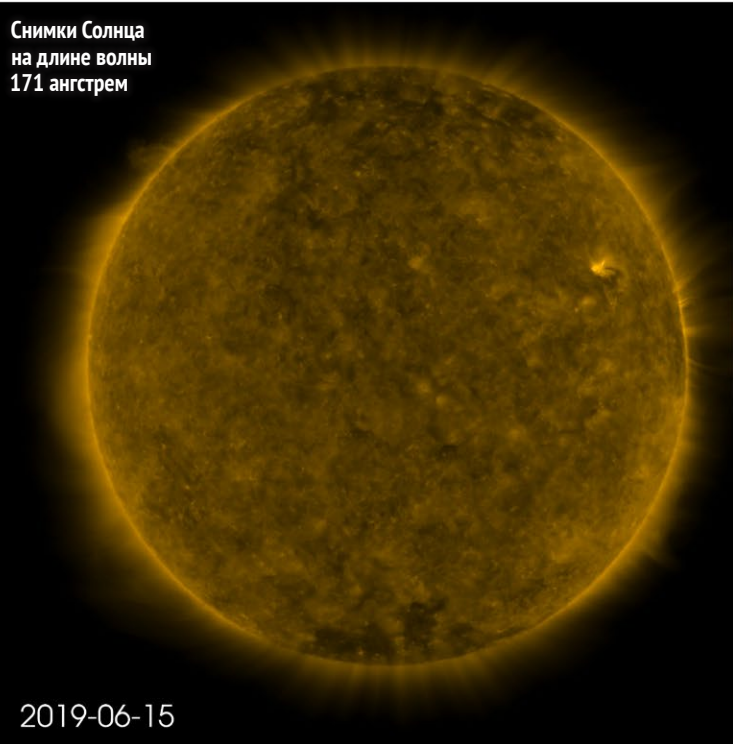
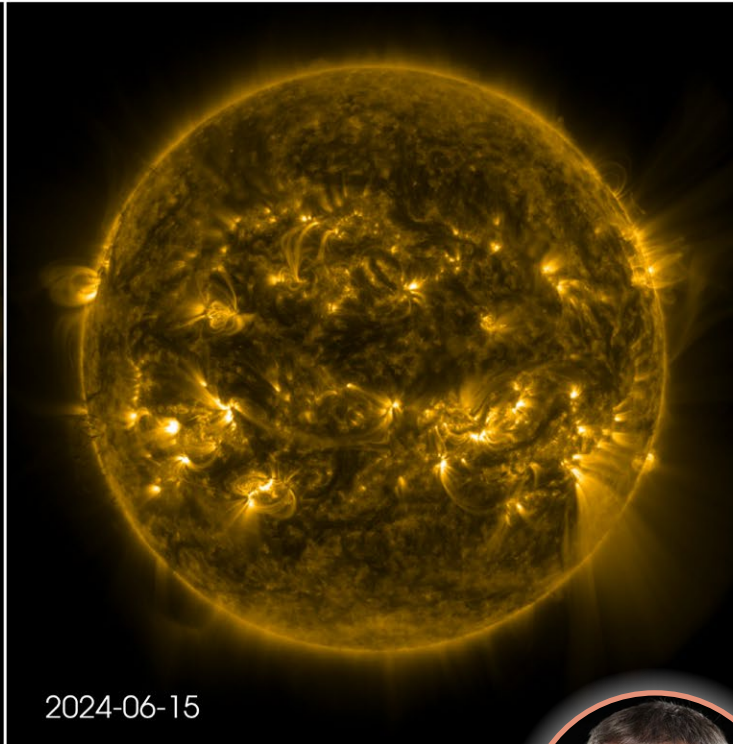




Снимки Солнца
на длине волны
171 ангстрем



2019-06-15



2024-06-15

Обсерватория солнечной динамики NASA (sdo.gsfc.nasa.gov/data/)

ЧТО ПРОИСХОДИТ С СОЛНЦЕМ?



Алексей Кудря

Астроном и популяризатор науки **Сергей Язев** отвечает на вопросы **Алексея Кудря** и читателей «Троицкого варианта — Наука». С чем связаны мощнейшие вспышки на Солнце за последнее время? Каково влияние Солнца на земные процессы, прежде всего на человеческое здоровье? Какова природа солнечных пятен? Чем спокойный солнечный ветер отличается от высокоскоростного? Можно ли построить точные прогнозы солнечной активности? И каковы перспективы изучения Солнца? Видеозапись беседы: youtu.be/VCaw-X9kXSw

Сергей Артурович Язев — докт. физ.-мат. наук, профессор Иркутского университета, ст. науч. сотр. Института солнечно-земной физики РАН, директор Астрономической обсерватории Иркутского государственного университета, продолжатель династии астрономов.



Сергей Язев

Неординарные вспышки в мае — июне

— Что сейчас происходит с Солнцем? Интернет пестрит сообщениями о солнечных вспышках и геомагнитных бурях. Массово публикуются фотографии с полярными сияниями из широт, где их отродясь не бывало...

— С одной стороны, можно сказать, что с Солнцем всё нормально, всё как обычно, а с другой — да, есть некоторые неожиданные моменты.

Сначала надо напомнить, что существует так называемый 11-летний цикл солнечной активности: количество солнечных пятен увеличивается, достигает некоего пика, а затем уменьшается. А вспышки на Солнце связаны именно с пятнами. Вспышки без пятен не бывают... Ну, если совсем точно говорить, то бывают, но только слабые, а крупные вспышки происходят только в активных областях, где есть крупные, сложные пятна на Солнце.

Надо оговориться, что 11-летний цикл на самом деле не совсем 11-летний: например, в XX веке ни один из циклов не соответствовал ровно 11 годам. Они были, как правило, меньше: 10,5 лет и т. д. А тот цикл, который закончился на рубеже 2008–2009 годов, напротив, продолжался более 12 лет.

