо будет действительно делать отдельно для каждого таксона, что само по себе, по-моему, очень смешно. Будет толстый справочник: в таком отряде вид — столько-то процентов сходства по такому гену, а в другом отряде вид — другое количество процентов по другому гену. И на каждой странице печать соответствующего департамента.

Правильная подход, но на порядки более дорогой — это секвенировать геномы заметного количества особей того и другого вида, а дальше посмотреть, есть ли поток аллелей туда или сюда. Если потока аллелей не было — значит, это разные виды. Если вы видите, что они много раз гибридизовались и еще продолжают — значит, это один вид, дальше можно делить на подвиды, как хотите, — вот только что такое с дальневосточными тиграми проделали: поделили на подвиды по геномам¹⁸. Понятно, что в подавляющем большинстве случаев для этого не будет денег, но для каких-нибудь важных и находящихся под угрозой исчезновения видов понимать генетическую структуру популяции необходимо, в частности, чтобы правильно планировать защитные мероприятия: сохранять все подвиды, но при этом их не перемешивать.

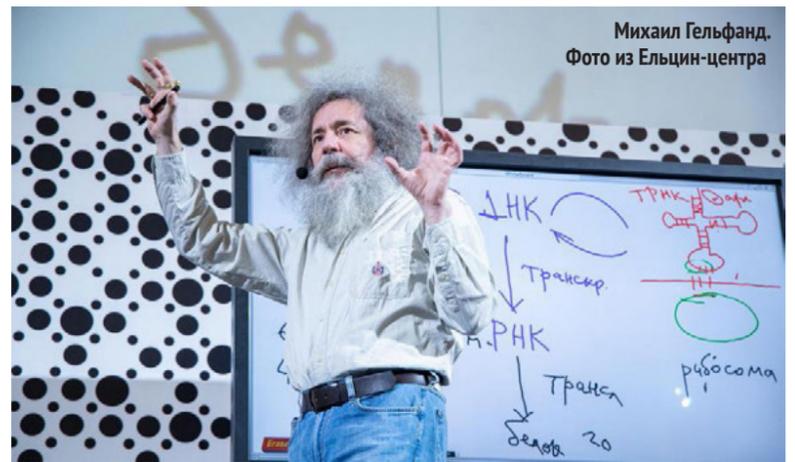
Возвращаясь к evo-devo. Мы понимаем, что для видообразования существенны изменения в регуляции, которые меняют морфологию и физиологию. Они тоже происходят в результате мутаций, но при этом доля таких мутаций мала. Поэтому определение вида, основанное просто на сходстве последовательностей, даже и концептуально не очень хорошо, потому что меряет время расхождения популяций, но не содержательные различия.

Вот есть классические цихлиды в африканских озерах¹⁹; у них идет взрывное видообразование, и при

этом они свободно скрещиваются. То есть свободно они как раз не скрещиваются — не хотят, — но если им не давать выбора, то они будут скрещиваться, и получится предковая форма, серенькая. Поскольку там виды очень молодые, то они генетически, по последовательностям, очень похожи, а морфологически они довольно разные. Опять-таки, это означает, что у них какие-то конкретные гены немножко по-другому работают. Поэтому, например, форма рта получается разная, и в итоге кто-то соскребатель, кто-то — хищник, а кто-то — подбиратель со дна или с поверхности. И окраска разная — это важно, чтобы мальчики и девочки узнавали друг друга, а не других. Но при этом они довольно сильно гибридизуются, это видно.

— Но это не мешает считать их видами.

— А пофиг... Я задавал зоологам другой вопрос. Виды-то ладно, виды мы еще худо-бедно как-нибудь определим. А род — это что такое? И все остальные таксономические уровни? Самые честные зоологи говорят, что да, конечно, остальное — это просто конструкции, которые мы делаем для удобства. С одной стороны, да. А с другой... Скажем, что такое отряд у млекопитаю-



Михаил Гельфанд. Фото из Ельцин-центра

Вот языки, похоже, устроены так, как укроп. Я спрашивал у лингвистов, там действительно есть понятие языковой семьи, оно разумное, семьи примерно одного уровня членения. И нет полноценных гибридных языков (пиджины не в счет).

Вообще говоря, это можно было бы посмотреть, я даже знаю, как. Чем отличается укроп от рябины? Если мы спроецируем узлы ветвления укропа на ось, которая идет вдоль соцветия (то есть на продолжение стебля), то у нас будут точки, в которые проецируется очень много узлов ветвления.

— С Еленой Темеревой, профессором кафедры биоэволюционных биологических наук МГУ, в «Разговорах за жизнь»²⁰ вы говорили про кембрий: если в кембрии сразу возникло много-много организмов, значит, их можно считать родоначальниками типов.

— Это значит, что типы тоже существуют. Вопрос из схоластического превращается в чисто вычислительный. У нас может не получиться это сделать по каким-то причинам, но хотя бы мысленный эксперимент мы можем поставить.

— У меня еще такой неожиданный вопрос возник. Как вы думаете, зачем растениям такие сложные геномы? Вроде бы им не приходится решать в жизни таких сложных задач, как животным, — движение там, обучение...

— А кто сказал, что эти геномы сложные?

— Ну, первых, они очень большие.

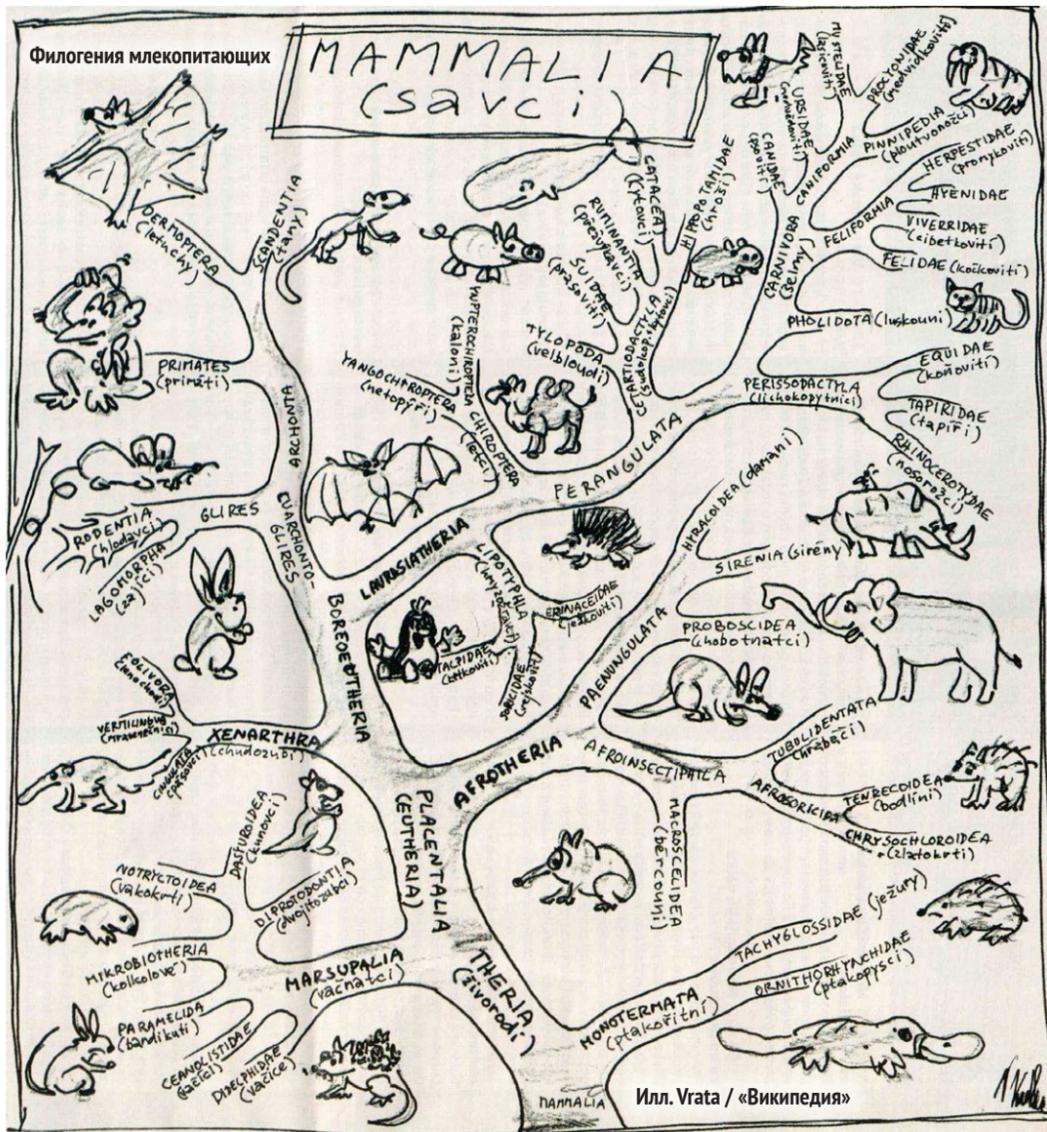
— А у амёбы еще больше, что теперь? Большой геном — это нехорошо, большой геном — это означает, что отбор неэффективный. Кроме того, надо смотреть, каких функциональных классов генов у растений много. Скажем, у них более сложный метаболизм, они продуцируют много вторичных метаболитов, потому что их все грызут, а они не могут сбежать, и надо защищаться какой-нибудь химией. И вообще, им нужны гены на все случаи жизни, потому что они съест никого не могут, значит, надо всё синтезировать, и стресс надо переносить, потому что не спрячешься.

С другой стороны, сложность в нашем смысле — поведенческие реакции, а для этого не нужно очень много генов. Для этого нужна гибкая система регуляции. Опять же прорастание нейронов — нужно соблюдать

какие-то общеинженерные принципы, за счет не очень большого количества генов. А дальше оно само получается.

Теперь формулируется интересный вопрос, ответ на который я не знаю: что будет, если сравнить сложность регуляторных сетей. Может оказаться, что у нас регуляция в значительной степени комбинаторная, и поэтому очень много регуляторных генов не нужно, нужны разные комбинации их продуктов. А у цветочков она может быть плоская, когда на каждое условие нужен свой отдельный регулятор. Это надо просто посмотреть. ♦

²⁰ Гельфанд М. Фантастические гады и как их изучают. «Разговор за жизнь» с зоологом Еленой Темеревой // Naked Science, 13.09.2022. naked-science.ru/article/interview/fantasticheskie-gady-i-ka-ih-izuchayut



А если мы проецируем рябину на ось, которая идет вдоль соцветия, то мы ничего подобного не увидим, потому что ветвления будут хаотически разбросаны по этой оси и никаких сгущений не будет.

Почему отряды млекопитающих хороши? Если мы берем дерево млекопитающих и проецируем его на ось времени, то мы видим очень большое сгущение в тот момент, когда собственно, сформировались нынешние отряды. И это означает, что отряд млекопитающих — это разумная единица, вполне объективная, с которой можно оперировать.

То есть на самом деле вопрос о том, существует ли таксон высокого уровня содержательно или это чисто технический конструкт без всякого содержания, решается так: берем дерево, проецируем его на ось времени и смотрим, есть ли сгущение.

А если мы проецируем рябину на ось, которая идет вдоль соцветия, то мы ничего подобного не увидим, потому что ветвления будут хаотически разбросаны по этой оси и никаких сгущений не будет.

Почему отряды млекопитающих хороши? Если мы берем дерево млекопитающих и проецируем его на ось времени, то мы видим очень большое сгущение в тот момент, когда собственно, сформировались нынешние отряды. И это означает, что отряд млекопитающих — это разумная единица, вполне объективная, с которой можно оперировать.

То есть на самом деле вопрос о том, существует ли таксон высокого уровня содержательно или это чисто технический конструкт без всякого содержания, решается так: берем дерево, проецируем его на ось времени и смотрим, есть ли сгущение.

¹⁴ Ulianov S.V., Zakharova V.V., Galitsyna A.A. et al. 2021. Order and stochasticity in the folding of individual *Drosophila* genomes // Nat Commun 12, 41. doi.org/10.1038/s41467-020-20292-z

¹⁵ Ozerova A.M., Gelfand M.S. 2022. Recapitulation of the embryonic transcriptional program in holometabolous insect pupae // Sci Rep 12, 17570. doi.org/10.1038/s41598-022-22188-y

¹⁶ Martin Petr et al. 2020. The evolutionary history of Neanderthal and Denisovan Y chromosomes // Science 369, 1653–1656(2020). DOI: 10.1126/science.abb6460

¹⁷ en.wikipedia.org/wiki/Ilya_Ivanov

¹⁸ Гельфанд М. Особенности эволюции древних тигров. Интервью с Дмитрием Гимрановым // ТрВ-Наука № 387 от 19 сентября 2023 года. trv-science.ru/2023/09/osobennosti-evolyucii-drevnix-tigrov/

¹⁹ Malinsky M. et al. 2018. Whole-genome sequences of Malawi cichlids reveal multiple radiations interconnected by gene flow // Nat Ecol Evol 2, 1940–1955. doi.org/10.1038/s41559-018-0717-x



Алексей Кудря

АСТРОНОВОСТИ

Алексей Кудря

Звздообразование в Сигаре

Фотоаппарат для Веры Рубин

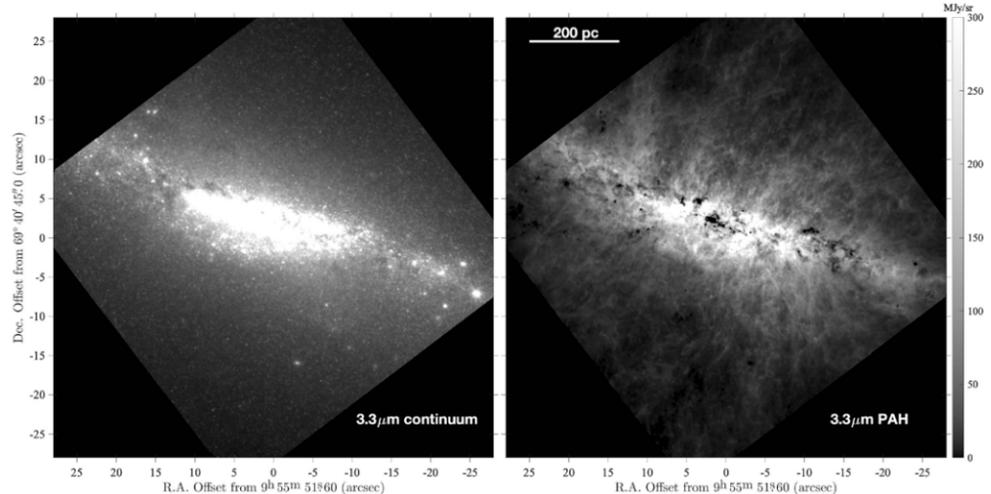
Космический телескоп «Джеймс Уэбб» с помощью своей камеры ближнего инфракрасного диапазона NIRCam получил новые снимки спиральной галактики M82 (NGC 3034) из созвездия Большой Медведицы, известной также под названием «Сигара». Это позволило астрономам проникнуть сквозь завесу из пыли и газа, что обычно скрывает процесс звездообразования. Фотографии были сделаны с использованием трех фильтров, в основном сплошных (красный F212N, зеленый 164N и голубой F140M).

M82 находится на расстоянии 3,5–3,8 мегапарсека (12 млн световых лет) от Земли и обладает относительно компактными размерами — она около 12 кпк в поперечнике, причем звездообразование там протекает весьма интенсивно — звезды рождаются на порядок чаще, чем у Млечного Пути. По мнению специалистов, M82 испытывает гравитационное взаимодействие со своим галактическим соседом, галактикой M81 (NGC 3031 — галактика Боден), именно это и обуславливает необычайно высокую скорость звездообразования.

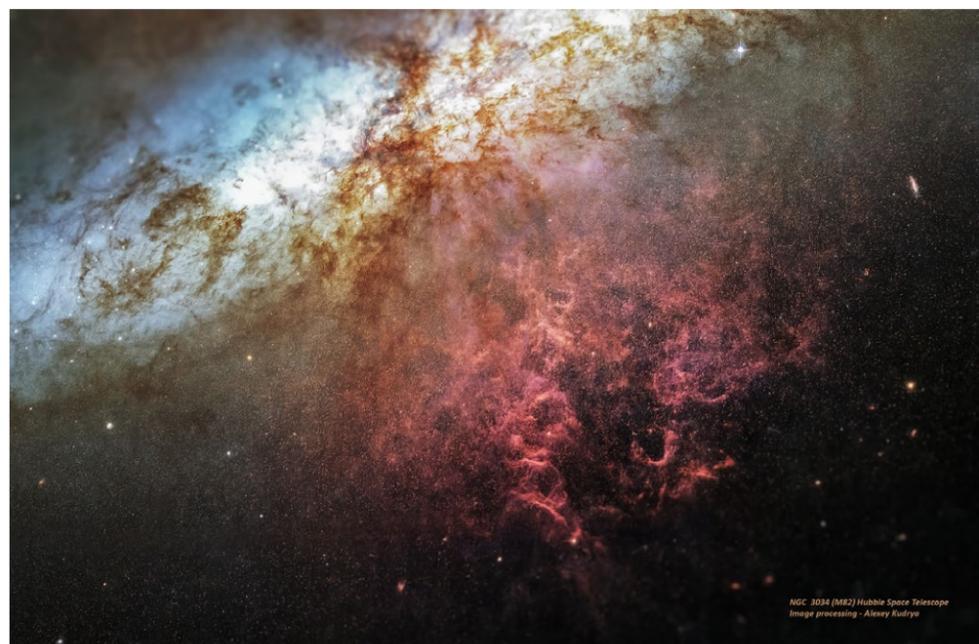
В центре снимка, в районе активного звездообразования в ядре M82 диаметром ~500 пк, видны пузырьчатые области, содержащие много тяжелых элементов, в частности железа, которые, как предполагают ученые, появились после взрыва сверхновых. Также наблюдаются облака молекулярного водорода, подсвеченные излучением близлежащих молодых звезд. А повсеместно встречающиеся красноватые нити — это полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), снятые «Уэббом» на длине волны 3,35 мкм. Эти нити имеют толщину 5–9 пк, а их длина может достигать ~100 пк. Наблюдаемые выбросы обусловлены тем, что газ выдувается объединенным ветром от многих звезд, так формируется «галактический свехветер».

Команда ожидает получение спектра галактики, чтобы уточнить точный возраст скопления и оценить, как долго протекают в ней фазы звездообразования.

1. arxiv.org/abs/2401.16648



Эмиссия ПАУ, обусловленная влиянием галактического ветра



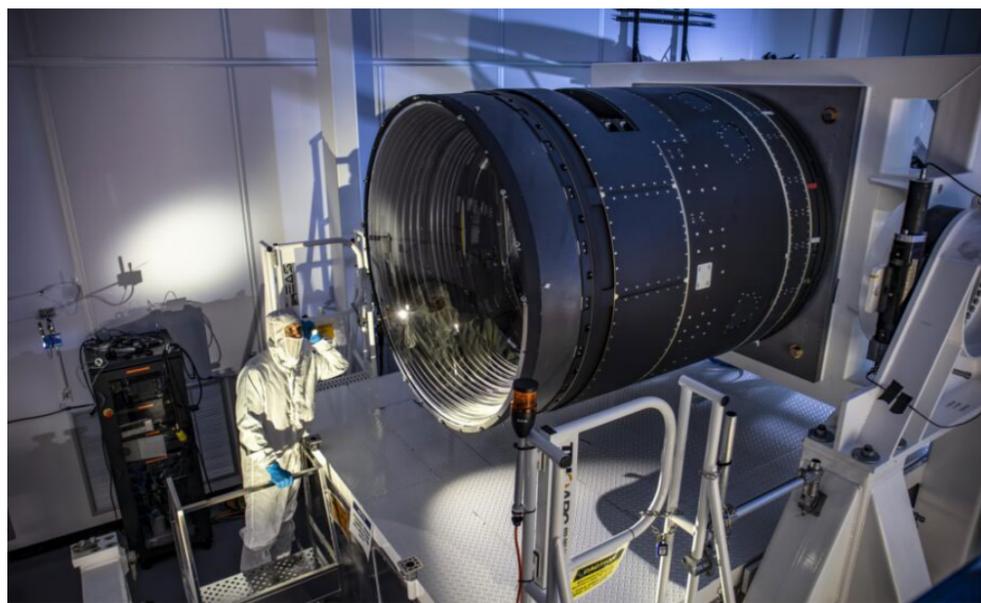
NGC 3034 (M82) Hubble Space Telescope Image processing - Alexey Kudrya

Для Обсерватории им. Веры Рубин, ранее известной как Большой Обзорный Телескоп (LSST) наконец-то приготовили ее «фотоаппарат». Уникальный телескоп потребовал уникального оборудования. И инженеры не подкачали, создав невиданное ранее цифровое фотоприемное устройство, самое большое в истории².

Его основой стала огромная мозаика из 21 сборки матричных блоков общим диаметром 64 см. Каждый из блоков состоит из 3×3 матриц, которые астрономы называют «вафлями», а каждая «вафля» в свою очередь включает в себя шестнадцать 1-мегапиксельных сегментов с разрешением 512×2048 с отдельным считыванием, что очень важно. Итого имеем: 1×16×9×21=3024 мегапикселей, или рекордные 3,024 гигапикселя. И это только то, что работает на получение изображения. Еще 12 блоков, а это 192 мегапикселя, расположенных по диагонали мозаики, используются для технических нужд — адаптивной оптики и гидирования телескопа (компенсации суточного вращения Земли). Этот фотоприемник весом 2,8 тонны обеспечивает телескоп с апертурой 8,4 м полем зрения в 3,5°. А еще он будет оснащен пятью фотометрическими фильтрами и возможностью ручной установки шестого.

Установка камеры на телескоп ожидается до конца 2024 года. За это время она должна будет интегрирована в систему позиционирования телескопа, а также подключена к системе управления и охлаждения. Массив датчиков с разрешением 3,2 гигапикселя будет охлажден до -100 °С. Это позволит матрице не только стабильнее работать, но также собирать свет в ближнем инфракрасном диапазоне (помимо оптического и ближнего ультрафиолетового).

Камера LSST с огромным датчиком и всего 8-метровым зеркалом не превзойдет по зоркости космический телескоп «Джеймс Уэбб». Ее главное преимущество — в многократном и быстром обзоре обширного участка неба. Каждый ее кадр захватит площадь свыше 40 полных лун. Это означает, что никакие события не будут пропущены на вверенном ей участке. Это будет небо Южного полушария Земли, и о нем в течение десяти лет камера LSST бу-



дет всё знать фактически в реальном режиме времени. Каждую ночь она будет собирать до 15 Тбайт данных, а также сможет проследить за миллиардами галактик и примерно 17 млрд звезд в нашей галактике.

После полной интеграции камеры в системы телескопа ее будут тестировать в течение последующих 18 недель, и первые снимки ожидаются весной 2025 года.

2. rubinobservatory.org/news/rubins-lsst-camera-is-complete

В космос — вопреки предубеждениям

3 апреля Анна Кикина, участница международной миссии SpaceX Crew 5 и на данный момент единственная женщина в отряде космонавтов Роскосмоса, получила звание Героя России «за мужество и героизм, проявленные при осуществлении длительного космического полета на Международной космической станции». Ранее, летом 2023 года, ее имя было присвоено Большому новосибирскому планетарию.

Экипаж пятого пилотируемого полета на МКС корабля Crew Dragon примечателен во многих отношениях. Он был сформирован по программе перекрестных полетов в рамках соглашения, подписанного Роскосмосом и NASA летом 2022 года. Командиром стала 46-летняя Николь Опапу Манн (Nicole Aunapu Mann), полковник Корпуса морской пехоты США, коренная американка из индейского племени Вайлаки. Пилот — 50-летний Джозеф Аарон Кассада (Josh Aaron Cassada), командир ВМС США, PhD в области физики высокоэнергетических частиц, участник боевых операций в Ираке и Афганистане. Специалисты полета — 60-летний Ваката Коити (若田光一), офицер японского агентства JAXA, участник пяти экспедиций на МКС, и Анна Кикина.

Корабль Crew Dragon вышел в космос на ракете-носителе Falcon 9, стартовавшей из Космического центра им. Кеннеди NASA во Флориде 5 октября 2022 года, и приво-

дился у побережья Флориды 12 марта 2023 года. Экипаж SpaceX Crew 5 провел на МКС 157 суток.

Анна Юрьевна Кикина родилась 27 августа 1984 года в Новосибирске, в школе училась в специальном классе «Юный спасатель», окончила курсы МЧС, став инструктором по обучению основам первой помощи, а также защитила два диплома по специальностям «инженер-гидротехник» и «экономист-менеджер». Она мастер спорта по полиатлону и рафтингу, работала инструктором по плаванию, гидом-проводником на Алтае, радиоведущей и администратором радиозофара. В 2012 году прошла отбор в отряд космонавтов России. По ее словам, это было спонтанным решением.

Высказывались опасения, что с награждением Кикиной могут возникнуть сложности из-за того, что к МКС она летела на американском корабле. Например, космонавт Борис Маруков за полет на шаттле «Атлантис» в составе миссии STS-106 звание Героя России так и не получил. Впрочем, Анна работала в составе длительной экспедиции на российском сегменте МКС, а не просто летала с миссией посещения.

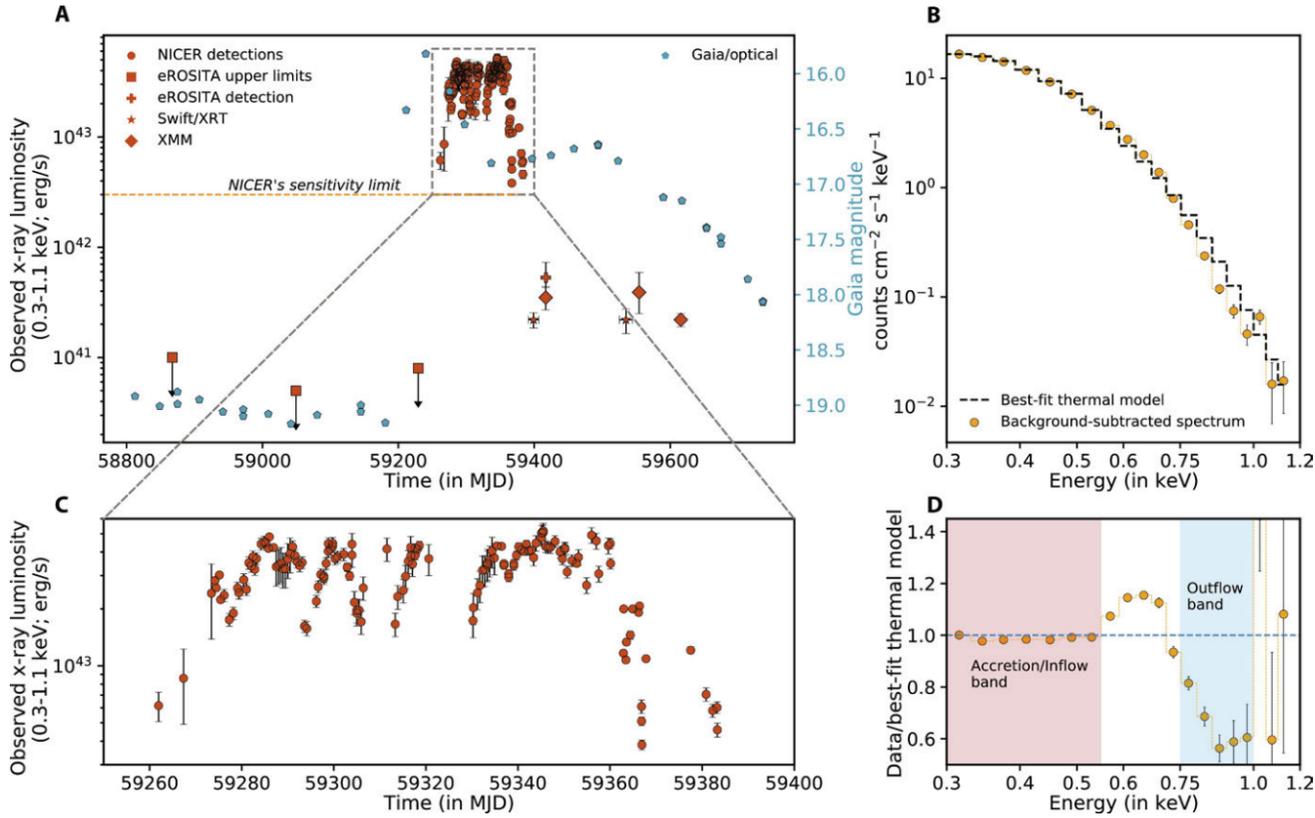
В одном из интервью девушка призналась, что мечтает сняться во второй части фильма «Вызов», если это не помешает основной работе. Кроме того, она всерьез настроена побывать на Луне.

3. roscosmos.ru/40435/

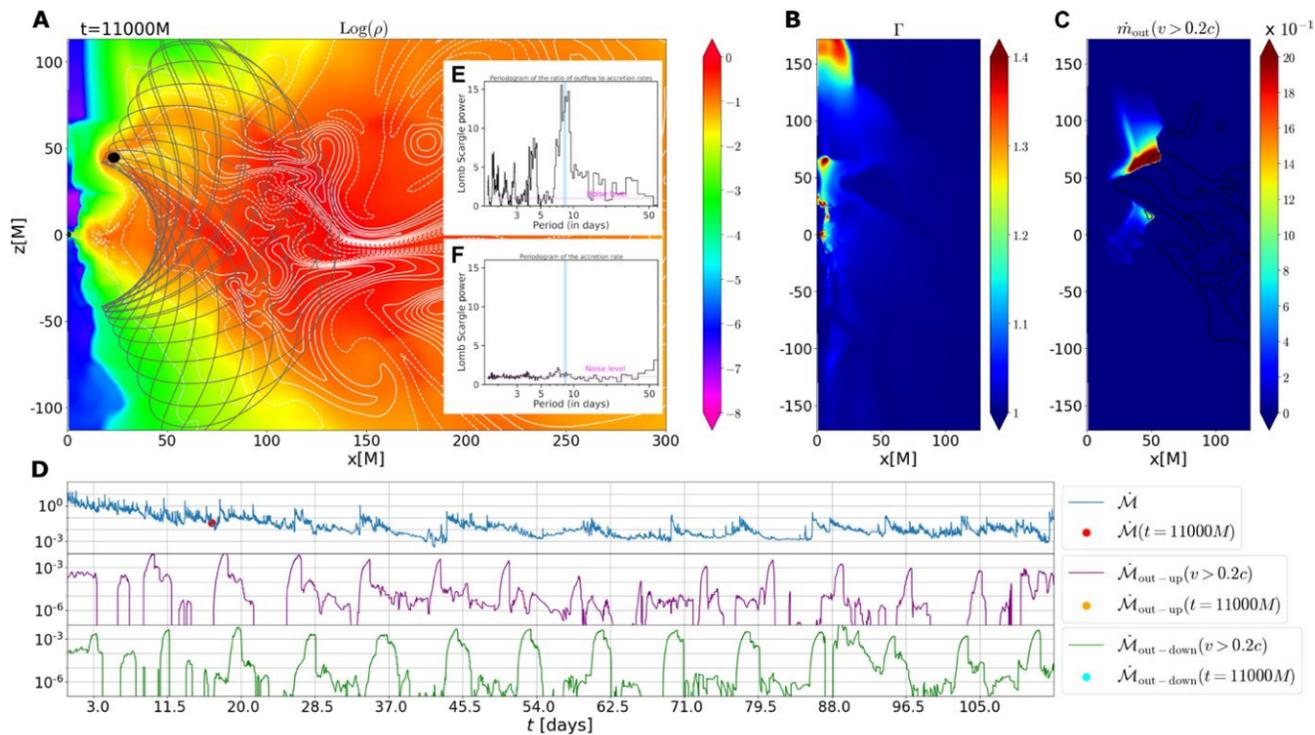
4. blogs.nasa.gov/crew-5/



Фото: NASA Kennedy Space Center / SpaceX



Долгосрочная эволюция ASAS-SN-20pc и образец рентгеновского спектра, подчеркивающий отток



Изображение из проведенного моделирования

► Черная дыра на орбите вокруг черной дыры

В декабре 2020 года астрономы зарегистрировали вспышку света в далекой галактике на расстоянии около 260 Мпк от нас. В процессе работы программы автоматического распознавания вспышек сверхновых звезд ASAS-SN телескопы обнаружили транзитное событие, когда наблюдаемая галактика стала ярче на три порядка. Вспышка продолжалась около четырех месяцев, прежде чем сильно ослабла.

В течение этого времени ученые ежедневно и с высокой частотой проводили измерения рентгеновского излучения галактики. Когда они внимательно изучили данные, то заметили любопытную закономерность в четырехмесячной вспышке — узкие световые провалы в очень узком диапазоне рентгеновских лучей, которые, как оказалось, появлялись каждые 8,5 суток.

Исследователи предположили, что в ближайших окрестностях центральной сверхмассивной черной дыры этой галактики может быть вторая, гораздо меньшая по размеру черная дыра. Эта меньшая черная дыра может вращаться под углом к аккреционному диску своего более крупного компаньона.

Согласно моделированию, вторая черная дыра может периодически пробивать аккреционный диск первой сверхмассивной черной дыры во время обращения вокруг нее, при этом она выталкивает шлейф газа, как пчела, летящая сквозь облако пыльцы.

Несколько групп ученых объединились, чтобы проверить эту идею с помощью компьютерных симуляций и наблюдений за первоначальным всплеском и регулярными 8,5-дневными провалами излучения. То, что они обнаружили, подтверждает гипотезу: вполне возможно, что наблюдаемая вспышка стала результатом воздействия второй, меньшей по массе черной дыры, вращающейся вокруг центральной сверхмассивной черной дыры и периодически проходящей через ее аккреционный диск.

Астрономы провели многочисленные компьютерные симуляции для проверки эффектов, возникающих от периодических провалов и дали наиболее вероятное объяснение: в данном случае мы имеем дело с принципиально новым видом звездных систем: черная дыра промежуточной массы, вращающаяся вокруг сверхмассивной черной дыры.

Этот результат показывает, что сверхмассивные черные дыры в паре с дырами промежуточной массы могут быть обычным явлением в ядрах галактик. Не исключено, что примером такой си-

стемы может также служить ранее наблюдаемые события в блазаре OJ 2872, что является очень интересным направлением исследований для будущих детекторов гравитационных волн.

5. [science.org/doi/10.1126/sciadv.adj8898](https://doi.org/10.1126/sciadv.adj8898)

6. iopscience.iop.org/article/10.3847/1538-4357/ac3b3c

Что такое зодиакальный свет? Зодиакальный свет — это оптическое явление, наблюдаемое как свечение пирамидальной формы, расположенное в точке захода или восхода солнца на горизонте. Центр зодиакального света находится на эклиптике — видимом годичном пути солнца по небу, проходящем через зодиакальные созвездия. Поэтому свет и называется «зодиакальным».

Возможно, вы видели зодиакальный свет, даже не подозревая об этом. Он выглядит как городская засветка или затянувшиеся сумерки. В обоих полушариях весной зодиакальный свет виден сразу после истинного заката, поэтому его называют «ложным закатом». Осенью зодиакальный свет появляется незадолго перед истинным рассветом, поэтому его называют «ложным рассветом».

Можно также перепутать зодиакальный свет и Млечный Путь, и это неудивительно. Зодиакальный свет по яркости не уступает Млечному Пути, при этом выглядит даже более «молочным». Но при внимательном рассмотрении всё же возможно отличить его по пирамидальной форме. А при хороших условиях наблюдения, на темном небе иногда можно увидеть, как настоящий Млечный Путь пересекается с зодиакальным светом.

Зодиакальный свет можно отличить от зари потому, что у него не бывает розоватого оттенка: этот оттенок появляется под влиянием атмосферы Земли, в то время как источник зодиакального света находится за пределами атмосферы. На самом деле это тот же солнечный свет, только отраженный от частиц пыли, обрабатывающихся вокруг Солнца во внутренней области Солнечной системы. Откуда же берутся эти частицы? Долгое время ученые думали, что эти частицы происходят от астероидов и комет, однако новое исследование показывает, что, возможно, один из источников частиц — это пылевые бури на Марсе⁷.

Когда можно увидеть зодиакальный свет?

В обоих полушариях, в средних широтах зодиакальный свет лучше всего виден во время равноденствий. В тропиках этот свет можно увидеть в течение всего года. Весной зодиакальный свет можно наблюдать примерно в течение часа на западном небосклоне. Ищите «ложный закат» на небе примерно через 90 минут после захода солнца.

В Северном полушарии он появляется на небе в конце февраля, достигает наибольшей яркости во время мартовского равноденствия и длится до начала мая. Осенью зодиакальный свет можно наблюдать примерно в течение часа на восточном небосклоне. Ищите «ложный рассвет» на небе примерно за 90 минут до восхода Солнца. В Северном полушарии он появляется на небе в конце августа, достигает наибольшей яркости во время сентябрьского равноденствия и длится до начала ноября.

Как можно увидеть это странное свечение в небе?

В первую очередь вам, конечно, нужно найти темное небо вдали от городской засветки. Зодиакальный свет настолько тусклый, что любой яркий источник света может ему повредить, так что в дни полнолуния это делать даже не пытайтесь. А вот во время новолуния, которое как раз приходится на начало апреля, вид тонкого месяца и зодиакального света лишь украсит сумеречное небо и не станет помехой для наблюдений. Так что оказавшись в вечернее время за городом, посмотрите на запад: возможно, вам удастся заметить это красивое природное явление.

Кстати, исследование зодиакальной пыли и природы зодиакального света было предметом изучения известного астрофизика и по совместительству гитариста группы Queen, Брайана Мэя, став темой его диссертации⁸.

7. agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2020JE006509

8. link.springer.com/book/10.1007/978-0-387-77706-1

Зодиакальный свет. Снимок Юрия Белецкого





Научно-образовательные спутники Space-π

Александр Хохлов, популяризатор космонавтики, член Санкт-Петербургской организации Федерации космонавтики РФ



Александр Хохлов

В 2021 году начал работу крупнейший за всю историю России научно-образовательный космический проект Space-π [1]. Под эгидой Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере создаются и запускаются на низкие околоземные орбиты образовательные спутники стандарта CubeSat [2].

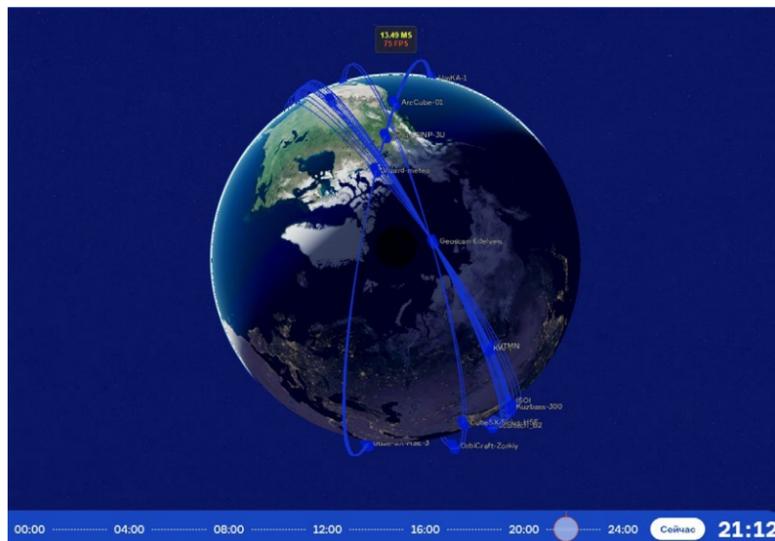
Проект затрагивает три категории участников: компании, производящие спутниковые платформы или отдельное оборудование для них; университеты и другие организации операторов спутников и постановщиков космических экспериментов; наконец школьников и прочих причастных к космическим конкурсам, сменам, стажировкам.

За три года с момента начала проекта и первой публикации о нем в «Троицком варианте – Наука» [3] произошло много интересного. Состоялось два запуска с космодрома «Байконур» и один с «Восточного», в ходе которых попутной нагрузкой (дополнительно к основному спутнику) на ракетах-носителях «Союз-2» с разгонными блоками «Фрегат» на орбиту было выведено 35 спутников проекта и шесть субспутников. 16 новых аппаратов готовы к запуску этим летом, и еще несколько кубсатов находятся в разработке и производстве.

На сайте Space-π размещена информация обо всех малых космических аппаратах, об их полезной нагрузке, об участвующих организациях.

Основная работа по проекту выглядит следующим образом: раз в год Фонд содействия инновациям проводит грантовый конкурс для университетов, школ и малых высокотехнологичных компаний [4]. Эксперты проводят оценку научно-образовательных составляющих поданных заявок, после которой выбираются очередные победители, которые получают возможность создать свой спутник с использованием спутниковой платформы стандарта CubeSat одной из шести-семи российских организаций-производителей [5].

Но так как гранты даются с софинансированием, университеты должны вложить ровно такую же или большую сумму в разработку полезной нагрузки спутника (научное, образовательное, радиолобительское оборудование) и в образовательную деятельность (стажировки [6], лекции и поездки на космодром для школьных команд).



Визуализация орбит спутников Space-π на сайте проекта

У представленных в России кубсатов даже при совпадающих форм-факторах (габаритных размерах) различаются функциональные возможности, объем для полезных нагрузок и характеристики бортовых систем, включая полноценный срок службы. Поэтому университетам нужно выбирать спутниковую платформу по своим задачам. Для проекта Space-π используются размерности от 3U (10×10×30 см) до 16U (20×20×40 см).

На создание спутника уходит от 8 до 18 месяцев. В России на сегодняшний день космические запуски осуществляет только госкорпорация «Роскосмос», а небольшими попутными аппаратами занимается ее дочерняя организация «Главкосмос». Именно она и является оператором для выведения на орбиту кубсатов Space-π. В космос они попадают с помощью пусковых контейнеров, сделанных под стандарт CubeSat. Располагаются они на ферменной конструкции между разгонным блоком «Фрегат» и основным спутником.

Традиционно малые аппараты проекта Space-π запускают на солнечно-синхронные (полярные орбиты) с углом наклона к плоскости экватора 97° и высотой 500–570 км. Срок пассивного существования спутников на таких орбитах – от 1,5 до 5 лет. Большая часть кубсатов из-за мелких размеров не имеет двигательных установок для коррекции орбиты, поэтому постепенно снижается из-за воздействия сильно разреженной атмосферы до схода с орбиты.

Кубсат 3U (Геоскан)

Научно-образовательные спутники должны иметь на своем борту радиолобительские сервисы для связи с международным сообществом радиолобителей. Это позволяет им получать позывные и использовать для работы бесплатные радиолобительские диапазоны частот [7].

Двухсторонняя связь со спутниками – важная часть успеха космических миссий Space-π. Управление кубсатами и получение с них телеметрической информации выглядело узким местом в начале проекта. На помощь пришли российские радиолобители. Например, известный эксперт сообщества Дмитрий Пашков создал в Рузаевке (Республика Мордовия) полноценный Центр управления полетами кубсатов и участвовал в создании российской радиолобительской сети «Эфир» – это позволило взять на управление несколько университетских спутников [8].

АНО «Развитие космического образования» совместно с компанией «Геоскан» создали сеть открытых наземных станций СОНИКС [9], которая уже позволяет владельцам спутников проекта регулярно принимать данные и отслеживать состояние кубсатов в разных точках над Землей. Вторая важная цель сети – привлечение школьников к работе с данными реальных кубсатов благодаря получению доступа к передаваемой информации: фотографиям из космоса, данным с полезных нагрузок (научная и технологическая аппаратура) и бортовой телеметрии. В рамках проекта Space-π планируется разработать интерактивный образовательный раздел для школьников и методические материалы [10].