Обычно получается, что в ходе одного цикла количество солнечных пятен в течение 3,5–4 лет нарастает, достигает некой стадии максимума, которая продолжается иногда около года, иногда, может быть, двух лет, и потом уровень активности постепенно начинает спадать до почти нулевого уровня.

Фаза максимума бывает разной. Возьмем, например, самый мощный из известных нам солнечных циклов (они условно нумеруются с 1755 года) — так называемый 19-й цикл. Его максимум был в 1957 году. Он был одновершинным, т. е. солнечная активность шла вверх и потом сразу вниз. А 24-й цикл, предыдущий по отношению к нынешнему, был двухвершинным: в 2012 году был максимум, потом число пятен вроде пошло на спад, и вдруг совершенно неожиданно солнечная активность снова начала нарастать, и в 2014 году наблюдался второй максимум, который оказался выше первого. Получается, что вся фаза та-

кого двухвершинного максимума продолжалась около двух лет.

Сейчас мы находимся в фазе очередного максимума текущего 25-го цикла солнечной активности (рис. 1). Активность достаточно высокая, пятен и вспышек много. На первый взгляд можно сказать: ну и нормально, так и должно быть. Но теперь перейдем к тому, что нам кажется неожиданным. О «ненормальности» я говорить не буду, потому что, с моей точки зрения, в природе ничего аномального в принципе не бывает. Всё, что происходит, происходит по законам природы — просто сейчас сложились конкретные физические условия, влияющие на локальную ситуацию.

— В чем состоит неординарность?

— На протяжении мая и начала июня Солнце выдало редкое количество вспышек самого высокого класса. Дело в том, что солнечные вспышки по уровню рентгеновского излучения разделяются на три типа. Есть вспышки послабее — класса C; есть вспышки класса M — они сильнее в десять раз; и вспышки класса X, которые еще на порядок мощнее. Так вот, только вспышек класса X на протяжении мая — нача-

ло июня произошло 24 штуки. Надо заметить, что это очень много, потому что бывали годы, когда за весь 11-летний цикл вспышек X случается порядка 20 штук. А тут 24 штуки почти за полтора месяца! Более того, мы наблюдали группу пятен, например AR13664, которая выдала 13 вспышек класса X. Причем 9 мая были, например, четыре вспышки класса X — такого на моей памяти вообще никогда не было. Я осторожно говорю: за последние лет пятьдесят, по крайней мере, ничего подобного не наблюдалось.

Надо отметить, что рентгеновский мониторинг солнечных вспышек ведется на постоянной основе с 1976 года американскими спутниками серии GOES: они начали и продолжают непрерывный мониторинг. О более раннем периоде достоверно говорить сложно.

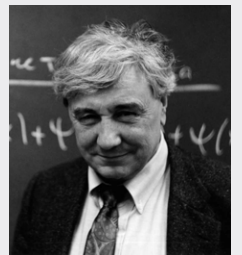
Надо понимать, что каждая вспышка класса X — это фантастическое количество выделившейся энергии, реализуемой буквально за несколько десятков минут. Всем нынешним электростанциям Земли надо поработать десятки

Продолжение см. на стр. 2–3

В номере

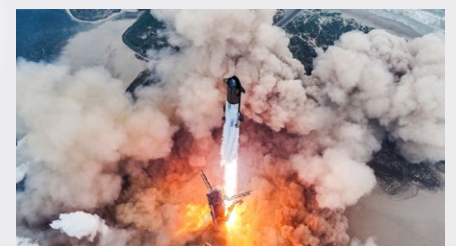
«Если вы отколупнули кусочек скалы — вот это хорошо»

Очерк
Александра Буфетова
памяти Сергея
Новикова (1938–2024) — стр. 5, 7



Алексей Кудря: Астроновости

Скоростная звезда, ремонт «Вояджера» на удаленке, сверхновые в ранней Вселенной и параллельные диски и джеты от молодых звезд — стр. 6–7



Starliner, Starship и «Ангара»

Александр Хохлов о пользе конкуренции в космонавтике — стр. 8–9



Предтеча ядерной астрофизики Фред Хойл

Исторический очерк **Алексея Левина** — стр. 10–12

Задачи со вкусом физики

Эссе **Леонида Ашкинази** — стр. 14

Посещение музея

Новые трагикомические заметки япониста **Александра Мещерякова** — стр. 16

Подписывайтесь

на наши аккаунты:

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

11 июня на 88-м году жизни скончался **Валерий Николаевич Сойфер**, докт. биол. наук, докт. физ.-мат. наук, professor emeritus Университета Джона Мэйсона, почетный профессор МГУ, honorary fellow Еврейского института в Иерусалиме, историк науки, общественный деятель, постоянный автор нашей газеты вплоть до последних дней. Светлая память. Публикации В. Н. Сойфера в ТрВ-Наука: trv-science.ru/tag/valery-soyfer/



Продолжение.
Начало см. на стр. 1

миллионов, а то и сотни миллионов лет (есть разные оценки), чтобы выработать ту энергию, которая выделяется во вспышке класса X на протяжении, допустим, 15 минут.

Поэтому, если мы видим, что в одной и той же группе пятен такие вспышки идут одна за другой с интервалом в несколько часов, четыре вспышки в течение суток (это максимум, который наблюдался 9 мая), то либо эта активная область запасла гигантское количество энергии в своих магнитных полях, либо есть канал, который постоянно подпитывает эту активную область дополнительными порциями энергии.

В определенном смысле действительно можно сказать, что это очень нечастая ситуация. Не каждый максимум цикла солнечной активности отличается подобными событиями.