Несмотря на ограниченные возможности кубсатов, в проекте Space-π было получено несколько технических достижений. Например, на спутнике «Геоскан-Эдельвейс» впервые в России провели успешные испытания газовой двигательной установки для кубсатов. Двигатель, изготовленный в ОКБ «Факел», успешно прошел все тесты, доказав пригод-

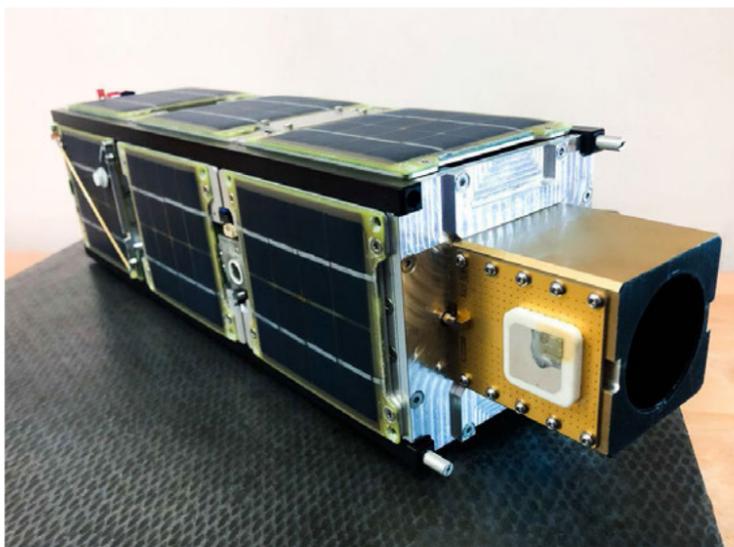
ность для дальнейшего использования в космосе [11].

11 июля 2023 года состоялся выпуск шести пикоспутников формата TinySat из контейнера кубсата «Страто-Сат ТК-1» компании «Стратонавтика». Субспутники вышли на связь и часть из них до сих пор передает телеметрию. Впервые в российской истории кубсат стал пусковым контейнером для других спутников [12].

Как уже говорилось, кубсаты запускают на невысокие орбиты для предотвращения долговременной опасности от их «неуправляемого» полета (без возможности совершать быстрые маневры, как могут большие аппараты). Уже несколько кубсатов первых запусков сошли с орбиты, например, «Геоскан-Эдельвейс» – 18 февраля 2024 года [13], а «Монитор-1» – 23 марта 2024 года [14].

Три года спустя после старта проекта можно сказать, что он уже принес свои первые плоды и обеспечил значительный вклад в космическое образование и просвещение за счет натуральных результатов. Впереди еще много сложной и продолжительной работы над развитием проекта, но Space-π дает и много полезного с точки зрения формирования интереса к космическим технологиям и инновациям у вчерашних школьников, а сегодня студентов. Возможно, познакомившись с космонавтикой через кубсаты, в ближайшем будущем они будут создавать «серьезные» космические аппараты, спутниковые группировки и сервисы, межпланетные научные станции и марсианские пилотируемые корабли.

1. spacepi.space
2. cubesat.org
3. trv-science.ru/2021/03/sozvezdie-shkolnyx-sputnikov/
4. spacepi.space/news/obyavlen-konkurs-na-priobretenie-sputnikovoy-platform/
5. spacepi.space/catalog/platforms/
6. youtu.be/qlm2r-7Z7ac
7. spacepi.space/news/radiosvyaz-so-sputnikami/
8. spacepi.space/news/vosem-apparatov-proekta-na-upravlenii-ruzaevskogo-cz-u-pa/
9. sonik.space
10. spacepi.space/wiki/obuchayushhie-materialy/
11. geoscan.ru/ru/blog/v-rossii-pervye-provedeny-uspeshnye-letnye-ispytaniya-dvigatelya-dlya-kubsatov
12. spacepi.space/news/pervye-v-rossii-pikosputniki-nachali-rabotat-na-orbite/
13. spacepi.space/news/geoskan-edelwejs-zavershil-kosmicheskuyu-missiyu/
14. spacepi.space/news/monitor-1-vypolnil-svoyu-rabotu/



Кубсат-телескоп УмКА-1 (школа № 29 им. П. И. Забродина города Подольска)

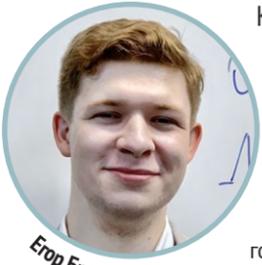
Восход Луны на фоне Земли с орбиты в 180 км 22 марта 2024 года, последнее фото, полученное Рузаевским ЦУПом со спутника «Монитор-1» (снимок с цветокоррекцией)



Даниэль Канеман и теория перспектив

27 марта 2024 года в возрасте 90 лет скончался Даниэль Канеман, лауреат премии по экономике памяти Альфреда Нобеля 2002 года, заслуженный профессор Принстонского университета и один из основателей поведенческой экономики.

О том, что же важного внес в науку Даниэль Канеман, рассказывает **Егор Бронников** (Университет Маастрихта, Европейский университет в Санкт-Петербурге).



Егор Бронников

Ко второй половине XX века в среде стандартных академических экономистов стало господствующим достаточно специфичное представление о людях, принимающих решения, как о максимально рациональных агентах, нацеленных на максимизацию своей полезности — т. е. меру удовлетворения от нахождения в определенном состоянии мира — и не совершающих систематических ошибок (что отчасти было связано с простотой моделирования, отчасти — с нормативными утверждениями теории, а отчасти — с философской традицией). Несмотря на присутствующие к этому времени (и продолжающие появляться) эмпирические свидетельства, противоречащие стандартной теории (в первую очередь парадокс Алле), большинство экономистов относилось к ним скептически, оставаясь под влиянием парадигмы стандартной рациональности агентов.

С появлением поведенческой экономики, зарождение и развитие которой в огромной степени связано с именами Даниэля Канемана, Амоса Тверски и Ричарда Талера (вместе с большим количеством экономистов-психологов), фокус экономических исследований в значительной степени сместился в сторону описания человеческого поведения с сохранением методологической строгости определения факторов, которые на него влияют. Будучи смежной областью экономики и психологии, поведенческая экономика занимается изучением разнообразных (в первую очередь не сугубо денежных) факторов принятия решений. Одной из важнейших работ в поведенческой экономике стала (и остается до сих пор) статья Даниэля Канемана и его главного соавтора Амоса Тверски под названием «Теория перспектив»¹, расширяющая обычное понимание того, как люди принимают решения в условиях риска. В то время, как стандартная теория предполагала, что агенты имеют устойчивые и непротиворечивые предпочтения, работа Канемана и Тверски продемонстрировала несколько ключевых отклонений.

Теория ожидаемой полезности

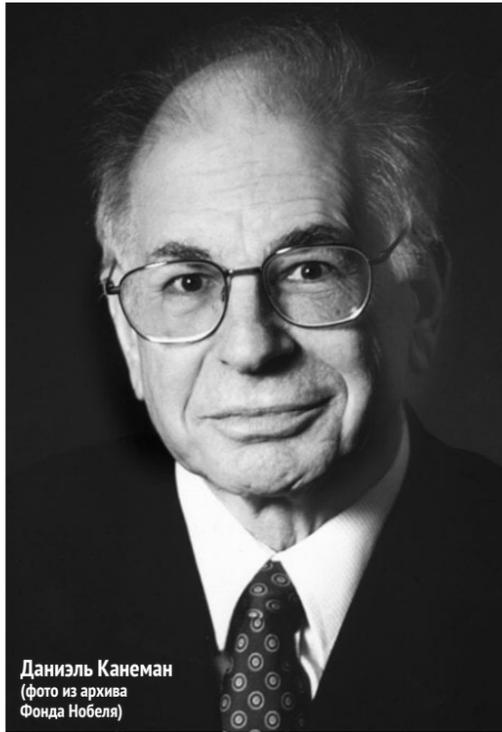
Начнем с рассмотрения лотереи $G_A = [x_1, p_1; \dots; x_n, p_n]$, где x_i — это денежный исход, а p_i — вероятность наступления этого исхода. Поскольку это довольно общее представление будущих исходов, оно часто используется при моделировании принятия решений².

Стандартная теория ожидаемой полезности предписывает индивиду преобразовывать денежный выигрыш x_i специальным образом, используя функцию полезности $u(\cdot)$, и взвешивать каждый из этих преобразованных результатов на основе объективной вероятности p_i . Сумма каждого члена подобного правила составляет ожидаемую полезность игры (см. формулу 1), которую, согласно стандартной теории ожидаемой полезности, рациональный агент должен максимизировать.

$$EU(G_A) = EU(x_i) = \sum_i p_i x_i \quad (1)$$

Согласно теории ожидаемой полезности, агент может быть либо склонным к риску, либо нейтральным к риску, либо избегающим риск. Все эти три концепции относятся к выборам, которые индивиды совершают, отдавая предпочтение лотереям или гарантированным выигрышам. Лица, склонные к избеганию риска, предпочли бы гарантированный выигрыш лотерее. Степень их избегания риска отражается премией за риск, т. е. суммой, которую они готовы заплатить, чтобы избежать участия в лотерее. Хотя теория ожидаемой полезности определяет, какими должны быть предпочтения агента к риску, она предписывает рациональным агентам иметь неизменные предпочтения к риску.

Для более наглядного объяснения рассмотрим случай агента, склонного к риску (что отражено на рис. 1). Предположим, есть лотерея $G = [A, p_A; B, p_B]$. Ожидаемая стоимость этой лотереи составляет $EU(G) = A \cdot p_A + B \cdot p_B$. Это дает два важных значения с точки зрения теории ожидаемой полезности: $u(EV(G)) = u(G)$ и $EU(G) = u(CE)$. То есть разница между эквивалентом определенности и ожидаемой полезностью лотереи G — это денежная сумма, которую человек готов заплатить,



Даниэль Канеман (фото из архива Фонда Нобеля)

чтобы иметь возможность принять участие в лотерее, а не получить что-то определенное (то есть отрицательная премия за риск).

Теория перспектив

В отличие от теории ожидаемой полезности, теория перспектив описывает другое преобразование денежного выигрыша x_i (с помощью функции ценности $v(x_i)$), а также дополнительное преобразование (объективной) вероятности p_i (с помощью функции взвешивания вероятностей $\pi_i(p_i)$).

Теория перспектив включает несколько ключевых элементов, которых нет в теории ожидаемой полезности: (i) взвешивание вероятностей, (ii) эффект перехода, (iii) избегание убытков и (iv) зависимость от точек отсчета.

Учитывая эмпирические доказательства того, что в среднем люди имеют тенденцию завышать небольшие вероятности и занижать высокие вероятности, теория перспектив моделирует этот феномен с помощью нелинейной функции взвешивания вероятностей (что выражено формулой 2 и показано на рис. 2).

$$\pi_i(p_i) = \frac{p_i^\gamma}{[p_i^\gamma + (1 - p_i)^\gamma]^{\frac{1}{\gamma}}} \quad (2)$$

Функция ценности преобразует результаты, учитывая предпочтения, которые в среднем проявляют люди в своем отношении к риску, зависящие от того, находятся ли они в области выигрышей или убытков (см. формулу 3 и рис. 3). Конечная оценка значения лотереи, в соответствии с теорией перспектив, выражается суммированием оцененных перспектив, взвешенных по вероятностям, и дает значение перспективы или игры (см. формулу 4).

$$v(x_i) = \begin{cases} x^\alpha, & x \geq 0 \\ -\lambda(-x)^\beta, & x < 0 \end{cases} \quad (3)$$

$$V(G_A) = V(x_i, p_i) = \sum_i \pi_i(p_i) v(x_i) \quad (4)$$

Экспериментальные данные показывают, что люди ведут себя как те, кто склонен избегать риска, когда перед ними стоит выбор между возможностью получить большой выигрыш, но с сравнительно небольшой вероятностью, и получением значительно меньшего выигрыша, но гарантированного. Однако как только выбор предлагается между потерей существенной суммы со сравнительно небольшой вероятностью и потерей небольшой суммы гарантированно, люди в среднем предпочитают первое (то есть ведут себя как стремящиеся к риску). Этот феномен известен как эффект перехода, т. е. изменение предпочтений к риску как только пересекается точка отсчета.

Впоследствии теория перспектив, оказавшаяся самой цитируемой работой для авторов и одной из самых цитируемых статей, когда-либо опубликованных в одном из самых престижных экономических журналов *Econometrica*, нашла широкое применение в различных областях экономики, финансах и общественной политике. По совокупности всех работ Даниэль Канеман получил мировую славу и признание классиком, запечатленное, к примеру, в почетной ежегодной лекции его имени Международной ассоциации исследований в экономической психологии (IAREP) и в названии Центра поведенческих наук и государственной политики при Принстонском университете (совместно с Энн Трисман). ♦

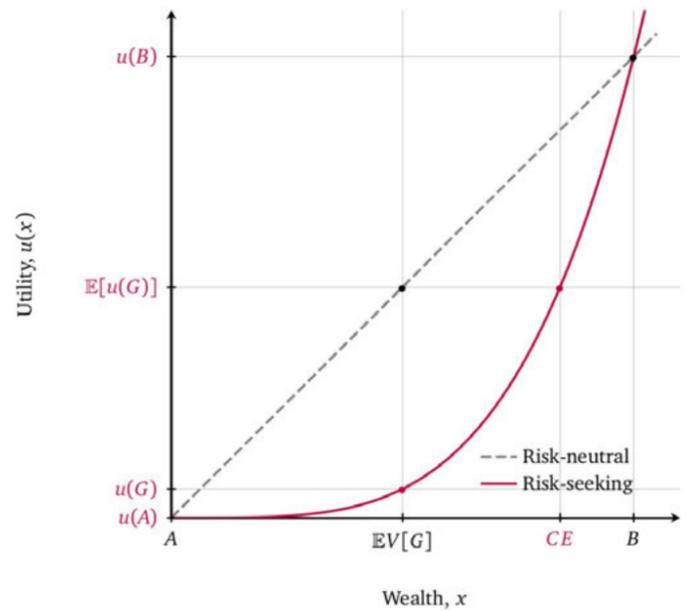


Рис. 1. Склонность и нейтральность к риску

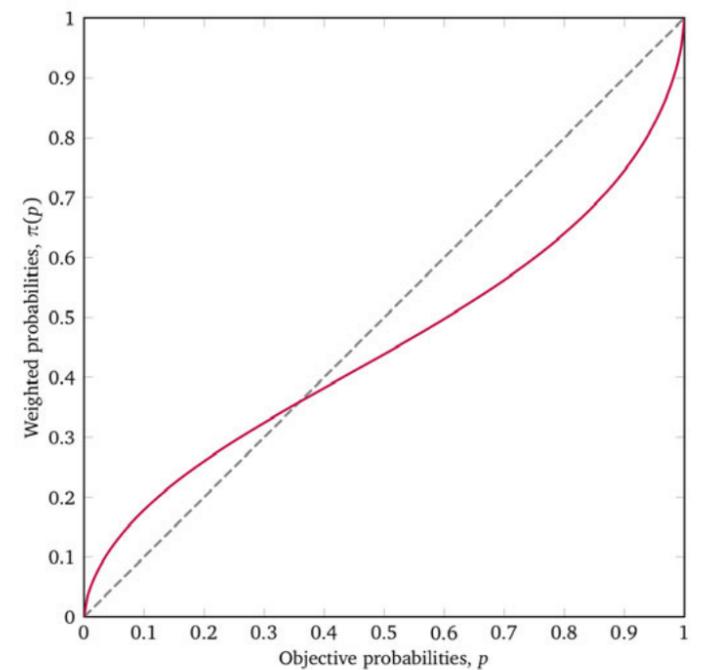


Рис. 2. Функция взвешивания вероятностей.

Комментарий:

Функция взвешивания вероятностей задается выражением $\pi(p) = \frac{p^\gamma}{[p^\gamma + (1-p)^\gamma]^{\frac{1}{\gamma}}}$.

Фиолетовая линия отображает функцию взвешивания вероятностей при $\gamma = 0,65$, в то время как пунктирная линия показывает отсутствие взвешивания, т. е. при $\gamma = 1$

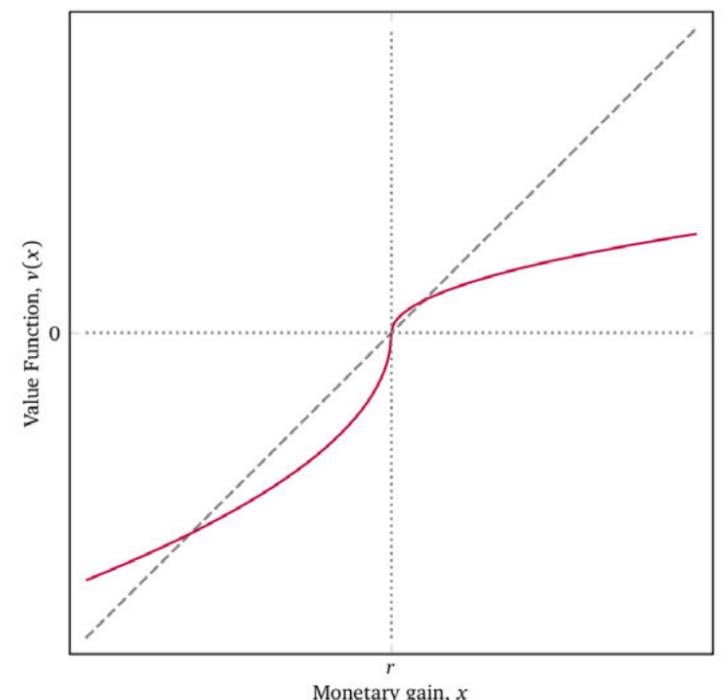


Рис. 3. Функция значения в теории перспектив

¹ Kahneman D., Tversky A. Prospect Theory: An Analysis of Decision under Risk // *Econometrica*. 1979. Vol. XLVII. P. 263–291.

² В качестве иллюстрации можно рассмотреть следующую игру. Если при броске (математически правильной) монеты выпадает орел, то тот, кто согласился участвовать, получает \$5, а если выпадает решка — участник должен заплатить \$5. Тогда эта игра будет представлена следующей ставкой: $G = [-\$5, \frac{1}{2}; \$5, \frac{1}{2}]$.

Стандартная модель и ее пределы

Стандартная модель элементарных частиц по праву считается самой успешной и универсальной теорией, когда-либо созданной физиками. Этот почетный титул она получила полвека назад (или, возможно, чуть позже) и с тех пор его прочно удерживает. Однако ни одна наука еще не придумала теоретических конструкций, которые бы не нуждались в модификации и/или коррекции, и физика здесь не является исключением. СМ имеет свою область применимости, границы которой пока точно не определены, но, безусловно, существуют. Есть все основания считать, что СМ безупречно работает в ограниченном сверху диапазоне энергий, но теряет силу



Алексей Левин

Недавно вышла в свет книга «Этюды о частицах: от рентгеновских фотонов до бозонов Хиггса» историка и популяризатора науки **Алексея Левина**. Серия очерков показывает эволюцию физики субатомных частиц от зарождения этой дисциплины в последнем десятилетии XIX века до нынешнего состояния и дальнейшие перспективы. Публикуем фрагмент с любезного разрешения издательства «Товарищество научных изданий КМК»¹ и автора. См. предыдущие материалы Алексея Ефимовича на сайте Trv-Наука: trv-science.ru/tag/aleksej-levin

¹ avtor-kmk.ru/pages/showitem.php?id=953

Этюды о частицах

	<p>масса → ≈2,16 МэВ/c²</p> <p>заряд → 2/3</p> <p>спин → 1/2</p> <p>u</p> <p>верхний</p>	<p>≈1,27 ГэВ/c²</p> <p>2/3</p> <p>1/2</p> <p>c</p> <p>очарованный</p>	<p>≈172,7 ГэВ/c²</p> <p>2/3</p> <p>1/2</p> <p>t</p> <p>истинный</p>	<p>0</p> <p>0</p> <p>1</p> <p>g</p> <p>глюон</p>	<p>≈125,25 ГэВ/c²</p> <p>0</p> <p>0</p> <p>H</p> <p>бозон Хиггса</p>
КВАРКИ	<p>≈4,67 МэВ/c²</p> <p>-1/3</p> <p>1/2</p> <p>d</p> <p>нижний</p>	<p>≈93,4 МэВ/c²</p> <p>-1/3</p> <p>1/2</p> <p>s</p> <p>странный</p>	<p>≈4,18 ГэВ/c²</p> <p>-1/3</p> <p>1/2</p> <p>b</p> <p>прелестный</p>	<p>0</p> <p>0</p> <p>1</p> <p>γ</p> <p>фотон</p>	СКАЛЯРНЫЕ БОЗОНЫ (ВЕКТОРНЫЕ)
	<p>0,511 МэВ/c²</p> <p>-1</p> <p>1/2</p> <p>e</p> <p>электрон</p>	<p>105,7 МэВ/c²</p> <p>-1</p> <p>1/2</p> <p>μ</p> <p>мюон</p>	<p>1,777 ГэВ/c²</p> <p>-1</p> <p>1/2</p> <p>τ</p> <p>тау-лептон</p>	<p>91,19 ГэВ/c²</p> <p>0</p> <p>1</p> <p>Z</p> <p>Z-бозон</p>	
ЛЕПТОНЫ	<p><1,1 эВ/c²</p> <p>0</p> <p>1/2</p> <p>ν_e</p> <p>электронное нейтрино</p>	<p><0,19 МэВ/c²</p> <p>0</p> <p>1/2</p> <p>ν_μ</p> <p>мюонное нейтрино</p>	<p><18,2 МэВ/c²</p> <p>0</p> <p>1/2</p> <p>ν_τ</p> <p>тау-нейтрино</p>	<p>80,38 ГэВ/c²</p> <p>±1</p> <p>1</p> <p>W</p> <p>W-бозон</p>	

Стандартная модель элементарных частиц. MissMJ, Lord Akryl / «Википедия»

за его верхней гранью. В этом смысле она является тем, что физики именуют эффективной теорией, — подобно, скажем, электродинамике Максвелла — Лоренца, которая справедлива лишь при пренебрежении квантовыми эффектами. Вот об этом я и хотел бы поговорить в этой главе.

Воля провидения или демон истории подарили физике субатомных частиц очень бурное начало. Напомню, что радиоактивность была обнаружена на рубеже февраля и марта 1896 года, а рентгеновские лучи — в декабре. Несколько месяцев спустя Джозеф Джон Томсон открыл электрон, а в 1899-м Эрнест Резерфорд заявил о существовании двух видов радиоактивной эманации — альфа и бета. Наконец в 1900 году Макс Планк положил начало квантовой теории излучения (как сейчас ясно, и всей квантовой физике), а Поль Виллар выявил у радия третью разновидность эманации — гамма-излучение. Столько поистине судьбоносных прорывов в познании материи — и всего-то за четыре года!

А потом, как говорил Михаил Сергеевич Горбачёв, процесс пошел. Еще до конца первой трети XX века была создана нерелятивистская и релятивистская квантовая механика, идентифицированы протон и нейтрон, раскрыта роль этих частиц в качестве строительных блоков атомных ядер (отсюда и их общее название — нуклоны), предположено существование нейтрино, а двумя годами позже — еще и мезонов. Этот блестящий старт вывел физику микромира на дорогу ко множеству позднейших замечательных достижений, о многих из которых рассказано в этой книге.

Вряд ли стоит доказывать, что в этом списке первое место занимает создание Стандартной модели элементарных частиц — это общеизвестно и общепринято. Напомню только, что все ее многочисленные предсказания давно сбылись. Последним и самым трудозатратным этапом на этом пути стало открытие бозона Хиггса и последующее подтверждение его ожидаемых свойств. По научной ценности эти результаты можно сравнить разве что с осуществленным в том же самом втором десятилетии нашего века детектированием волн гравитации и извлечением из сырых данных гравитационных обсерваторий уникальной информации о нейтронных звездах и черных дырах.

Однако есть и немаловажная разница. Гравитационные эксперименты сейчас на подъеме, а вот физика субатомных частиц пребывает

в состоянии определенного затишья. Разумеется, в разных странах работают ускорители и ведутся интересные исследования, но они не дают и не обещают столь же фундаментальных результатов, как отлов хиггсов. Ни наблюдение тетракварков и пентакварков², ни детектирование ранее неизвестных резонансов, ни экспериментальная информация о тонких деталях строения нуклонов³, ни все новые данные о столкновениях релятивистских тяжелых ионов⁴ на этом фоне как-то не кажутся чем-то сенсационным.

Я только что отметил, что Стандартная модель выполнила все свои обещания. На ее основе была построена система истинно элементарных частиц, которая поражает своей законченностью и стройностью. О ней много говорилось в предшествующих главах, но я для порядка напомним основные пункты. Это три фермионных поколения кварковых и лептонных пар, группа медиаторов сильных, слабых и электромагнитных взаимодействий, обладающих единственным спином (напомню, что эти частицы называются векторными бозонами), и бесспиновый, т. е. скалярный, бозон Хиггса. Первое кварковое поколение — это u-кварки и d-кварки, первое лептонное — электронное нейтрино и электрон. Второе поколение фермионов состоит из s-кварка и s-кварка, мюонного нейтрино и мюона, третье — из t-кварка и b-кварка, тау-нейтрино и тау-частицы. Бозонные медиаторы — это два массивных W-бозона и даже более массивный Z-бозон, безмассовый фотон и восьмерка безмассовых глюонов. Бозон Хиггса партнеров не имеет, и пока что это единственная истинно скалярная элементарная частица, известная физике.

С другой стороны, СМ до сих пор успешно отбивает все попытки серьезной модификации или даже опровержения в ее собственной области применения. В этом плане, например, весьма поучительна история длительных поисков четвертой разновидности нейтрино, отличной от трех известных (электронного, мюонного

и тауонного). Согласно очень интересной версии расширения СМ, эта гипотетическая частица имеет (в отличие от «обычных» нейтрино) правовинтовую ориентацию и не участвует в слабых взаимодействиях. Как уже было отмечено в семнадцатой главе в разделе о лептогенезисе, такие нейтрино называют стерильными, а три нейтрино Стандартной модели — активными. Его масса входит в теорию в качестве свободного параметра и может варьироваться от долей электронвольта до 10¹⁵ ГэВ. Напомню, что стерильные нейтрино с достаточно большими массами (конкретно, свыше тысячи электронвольта) задействованы в моделях рождения барионной асимметрии.

Подтверждение гипотезы четвертого нейтрино сулило бы много важных результатов как для физики частиц, так и для космологии (например, одна из разновидностей стерильного нейтрино давно рассматривается в качестве кандидата на роль темной материи). Однако пока таких подтверждений не видно, а вот опровержения уже имеются. Стерильные нейтрино с массами менее 5 ГэВ могут рождаться в слабых распадах барионов и мезонов, а потом вновь распадаться в заряженные частицы СМ. Поэтому их, в принципе, можно обнаружить с помощью современных методов физического эксперимента. Такие попытки предпринимаются, но пока безуспешно. В 2021 году в Фермилабе участники эксперимента MicroBooNE пришли к заключению, что маломассивного стерильного нейтрино, скорее всего, не существует. В начале 2023 года о том же заявили члены другой команды экспериментаторов, коллаборации Stereo. Тем не менее охота на эти частицы не закрыта. А дальше, как говорится, будем посматреть.

Таким образом, физика уже полвека имеет в своем распоряжении чрезвычайно успешную теорию, которая описывает мир субатомных частиц. Она не раз подтверждалась в эксперименте и после открытия бозона Хиггса. Например, осенью 2018 года две коллаборации сотрудников БАК, работающие на детекторных комплексах Atlas и CMS, сообщили о регистрации давно предсказанного распада хиггса на пару b-кварков⁵. Как было отмечено в тринадцатой главе, это основной канал хиггсовского распада, его вероятность приблизительно равна 70%. Однако он дает сложный фон, и то, что его удалось обнаружить, стало большим успехом женеvских экспериментаторов.

Однако и СМ, при всем своем могуществе, всё же не всеильна и не беспроблема. Например, в восемнадцатой главе я рассказал, почему она не способна количественно объяснить процесс бариогенезиса и, следовательно, барионную асимметрию Вселенной. Конечно, у нее есть и другие слабости. СМ ровно ничего не может сказать о частицах темной материи, чья общая масса (точнее, масса-энергия) в наблюдаемой Вселенной в пять с лишним раз превышает массу обычного (то есть барионного) вещества. Она также содержит слишком много численных параметров, чьи значения не выводятся из ее уравнений и определяются только из экспериментов (поэтому такие параметры называются свободными). В первом варианте СМ предполагалось, что все нейтрино имеют нулевую массу, и тогда общее число этих параметров равнялось девятнадцати. Когда были открыты осцилляции нейтрино, и эти частицы автоматически лишились статуса безмассовости, в СМ пришлось ввести еще семь параметров. Девятнадцать плюс семь равняется двадцати шести — явно многовато.

Но и это не всё. Численные значения этих параметров уж слишком разнятся между собой. Например, среди них массы трех лептонов, электрона, мюона и тау-частицы. Мюон прибли-

зительно в 200 раз тяжелее электрона, а тау-частица двадцатикратно массивней мюона. То же самое и с кварками, там диапазон масс варьирует от 2,3 МэВ у u-кварка до 173 210 МэВ у t-кварка. Другой пример: один из свободных параметров характеризует степень нарушения CP-симметрии. Его численная величина точно не определена, неизвестен даже ее знак, плюс или минус, но, как показывают эксперименты, по модулю она не превышает 10⁻¹⁰. Очень близко к нулю, но всё же не нуль — это непонятно и опять-таки подозрительно.

Загадка свободных параметров имеет как минимум два решения (на самом деле их больше, но остальные менее естественны). Во-первых, можно допустить, что все они, или, по крайней мере, большинство, представляют собой чисто случайные следствия каких-то глубинных законов природы и/или конкретной истории нашей Вселенной. В таком случае проблема их объяснения вообще не возникает — достаточно покачать головой и сказать, что так уж устроен мир. Правда, вера в чистую случайность плохо согласуется с основными устремлениями науки и как-то принижает веру в ее возможности, но логически она непротиворечива.

Однако есть и альтернативная интерпретация. Она состоит в том, что значения этих параметров диктуются еще неоткрытыми симметриями пространства-времени и заполняющих его физических полей. Как известно, геометрический порядок пространственно-временного континуума задается группой движений пространства Минковского, известной как неоднородная группа Лоренца, или группа Пуанкаре. Она включает все глобальные симметрии, совместимые со специальной теорией относительности. Есть серьезные основания считать, что группа Пуанкаре выражает основополагающую симметрию важнейших законов природы и потому не нуждается в модификации. В то же время Стандартная модель, как уже говорилось в нескольких главах, основана на комбинации (точнее, произведении) непрерывных групп SU(3), SU(2) и U(1). Эти группы предположительно соответствуют калибровочным симметриям трех конкретных физических взаимодействий и в силу этого не выглядят столь же обязательными. Можно предположить, что они окажутся подгруппами каких-то других групп, на основе которых можно будет найти эффективные обобщения Стандартной модели.

Эта идея так же стара, как и сама Стандартная модель. В 1974 году Говард Джорджи и Шелдон Глэшоу предложили объединить все три фундаментальных взаимодействия на базе группы квадратных матриц пятого порядка с комплексными элементами — разумеется, название ей SU(5). Это минимальная группа Ли, имеющая группы SU(3), SU(2) и U(1) в качестве подгрупп⁶. В том же году Джозеф Пати и Абдус Салам опубликовали аналогичную модель, основанную на произведении групп SU(4), SU(2)_L и SU(2)_R⁷.

Различные математические конструкции с группами Ли, нацеленные на выход за пределы Стандартной модели, получили общее название Grand Unified Theories (GUT). Комментировать их я не буду, это не в плане книги. Скажу только, что они дали немало любопытных результатов, но основную проблему не решили. Так, модель Джорджи и Глэшоу впервые позволила строго доказать, что заряд электрона по абсолютной величине в точности равен заряду протона. Далее, ей удалось объединить в теоретико-групповом смысле сильное, слабое и электромагнитное взаимодействия, представив их в качестве своего рода потомков единого квантового поля. Предполагается, что это поле в своем первоначальном виде могло существовать только при очень высоких энергиях (10¹⁵–10¹⁶ ГэВ), которые характерны для самого раннего этапа эволюции Вселенной. Затем при расширении и охлаждении космического пространства оно претерпело расслоение на сильное и электрослабое взаимодействие, которое произошло из-за спонтанного нарушения симметрии.

² Aaij R. et al. 2015. Observation of J=ψ Resonances Consistent with Pentaquark States in Λ0 b→J=ψK-p Decays // Physical Review Letters. Vol.115. Art.072001.

³ Adhichari D. et al. 2021. Accurate Determination of the Neutron Skin Thickness of 208Pb through Parity-Violation in Electron Scattering // Physical Review Letters. Vol.126. Art.172502.

⁴ Khachatryan V. et al. 2015. Evidence for Collective Multiparticle Correlations in p-Pb Collisions // Physical Review Letters. Vol.115. Art.012301.

⁵ ATLAS Collaboration: 2018. Observation of H→bb decays and VH production with the ATLAS detector // Physics Letters B. Vol.796. P. 59–86.

CMS Collaboration: 2018. Observation of Higgs Boson Decay to Bottom Quarks // Physical Review Letters. Vol.121. Art.121801.

⁶ Georgi H., Glashow S. 1974. Unity of all elementary-particle forces // Physical Review Letters. Vol.32. P. 438–441.

⁷ Pati J.S., Salam A. 1974. Lepton number as the fourth «color» // Physical Review D. Vol.10. No.1. P. 275–289.

► Модель Джорджи — Глэшоу предсказала существование двух калибровочных бозонов с массами порядка тех же 10^{15} – 10^{16} ГэВ, которые, естественно, тоже не пережили младенчества Вселенной. Эти бозоны, о которых кое-что уже было сказано в конце семнадцатой главы в связи с проблемой бариогенезиса, могли «переделывать» лептоны в кварки, а кварки — в лептоны. Наконец, она позволила предсказать, что протон может прожить около 10^{32} лет, но потом обязан распасться на позитрон и нейтральный пион (кстати, при непрямом участии вышеупомянутой пары бозонов). Легко видеть, что при этой реакции меняются барионные и лептонные числа, но сохраняются их разность, о чем тоже говорилось в семнадцатой главе. Для тех, кто не хочет утруждать себя элементарной арифметикой: в уравнении этой реакции слева стоит трехкварковый протон с барионным числом 1 и лептонным 0, а справа пион, у которого оба эти числа равны нулю, и позитрон с лептонным числом -1. Слева разность барионного и лептонного числа равна $1-0$, т. е. 1; справа она равна $0-(-1)$, т. е. опять-таки 1. Всё прекрасно, да здравствует наука! Я помню, что предсказание нестабильности протона в свое время особенно понравилось журналистам и популяризаторам науки.

Модель Пати — Салама тоже объединила кварки с лептонами, но иным образом. В их схеме лептоны предстают как кварки, несущие дополнительный, четвертый по счету цвет (отсюда и заголовок их статьи). И у них, как и у Джорджи с Глэшоу, появляются векторные бозоны, которые в качестве медиаторов делают возможным взаимные превращения кварков и лептонов. То, что эти гипотетические частицы науке совершенно неизвестны, традиционно объясняется их гигантской массой, которая делает невозможным их рождение в ускорителях. Потом было немало других попыток того же рода.

Однако формальные успехи в деле Великого объединения трех фундаментальных взаимодействий были достигнуты весьма высокой ценой. Например, в модели Джорджи — Глэшоу отсутствовал *u*-кварк, который пришлось вводить «вручную». С другой стороны, там появилось аж пятнадцать левовинтовых частиц, у которых спин всегда направлен противоположно моменту. Экспериментаторам известна только одна такая частица — как уже говорилось, это нейтрино (конечно, есть еще правовинтовое антинейтрино). Наконец, определенная в эксперименте нижняя граница времени жизни протона приближается к 10^{34} годам, так что и в этом отношении модель неверна — по крайней мере, в ее оригинальной версии.

Специалисты по теории элементарных частиц не были бы достойны своей зарплаты, если бы не умели устранять слабости конкретных версий Великого объединения. Например, если вместо SU(5) использовать группу вращений действительного (в смысле, некомплексного) десятимерного пространства SO(10), время жизни протона можно поднять до

10^{34} – 10^{35} лет⁸. Более того, групповые структуры моделей Джорджи — Глэшоу и Пати — Салама можно интегрировать в структуру группы SO(10), хотя и разными способами. Эти результаты делают честь изобретательности теоретиков, но генеральную проблему конструктивного выхода за границы CM все-таки не решают.

Еще одна насущная, но нерешенная проблема физики частиц состоит в объяснении того, почему природа не ограничилась одним поколением фундаментальных фермионов (то есть кварков и лептонов), а создала целых три. Ее не устраняют даже теории Великого объединения, которые интегрируют фундаментальные взаимодействия, но не фундаментальные фермионы. Это так называемая семейная проблема, *family problem*. Быть может, ее со временем удастся разрешить на базе каких-то новых симметрий, которые могут быть описаны с помощью теории групп, но это отнюдь не гарантировано. Не исключено, что решение придет на основе предположения, что кварки и лептоны состоят из каких-то еще более фундаментальных частиц, но успех и тут вовсе не обязателен. В общем, сия семейная тайна велика есть. Этим замечанием я и ограничусь.

Обсуждались и обсуждаются другие способы как обновления CM, так и поиска для нее эффективных альтернатив. Например, в конце 1970-х — начале 1980-х годов в качестве конкурента CM была предложена теория суперсимметрии, которая уже упоминалась в девятой и четырнадцатой главах. Ее обсуждение уж точно не вмещается в эту книгу, поэтому остановлюсь на самой сути. Согласно этой теории, каждая частица Стандартной модели обладает так называемым суперпартнером. Он имеет тот же заряд и цвет, но подчиняется альтернативной статистике — иначе говоря, суперпартнер любого фермиона должен быть бозоном, а суперпартнер бозона — фермионом. Эта теория (точнее, обширный набор вытекающих из нее моделей) основана на очень элегантной математике и обещает много интересного. Например, некоторые комбинации суперпартнеров Z-бозона, фотона и хиггса вполне тянут на роль кандидатов в частицы темной материи. Однако за четыре десятилетия ни один суперпартнер так и не был обнаружен. Более того, эксперименты на БАК позволили отсеять десятки тысяч различных суперсимметричных моделей, и этот процесс продолжается. В общем, пока что суперсимметрия полностью не отвергнута, но ее перспективы не выглядят особо обнадеживающими.

Есть и более радикальная альтернатива CM — теория суперструн. В ней вообще нет понятия точечных частиц, которые заменяются одномерными объектами, квантовыми струнами. Безотносительно к тому, насколько она реалистична и может ли быть подтверждена наблюдениями, в книге с заголовком «Этюды о частицах» ей попросту нет места. На этом можно было бы поставить точку.

⁸ Kolečová H., Malinský M. 2014. Proton lifetime in the minimal SO(10) GUT and its implications for the LHC // Physical Review D. Vol.90. Art.115001.

Однако я кое-что добавлю — просто для развлечения читателей. Вот очень занятный факт, который когда-то вызвал у меня подлинный эмоциональный шок. Во втором и третьем поколениях кварки с положительным зарядом (*s*-кварк и *t*-кварк) много массивней своих отрицательно заряженных партнеров *s*-кварка и *b*-кварка. А вот в первом поколении имеет место противоположный расклад: *u*-кварк легче *d*-кварка. Именно по этой причине протон (кварковая комбинация *uud*) несколько легче нейтрона (*udd*). Из-за этого свободному нейтрону энергетически выгодно претерпеть бета-распад и дать начало протону вкупе с электроном и электронным антинейтрино. Кстати, период полураспада свободного нейтрона невелик, всего 611 секунд. Будь протон массивней нейтрона, он бы столь же быстро превращался в нейтрон, позитрон и электронное нейтрино (напомню, что этот процесс называют обратным бета-распадом). В таком случае во Вселенной не было бы водорода, да и всей химии, какой мы ее знаем. Последствия, как я полагаю, понятны и без долгих объяснений. Так что в нашем мире водороду сильно повезло — ну и нам тоже, конечно. Вроде бы пустячок, а приятно.



Марри Гелл-Манн

Планы на будущее

Физика частиц свыше столетия была весьма динамичной областью науки о природе. И пусть в последние годы ее победное шествие несколько замедлилось, говорить о его прекращении никак не приходится. Об этом, в частности, свидетельствует очередной доклад Комитета P5 (Particle Physics Project Prioritization Panel), опубликованный в США 7 декабря 2023 года. Этот документ содержит набросок десятилетней стратегии американских исследований субатомных частиц, охватывающей вторую половину нынешнего десятилетия и 2030-е годы. Его подписали 32 авторитетных специалиста в этой области физики, представляющих как американские, так и иностранные научные центры. Предшествующие доклады комитетов P5, которые тогда работали в другом составе, были обнародованы в мае 2014-го и в мае 2008 года.

Общий объем опубликованного текста приближается к 150 страницам (против восьми десятков в версии 2014 года). Несмотря на многочисленные повторы и смысловые пересечения, я не берусь его пересказывать, а затем еще и комментировать — на это потребовалось бы слишком много места. Поэтому сосредоточусь на целевых установках будущих исследований, как они определены в докладе.

Члены комитета P5 идентифицировали три перспективных направления физики частиц, каждое из кото-



Стивен Вайнберг и Шелдон Глэшоу в день объявления лауреатов Нобелевской премии. Октябрь 1979 года

рых дополнительно разделено на две секции. На первое место они поставили задачу «дешифровки квантовой реальности», которая, в буквальном переводе с английского, распадается на «прояснение загадок нейтрино» и «выявление секретов бозона Хиггса». Вторая задача сформулирована как «изучение новых парадигм в физике», что означает «поиски прямых доказательств существования новых частиц» и «отслеживание квантовых отпечатков (quantum imprints) новых явлений». Третья цель несколько поэтически определена как «освещение (illumination) скрытой Вселенной», что включает «определение природы темной материи» и «понимание движущих факторов космической эволюции». Помимо этих главных задач, есть немало вспомогательных: например, инвестиции в укрепление кадровой базы исследований в области физики частиц и обновление ее вычислительной и технологической инфраструктуры на основе квантовой информатики, искусственного интеллекта и машинного обучения.

Авторы доклада особо акцентировали ряд конкретных проектов, которые, по их мнению, позволят добиться выполнения этих целей. В рамках первого направления они настоятельно рекомендуют продолжить и углубить участие США в международной программе значительного увеличения светимости Большого адронного коллайдера, которая должна сильно расширить его возможности по части производства уже известных массивных частиц и, возможно, открытия новых. Эта радикальная модернизация БАК создаст предпосылки для открытия и исследования взаимодействий между темной материей и бозоном Хиггса, а также для детектирования гипотетических суперсимметричных партнеров «обычных» частиц, которые описываются Стандартной моделью. В докладе также отмечается важность завершения работ по подготовке Глубинного нейтринного эксперимента (DUNE), который должен начаться около 2034 года. Измерения будут проводиться с помощью двух высокочувствительных детекторов нейтрино, расположенных на расстоянии 1300 км друг от друга. Один из них предстоит смонтировать вблизи 215-метрового линейного протонного ускорителя на 800 МэВ. Этот ускоритель, который будет действовать в качестве источника нейтрино, сейчас строится в Национальной лаборатории имени Ферми (Фермилабе) в Батавии, в штате Иллинойс. Второй детектор гораздо большего размера будет размещен более чем на километровой глубине в многофункциональной Сэнфордской подземной исследовательской лаборатории, которая с 2008 года работает в бывшем золотом руднике Хоумстейк в штате Южная Дакота. Этот эксперимент может в полную силу начаться в первые годы следующего десятилетия и обойдется как минимум в три миллиарда долларов. Если он не обманет ожиданий своих инициаторов, то создаст принципиально новые воз-

можности для исследования осцилляций нейтрино и получения новых данных о массе этих частиц, которая пока что в точности не известна. Полученная информация поможет в решении ряда фундаментальных проблем как собственно физики элементарных частиц, так и космологии.