— **Насколько мне известно, та группа пятен, которая выдала огромное количество вспышек, еще и изрядный долгожитель. Это так?**

— Собственно, это основная моя тема, я уже много лет пытаюсь анализировать такие долгоживущие активные области. Например, бывает ситуация, когда на поверхности Солнца возникла активная область, и эта группа пятен обычно разрушается через неделю, максимум — через две-три, но на том же самом месте возникает новая группа, и это может продолжаться в среднем три-четыре месяца, в редких случаях — до полутора лет. Такая структура на Солнце называется комплекс активности. Это значит, что можно подозревать, что есть некий канал, некие особые условия, благодаря которым именно на этом месте солнечной поверхности пятна возникают снова и снова. Но это отдельный сюжет.

Что касается нашей группы пятен, то вы совершенно правы — она была рекордной, причем не только по времени жизни, но и по площади. Есть условные единицы — миллионные доли полусферы. Так вот, площадь нашей группы достигала 2400 условных единиц. Чтобы понимать, о чем идет речь: обычно площадь одной крупной группы пятен 200–300 условных единиц и меньше, самые большие группы пятен за предыдущие пять лет — около 1000–1200 единиц, но это всего три-четыре штуки за весь текущий цикл. Количество таких больших групп пятен очень невелико.

Ну и понятно, что такая огромная группа пятен быстро исчезнуть не может. И действительно: Солнце повернулось, эта группа проплыла по диску светила, развиваясь и выдавая одну вспышку за другой, затем спряталась за западный лимб Солнца и через две недели снова появилась уже на восточном его краю (относительно Земли Солнце поворачивается за 27 с лишним суток). И представьте себе, вспышки там продолжались! Они были уже не так часты, но по крайней мере пять вспышек класса X та же самая группа снова дала. Я не могу представить себе ситуацию, чтобы Солнце специально «притормозило», и пока группа пятен была на обратной от Земли стороне, вспышки прекратились, а потом, когда она снова вышла на видимую с Земли сторону, возобновились. Такого, я думаю, быть не может. Это значит, что к тем 13 вспышкам, которые мы наблюдали, надо добавить еще несколько вспышек, которые точно были на обратной стороне, — но мы, естественно, не могли их регистрировать.

Да, наша группа номер 13644 пятен долгоживущая, полный месяц мы ее наблюдали, но когда она уже второй раз уходила за западный лимб, то уже деградировала, разрушалась, ее площадь уменьшалась, магнитная структура становилась всё проще, поэтому, видимо, в третий раз она уже не появится на восточном лимбе Солн-

ца. Но такое бывает, да, это как раз не самая редкая ситуация.

Влияние солнечной активности на земные процессы

— Недавно Борис Штерн отвечал на вопросы пользователей социальных сетей, и мы решили, что некоторые вопросы нужно переадресовать именно вам. Первый вопрос такой: **«Связана ли солнечная активность с землетрясениями на Земле?» Сразу скажу, что вопрос задал житель Казахстана. У них недавно было сильное землетрясение, и были слухи, что есть некая зависимость одного явления от другого.**

— Можно ответить так: если смотреть в нулевом приближении, очень грубо, — то нет, не влияет. Идея связи проявлений солнечной активности с землетрясениями очень стара. У меня даже когда-то студентка пыталась это проверить по статистике наших иркутских землетрясений. Я живу на берегу Байкала, и у нас тут

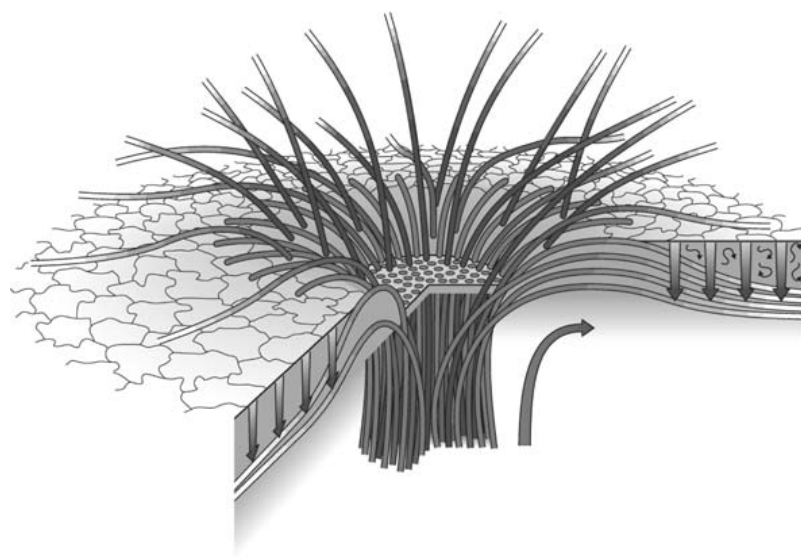


Рис. 2. Структура солнечного пятна по Н. Вейссу, 2006. Трубки магнитного поля объединяются в мощный жгут, поперечный срез этого жгута проявляется в виде солнечного пятна (Weiss N.O. Sunspot structure and dynamics / Solar dynamics and its effects on the heliosphere and Earth // Dordrecht, The Netherlands. Springer. 2006. P. 13–22)

случается около двух тысяч землетрясений в год, но, правда, в основном слабеньких, хотя бывают и сильные — я помню до семи баллов в Иркутске. Но статистика никакой корреляции с уровнем солнечной активности не выявляет. Может быть, если тщательнее смотреть, применять другие методы, то что-то удастся обнаружить, но в первом приближении — нет, такая зависимость не наблюдается. Землетрясения бывали на стадии и максимумов, и минимумов солнечной активности, и когда угодно, и пока что складывается впечатление, что это — процессы независимые.