Составители доклада рекомендуют обеспечить существенное участие США в международных проектах строительства ускорителей, способных производить большое количество бозонов Хиггса (так называемых фабриках хиггсов). Это Будущий кольцевой электронно-позитронный коллайдер (Future Circular Collider, FCC-ee) и Международный линейный коллайдер (International Linear Collider, ILC). Обе установки предназначены для разгона встречных пучков электронов и позитронов: в первом случае в круговом туннеле, во втором — в двух параллельных прямолинейных туннелях длиной не менее двадцати километров. Предполагается, что на первой стадии ILC обеспечит набор энергии порядка 250 ГэВ, но после модернизации этот порог будет повышен до 500 ГэВ, а со временем и до 1 ТэВ. Это означает, что максимальная энергия разгоняемых электронов и позитронов превысит аналогичный показатель для крупнейшего в мире Стэнфордского линейного ускорителя лептонов сначала в пять раз, затем в десять, а со временем, возможно, даже двадцатикратно. Поскольку масса бозона Хиггса равна приблизительно 125 ГэВ, уже первая очередь ILC сможет работать как фабрика хиггсов весьма высокой производительности. Столкновения электронов и позитронов достаточно больших энергий позволят генерировать хиггсы без фоновых эффектов, которые неизбежны при столкновениях протонов в Большом адронном коллайдере. Что касается кольцевого ускорителя FCC-ee, то для него рассматривается куда большая энергия частиц в системе центра масс, доходящая до 100 ТэВ, но перспективы осуществления этого проекта сейчас достаточно туманны.

В докладе также кратко обсуждается возможность строительства ускорителей на встречных пучках разных типов, обеспечивающих энергию частиц в системе центра масс на уровне 10 ТэВ или выше. В качестве разгоняемых частиц могут быть выбраны мюоны, протоны, электроны с позитронами или даже гамма-кванты. Создание таких машин обещает открытие новых горизонтов для фундаментальной физики, однако оно потребует разработки целого ряда инновационных технологий, а следовательно, значительного времени и больших затрат.

Касаясь «высвечивания» темной Вселенной, эксперты панели P5 акцентируют важность экспериментов по детектированию частиц темной материи. Космологи и астрофизики предлагают обширный набор теоретически приемлемых кандидатов на эту роль, включая, в частности, сверх-

Окончание см. на стр. 14

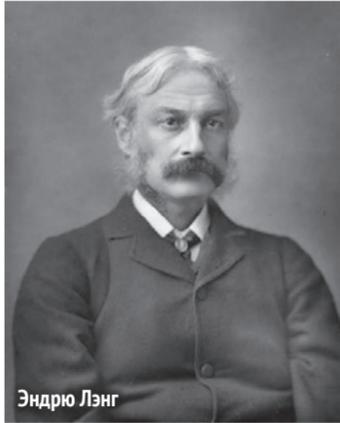


ICTP Photo Archives

Абдус Салам. 1983 год

Календарь фантастики

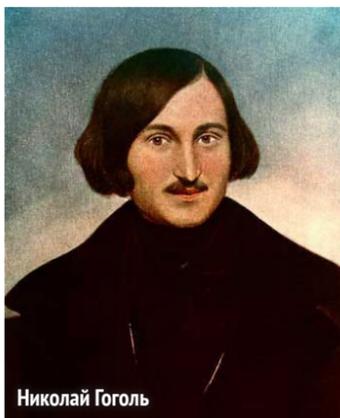
31 марта: Собиратель сказок и мифов



180 лет назад родился **Эндрю Лэнг** (Andrew Lang, 1844–1912), шотландский поэт, переводчик, антрополог и фольклорист, составитель серии из двенадцати «цветных» сборников сказок, автор многочисленных детских сказок с элементами фантастики («Принц Приджио», «Принц Рикардо», «Хроники Пантуфлии»), пародии на роман Генри Хаггарда «Она» — «Он» (с Уолтером Поломом), романа «Желание миров» (с Хаггардом) и др.

Профессор Сент-Эндрюского университета, президент Британского общества фольклористов Эндрю Лэнг известен главным образом своими публикациями по фольклору, мифологии и религии. Наибольшей известностью пользовались сборники волшебных сказок с большим количеством иллюстраций, которые он издавал с 1889 по 1913 год. Лэнг и сам написал множество фантастических сказок, пересказал истории о короле Артуре. Он помог Генри Хаггарду опубликовать роман «Копи царя Соломона», позже написал с ним в соавторстве три романа. Лэнг активно участвовал в переводе «Илиады» и «Одиссеи» Гомера. Разнообразие интересов Лэнга высоко ценил Хорхе Луис Борхес, который неоднократно цитировал его по разным поводам.

1 апреля: Откуда взялся Вий?



215 лет назад родился **Николай Васильевич Гоголь** (1809–1852), основоположник российской фэнтези («Вечера на хуторе близ Диканьки», «Нос», «Портрет» и др.) и хоррора («Вий», «Страшная месть»).

Как водится, и у самых известных авторов есть загадки, которые не так-то просто разгадать. У Гоголя такой загадкой стал Вий — персонаж одноименной повести с огромными веками, закрывающими его глаза. Этим странным персонажем занимались известные ученые: В.И. Абаев, Э.А. Грантовский, Г.М. Богард-Левин. Вия связывали

со скифскими корнями, параллели находили в кельтской мифологии, хотя в чистом виде нигде не встречается персонаж со всеми признаками, присущими гоголевскому Вию. У Стругацких в повестке «Понедельник начинается в субботу» Хрон Монадович Вий — начальник канцелярии.

1 апреля: Для чего мы живем на Земле?

85 лет назад родился **Валерий Михайлович Воскобойников** (р. 1939), прозаик и драматург, литературный наставник и соавтор Марии Семёновой, автор пьесы «Планета 111–200», романов «Война Владигора», «Повесть о неустрашимом Зигфриде и могущественных нибелунгах», «Блистательный Гильгамеш».



Автор более шестидесяти книг для детей так объяснял, для чего он живет на Земле среди людей (ответ на этот вопрос он увидел во сне): «Тогда-то я и понял насчет собственного предназначения и цели жизни каждого человека: любой из нас соединяет всех прошлых людей с людьми будущими и передает им всё то доброе, что было сделано раньше. У каждого человека на Земле есть своя такая цепочка. А все вместе эти сплетенные цепочки называются человечеством. Проснувшись, я уже знал, что рожден не зря. И еще я понял, что кем бы мы ни были, хоть писателями, хоть водопроводчиками или пастухами, главное наше дело — передавать всё доброе и хорошее в будущее время. Все мы — разные люди, каждый из нас — единственный человек во всей истории Вселенной. Никогда такого человека, как любой из нас, не было на Земле и не будет; нас разделяют далекие расстояния и многие годы, и всё же мы сильны, мы живы, когда все мы — вместе, когда сплетены в единое человечество».

2 апреля: Гамлет, ставший джедаем

110 лет назад родился **Алек Гиннесс де Кафф** (Alec Guinness De Cuffe, 1914–2000), английский актер, исполнитель ролей



Алек Гиннесс в роли Оби-Вана Кеноби

в кинофильмах «Человек в белом костюме» (Сидни Страттон), «Скрудж» (Призрак Джейкоба Марли), «Звездные войны» (Оби-Ван Кеноби), «Кафка» (Чиновник).

Алек Гиннесс дебютировал в театре Джона Гилгуда в 1938 году, где ему доверили играть Гамлета. К 1955 году его репутация в театральном мире была такова, что королева наградила его орденом Британской империи, а четыре года спустя произвела в рыцари. Но по иронии судьбы большинству кинозрителей он известен как джедай Оби-Ван Кеноби из «Звездных войн», роль которого принесла ему миллионы, хоть он и не был от нее в восторге. Зато цифровая архивная аудиозапись голоса Гиннеса использовалась в фильмах «Звездные войны: Пробуждение силы» и «Звездные войны: Скайуокер. Восход» уже после смерти актера.

2 апреля: Робот, физик, доктор, сумасшедший...

75 лет назад родился **Борис Григорьевич Плотников** (1949–2020), российский актер театра и кино, исполнитель ролей в спектаклях «Много шума из ничего» (Принц), «Копенгаген» (Вернер Гейзенберг), в кинофильмах «Дикая охота Стаха» (Андрей Белорецкий), «Дульсинея Тобосская» (Луис), «Сказка о Звездном мальчике» (Созвездник), «Жизнь Берлиоза» (Одоевский), «Лжец» (Робот-телепат Эрби), «Физики» (Мёбиус), «Собачьё сердце» (Доктор Борменталь), «Записки сумасшедшего» (Аксентий Иванович Поприщин, титулярный советник), «Вольф Мессинг: видевишй сквозь время» (Зигмунд Фрейд).



Борис Плотников в роли доктора Борментале

Борис Плотников дебютировал в кино в фильме Ларисы Шепитько «Восхождение», где исполнил роль Сотникова, принесшую ему всеобщую известность. А роль доктора Борментале в «Собачьё сердце» хоть и бледнеет рядом с Филиппом Филипповичем Преображенским в исполнении Евгения Евстигнеева и Полиграфом Полиграфовичем Шариковым — Владимиром Толоконниковым, но весьма достойно вписывается в этот актерский состав.

Владимир Борисов

Окончание. Начало см. на стр. 12–13

легкие аксионы и слабореагирующие массивные частицы (вимпы). Члены комитета в принципе считают необходимым разрабатывать и строить для поиска вимпов новое (третье) поколение детекторов, однако признают, что полномасштабная реализация этой цели может оказаться слишком затратной. В качестве минимально приемлемой программы они рекомендуют запуск (скорее всего, не ранее 2032 года) на территории США одного детектора третьего поколения стоимостью от 200 до 500 млн долл., предпочтительно с широким международным участием. Они также считают крайне желательной модернизацию антарктической нейтринной обсерватории Ice Cube, которая десятикратно повысит ее чувствительность. Оценочная стоимость этого проекта, который предполагается осуществить к 2034 году, приближается к 500 млн долл.

Кроме того, авторы доклада возлагают большие надежды на осуществление эксперимента CMB-S4, предназначенного для долговременного прецизионного картирования микроволнового реликтового излучения. Эта задача будет решаться с помощью двенадцати телескопов с апертурой вплоть до шести метров, установленных на Южном полюсе и в чилийской пустыне Атакама. На них будет установлено 550 тыс. сверхпроводящих детекторов, которые смогут работать в течение семи-десяти лет, начиная приблизительно с 2030 года. Успешное осуществление этого проекта, который, согласно сегодняшним оценкам, обойдется в 800–900 млн долл., даст огромный массив космологической и астрофизической информации. Она будет дополнена данными с новых крупных оптических обсерваторий, включая Обсерваторию имени Веры Рубин с 840-сантиметровым телескопом, который, как ожидается, увидит первый свет в начале 2025 года. Члены комитета также много ждут от работы уникального спектрографа DESI, установленного на четырехметровом телескопе имени Николаса Майалла Национальной обсерватории Китт-Пик в штате Аризона. Он собирает информацию об оптических спектрах 35 млн галактик и почти 2,5 млн квазаров, возникших в течение первых трех миллиардов лет после Большого взрыва. Эти данные позволят уточнить темпы расширения космического пространства на разных этапах истории Вселенной и тем самым будут способствовать лучшему пониманию феномена темной энергии.

В докладе комитета P5 также перечислено немало проектов экспериментов среднего и малого масштаба (стоимостью до 35 млн долл.), которые также могут способствовать реализации основных задач, сформулированных в его преамбуле. В целом доклад предлагает достаточно широкую долговременную перспективу будущих исследований в области физики частиц, астрофизики и космологии. Можно не сомневаться, что она будет детально обсуждаться как руководством Министерства энергетики США, которое в лице своего Консультативного комитета по физике высоких энергий (High Energy Physics Advisory Panel) является адресатом доклада, так и научными кругами. Вопрос о том, что именно и когда удастся осуществить, пока задавать преждевременно.

Заключение

Вот закончена вся тема.

Наум Коржавин

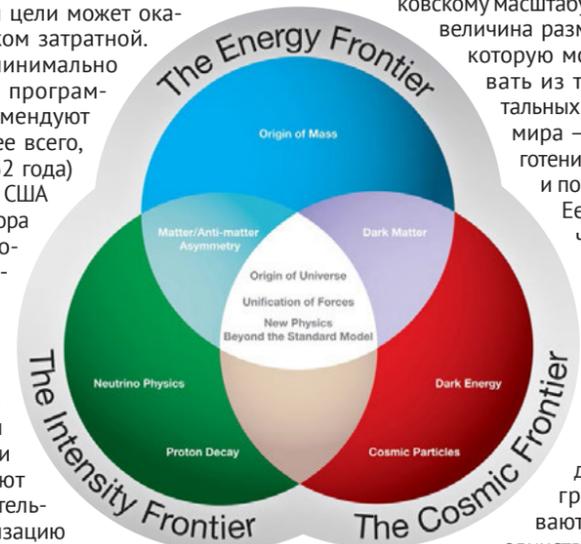
Тема действительно закончена, можно подбить итоги.

Стандартная модель элементарных частиц, великолепное творение Марри Гелл-Манна, Шелдона Глэшоу, Стивена Вайнберга, Абдуса Салама и еще целой плеяды блестящих ученых, имеет собственную область при-

менения, очерченную определенными границами. СМ прекрасно описывает взаимодействия между кварками и лептонами на дистанциях порядка 10^{-17} м (1% диаметра протона), которые можно исследовать на современных ускорителях. Однако она буксует уже на расстояниях в 10^{-18} м и тем более не обеспечивает продвижения к планковскому масштабу. Так называется величина размерности длины, которую можно скомпоновать из трех фундаментальных констант нашего мира — постоянной тяготения, скорости света и постоянной Планка. Ее численное значение приблизительно равно $1,6162 \times 10^{-35}$ м. Считается, что именно на этом пространственном масштабе все фундаментальные взаимодействия, включая гравитацию, сливаются в квантовом единстве.

В принципе, нет никаких оснований сомневаться, что на смену СМ когда-нибудь придет более полная теория, которая, скорее всего, тоже не станет последней и окончательной. Разумеется, никто не знает, когда это произойдет и произойдет ли вообще. Не исключено, что у теоретиков по большому счету пока мало или вообще нет разумных предложений по этой части, и мяч сейчас находится на поле экспериментаторов. В четырнадцатой и двадцать первой главах я кратко упомянул проект гигантской машины International Linear Collider, которую предполагают построить в Японии, но ее судьба совершенно неясна. Китайские физики несколько лет назад спроектировали гигантский кольцевой электронно-позитронный суперколлайдер, способный разгонять частицы до энергий столкновения порядка 240 ГэВ в системе центра масс. Согласно плану, его строительство начнется в провинции Хэфэй в 2026 году, а ввод в действие состоится пятью годами позже (конечно, если власти КНР оперативно профинансируют этот проект, который, по всем прогнозам, обойдется более чем в 5 млрд долл.). Такая машина предоставит небывалую возможность для получения тяжелых кварков, лептонов и бозонов Хиггса и исследования их взаимодействий. А это, в свою очередь, повысит шансы открытия физических эффектов вне рамок Стандартной модели. Более того, из некоторых суперсимметричных теорий следует, что массы наиболее легких суперпартнеров заряженных лептонов могут составлять около 100 ГэВ. Конечно, энергетические возможности БАК гораздо выше, но на нем такие частицы практически невозможно детектировать из-за фоновых эффектов. Электрон-позитронные столкновения дают гораздо меньше отходов, и с их помощью эти частицы обнаружить много легче.

В Институте физики высоких энергий Академии наук КНР уже обсуждается возможность последующей реконструкции электрон-позитронного суперколлайдера в протон-протонный с суммарной энергией в системе центра масс порядка 100 ТэВ — в семь с лишним раз большей, нежели у БАК в его нынешней модификации. В России также существуют планы постройки мощного электрон-позитронного коллайдера в Новосибирске на базе Института ядерной физики имени Г.И. Будкера. Конечно, реальные шансы на воплощение этих машин в железе зависят от многих труднопредсказуемых факторов — и отнюдь не только финансовых. Особенно в наше, мягко говоря, непростое время. Было бы очень соблазнительно уверовать, что будущее светло и прекрасно, но лучше всё же проявить здоровый скептицизм и, как писал великий поэт Александр Галич, не верить ни в чистое небо, ни в улыбки сиятельных лиц (в том числе тех, кто распределяет фонды на научные исследования). И всё же очень хочется надеяться, что блистательный прогресс физики частиц, который сопровождал ее в течение последних десятилетий, не только не остановится, но и не слишком затормозится. Dixi! ♦



— Не похож ты на рыцаря, — сказала левая голова дракона и пустила слезу из левого глаза.

— И на мытаря не похож, — констатировала правая голова и сплюнула через левое плечо. Средняя голова промолчала, только посмотрела на меня внимательно и ожидающе. К ней я и обратился, надеясь, что хотя бы она хоть как-то разбирается не только в рыцарях и мытарях. Может, в ее памяти сохранилось что-то с того времени...

— Во исполнение приказа, — сказал я, глядя средней голове промеж глаз. — Старший научный сотрудник Института Ковариантных Систем.

— Чаво? — спросила левая голова.

— В каком смысле? — поинтересовалась правая.

Средняя широко раскрыла оба глаза и с надеждой сказала:

— И-Ка-Эс.

Обе крайние головы удивленно посмотрели на среднюю.

— Икс, — подтвердил я.

— Ох, — грустно сказала средняя голова. — Как долго я тебя ждала. Ох, как же долго я ждала тебя...

— Не мог я раньше, извини.

Мне действительно было жаль. Мог, конечно. Но дела... Заботы... Главное: разница в ходе времени...

— Ты о чем? — с подозрением спросила левая голова среднюю.

— Что еще за икс такой? — голосом провинциального полицейского спросила правая.

— Присядем, — предложил я. — И поговорим.

— Присесть всегда успеешь, — голосом провинциального прокурора сказала левая голова.

Средняя промолчала. Похоже, она начала что-то подозревать. Все-таки кое-какие общие воспоминания у них могли сохраниться.

Мы присели. Я — на камень, дракон — на собственный хвост.

И я начал.

В ИКС я пришел после окончания аспирантуры. Диссертацию, впрочем, защищать не стал — интереснее было заниматься «полевыми исследованиями», чем теоретическими разработками. И сразу попал в группу Пуделя. Иван Моисеевич тогда тоже был молод, всего лет на десять старше меня, но уже не только подавал надежды, но успел от кое-каких надежд избавиться. Короче — знал жизнь.

— Драконов видел? — спросил он, прочитав мой документ.

— Никак нет, — бодро ответил я. — Читал, конечно. Фэнтезийные миры. Существуют в литературе. Интересно, но... не захватывает.

— Ох уж эти кабинетные ученые, — пробормотал Пудель. — В литературе, значит... На «Трюмо» работать приходилось?

— Теорию знаю, а практически... хм...

— Ох уж эти... — начал Пудель и махнул рукой. — Прочитай инструкцию для начала. Завтра придешь.

«Трюмо», чтоб вы знали — аппарат с тремя зеркалами, действительно похожий на трюмо века этак восемнадцатого. Столик, три зеркала под разными углами, садишься, выбираешь по каталогу объект, созданный нейросетью, — и вперед. Если получится что-то жизнеспособное — объект распечатывают на 3D-принтере и выпускают в какой-нибудь из фэнтезийных миров.

С такими знаниями я и пришел на следующее утро к Пуделю.

— Всё познается на практике, — сказал он. — Комната восемь, техника зовут Жорик, он тебе покажет.

Техника, как оказалось, звали Сонечка, и я больше пиялился на ее изумительный бюст, чем слушал объяснения.

— Всё ясно? — спросила Сонечка, не реагируя на мои страждущие взгляды. — Приступайте.

Ну и ладно. Я приступил.

Сел перед «трюмо», дал нейросети входные (от балды, конечно), и в трех зеркалах явились мне, естественно, мои отражения — анфас и в профиль: слева и справа. По инструкции. Я себе понравился. Я всегда нравлюсь себе в зеркале. В жизни — редко.

Пробежал пальцами по клавишам, задавая начальные и граничные условия однопараметрической задачи, чтоб было попроще, и запустил процесс. Нейросеть показала в зеркалах три одинаковых изображения меня с затылка — мол, в путь, дорогой друг. На затылке я увидел у себя небольшую плешь, о которой не подозревал, и огорчился, понятное дело.



Трюмо

Фантастический рассказ
Павла Амнуэля



— Результат будет готов через трое суток реального времени, — сообщила нейросеть моим голосом, который я всегда терпеть не мог. — Эволюционное время рассчитывается в процессе эволюции.

Естественно, как иначе?

И я пошел заниматься другими делами. Искать буфет.

Результат я увидел через три дня. Собственно, мне напомнили, сам я забыл, конечно. Двое суток уговаривал Сонечку пойти со мной на представление Летучего театра Момзена. На третий день она согласилась, и мы отправились. Ну, вы же видели это представление: оторваться невозможно, а думать не обязательно. Когда всё закончилось, мы с Сонечкой, естественно, поехали к ней выпить по чашечке кофе, и проснулся я утром часов в одиннадцать с ощущением, что я что-то должен был сделать. Я бы и не вспомнил, но в полдень позвонила нейросеть и мягко напомнила, что результат меня ждет в комнате восемь, «трюмо» семнадцать.

Результат... О, Господи.

Что я наделал... «Суха, мой друг, теория везде, но пышно зеленеет жизни древо...»

Я сидел перед зеркалами «трюмо», и у меня дрожали пальцы.

Как я буду докладывать Пуделю?

Такого просто быть не могло! Такого никогда не было, и вот опять...

Как и сказано было в условии задачи, нейросеть распечатала и пустила в фэнтезийный мир обычного дракона, каких там и без моего было, согласно статистике, двести девяносто тысяч триста восемьдесят семь. И всё было бы хорошо, но когда «трюмо» показало мне в зеркалах затылок, я почему-то решил, что это мой затылок с трех позиций, и даже огорчился, увидев плешь, о которой не подозревал.

На самом деле...

Это был затылок созданного дракона. И это действительно были бы всего лишь три проекции одной головы, но я нажал Enter, и в результате...