— **Продолжение вопроса: «И вообще, влияет ли солнечная активность на земные процессы в атмосфере, гидросфере, литосфере? Могут ли они вызвать какие-то природные аномалии, катаклизмы? Как это влияет на человека, его здоровье? Если да, то насколько это доказано?»**

— Связаны ли процессы на Земле с тем, что происходит на Солнце? Да, связаны, но только здесь надо смотреть осторожно. Есть известная концепция, принадлежащая Александру Леонидовичу Чижевскому, думаю, все наши читатели про нее слышали. У него была крайняя точка зрения: Солнце влияет практически на всё. Его исследования, прежде всего в области статистики, показывали, что вроде бы — вроде бы! — 11-летняя цикличность проявляется в самых разных земных процессах, начиная от частоты штормов у нас на Байкале и кончая количеством гроз и эпидемий на территории Российской империи — по тем данным, которые тогда можно было

достать. Говорилось о том, что дендрохронология демонстрирует нам влияние солнечной активности, поскольку ширина годичных колец в деревьях вроде бы тоже модулирована 11-летним циклом солнечной активности — ну и так далее. Был период, когда такая точка зрения преобладала, и очень многие люди считали, что так оно и есть. Вы, наверное, знаете, что работа Чижевского под названием «Физические факторы исторического процесса» даже связывали политические события, войны, крестовые походы, крестьянские восстания и т. д. с событиями на Солнце, — якобы во время максимумов циклов солнечной активности исторические катаклизмы происходят чаще.

Я должен сказать, что было выполнено огромное количество работ, посвященных тщательному исследованию этой гипотезы. И самое замечательное, что у кого-то доводы подтверждались, а у кого-то опровергались. Поэтому окончательный вывод делать сложно.

К работе Чижевского лично я, честно говоря, отношусь очень критиче-

с. Думаю, что тем, кто нас читает, гораздо интереснее узнать про кратковременные воздействия солнечной активности на уровне «вот вспышка на Солнце, которая сопровождалась мощным выбросом коронального вещества — как она повлияла на мое здоровье?». В русскоязычной литературе обычно пишут «корональный выброс массы», но это калька с англоязычного термина (*coronal mass ejection*). Я все-таки считаю вслед за коллегой Виталием Ишковым из ИЗМИРАНа, что надо говорить не о выбросе массы — по-русски это звучит нелепо, — а о выбросе коронального вещества.

Почему, кстати, коронального? Потому что эти выбросы формируются в солнечной короне, в верхних слоях солнечной атмосферы. И вот летит облако плазмы, долетает до Земли... На самом деле все эти выбросы летят, что называется, на кого бог пошлет: куда Солнце выстрелит — туда и попадет. И, конечно, большая часть этих выбросов пролетает мимо Земли — и хорошо. Но некоторые из них попадают в окрестности нашей планеты, взаимодействуя с ее магнитосферой, и тогда действительно все верхние оболочки Земли — магнитосфера, ионосфера, отчасти верхние слои атмосферы — подвергаются воздействию частиц, которые обладают высокими, иногда даже околосветовыми скоростями (так называемые солнечные космические лучи). И тогда магнитосфера Земли, если совсем грубо говорить, корежится, изгибается, меняет свою форму. Если вы посмотрите на компас, то стрелочка будет метаться, показывать в разные стороны — так, собственно, и открыли эти явления, которые потом были названы геомагнитными бурями. Их причиной являются, прежде всего, выбросы коронального вещества во время сильных солнечных вспышек. С этой точки зрения вся геофизика меняется у нас просто на глазах. И более того, бывает, что сама земная атмосфера во время повышенной солнечной активности немножко «вспухает», плотность увеличивается на тех высотах, где она была низкой, — и это, конечно, сильно влияет на живучесть низ-

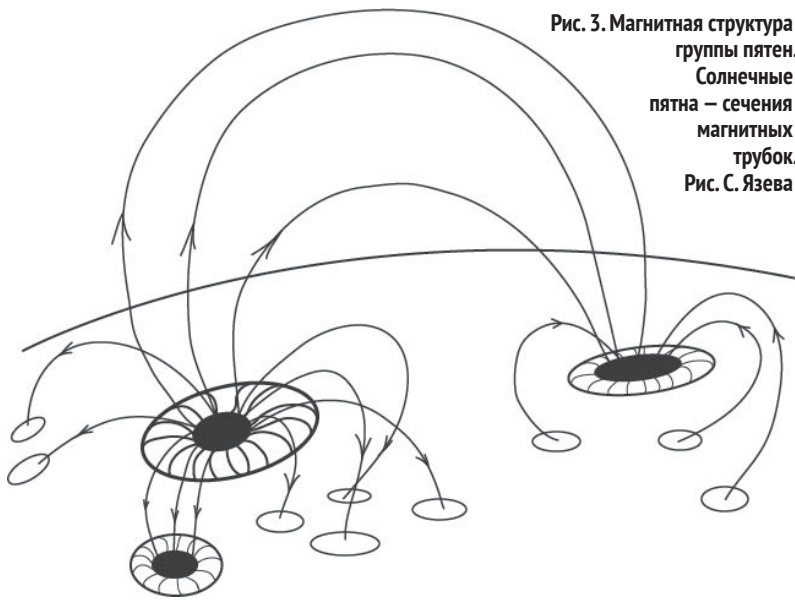


Рис. 3. Магнитная структура группы пятен. Солнечные пятна — сечения магнитных трубок. Рис. С. Язева

ски как раз прежде всего потому, что продолжительность одного солнечного цикла — не ровно одиннадцать лет; она то больше, то меньше, и если вы будете отсчитывать циклы ретроспективно, как это делал Чижевский, то собьетесь буквально через три-четыре цикла. Вы считаете, что это максимум цикла, а на самом деле это никакой не максимум, это может оказаться и минимум. Мы не знаем продолжительность циклов, какой она была, скажем, 400 или 600 лет назад. А у Чижевского всё было рассчитано за 2000 лет. Поэтому я считаю, что его работа очень интересна с точки зрения самой идеи, но методологически она выполнена с очень большими недочетами (мягко говоря), и, на мой взгляд, доверять этим данным просто нельзя.

коорбитальных спутников, что надо принимать во внимание.

— **А если говорить о влиянии солнечной активности на здоровье и самочувствие?**

— Да, я думаю, что этот вопрос вызовет наибольший интерес. Иногда человек говорит: «Ой, у меня болит голова... Наверное, магнитная буря... Ой, у меня сердце заболело и давление подскочило... Наверное, магнитная буря...»

Я рискну высказаться таким образом: вся имеющаяся статистика говорит о том, что на самом деле это всё не так — ну или почти не так. Люди у нас доверяют печатному слову, и если в газете или в Интернете пишут, что завтра, мол, будет магнитная буря и у всех будет болеть голова, то, конечно, читатели будут ощущать

все возможные симптомы. Есть старинная фраза: если человеку больше сорока лет и у него ничего не болит, то он, наверное, уже умер. И вот человек начинает прислушиваться к себе там и сям, вспоминает о магнитной буре, и ему сразу становится понятно, почему всё болит.

Но опыт показывает, что когда мы сверяем солнечную активность с реальным самочувствием людей, корреляции практически нет. Тут надо прямо сказать, что прогнозировать магнитные бури мы умеем, я бы сказал, плохо, и очень часто бывает, что прогнозы ошибаются. Понимаете, какая штука? А люди уже настроились, что будет болеть голова. Серьезные исследования проводились в клинических условиях, когда есть возможность в течение дня много раз измерять давление пациента, брать анализ крови... Такие эксперименты проводились, но прямых свидетельств того, что магнитная буря сильно влияет на самочувствие, нет.

Более того, расскажу о собственном опыте (хотя, думаю, для многих это не будет веским доводом). Вечером 9 мая благодаря выбросам, которые были еще 8 мая, началась сильнейшая магнитная буря на Земле за последние, по-моему, семь лет. Уровень этой бури достиг индекса G5 — это экстремально мощная буря, наша классификация не идет выше. И 11 мая она постепенно стала угасать. Так вот: я 10 мая, в выходной день, еду, прошу прощения, к себе на дачу. Мне 66 лет, я копаю огород, солнце светит — и всё хорошо, я прекрасно себя чувствую. И потом я спрашивал людей, которые не знали про эту магнитную бурю: как вы вчера себя чувствовали? Студентов тоже спрашивал. Все говорят: нормально, как всегда, и только одна девочка сказала, что у нее болела голова.

В общем, я считаю, что не надо, как сейчас делают наши средства массовой информации, прицеплять к сообщению о любой геомагнитной буре стандартный абзац, в котором написано, что это может вылиться в недомогание, головную боль и т. д. У меня ощущение, что в большинстве случаев это неправда.

Я вполне допускаю, что кто-то из наших читателей будет глубоко возмущен: «Как же так? Ведь я чувствую!..» Здесь нужно сказать вот что. Все мы прекрасно знаем, что есть метеочувствительные люди. Это совершенно другое; человек, у которого начинает ломить кости, говорит: «Я думаю, что завтра будет гроза», — и гроза таки наступает. Я знаю таких людей, но есть и люди, которые ничего подобного не чувствуют от слова совсем. И это означает, что есть метеочувствительные люди, а есть метеочувствительные люди. Так вот, я подозреваю... Внимание, это не научное утверждение, это гипотеза, которую надо подтверждать или опровергать! Я допускаю, что существуют и магниточувствительные люди, которым действительно становится хуже во время геомагнитной бури, во время резкого изменения напряженности магнитного поля Земли. Но подтверждений этой гипотезы я не вижу. Лично у таких людей не видел. У меня много знакомых, я со многими разговаривал, и я таких не знаю.

— **Очень полезная информация, обязательно покажу маме.**

— И последнее замечание по этому вопросу. Смотрите: ведь каждый из нас пережил десятки, а некоторые и сотни магнитных бурь. О большинстве из этих бурь никто из переживших их, наверное, даже не подозревал, во всяком случае, в те времена, когда о них не сообщалось. А на самом деле магнитные бури происходили, судя по всему, всегда. Во всяком случае, в нынешней конфигурации магнитного поля Земли так происходило, по-видимому, многие миллионы лет. И, в общем, нет сомнения, что биосфера Земли к этому давно ►

► приспособилась. И даже техносфера Земли не отстала. На заре космической эры из-за магнитных бурь происходили аварии в электронных системах, спутники выходили из строя... Но сейчас, опять-таки после недавней, мощнейшей за последние годы магнитной бури, Илон Маск отработовал, что все его спутники (а у него огромная группировка из более шести тысяч штук спутников) прекрасно пережили магнитную бурю. И я подозреваю, что если бы где-то произошла техногенная катастрофа, то, согласитесь, средства массовой информации об этом бы трубили очень громко. Нет, мы ничего подобного не слышали, а значит, техносфера, как и биосфера, тоже приспособляется. Мы научились всё заземлять и экранировать как нужно.

Поэтому все ужасы, которые часто предрекают в связи с геомагнитными бурями, в известной степени являются преувеличением.

Но это не означает, что неприятности полностью исключены. Например, знаменитое «событие Кэррингтона» 1859 года, первая солнечная вспышка, которая наблюдалась в истории, сопровождалась совершенно чудовищной магнитной бурей, когда полярные сияния наблюдались фактически вплоть до экватора. Нынешняя магнитная буря — там, скажем, отклонение от среднего уровня было около 400 нанотесла, а кэррингтоновское событие, по косвенным данным, было втрое мощнее, хотя никто не знает точно. Но, по счастью, мы видим, что с тех пор такого не происходило.

Тезаурус: солнечный ветер, солнечная корона и солнечное пятно

— Также люди спрашивали про механизм образования солнечного ветра...