Одна голова получила возможность вступить в битву с богатырем Амальгамом и победила

его, пыхнув огнем, когда богатырь выходил из нужника, натягивая штаны. Победу засчитали, но Амальгам на всю жизнь сохранил такую ненависть к моему дракону, что кушать не мог, и в результате умер от голода.

Жизнь другой головы оказалась ужасной, она решила прославиться и предлагала поединку всем прочим драконам — одному за другим, согласно паспортному номеру. Все поединки она проиграла, поскольку ей мешала первая голова, находившаяся, конечно, в параллельном пространстве, а потому вторая голова о первой даже не подозревала, но ведь из-за интерференции миров влияние первой головы на вторую не могло не сказываться самым печальным образом.

Третья голова догадывалась о существовании двух других, но вынуждена была принимать собственные решения, поскольку я-то задал в начальных условиях обычные уравнения Шрёдингера с независимыми параметрами. Третья голова всё время подсознательно ощущала присутствие в жизни чего-то этакое... не названного... непонятого и неприятного... Хуже всего — когда подозреваешь, что тебе постоянно ставят палки в колеса, то есть все твои решения подвергаются сомнению, и некие внутренние голоса всё время шепчут: «Не делай, не делай...»

А она всё равно делала.

Бедняга дракон! Он проживал три жизни сразу! Он хотел бежать одновременно вперед, назад и вбок. Он одновременно хотел пить, спать и играть в «драконью улыбку». Он хотел драться до последней капли крови противника, читать книгу по истории цивилизации драконов и ловить маленьких динозавриков на берегу реки Лимпопо.

Он был уникалом и изгоем. Он был всем известен, никому не нужен, никто его не любил, и ни одна дракониха не желала не только заводиться с ним дракончиков, но даже заводиться разговоры о возможном потомстве — нет у драконов большего унижения!

Из-за моей ошибки у дракона отросли три головы. Три независимых головы на одном теле, причем каждая голова существовала в собственной уникальной реальности, и только тело от шеи до хвоста было общим, и как же ему приходилось изворачиваться, чтобы выполнять команды, приходившие от трех мозгов одновременно.

Stable Diffusion

Я представить не мог, как существовали одновременно три независимых сюжета жизни при одном-единственном теле.

Но хуже всего было даже не это. Ведь во всех фэнтезийных мирах, хочешь-не хочешь, но действовал закон естественного отбора! И за трое суток, что я провел в обществе Сонечки, в фэнтезийном мультиверсе миновали тридцать три столетия! Тридцать три столетия борьбы за существование и за место под солнцем.

— Нет, не возьму я вас в свою группу, — со вздохом сказал профессор Пудель, просмотрев мой «творческий альбом». — Вы, черт возьми, изменили все фэнтезийные миры! Все! Это ж надо суметь!

— Да, я такой, — скромно пробормотал я.

— Во всех мирах три дня назад по нашему и тридцать три века по фэнтезийному времени мирно жили, паслись и спаривались нормальные драконы, и у каждого была одна-единственная голова. Как и положено по эволюционной генетике. Из-за вашей... м-м-м...

— Глупости, — подсказал я.

— Из-за вашего буйного воображения! Эволюция пошла по пути совмещения свойств! И теперь по фэнтезийным мирам бродят трехголовые драконы! Они плюют огнем! Они вызывают на поединки всех, даже королей и дворников! О рыцарях уж и не говорю! Всех рыцарей драконы убили, а многих съели!

— Но... — позволил я себе перебить профессора. — Этого быть никак не могло! Ведь никто не желал с моим трехглавым... э-э-э... заводить семейные отношения...

— Спариваться! — вскричал Пудель.

— Ну... да. Как же могло появиться племя трехглавых?

— Вы действительно не понимаете? — с недоверием спросил профессор. — Вы что, и генетику в своем университете не изучали?

— Ну...

— Понятно. О параллельном переносе генов не слышали?

— Э-э-э...

— О параллельном переносе генетической информации в параллельных мирах, — уточнил профессор.

— А-а-а... Да.

— В одной-единственной вселенной, — мрачно сказал профессор, — ничего такого не произошло бы. Но вселенных множество! И они взаимодействуют! И гены переносятся не только при спаривании особей, но...

— Ах! — воскликнул я. — Воспомини! Активные гены переносятся из мира в мир воздушно-капельным путем, а рецессивные не способны пересечь межмировые границы, это мы проходили на...

— И вы прошли мимо!

Я вздохнул.

— Идите, — с отвращением сказал Пудель. — Идите к вашему дракону, этому отцу-основателю трехголовых, идите и извинитесь за то, что вы сотворили с мирными фэнтезийными мирами. И пусть вас спалит первая голова, съест вторая и выплюнет третья. А здесь чтоб я вас больше не видел!

Я поспешил ретироваться.

И что хуже всего: Сонечка тоже не пожелала меня видеть. Женщины не любят неудачников...

— Вот так, — закончил я рассказ. — Прошу прощения...

Я поклонился правой голове, похлопал по шее вторую, а средняя посмотрела мне в глаза так пронзительно, что меня будто горячей иглой прошило, и я отвел взгляд.

— Прощения он просит, — буркнула средняя голова.

— Да ладно, — сказала вторая. — Мы ведь теперь тут главные.

— И всех рыцарей на своем хвосте вертим, — хихикнула третья.

Все три головы подняли морды кверху и затянули драконью песню:

*Трехголовый дракон, три твои головы
Всем довольны, и мысли твои таковы,
Что никто и нигде не сравнится с тобой,
Всех, и даже людей, мы ведем на убий!*

Я содрогнулся и отошел на шаг. Настала эра трехголовых драконов.

Я поднял меч и стал рубить головы. Одну за другой.

Они мгновенно отрастали (параллельный перенос генов в действии!), но я всё равно рубил. Я вас породил, я вас и убью.

Я этим занимаюсь и сейчас.

Мое имя — Ланселот. ♦

Органчик, организм,
музыкальный инструмент

Даже тот, кто читал Салтыкова-Щедрина только в школе, помнит образ из «Истории одного года» — органчик в съёмной голове градоначальника Дементия Варламовича Брудастого: «В прошлом году, зимой, — не помню, какого числа и месяца, — был разбужен в ночи, отправился я, в сопровождении полицейского десятого, к градоначальнику нашему, Дементию Варламовичу, и, пришед, застал его сидящим и головою то в ту, то в другую сторону мерно помахивающим. Обеспамятев от страха и притом будучи отягощен спиртными напитками, стоял я безмолвен у порога, как вдруг господин градоначальник поманил меня рукою к себе и подает мне бумажку. На бумажке я прочитал: „Не удивляйся, но попорченное исправь“. После того господин градоначальник снял с себя собственную голову и подает ее мне. Рассмотрев ближе лежащий предо мной ящик, я нашел, что он заключает в одном углу небольшой органчик, могущий исполнять некоторые нетрудные музыкальные пьесы. Пьес этих было две: „разорю!“ и „не потерплю!“. Но так как в дороге голова несколько отсырела, то на валике некоторые колки расшатались, а другие и совсем повывали. От этого самого господин градоначальник не мог говорить внятно, или же говорили с пропуском букв и слогов»¹.

Эта фантазия отсылает и к идее механизма как сочетания органов, каждый из которых выполняет только одну функцию, и к идее органа как любого музыкального инструмента, проигрывателя готовой мелодии. Мы знаем, что романтическая эпоха любила противопоставлять механическое и органическое, механическое как простое сочетание элементов, каждый из которых равен себе, и органическое — как творческое соединение элементов, в котором каждый раскрывает свой талант. Механизм просто работает, а организм дрожит, расцветает, переплескивается через себя живыми реакциями на происходящее. Салтыков-Щедрин как реалист скептически относится к этому романтическому разделению: организм это или механизм, а социальные эффекты оказываются одними и теми же.

Органчик, искусственная голова, произносящая «Не потерплю!» и «Разорю!», — это не просто шарманка. В этой голове есть спонтанность, неожиданное срабатывание — нельзя сказать, что бюрократ так уж непосредственно реагирует на раздражение. Скорее это система отсроченных реакций. Внешне поведение градоначальника напоминает то, что сейчас называют «менеджментом чайки»: налететь, обругать исполнителей и заставить их работать лучше. Но такое сочетание импровизации и произвола напомним нам как раз о романтической идее органического государства.

Еще до становления государственного устройства индивидуальное тело отталкивало тело социальное, как сообщает нам сказка африканского народа гурманче: «Когда рот умер, у других частей тела спросили, которая из них возьмет за погребение»². Раздельность и разнородность органов обрело единство в установлении государства, и романтики слишком поспешно поверили в это единство.

Органическое государство, замкнутое, не реагирующее на раздражения прямо, но умеющее поддерживать свои правовые и экономические институты, было мечтой многих немецких романтиков. Скупому и слишком гладкому, как механизма Декарта, государству Наполеона с его лаконичным гражданским кодексом немецкие романтики противопоставляли органическое право, прямо вытекающее из местных немецких условий и местных способов хозяйствования. Фихте мечтал о замкнутом торговом государстве, которое не тратится на выяснение отношений с соседями, но рассчитывает, какие именно институты, какие отрасли промышленности и сельского хозяйства развивать. Это замкнутое торговое государство органично: оно развивается, расцветает, растет как здоровый и полный сил организм. Оно отличается от французской механики экспансии, где везде насаждаются одни и те же порядки, и Наполеон и в Египте, и в России видит только зеркало своей славы, механическое воспроизведение его собственного облика, а не органический рост самосознания его народа.

Можно много говорить о Фихте, но наш главный герой — Новалис. Именно он изобрел слово

Музыкальная шкатулка

ПОЛИТОЛОГИИ

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



Александр Марков

«романтика», понимая его как науку, науку жить как в романе, по образцу слова «физика» — наука о жизни в природе. Быть романтиком означало познать законы романа, которым является и вся наша жизнь, и вся мировая история. В опубликованном постмортно романе «Генрих фон Офтердинген», созданном около 1800 года, Новалис дает мистическое обоснование монархии как поэтического искусства и одновременно своеобразной режиссуры, дирижирования органическим и неорганическим миром. Противоположность организма и механизма снимается монархом (он же жрец, он же законодатель), который не ставит никаких границ, как это делали настоящие древние жрецы и законодатели. Напротив, он размывает границы между миром растений, миром животных и миром людей, он заставляет всех жить по поэтическим законам, пока его пророчества, его песни, его направляющие слова звучат, сама природа развивается и развивается государство, как цветок, лелеемый природой: «В старые времена вся природа была, вероятно, более живой и восприимчивой, чем в наше время. Многие, что теперь, кажется, едва замечают даже звери и что чувствуют и с наслаждением воспринимают только люди, в то время ощущалось даже бездушными предметами; поэтому люди, обладавшие высоким художественным даром, создавали тогда много такого, что нам теперь кажется невероятным и сказочным. Так, в древние времена, в пределах теперешнего греческого государства, как нам рассказывали путешественники, слышавшие еще там эти предания в простом народе, были поэты, пробуждавшие дивными звуками волшебных инструментов тайную жизнь лесов, духов, спрятанных в стволах деревьев; они оживляли мертвые семена растений в диких местностях и создавали там цветущие сады, укрощали зверей, смягчали нравы дикарей, вызывали в них кроткие чувства, насаждали мирные искусства, превращали стремительные потоки в тихие воды и даже увлекали мертвые камни в стройные движения мерного танца. Говорят, они были одновременно прорицателями и жрецами, законодателями и врачами: своим волшебством они вызывали высшие существа, которые открывали им тайны грядущего, гармонию и естественный строй всего земного, а также свойства и целебные силы чистел, растений и всех существ»³.

Указ как дирижерская палочка

Мы бы назвали таких монархов модераторами, вряд ли дирижерами. Во времена Новалиса еще не было дирижерской палочки, ее применил в 1810 году Людвиг Шпор, сначала просто скатывал лист бумаги. Шпор был противником заучивания партий наизусть, считая, что в музыке должно быть место импровизации. Он выходил к оркестру как просвещенный законодатель, который нес в руке свиток, регулирующий жизнь людей. Здесь разграничение механического и органического уже было: органично чувствовать музыку, ее не надо воспроизводить механически. Но механизм дирижерской палочки выглядел уж очень соблазнительно, и, например, Гоголь приписал Пушкину такое рассуждение: «Зачем нужно, — говорил он, — чтобы один из нас стал выше всех и даже выше самого закона? Затем, что закон — дерево; в законе слышит человек что-то жесткое и небратское. С одним буквальным исполнением закона недалеко уйдешь; нарушить же или не исполнить его никто из нас не должен; для этого-то и нужна высшая милость, умягчающая закон, которая может явиться людям только в одной полномочной власти. Государство без полномочного монарха — автомат: много-много, если оно достигнет того, до чего достигли Соединенные Штаты. А что такое Соединенные Штаты? Мертвечина; человек в них выветрился до того, что и выведенного яйца не стоит. Государство без полномочного монарха то же, что оркестр без капельмейстера: как ни хороши будь все музыканты, но, если нет среди них одного такого, который бы движеньем палочки всему подавал знак, нуку-



Оксана Штайн

ды не пойдет концерт. А кажется, он сам ничего не делает, не играет ни на каком инструменте, только слегка помахивает палочкой да поглядывает на всех, и уже один взгляд его достаточен на то, чтобы умягчить, в том и другом месте, какой-нибудь шершавый звук, который испустил бы иной дурак-барабан или неуклюжий тулумбас. При нем и мастерская скрипка не смеет слишком разгуляться на счет других: блюдет он общий строй, всего оживитель, „верховодец верховного согласия!“⁴.



Антуан Ватто. Савояр с сурком. 1716 год

Итак, получается, что органическая импровизация инструментов может привести к ошибкам, а дирижер аккуратно исправляет ошибки, предотвращает от увлечений. Пушкин в изложении Гоголя противопоставляет однократному учреждению демократических институтов в США импровизацию, иногда рискованную, а дирижер для него — некоторая фигура милости, щедрости, которая и позволяет механизму стать как организм, а организм превратиться в общий источник милости. При этом монарх оказывается распорядителем автомата, только в субъективном мнении каждого отдельно государственного деятеля он сам органичен, а не механичен. Гоголь далеко уже ушел от Новалиса — органическое для него не объективно, а субъективно, и он рассчитывает только на милость монарха как животворную, как содержащую те эффекты письма (например, указов), которые и создают норму милости. Монарх для него — инженер и ритор одновременно.

Как и Гоголь, мыслил Одоевский в сказке «Городок в табакерке» (1834), написанной примерно тогда же, когда Гоголь мог услышать и по-своему пересказать рассуждение Пушкина. Только во сне молоточки и валик чувствуют себя организмами, на самом деле они — механизмы. У Одоевского, конечно, отец мальчика — метафора монарха: он может объяснить, как устроена шкатулка, со временем, а значит, может чинить и регулировать государственную шкатулку. Здесь государственничество подчинено философии времени.

Салтыков-Щедрин показывает мир Одного Города, где нет инженерного дела, потому что глуповцы и так довольны жизнью, но нет и риторики, потому что с самого начала люди принимают свою судьбу как должную. Как только инженерное и риторское дело исчезли, романтический образ монарха превращается в реалистическую карикатуру на средней руки бюрократа. Он как бы погружает весь город в единый сон, где все видят перед собой губернатора, а на самом деле работает механический органчик. Даже когда он ломается и говорит «плю» вместо «не потерплю», сон не прекращается, прекращается только функционирование этого замкнутого торгового государства. Идеальному государству

Фихте и Новалиса снится сон во сне, завораживающий и неподвижный.

Но всегда ли романтический сон такой? Капельмейстер как персонаж встречается в сказках Гофмана. Он вершит и манипулирует, указывает. Так, архивариус Линдгорст показывает Ансельму любимый напиток капельмейстера Иоганнеса Крейслера: «зажженный арак, в который бросили немножко сахара», и испробовав напиток, Ансельм видит Атлантиду, совершенную страну.

Не значит ли это, что уже романтики понимали, что без благодарной чаши, без голубоглазого пунша друзей невозможно совершенное управление? Вместе видя сон, грезя наяву, романтики становились не утопистами, в чем обычно обвиняют декабристов и других мечтателей, а напротив, авторами вполне разумных проектов, в которых нет ничего от духа Органчика.

Но мой сурок со мной

Государство как коллективная телесность являет собой силу в цельности, единстве. Но сколько межгосударственных войн было в истории любой страны! Каждая часть как равнозначный субъект государственного тела несет в себе федеративные или унитарные принципы существования, и только тека близнецов напоминают конфедерацию. В «Сказках для вундеркиндов» Сигизмунда Кржижановского, сочиненных в 1920-е годы, одними из героев были «сбежавшие пальцы» пианиста Генриха Дорна. Это от природы холёные пальцы, привыкшие к слоновой кости концертных роялей. Таково было их положение в единстве организма. Однако, сбежав, они обрекли себя на грязь, скитальчество и отсутствие защиты: «Моросил дождь. Нужно было позаботиться о ночлеге. Пальцы, макая свою белую и тонкую кожу в лужи и канавы, медленно побрели, то спотыкаясь, то скользя вдоль мостовой»⁵. Так оказалось, что социальная жизнь государства не всегда благодарна, даже самая виртуозная игра пальцев может столкнуться с нищетой и неблагодарностью.

Противоположный этому образ закона благодарности в мире Кржижановского — эльф, который жил внутри виолончельной коробки и благодарил хозяина новыми мелодиями, записанными карандашом на нотной партитуре поутру за предоставленное жилье. Господин Флюэхтен приобрел благодаря эльфу имя в музыкальном мире и состояние. Успешные концерты в исполнении Флюэхтена восполнялись множеством цветов от поклонников и слушателей. Цветы любил эльф, огни напоминали ему о доме. Благодарность — это и есть быть у себя дома. Именно это бытие настоящее, а концерт, даже самый слаженный и успешный в государстве — только средство, которое не должно становиться целью.

Все мы помним песню Бетховена о Шарманщике и Сурке. История, как Сурок тынул жребий для всех граждан, повторяется песенным алгоритмом шарманки. Частные судьбы людей на бумажках в коробке Сурка встроены в механизм государства, коробка стоит на шарманке. Шарманка — это программируемый инструмент, и весь XVIII век школьная метафизика пытался создать общий код для философии, Лейбниц искал общий язык для всего человечества, с записью иероглифами, напоминающими иголки и дорожки шарманки.

Но шарманщик у Бетховена кочует — это главное! Государство по своей природе должно быть не органическим или механическим, а кочующим государством. Всюду, куда прибывал очно или письмами просвещенный Лейбниц, советник Петра I, там он и налаживал государство. И в этом налаживании нужно как странник прийти к себе домой, в дом своего зрения. Странничество в свое же зрение, за пределы занавесей сна — таков подлинный романтизм.

Самосознание и самоосознание — это не только зеркальное отражение, рефлексия, совесть, это, вспоминая песню Высоцкого «Як-истребитель», «тот, который во мне живет». В одном из фантастических рассказов Кржижановского зрачок и есть зеркало. В чужом зрачке живет «крохотный человечек», «умаленное подобие» глядящего — и рассказывает ему, кого встретил внутри. Самосознание народа как самоосознание себя — момент групповой (коллективной) или индивидуальной (персональной) идентификации. В зрачке каждого живого, глядящего на мир гражданина живет «умаленная копия» тирана дирижера. Нужно только вовремя его заметить, не отводя глаз, прийти смело к нему и поговорить — и тогда возникает настоящее гражданское действие. ♦

¹ Салтыков-Щедрин М.Е. Собр. соч. в 20 томах. Т. 8. — М.: Худ. лит.-ра, 1969.

² Чеснов Я.В. Лекции по исторической этнологии. — М.: Гардарики, 1998. С. 323.

³ Новалис. Генрих фон Офтердинген / Проза в пер. Зин. Венгеровой, стихи в пер. Вас. Вас. Гиппиуса. — Петербург: Гос. изд.-во, 1922 («Всемирная литература»).

⁴ Гоголь Н.В. Полн. собр. соч. Т. 8. Статьи. — М.: Изд.-во АН СССР, 1952. С. 253.

⁵ Кржижановский С.Д. Чужая тема. Собр. соч. Т. 1. — СПб.: Симпозиум, 2001. С. 76.

Строго говоря, книга Тома Хайэма отнюдь не про мир до нас. Если вы хотите узнать больше про жизнь наших далеких предков и их родичей, то вам явно не сюда, благо популярная палеоантропология, мягко говоря, не страдает от недостатка изданий, в том числе на русском языке. На мой взгляд, даже явно намечается кризис перепроизводства, когда новые, действительно интересные книги просто теряются в потоке не слишком качественной литературы. Впрочем, до того состояния, в котором пребывает популярная палеонтология вообще, с бесконечным потоком динозавров разной степени страшности и «кирпичами» разной степени безграмотности, палеоантропологии, по счастью, еще далеко (но не так далеко, как хотелось бы). Действительно хорошей литературы здесь и правда много, причем ищется она легко.

Вернусь, однако, к книге Хайэма. Да, внимание жизни древних представителей рода *Homo* он уделяет, но занимает его все-таки другое. Автору интересней разработка генетических методов исследования, новые способы выявления ДНК в древних останках и почве с места стоянок древних людей, обнаружения фрагментов, происходящих от гибридизации с другими эволюционными линиями человека и, наконец, исследования и выявление остатков древних белков и аминокислот. Картина благодаря этим методам, конечно, вырисовывается грандиозная, но для широкой аудитории сведения, собранные Хайэмом, будут скорее скучноваты. К тому же все-таки книга эта хотя и популярная, но требует от читателя некоторой подготовки: человек, имеющий совсем скромные познания в молекулярной биологии, рискует на ее страницах если не потеряться, то со временем перестать понимать, чем же одна методика исследования отличается от другой и как они вообще работают. Ко всему прочему Тома Хайэма, как, собственно, и многих практикующих ученых, сложно назвать мастером слова. Да, он очень старается заразить читателя собственным восторгом перед возможностями, которые новые методы открывают современным исследователям, и всё же язык его, на мой взгляд, несколько занудноват (впрочем, возможно, это специфика перевода, об оригинале я судить не берусь), байки же, которыми он снабжает свои истории (вроде рассказа про обморожения тестикул или про злоупотребление алкоголем накануне важного события) тоже сомнительны и не украшают текст.