— Солнце действительно является источником потока частиц. В атмосфере Солнца содержатся прежде всего ядра атомов водорода и гелия — протоны и так называемые альфа-частицы. Они свободно текут во все стороны, и это называется спокойным солнечным ветром. Почему он образуется? Потому что в короне Солнца температура чрезвычайно высока, если применять вообще термин «температура» для такой маленькой плотности вещества. Тогда можно говорить, что температура там достигает нескольких миллионов градусов.

Дело в том, что температура — это мера скорости частиц. Там, конечно, частиц много, но они носятся с гигантскими скоростями далеко друг от друга. И если просто формально прикинуть их скорости, то у нас тогда получается, что это соответствует миллионам градусов. Ну и понятно, что если частицы летают с такими скоростями, то это позволяет преодолевать гравитационное притяжение Солнца и свободно от него убегать. Это как бы динамическое продолжение короны Солнца. Кстати, частицы убегают и от Земли: в верхних слоях атмосферы, где легкие частицы — водород — атомы водорода или, скажем, ионы водорода. Если они движутся достаточно быстро, то могут покинуть окрестности Земли и тоже убежать.

Но есть и высокоскоростной солнечный ветер. В 1970-е годы на Солнце были обнаружены очень интересные области, которые называются *корональные дыры*. Журналисты иногда называют их «коронарными», но «коронарные» — это к медикам, а если мы говорим о Солнце, то дыры корональные. Они были открыты во время миссии американской орбитальной станции Skylab, когда на блоке астрономических приборов, нацеленных на Солнце, — специальных телескопов, работающих в ультрафиолетовом диапазоне, — были обнаружены темные области огромных размеров в короне Солнца. Их назвали корональными дырами, и сейчас мы зна-

ем, что это области открытого магнитного потока.

Почти вся поверхность Солнца покрыта замкнутыми линиями магнитного поля — такой ковер из магнитных линий, — но есть области, где в этом ковре зияют отверстия, и магнитные линии уходят очень далеко от Солнца, в межпланетное пространство. А заряженные частицы плазмы движутся прежде всего вдоль магнитного поля, и это значит, что вещество свободно утекает. Собственно, почему эти области темные? Потому что там меньше светящегося вещества в короне, отсюда постоянно уходит вещество.

Еще до обнаружения корональных дыр ученые видели, что к Земле прибывают потоки скоростного солнечного ветра, который почти в два раза быстрее движется по сравнению со спокойным солнечным ветром. Спокойный солнечный ветер — это 300–400 км/с, а тут 700–800 км/с. В научной литературе области, откуда приходят эти частицы, назывались М-областями. Ну а когда увидели корональные дыры, стало ясно, что это отсюда утекает поток частиц, который ускоряется магнитным полем.

Вот, если совсем на пальцах говорить, причины образования спокойного и высокоскоростного солнечного ветра.

— **Кстати, в продолжение этого вопроса... Одна девушка интересовалась: почему солнечная корона намного горячее поверхности Солнца?**

— Вначале уточним: где солнечная корона кончается? Просто есть люди, которые считают, что она не конча-

ет, сейчас уже 528 антенн. Первая особенность нового прибора в том, что он работает на разных частотах. Изначальный прибор работал на одной частоте в сантиметровом диапазоне, а сейчас частот целый набор, и поэтому мы в радиодиапазоне теперь видим как бы срезы короны на разных уровнях, получается своеобразная «томография». Ну и сразу же вышла статья¹ наших авторов из Иркутского Института солнечно-земной физики. Аркадий Уралов, Виктор Гречнев, Сергей Лесовой и Марина Глоба посмотрели, как ведет себя в короне взлетающий протуберанец. По новым данным можно было сделать оценки, что там выделяется омическое тепло. Мы все изучали в школе, что из-за тока в электрической схеме выделяется тепло в резисторе — вот что-то подобное может происходить и в короне. Новая версия, безусловно, требует подтверждений, но и такая новая точка зрения появилась.

Я хочу напомнить еще одну вещь: европейский космический аппарат Solar Orbiter, запущенный на орбиту вокруг Солнца, в 2020 году обнаружил новые объекты на Солнце, которые раньше не были известны, в переводе на русский язык они называются *кострами* (*solar campfires*). Это очень небольшие, компактные образования, но температура их оценивается тоже как очень высокая — до миллионов градусов. Они маленькие, но их много. Сейчас возникла идея, что, может быть, эти «костры» тоже могут подогреть корону.

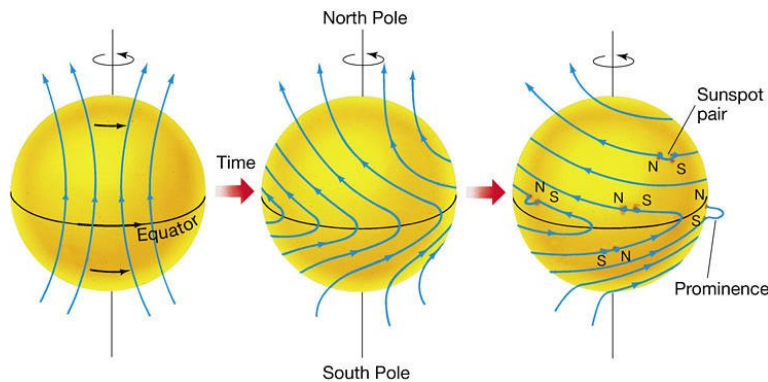


Рис. 4. Формирование полоидального поля при вращении Солнца. Pearson Prentice Hall

ется нигде, плотность вещества постепенно падает по мере удаления от Солнца, но она нигде не ноль, т. е., в принципе, можно сказать, что и Земля находится внутри солнечной короны. Ну, конечно, так никто всерьез не думает. Считается, что корона — это несколько радиусов Солнца, так будем говорить осторожно, или десятки радиусов Солнца — дальше все-таки плотность вещества уже гораздо меньше. Так вот, почему верхняя корона очень горячая? Я уже упоминал, что она нагрета до миллионов градусов (если в данном случае можно говорить о температуре), а поверхность Солнца, которую мы видим в телескопы, гораздо «холоднее» — примерно 6 000 градусов. В чем дело, что греет корону? Самое замечательное, что окончательного ответа до сих пор нет. Но, разумеется, есть разные версии. Прежде всего предполагается, что конвективные потоки внутри Солнца не заканчиваются на поверхности звезды — на ее фотосфере, т. е. это движение наружу продолжается дальше, там распространяются магнитогидродинамические волны, которые при низкой плотности порождают ударные волны в короне, и эти волны как раз и греют корону, разгоняя частицы до сумасшедших скоростей, и они там носятся, разгоняясь вдоль направления магнитного поля в короне.