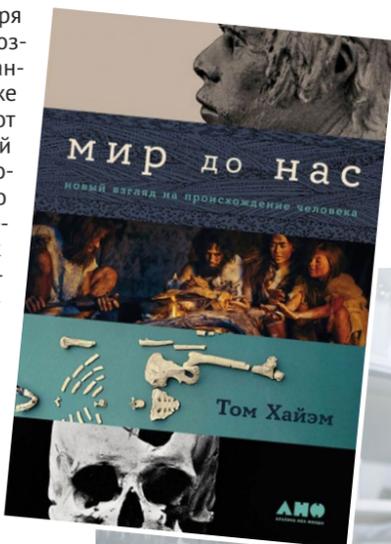
И всё же, перечислив все «но», не могу не назвать главный плюс книги, из-за которого ее стоит хотя бы взять в руки и пролистать, если вы действительно интересуетесь палеоантропологией и вопросами происхождения человечества: ее автор — настоящий ученый, причем ученый, отличающийся довольно смелыми взглядами. Его гипотезы как минимум интересны, хотя высказывать их он начинает только ближе к концу книги. Мысль о том, что гибридизация народов Новой Гвинеи и Австралии с денисовцами могла произойти не на евразийском материке и примыкающих к нему островах, а по ту сторону линии Уоллеса (линии, отделяющей фауны Австралии и ряда островов, никогда не становившихся частью Евразии даже при самом низком уровне океана), лично меня завораживает. Если предположения Хайэма верны, то в этом регионе возможны еще самые неожиданные открытия, которые могут сильнее всего обогатить наши знания об истории человечества (хотя острова Индийского и Тихого океана и так дают богатый материал для исследования), не говоря уже о том, что это в очередной раз подтверждает способность более древних видов людей (еще до появления сапиенсов) пересекать значительные водные преграды — даже несмотря на мощные океанические

Не мир, но ген

Юрий Угольников

В издательстве «Альпина нон-фикшн» вышел перевод книги Тома Хайэма, археолога родом из Новой Зеландии, около двух десятилетий работавшего в Оксфорде, ныне — профессора кафедры эволюционной антропологии Венского университета. «Автор этой книги, один из ведущих в мире специалистов по акселераторному радиоуглеродному датированию материалов из археологических раскопок, в последние 15 лет оказался в эпицентре невероятных открытий в области эволюционной антропологии относительно возможности изучения извлеченной из очень ранних ископаемых находок ДНК посредством усовершенствования лабораторных методов, позволяющих определить хронологический возраст этих находок и их принадлежность к роду *Homo*. Благодаря этим исследованиям кардинальным образом изменились взгляды ученых на процесс становления человечества. Читатель имеет

уникальную возможность узнать о том, как совершались эти открытия, заглянуть на «научную кухню» ведущих зарубежных лабораторий», — полагает Мария Медникова, научный редактор перевода, выполненного Андреем Гришным. Мы публикуем отзыв историка и литературного критика Юрия Угольникова, автора книги «Динозавры против млекопитающих».



Том Хайэм (univie.ac.at)

течения. Мысль о том, что странные черты *Homo floresiensis* могли быть не только результатом островной адаптации, но и предшествующей гибридизации их предков, также как минимум интересна. На данный момент ее сложно, почти невозможно проверить, ведь в условиях влажного тропического климата тех мест, где обитали флоресиенсы, ДНК сохраняется крайне плохо, но от этого сама гипотеза не перестает быть интересной.



Юрий Угольников

Указ не указ?

Уважаемая редакция!



Последние две недели были богаты на события, в том числе и радостные. В первую очередь я хочу вспомнить о том, что 3 апреля исполнилось 85 лет нашему великому ректору, Виктору Антоновичу Садовничему. Столь знаменательное событие не могло пройти мимо внимания самого Владимира Владимировича Путина, который поздравил юбиляра и подписал Указ о награждении нашего ректора званием Героя труда. Что полностью соответствует истине: Виктор Антонович, несмотря на почтенный возраст, продолжает героически трудиться на благо нашего университета, высшего образования и науки. Тем более, что у него уже есть орден «За заслуги перед Отечеством» всех степеней, да и другие ордена, то есть сложно чем-то действительно значимым его наградить.

Но даже в день рождения Виктор Антонович думает о деле. Он попросил президента помочь достроить беспрецедентный кампус МГУ за Ломоносовским проспектом, и Владимир Владимирович обещал обсудить этот вопрос. Конечно, это лишь формула вежливости: я знаю, кампус будет, я знаю, саду цвести, когда такие люди в стране российской есть!

Да, такие лидеры образования и науки, как Виктор Антонович и Михаил Валентинович, — это вдохновляющий пример для нашей молодежи в данных сферах, а Владимир Владимирович, которому народ недавно вновь доверил стоять у руля государства, — исключительно вдохновляющий пример служения Отечеству для всех жителей нашей страны!

Ах, если бы все трудились с такой самоотдачей и самоотверженностью, тогда наша страна не знала бы себе равных по темпам развития! Увы, не все в состоянии соответствовать столь высоким требованиям, из-за чего и пристокает множество проблем. Вот, говорят, что-то с Российским научным фондом происходит: народ жалуется, что грантов отдельных научных групп будет меньше, чем было, что сокращают финансирование фундаментальной науки. Да и руководителя РНФ ровно в день рождения Виктора Антоновича сменили: на смену Александру Витальевичу Хлунову, бывшему генеральным директором Фонда с момента основания, назначен ректор МИЭТ Беспалов Владимир Александрович.

Некоторые хихикают, что теперь МИЭТ станет гораздо успешнее участвовать в конкурсах РНФ, другие ноют, что, мол, РНФ начнет переориентироваться на разные прикладные работы в области микроэлектроники, столь нужные стране и Геннадию Яковлевичу Красникову.

Но я не так смотрю на это дело. Нужно ли замену гендиректора трактовать как свидетельство проблем в работе фонда или свидетельство того, что РНФ будет переориентироваться на прикладную тематику? Совершенно не обязательно! Подумайте, что скоро предстоит? Правильно, плановая отставка правительства, при этом неизбежно обновление состава министров, кроме того, возможны некоторые изменения в структуре правительства.

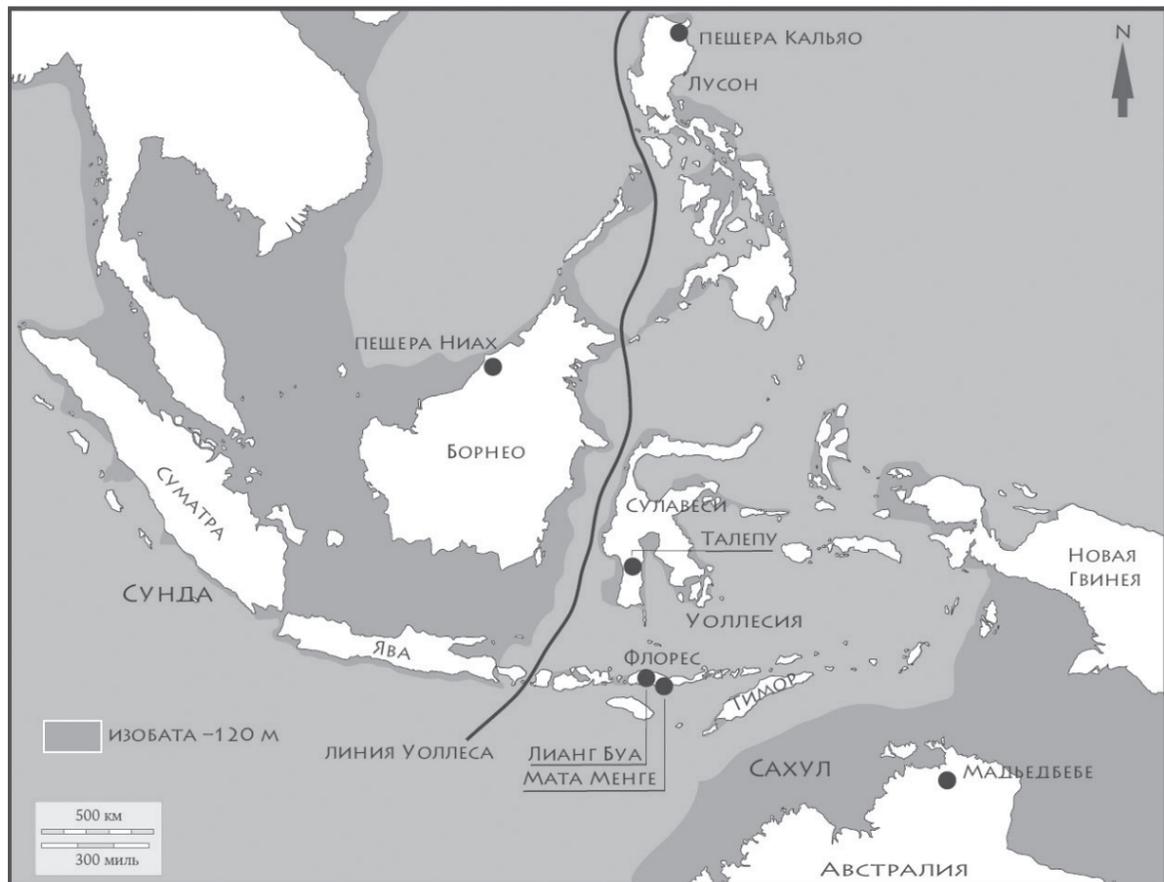
Не могу исключить, что успешно руководившему РНФ Александру Витальевичу предложат пост министра науки и высшего образования или — кто знает? — просто министра науки. Тем более, он был и заместителем министра науки и образования, и директором департамента науки, высоких технологий и образования правительства России, и начальником управления администрации президента по научно-образовательной политике. Очень богатый административный опыт! А перед новым назначением хорошо бы немного отдохнуть и набраться сил...

Что же касается переориентации РНФ на прикладные проекты, то и тут не стоит проявлять излишнего беспокойства: в конце марта президент дал поручение выделить РНФ дополнительные средства на организационную и финансовую поддержку фундаментальных и поисковых научных исследований. Вот так-то!

Правда, иные и насчет поручений президента задают вопросы. Один коллега недавно с недоумением спрашивал меня, как понимать такую ситуацию. Президент 28 февраля подписал Указ об утверждении новой редакции Стратегии научно-технологического развития, в которой говорится о необходимости довести внутренние затраты на исследования и разработки до 2% от ВВП к 2035 году, а на следующий день, выступая с посланием Федеральному собранию, сказал о необходимости выйти на 2% к 2030 году. И в дальнейшем подтвердил это своим поручением. Но ведь указ-то — более весомый документ, чем поручение. «Чем будет руководствоваться чиновники?» — вопрошал коллега.

Мой ответ был прост: это вопросы государственные, не нашего они ума дела. Чиновники и без нас разберутся.

Ваш Иван Экономов



В общем, книгу нельзя рекомендовать тем, кто лишь начинает изучать эволюцию человека, но если вы уже не новичок в этой области и базовые представления о биохимии (и интерес к ее методам) у вас имеются, то книга написана для вас. Несмотря на все «но», вы наверняка не пожалуете о потраченном на чтение времени. ♦

Места археологических раскопок и стоянки древних людей вблизи линии Уоллеса. В период между 30 тыс. и 80 тыс. лет назад уровень моря менялся в пределах от 50 до 120 м ниже современного. Изобата 120 м показывает максимальные размеры материков Сунда и Сахул в период понижения уровня моря



Вопросы ЖКХ в творчестве Агаты Кристи

Арсений Богатырёв, канд. ист. наук

Каждый эпизод знаменитого сериала «Пуаро Агаты Кристи» («Agatha Christie's Poirot»), где главную роль гениально сыграл Дэвид Суше, открывается сценой, в ходе которой великий сыщик в элегантном костюме, удаляясь от зрителя в конусах электрического света, оборачивается и приветственно снимает котелок. Весьма животрепещущая тема — проблемы жилищно-коммунального хозяйства, включая городское освещение, водоснабжение, электрификацию и прочее, — нашла себе место на страницах многочисленных творений леди Агаты¹. Процессы модернизации в ее времена затронули миллионы англичан: постепенно улучшались условия жизни, появлялись инновации как в научно-технической, так и бытовой сферах. Агата Кристи, почитательница Жюль Верна, живописующего комфорт скорого будущего, не могла не коснуться этого вопроса.

¹ trv-science.ru/tag/agata-kristi/

Квартирный вопрос

Эпоха Агаты Кристи — век городов, век нарастающей урбанизации. Характерной приметой любого элитного многоквартирного дома в Лондоне становится лифт. Значимость этого «пустышка» оценил телевизионный Пуаро, лишенный данного блага цивилизации в серии «Похищение премьер-министра» и вынужденный с трудом взбираться на нужный этаж. Рассказывая о приключениях бельгийского детектива, Кристи не слишком часто касается вопроса обустроенности его дома подъемными устройствами, однако в сериале мы не раз наблюдаем, как сыщик пользуется роскошным лифтом, доставляющим его прямо к фешенебельным апартаментам. Кабины подобных лифтов отличались изысканным дизайном, прорабатывались мельчайшие детали. Некоторые квартиры были оборудованы дополнительным подъемником для еды, которая доставлялась из расположенного внизу ресторана. С таким ноу-хау сталкиваемся в рассказе Кристи «Тайна смерти итальянского графа»¹. Лифт играет важную роль и в эпизоде «Квартира на четвертом этаже» — им пользуется преступник, который старается скрыться от стражей закона. Драматическая погоня, во время которой капитан Артур Гастингс, друг Пуаро, пытается догнать спускающуюся вниз кабину, стала истинной находкой сценариста и режиссера. Кроме того, дома эпохи Кристи были снабжены подъемным механизмом для угля, который располагался на кухне. Рассказ «Квартира на четвертом этаже» знакомит нас с устройством этого приспособления: шахта, подъемник, тросы и дверцы, прячущие механизм от чужих глаз. Лифтами оборудованы как жилые дома, так и разные учреждения, к примеру зубо-врачебная клиника мистера Морли в «Раз, два — пряжку застегни» («One, Two, Buckle My Shoe»)². Подъемная техника включалась в детективную интригу и другими авторами, например Джоном Стритом и Джоном Диксоном Карром в романе «Fatal Descent».

Одной из жизненно важных услуг сферы ЖКХ является утилизация отходов. Соответствующие службы тогда еще не были столь развиты, как сегодня, а свободно стоящие мусорные контейнеры то и дело посещали бродяги, копавшиеся в отходах, как это происходит в рассказе «Кони Диомеда»³. В сериале показано, что в дорогих многоквартирных домах существовала особая система сбора отходов, когда мусорные контейнеры транспортировались через специальную дверцу в коридор, а дальше их забирали уборщики. Однако в рассказе «Загадка дешевой квартиры» для утилизации отходов использовался тот же самый угольный подъ-

емник. Пуаро обращает внимание на недостаток этой схемы: хлипкую дверцу лифта могут легко использовать для проникновения в жилье: «Вот так мы и спустимся, словно мешки с мусором, — с самым жизнерадостным видом поясняет он, — и ни одна живая душа нас не заметит!»⁴

Закладные выходы также в немалой степени облегчали жизнь злоумышленникам. Так, пожарная лестница упомянута в истории рождественского преступления (знаменитая коллекция головоломных сюжетов с участием мисс Марпл «Тринадцать загадочных случаев»). «Неподалеку проходила пожарная лестница, стало быть, искать человека бессмысленно: он, конечно же, ушел по ней...»⁵ — размышлял Джордж Роулэнд в рассказе «Девушка в поезде». Впрочем, можно было воспользоваться и карнизом, как это делает тот же Джордж, копируя эпизод из детских воспоминаний Кристи, когда-то предпринявшей попытку перелезть в соседний гостиничный номер по неровностям стены. И если бы не бдительность одной бельгийской дамы, будущая писательница могла бы сорваться вниз⁶.

Чтобы хоть как-то обезопасить жителей многоквартирных домов от подозрительных личностей, за порядком бдительно следили неусыпные консьержи и швейцары. Помощь консьержа и управляющего была неоценимой для детектива, если нужно было вскрыть дверь в апартаменты жертвы — как в серии о смерти графа Фоскатини». В романе «Смерть в облаках» немаловажную роль играли показания консьержа, которые были «подшиты» к делу: «Опять у нас полиция! Тут только и жди неприятностей. Из-за вас у нашего дома будет плохая репутация»⁷. Действительно, этот персонал много знал о доме и его жильцах, мог поведать о той или иной персоне (вспомним серию «Родосский треугольник»). Особо состоятельные квартиросъемщики могли пользоваться услугами личных служанок и лакеев — камердинер был и у Эркюля Пуаро.

⁴ Кристи А. Пуаро ведет следствие, с. 412.

⁵ Кристи А. Тайна Листердейла: романы, рассказы. — М., 2003, с. 466.

⁶ Кристи А. Автобиография. — М., 2001, с. 80.

⁷ Кристи А. Смерть в облаках. — М., 2002, с. 101.



Тайна каминов

К услугам британского ЖКХ времен Агаты Кристи относится снабжение населения газом, водой и электричеством. Небольшая дискуссия о газификации вспыхивает в романе «Лощина» («The Hollow»)⁸. В викторианские времена газ использовался для освещения, его применяли как для готовки, так и для отопления — в газовых каминах. Газ —



Викторианский камин. 1880-е годы

не только безусловный помощник, но и опасная субстанция. Утечка газа, непреднамеренная или умышленная, становится большой проблемой. Страх по этому поводу терзали население с XIX века: и тогда боялись детонации газа, это даже стало темой для карикатур. Мучительная смерть от отравления газом показана в экранизации романа Кристи «Немой свидетель»; газ с целью причинения вреда применяется в «Убийстве в доме викария», «Убийстве в Месопотамии» и «Указующем персте» («The Moving Finger»). Как признается леди Агата в «Автобиографии», однажды испугавшись, что появившийся в помещении странный запах — это утечка газа, она вынуждена была перевернуть вверх ногами весь дом⁹. Впрочем, доставлявший немало беспокойства бытовой газ способен стать, как ни странно, и частью романтической обстановки¹⁰.



Агата Кристи на кухне. 1950-е годы (getsurrey.co.uk)

Газ использовался и для отопления. Тепло — важное условие комфортного существования бельгийского детектива, который может отказаться от дела (как это чуть было ни случилось в рассказе «Похищение королевского рубина»), если место происшествия не будет оборудовано отопительными приборами. Английские дома, как известно, традиционно отапливаются каминами. «Нет ничего лучше, чем горящие в камине дрова»¹¹, — уверен полковник Джонсон в романе «Убийство на Рождество». «Зажечь огонь в его камине»¹², — такими словами описывает романистка бурю чувств. Кристи ловко встраивает эту «пламенную любовь» британцев в детективные сюжеты, например в историю «Тайна замка Чимниз» (по-английски *chimneys* — «камины», «каминные трубы»). В телефильме о загадке Чимниз с участием Джулии Маккензи (мисс Марпл) мы видим, как кирпичная стена открывает вход в потайное помещение. Лежащим лицом на каминном газовом рожке обнаружили труп в деле «Желтого жасмина»; и именно камин поспособствовал смерти в романе «Берег удачи». Камин включен в план убийцы в романах «Загадка Ситтафорда», «Почему не позвали Уилби?» и «По направлению к нулю» («Towards Zero»); таинственные события связаны с камином и дымоходами в романе «Щелчки пальцем только раз» («By the Pricking of My Thumbs»).

Но Пуаро классические камины не подходят — они не дают необходимого ему тепла, и сыщик продолжает мерзнуть, дрожа от холода в серии «Тайна охотничьего дома». Откровенная нелюбовь детектива к такому способу обогрева должна была еще раз почеркнуть его иностранное происхождение. Мсье Эрколь «считал, что поджаривание пяток (кажется, так пытали в средние века) ничуть не спасет его от сквозняка, который холодил плечи»¹³. Он предпочитает современный электрический камин, ибо «одна лишь мысль о доме английской помещицы наполняет его «самыми мрачными опасениями»¹⁴. Температурный режим типичного британского помещения довольно аскетичный, и даже многочисленные камины и батареи (одну из которых, слегка обшарпанную, видим позади Суше в эпизоде «Корнуолльская тайна») не обеспечивали должного уровня теплового комфорта. Поэтому приходилось пользоваться грелками и бутылками с водой — ситуация, увы, знакомая и некоторым нашим соотечественникам. С другой стороны, в жилище бельгийца никаких проблем с отопительной системой, по всей видимости, не наблюдалось: в «Считалочке» (одном из эпизодов сериала) остановившийся у сыщика инспектор Джепп жестоко страдает от переизбытка тепла.

⁹ Кристи А. Автобиография, с. 557.

¹⁰ Кристи А. Тайна «Голубого поезда», с. 392.

¹¹ Кристи А. Убийство на Рождество. — М., 2002, с. 73.

¹² Кристи А. Тайна «Голубого поезда», с. 391.

Определенное представление о теплоснабжении английских домов, а также распространенности использования газа и угля в быту дает диалог между Джейн Плендерлейт и Пуаро в рассказе «Убийство в извозничьем дворе» («Murder in the Mews»):

— Когда вы разожгли камин, мадемуазель? — освещением он обычным дружелюбным тоном.
— Камин? — ее голос звучал резко. — Как только вернулась сегодня утром. <...>
— Да, естественно... А уголь уже был в очаге или вам пришлось самой его засыпать?
— Конечно, был. Мне осталось только поднести спичку. <...>
— А ваша подруга? В ее комнате я заметил только газовый камин.
— Единственный угольный камин — здесь, — машинально отозвалась Джейн Плендерлейт. — В других комнатах только газовые.

Определенное представление о теплоснабжении английских домов, а также распространенности использования газа и угля в быту дает диалог между Джейн Плендерлейт и Пуаро в рассказе «Убийство в извозничьем дворе» («Murder in the Mews»):

— Когда вы разожгли камин, мадемуазель? — освещением он обычным дружелюбным тоном.
— Камин? — ее голос звучал резко. — Как только вернулась сегодня утром. <...>
— Да, естественно... А уголь уже был в очаге или вам пришлось самой его засыпать?
— Конечно, был. Мне осталось только поднести спичку. <...>
— А ваша подруга? В ее комнате я заметил только газовый камин.
— Единственный угольный камин — здесь, — машинально отозвалась Джейн Плендерлейт. — В других комнатах только газовые.

¹³ Кристи А. Убийство на Рождество, с. 73.

¹⁴ Кристи А. Тайна «Голубого поезда», с. 435–436.

- А готовите вы тоже на газе?
- По-моему, в наши дни все так делают.
- Верно. Это экономит силы...¹⁵

Агата Кристи буль-буль

Водоснабжение и канализация — темы, которые, как показывает моя «Энциклопедия Эрkjюля Пуаро»¹⁶, не обошла стороной и «королева детектива». Звук текущей в ванной комнате воды становится немаловажной уликой в романе «Зло под солнцем», Пуаро же пытается ему довольно-таки комично подражать — «плюх-плюх»¹⁷. При этом горничная, Глэдис Нарракот (фамилия следователя из романа «Загадка Ситтафорда»), пойдя по стопам Шерлока Холмса, отметила любопытное акустическое явление — разницу между звуком, издаваемым водой, вытекающей из раковины, и водой, выливающейся из ванны:

- Вода в ванной была включена... как-то странно принимать ванну или душ почти в двенадцать дня. <...>
- Вы уверены, что это вытекала вода именно из ванны, не из раковины?
- О нет, сэр, я не могла ошибиться. Это же совсем другой звук!¹⁸

«Тайна ванной» заинтриговала героя рассказа «Девушка в поезде»¹⁹, а в серии «Осиное гнездо» увлекшийся фотографией Гастингс превращает помещение для банных процедур в фотолaborаторию. Любимым способом избавления от поднадоевших дам для преступника из «Карибской тайны» было утопление их в ванне.

У романистки остались впечатляющие детские воспоминания о викторианском ватерклозете — истинном украшении старомодного особняка: «Роскошное широкое сидение красного дерева. Сидя на нем, я чувствовала себя как Королева на троне... Я уходила туда с утра, чтобы проводить аудиенции, протягивать руку для поцелуев, и сидела до тех пор, пока не раздавался отчаянный стук в дверь: кто-то требовал, чтобы я немедленно уступила место...»²⁰ В серии «Дама в вуали» видно, что смывные бачки на тогдашних унитазах располагались довольно высоко от пола, и даже высокий капитан Гастингс с трудом мог дотянуться до смывного устройства. Между прочим, местом преступления в одном из «сенсационных» романов выдуман-

ной Кристи детективной писательницы Ариадны Оливер выступает канализация — «Убийство в канализационной трубе». Работы по приведению в порядок водоотводной системы могут сыграть роль алиби: в телефильме «Объявлено убийство» 1985 года героиня объясняет свое отсутствие необходимостью чистки засорившегося водостока.

Произведения Кристи фиксировали изменения, происходившие в области водоснабжения. Англия переходила от старинных ваннных комнат к современным технологиям, которые, впрочем, не вызывали неумного энтузиазма у приверженцев старины. В романе «Занавес: Последнее дело Пуаро» критикуются недостатки этой «модернизации», когда из крана с горячей водой течет вода лишь чуть теплая. «Повсюду ванны, краны, а что толку?»²¹ — негодует великий детектив.

В «Занавесе» бельгийский детектив и капитан Гастингс ностальгируют по огромным величественным ваннам, гудящим кранам, тазикам и кувшинам. Герои вспоминают «облака пара от единственного крана с горячей водой в единственной ванной комнате... где огромная ванна с боковыми стенками из красного дерева гордо возвышалась прямо в центре помещения!»²². Привыкшие к определенному уровню комфорта англичане искали его и в других странах, но не всегда находили — одна из героинь романа «Зло под солнцем» возмущается устройством санузлов на некоем курорте²³. В «Автобиографии» Кристи рассказывает, что сама слегка скучала по этим дарам цивилизации в археологических экспедициях, например в Ираке.

Дамаск, напротив, удивил ее чрезмерной оснащением банного помещения. Леди Агата вспоминала: «По стенам вокруг располагались восемь или девять вентилей и рычажков... На мгновение я ощутила тоску... по нормальной фарфоровой ванне с двумя кранами, на которых написано — „хол.“ и „гор.“»²⁴. «Удобства» вновь напомнили Кристи о себе, когда она побывала со своим вторым мужем, археологом Максом Мэллоуэном, в СССР. Макс, желая побриться, попытался объяснить гостиничной уборщице, чтобы та принесла горячей воды. Так и не добившись желаемого, он вынужден был признать свое полное и безоговорочное поражение²⁵.

²¹ Кристи А. Занавес. — СПб., 2001, с. 18.

²² Там же, с. 19.

²³ Кристи А. Зло под солнцем, с. 7.

²⁴ Кристи А. Автобиография, с. 437–438.

²⁵ Там же, с. 531–532.

Гастингс, Пуаро и лифт

Но и в «цивильной» Англии далеко не все могли похвастаться комфортабельной ванной, тем более в сельской местности. Виды благоустроенной ванной комнаты в фильме «Карибская тайна» 1989 года говорят нам о том, что на отдаленном карибском острове Барбадос есть то, чего не всегда найдешь на британском берегу. Даже в величественном особняке знати наличествовал лишь таз в умывальнике²⁶ — и никакой раковины с кранами. Наивысшая форма блаженства, по мнению героини «Лощины», выглядит примерно так: «Керамическая ванна, много горячей воды...»²⁷ Поэтому переоборудованная по последнему



Капитан Гастингс на фоне дверей, закрывающей угольный лифт



слову техники ванная комната Госсингтон-холла (исторический Gosington Hall находится в деревне Слимбридж, Глостершир) в романе «...И в трещинах зеркальный круг» («The Mirror Crack'd from Side to Side») привлекает пристальное внимание сельских дам. Ванны на ножках и на возвышении мелькнули в эпизоде «Тайна испанского сундука» сериала о Пуаро Агаты и в «Спящем убийстве» с Джоан Хиксон в роли мисс Марпл. Ванная комната Пуаро, на которую любуются в сериях «Двойная улика» и «Считалочка», даже имела биде — предмет, озадачивший инспектора Джеппа.

Короткое замыкание

Подходящие условия для жизни создавало и электричество. В сериале о Пуаро квартиру детектива озаряет сияние множества ламп, люстр, бра. Электроэнергия питает радио, холодильник, телефон, электрический дверной звонок. Миссис Фоллиат убеждена: «Молодежи требуются электрические уюты, кухонные приспособления, телевизоры и прочая техника»²⁸. Но электричество, как и в случае с газом, может быть опасным — в романе

²⁶ Кристи А. Подвиги Геракла, с. 372.

²⁷ Кристи А. Тайна «Голубого поезда», с. 305.

²⁸ Кристи А. Конец человеческой глупости, — М., 2003, с. 55.

«Большая четверка», как и в более раннем произведении Кристи «Слепой и смерть», человек убит электрическим разрядом (похожим образом использовал электрический ток и Джон Диксон Карр в романе «Читатель предупрежден»). Короткое замыкание, отключение света помогают злоумышленникам, творящим свои делишки под покровом мрака в рассказах «Тайна „Звезды Запада“» и «Квартира на четвертом этаже», в романах «Объявлено убийство», «Фокус с зеркалами» и «Хикори-дикори»²⁹. Экранизация «Би-Би-Си» романа «Фокус с зеркалами» (1991) знакомит нас с устройством распределительного щитка, снабженного предохранителями.

За все эти «излишества» нужно было, разумеется, платить. Когда стояла задача вывести страну из послевоенного хаоса Второй мировой войны, руководству Великобритании приходилось постоянно маневрировать, придумывая способы пополнения бюджета. В романах «Миссис Макгинти с жизнью рассталась» и «После похорон» звучит нотка недовольства — как растущими ценами, так и чехардой с квартплатами, устроенной правительством. По домам ходили специальные уполномоченные, проверявшие показания счетчиков, а также исправность «учетного» оборудования. Под маской проверяющих могли действовать и преступники, как это случилось, например, в романе «Конь бледный» («The Pale Horse»).

Больше всего денег пожирала английская кухня. Электричество поглощала разнообразная бытовая техника, газ и воду расходовали при приготовлении пищи. Кстати, кипящий чайник мог дать ощущение спокойствия и уюта в момент сильного

²⁹ «Забавлялся» с электричеством в своих романах «Восемь крошечных мечей» и «Человек без страха» и Джон Диксон Карр.

эмоционального напряжения³⁰. Распространение термического способа обработки пищи улучшило условия жизни, позволило победить некоторые болезни — ведь «в кипятке все микробы подымают, верно?»³¹. Разумеется, особенно внушительной была нагрузка на сети в многолюдных особняках английской аристократии. Кипучая кухонная жизнь изображена Кристи в «Похищении королевского рубина»: «Возле посудомойки суетились две тощие седовласые женщины, а девушка с волосами, похожими на паклю, сновала туда-сюда между посудомойкой и кухней...»³² Немало воды уходило и на поддержание чистоты. «И не много ли ты себе позволяешь, Джим, топчешься в своих сапожках по свежему линолеуму... Всё утро надраивала...» — распекает мужа очередная «хранительница домашнего очага»³³. Существовали также совершенно бесхозяйственные способы использования драгоценной влаги. Щедро тратили воду из шланга на обливание кошек хулиганы в романе Кристи «Часы»³⁴.

Вопросы ЖКХ органично вплелись Агатой Кристи в криминальную интригу ее историй. Почему бы и нет? Ведь многие британцы почитывали детективы как раз за принятием ванны (bathtub³⁵), да и сама леди Агата, большая любительница банных процедур, сочиняла свои сюжеты во время мытья посуды. Пуаро в сериале тоже частенько рассуждает о нюансах расследования у кухонной раковины. Пройдя огонь, воду и медные трубы, романистка «освоила профессии» газовщика, водопроводчика и электрика, что сделало ее сюжеты более изобретательными. Кристи в очередной раз подтверждает прописные истины: подлинный ужас притаился совсем рядом — в привычных бытовых вещах; бытовые же новшества облегчают жизнь как законопослушным гражданам, так и замышляющим недоброе. Однако наиболее полное раскрытие проблемы ЖКХ получили в произведениях не о мисс Марпл, а об Эрkjюле Пуаро, ибо даже в индустриальной Англии сельская местность оставалась во многом незатронутой благами цивилизации. ♦

³⁰ Кристи А. Берег удачи: роман. Мышеловка. Свидетель обвинения: пьесы. — М., 2004, с. 206.

³¹ Кристи А. Миссис Макгинти с жизнью рассталась. — М., 2003, с. 41.

³² Кристи А. Тайна «Голубого поезда», с. 462.

³³ Кристи А. Конец человеческой глупости, с. 215.

³⁴ Кристи А. Часы. — М., 2002, с. 93.

³⁵ Riley D., McAllister P., Cassidy B. The Bedside, Bathtub & Armchair Companion to Agatha Christie. — New York; London, 2001.



Старинная ванная комната, совмещенная с туалетом (XIX век)



Про весну

Александр Мещеряков

Между прочим, в землях по-позднее весна — время сумбурного цветения и перелива красок. В наших черно-белых широтах о ее наступлении поют ручьи. Главный ручей моей жизни сбегал от памятника Гоголю к тому месту, где от бульвара отстал Сивцев Вражек. Вода скучает по водопадам. В моем случае кораблем служила щепка поострее и поспортивнее. Мы устраивали соревнования по прохождению на скорость порожистого маршрута. Вода точила слежавшийся снег, прихватывала комочки грязи, обгоревшие спички, окурки, которые лепились в сорные плотинки. Щепка утыкалась в них, и тогда разрешалось легонько подтолкнуть ее. Пробив плотину, она увлекала за собой мутную струйку, которая подгоняла щепку до следующей запруды.

Добежать до Москвы-реки было тоже недолго. Я стоял на набережной; с другого берега, где располагалась кондитерская фабрика «Красный Октябрь», густо несло удушливым шоколадом, в черной воде дыбились льдины, они налезали друг на друга, стукались с оглушительным треском, нагоняли восторг и ужас.

После окончания водной стадии весна приступала к сухопутной части годового кольца. Размороженный пейзаж оживлялся краской: зеленел газон, зеленели кусты, деревья покрывались нежным пушком. Зимний спортивный инвентарь задвигался в углы, предварительно пронафталиненные шубы вешались в гардероб, заоконный воздух заполнялся веселеньким ситником, мельканием легких туфелек, обутых на стройные ножки в капроновых чулках со стрелкой. Мужские брюки светлели на глазах.

У метро «Кропоткинская» внезапно выставлялись сундуки с мороженым и тележки, из которых торчали стеклянные цилиндрические сифоны с темно-вишневым сиропом. Эти агрегаты управлялись толстыми тетеньками в белых халатах. Ты опорожнял безразмерный граненый стакан, пузырьки щекотали небо и небо, газ шибал в нос, сироп отзвывался сладкой отрыжкой. Тетенька хватала пустой стакан короткими пальцами, опрокидывала его дном вверх, нажимала краями на металлический круг с дырочками, из которых пару секунд неубедительно брызгало. От конвейерной мойки руки тетенок были чистыми-чистыми, что вряд ли можно сказать о стаканах.

На обнаженной земле мы чертили неаккуратный круг для игры в ножки. Складной перочинный ножик то ловко втыкался, то ударялся в камушек и безвольно падал. У кого-то земля прирастала, у кого-то убывала. Идеальная тренировка для будущих геополитиков. Девчонки же чертили на земле аккуратные квадратики — чтобы прыгать на упругой грибной ножке, играя в «классики». Девчонки прыгали, их белые бантики нежно дрожали при приземлении в нужный квадрат. Бешено крутились скакалки, мелькали разящие мячи «вышибал», узкие плечи бились в «петушином бою».

Путешествуя по газону в поисках первых шампиньонов, я обнаружил чудесного солдата, залежавшегося в земле с дореволюционных времен. Советские солдатики походили на истуканов с острова Пасхи — руки по швам, а этот был в авантажном кивере и делал изящный выпад штыком в сторону воображаемого противника. Мой одноклассник был практичнее меня и уговорил сменить солдата на пачку жвачки. Родители одноклассника работали за границей и имели доступ к американским прелестям. Я же, как и все остальные ребята, имел доступ только к вару и сосновой смоле, с помощью которых мы и удовлетворяли свой жевательный инстинкт. Инстинкт и вправду удовлетворялся, но вар со смолой не были предусмотрены для того, чтобы пускать из них пузыри. Это тебе не всамделишный bubble gum! В общем, я покрасовался пару дней на бульваре со своими пузырями до скончания пачки, а солдатик до сих пор красуется в коллекции моего одноклассника. Он стал антикваром. «Ценный экземпляр, — сказал он как-то мне. — Таких мало осталось».

Первого мая вдоль Гоголевского бульвара неспешно ползли грузовики, в кузовах которых стояли строем скамейки с прямоспинными солдатами. Лязгали гусеницами танки, возвращавшиеся с парада на Красной площади. Траки коверкали асфальт, но страна его не жалела. В стране было много танков и много асфальта. Раздобревшие от сытной каши солдаты затыгивали мальчишек в кузов, сажали на огромные колени, давали погладить отполированный старательными ладонями приклад карабина. Самые удачливые пацаны рассаживались на танковой броне. В то время военные люди казались мне на одно доброе лицо.

Тем же первомайским вечером эти же самые солдаты с одним и тем же озабоченным лицом устанавливали на бульваре возле метро «Кропоткинская» салютные механизмы, которые с оглушительным треском выплевывали в небо разноцветные огоньки. Огоньки расцветали в неживой темноте диковинными узорами, переливались как стекляшки в калейдоскопе, шипели от соприкосновения с тьмой, обреченно гасли. Прилепиться к небосводу или хотя бы долететь до луны не хватало световых сил. Озябшие зрители с разгоряченными глазами разбредались по домам отогреваться водочкой с соленым огурцом, чаем со сладкой конфетой, вареньем, тортом, пирогом.

За исключением песочницы и газонов, никаких аттракционов на бульваре предусмотрено не было, своими забавами мы руководили сами и не

зависели от прихотей аниматоров и наличия карманных денег. За аттракционами я отправлялся за ручку с мамой в Парк культуры и отдыха имени Горького. Поход туда всегда приходился на воскресенье — выходной в стране был только один. Мама — в тщательно сбитом наборе малиновом берете и в длинном пальто, купленным будто на вырост, я — обвязанный с головы до ног бабушкиными неуютными спицами: шапочка с пумпоном, красный свитер со спартаковской полосой, шерстяные штаны.

статуи — девушка с веслом, девушка с теннисной ракеткой, пловчиха в купальнике на стартовой тумбе, голый мужчина с олимпийским диском, стройные греческие божки... Предполагалось, что от их разглядывания мальчишеская мысль возвратится то ли в радостную античность, то ли устремится напрямиком в светлое будущее, в котором обитали исключительно спортсмены и спортсменки, боги и богини. Советские вожди уже вконец охренели и перестали понимать, в какую сторону увесистым временем. В любом слу-

чае от разглядывания статуй нечеловеческого размера с их нечеловеческими грудями и гениталиями цыплячьей шеи немилосердно ныла, в гипсовую красоту хотелось запустить увесистым камнем. Но я сдерживался, мое поколение еще не вошло в силу.

Я усаживался на ласковую карусельную лошадку, хватаясь за скользкую гриву, нарядный помост набирал обороты и кружил голову, размывая окружающую среду в акварельную кляксу. Но этого головокруженья тебе было мало, ты тащил маму в тир, где надежная винтовка возвращала мозги в сосредоточенное состояние, напрягала руку, напружинивала глаз.

Эта волшебная винтовка с лоснящимся прикладом не предназначалась для пацанских рук — они немилосердно дрожали от чересчур тяжелого счастья, так что мой выбор мишеней был ограничен. Стрелять на весу в расположенные повыше цели я не мог — руки падали вниз. А как славно было бы двухкопеечной крошечной пулькой привести в действие лопасти мельницы или часы с ржавым боем! Но мне приходилось укладывать винтовку на прилавок и целить только в то, что находилось на его уровне, — то есть в транспортер, перевозивший вырезанных из консервной жести зверушек. Я таил дыхание, дожидаясь, когда зверушка доползет до прицельной прорези и нажимал ту-

гой крючок. Зверушка металлически взвизгивала и безвольно валилась за линию недалекого горизонта. Я ощущал себя настоящим охотником. Винтовка была пневматической, но мне казалось, что в воздухе пахнет порохом.

Чертовое колесо возносило над слегка позеленевшей майской землей, байдарочники ловко перебирали веслами — словно жуки-плавунцы лапками — по тальм водам Москвы-реки. Находясь там, внизу, ты видел возбужденных воскресеньем людей, которые махали загребушками рукави, восклицали, сморкались на гаревые дорожки, плевались на красоту, лужгали семечки, ругались матом, пили пиво. Но при виде сверху они представляли чинными прихожанами и не издавали ненужных звуков. Высота заштриховывала лишние детали, город казался пригложее, чем на деле. Из кабинки я видел дальше и обобщеннее, и это сближало с диктаторами всех времен и народов. Наверное, из бойниц кремлевских кабинетов страна виделась таким же аккуратным макетом, на котором было так славно передвигать послушных рабочих, покорных колхозников, вялых интеллигентов и оловянных солдатиков в суконных шинелях. Но выйдя на нетвердых ногах из шаткой люльки, ты попадал напрямиком в комнату смеха, где кривые зеркала немедленно приближали к правде жизни, превращая людей в гогочущих средневековых уродцев. Они были шире себя, они были длиннее себя, они были равны самим себе. В обычной жизни я неплохо умел корчить рожи и сворачивать нос набок, но здесь мое умение казалось излишним.

Получив неизбежное мороженое в вафельном стаканчике и пробежав парк навывлет, карапузы попадали в Нескучный сад, где родительские сердца бились уже ровнее, ибо топтание по прошлогодней листве, которую таранили бодрые сорняки, не требовало финансовых удобрений.

После долгого перерыва я очутился в Парке культуры пару лет назад. Я не обнаружил там никаких следов прежней жизни — ни статуй, ни чертова колеса, ни комнаты смеха, ни себя самого. Пустота, которую не залить «Кока-колой», не замаскировать актуальным искусством, не заполнить прыщавыми скейтбордистами... Никакой ностальгии я не ощутил, только брезгливость. Коммунисты обращались со временем без жалости — так же безжалостно обошлось оно и с ними, и с нами. ♦



Сандро Боттичелли. Флора (фрагмент картины «Весна»). 1482 год

Грандиозный вход, зарешеченный гигантскими колоннами, сигнализировал: эй, парень! ты со своей шерстяной шапочкой попал в другой мир, которого, говоря по правде, ты не заслужил. Грандиозный фонтан обдавал каплями живой воды, и тебе больше не хотелось пить, только писать. Дорожки были посыпаны толченым кирпичом и важно назывались гаревыми. Они выглядели исключительно опрятно, и совершенно неважно, что красная пыль немилосердно пачкала твои единственные ботинки и пробила носки до нежной кожицы. Всюду были понатыканы высоченные

ИНФОРМАЦИЯ

Помощь газете «Троицкий вариант — Наука»

Дорогие читатели!

«Троицкий вариант» нуждается в вашей поддержке. Около года работа над изданием идет исключительно на волонтерских началах, но мы не намерены сдаваться.

Теперь есть удобный канал пожертвований через банковские карты:

trv-science.ru/vmeste

Редакция



«Троицкий вариант»

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

Адрес редакции и издательства: 142191, г. Москва, г. Троицк., м-н «В», д. 52;
 телефон: +7 910 432 3200 (с 10 до 18), e-mail: info@trv-science.ru, интернет-сайт: www.trv-science.ru.
 Использование материалов газеты «Троицкий вариант» возможно только при указании ссылки на источник публикации. Газета зарегистрирована 19.09.2008 в Московском территориальном управлении Министерства РФ по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций ПИ № ФС77-33719.
 © «Троицкий вариант»