Кстати, совсем недавно у нас в Сибири вошел в строй новый, по сути говоря, прибор — очень глубокая модернизация старого — Сибирский радиогелиограф. Раньше было 256 ан-

тенн, сейчас уже 528 антенн. Первая особенность нового прибора в том, что он работает на разных частотах. Изначальный прибор работал на одной частоте в сантиметровом диапазоне, а сейчас частот целый набор, и поэтому мы в радиодиапазоне теперь видим как бы срезы короны на разных уровнях, получается своеобразная «томография». Ну и сразу же вышла статья¹ наших авторов из Иркутского Института солнечно-земной физики. Аркадий Уралов, Виктор Гречнев, Сергей Лесовой и Марина Глоба посмотрели, как ведет себя в короне взлетающий протуберанец. По новым данным можно было сделать оценки, что там выделяется омическое тепло. Мы все изучали в школе, что из-за тока в электрической схеме выделяется тепло в резисторе — вот что-то подобное может происходить и в короне. Новая версия, безусловно, требует подтверждений, но и такая новая точка зрения появилась.

Я хочу напомнить еще одну вещь: европейский космический аппарат Solar Orbiter, запущенный на орбиту вокруг Солнца, в 2020 году обнаружил новые объекты на Солнце, которые раньше не были известны, в переводе на русский язык они называются *кострами* (*solar campfires*). Это очень небольшие, компактные образования, но температура их оценивается тоже как очень высокая — до миллионов градусов. Они маленькие, но их много. Сейчас возникла идея, что, может быть, эти «костры» тоже могут подогреть корону.

Прогнозы солнечной активности

— **Был еще такой вопрос. Возможно ли построить полную и подробную модель солнечной активности или это пока нереально? Насколько современной науке понятна динамика циклов солнечной активности и возможно ли долгосрочное прогнозирование этих процессов?**

— Вопрос очень непростой. Опять-таки, если в нулевом приближении говорить, я боюсь, что в ближайшее время это сделать невозможно. Лишь, что называется, самыми крупными мазками. На сегодняшний день действительно существует стандартная модель, и мы в целом неплохо представляем себе, почему реализуется феномен солнечной активности. Это так называемая модернизированная модель Бэбкоков (*Babcock model*), названная в честь двух американских астрономов, отца и сына. Они выдвинули теорию так называемого солнечного динамо. В недрах Солнца работают два фактора. Во-первых, дифференциальное вращение Солнца. На экваторе оно вращается быстрее, чем на полюсах. Если мы, допустим, прорисуем меридиан или проложим магнитную силовую линию по меридиану, то она будет изгибаться, трансформироваться, на экваторе будет уходить вправо, если смотреть с Земли, а полярные области будут отставать (рис. 4). Во-вторых, там работает конвекция: то есть всплывает горячее вещество, остывает, теряет температуру за счет излучения, опускается. Там возникают конвективные ячейки. В-третьих, внутри Солнца — электропроводящая среда: температура высокая, атомы превратились в ионы (электроны отдельно, ионы отдельно, т. е. это плазма). И там движение заряженных частиц (ток) порождает магнитное поле. Взаимодействие магнитных полей с дифференциальным вращением как раз приводит к 11-летней цикличности Солнечной активности, по сути, магнитной активности. Если бы Солнце вращалось с другими скоростями или было бы других размеров, то цикл был бы не 11-летний. Грубо мы понимаем, что происходит внутри Солнца, и сейчас теория построена с учетом очень многих параметров, и всё больше и больше факторов учитывается при расчетах таких моделей.

Но я должен сказать, что эта модель в целом достаточно груба. Она воспроизводит цикличность солнечной активности, но не может описать тонкие детали. Скажем, прогнозировать

возникновение конкретной группы пятен (допустим, 30 июня в 17 часов на Солнце должна всплыть очередная активная область) мы не умеем. И даже если группа пятен уже наблюдается, не всегда можно сказать, будет ли там сильная вспышка. Я наблюдал Солнце в телескоп на протяжении 18 лет своей жизни, видел множество солнечных вспышек, и я уже смотрю — и понимаю, что может быть вспышка в течение ближайших полчаса или часа. Но ее может и не быть! Существуют алгоритмы, которые выделяют целый набор прогностических признаков. Некоторые работают достаточно уверенно, например классификация групп пятен. Скажем, классификация той самой группы пятен, которая выдала множество вспышек в мае, указывала на то, что эта группа вспышечноопасна, способна выдать очень мощные вспышки. Но ни один специалист в мире не смог бы сказать, выдаст она три вспышки или четырнадцать вспышек, будут они через несколько часов или через несколько дней. На сегодняшний день это невозможно просчитать. К этому надо стремиться, но пока мы не умеем это делать.

Даже тонкую структуру цикла мы пока не можем предсказать. Я уже говорил о том, что в предыдущем цикле после первого максимума в 2012 году неожиданно появился новый максимум в 2014-м. Более того, первый максимум дали пятна в северном полушарии Солнца, а второй максимум порожден пятнами в южном полушарии. Этого тоже никто не смог предсказать. Если мы задним числом сейчас посмотрим на работы выдающихся исследователей Солнца, которые прогнозировали, как должен выглядеть минувший 24-й цикл солнечной активности, то там мы увидим громадное различие в оценках — буквально в два раза и больше, — какова высота цикла, сколько будет пятен в максимуме цикла. Это не значит, что специалисты плохие — нет, специалисты очень хорошие. Но, к сожалению, я должен сказать, что сейчас мы находимся на таком этапе, когда некоторых вещей мы по-прежнему не знаем, и нам нужны новые данные, новые приборы, которые с большей тщательностью, с большей разрешающей способностью могли бы фиксировать то, что происходит на Солнце. Ну и более того: надо помнить, что солнечная активность порождается процессами не на поверхности, а внутри Солнца. Мы только недавно получили метод так называемой гелиосейсмологии, когда по колебаниям поверхности Солнца (как и в геосейсмологии) можем судить о том, с какими скоростями распространяются волны внутри Солнца и каковы свойства среды, в которой они распространяются. Тогда о недрах Солнца мы стали знать немного больше, но исследования надо, конечно, продолжать.

Поэтому итоговый ответ таков: предстоит еще работать и работать, чтобы выйти на адекватный уровень понимания того, что происходит, и на нормальный уровень прогнозирования, чтобы прогнозы гораздо лучше совпадали с реальностью.

— **Прогнозы вообще дело неблагоприятное...**

— Ну да, это всегда дело неблагоприятное в любой сфере — хоть в физике, хоть в геофизике, хоть в астрономии, хоть в социальных науках... Все-таки погодные условия мы научились предсказывать, я считаю, неплохо, но ведь на Земле мы всё видим. Спутники фиксируют распространение облачных фронтов, мы фиксируем перепады давления, температуры, влажности и т. д. А с Солнцем всё гораздо сложнее. Мы видим многое, но многое остается от нас скрыто.

Окончание см. на стр. 4

¹ Uralov A. M., Grechnev V. V., Lesovoi S. V., Globa M. V. Plasma Heating in an Erupting Prominence Detected from Microwave Observations with the Siberian Radioheliograph // *Solar Phys.* 2023, Volume 298, Issue 10. 117. DOI: 10.1007/s11207-023-02210-w

Окончание.
Начало см. на стр. 1–3

Планета X

— Если перейти от Солнца к Солнечной системе... Одна девушка очень переживает за то, вручат ли Константину Батыгину с Майклом Брауном Нобелевскую премию за открытие девятой планеты. Как вы считаете?

— Во-первых, я должен оговориться, что профессионально этими вещами никогда не занимался. У меня нет ни одной научной работы по этой теме. Есть, правда, учебники, но учебники — это немножко другое дело...

Несколько лет тому назад действительно был большой оптимизм. Браун и Батыгин отметили, что в поясе Койпера и даже дальше открыто несколько объектов, которые движутся по вытянутым траекториям, но эти орбиты почему-то сходятся своеобразным пучком. Возникла гипотеза: само существование этого пучка орбит может косвенно указывать на то, что существует некая массивная планета, которая развернула остальные орбиты так, чтобы они все были ориентированы в противоположном направлении (рис. 5).

Pointing to Planet X

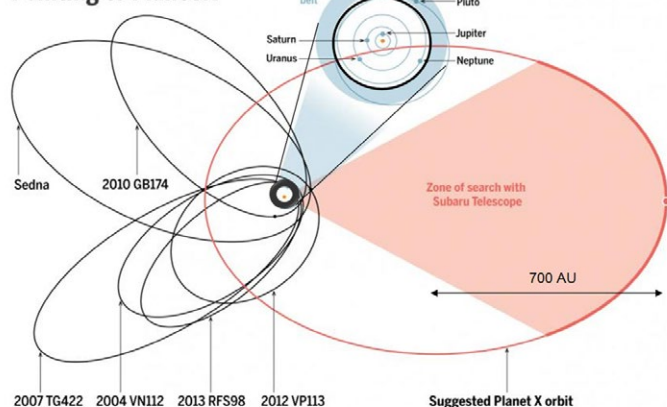


Рис. 5. Предполагаемая орбита планеты X. Ради наглядности масштаб не учтен

Эта идея, принадлежавшая Брауну и Батыгину, очень интересна, и, более того, они даже рассчитали, какой массы должна быть эта планета и примерно какая орбита у нее. Все тогда очень воодушевились, и даже огромный японский телескоп Subaru, который находится на Гавайских островах по договоренности с США, начал просматривать тот сектор пространства, то направление на небе, где по оценкам Брауна и Батыгина может находиться эта пока еще неизвестная девятая планета.

Но прошло уже несколько лет, и с тех пор астрономы открыли множество новых объектов на эллиптических орбитах в поясе Койпера. И как-то так получилось, что начальный пучок орбит начал постепенно рассыпаться, потому что новые орбиты обнаруживаются практически во всех направлениях. Распределение этих направлений становится всё более изотропным, и это означает, что главное основание для того, чтобы предполагать, что эта девятая планета существует, как-то понемногу начинает рассыпаться и будет становиться всё менее и менее убедительным. Поэтому я бы сказал, что оптимизм сейчас сменился скорее на умеренный пессимизм.

Но я все-таки хочу добавить, что современная космогония (теория, которая рассматривает, как возникла и эволюционировала наша Солнечная система) основана на численных расчетах на суперкомпьютерах и допускает очень интересную вещь. Возможно, наша Солнечная система обладала необычной или на редкость большой изначальной массой газопылевой материи, и там вещества хватило на целый набор планет-гигантов.

В большинстве открытых человеческим планетных систем обычно присутствует всего одна планета-гигант. В Солнечной системе мы знаем четыре гиганта: Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун. Вполне возможно, что их было еще больше — пять или шесть. И вот сложная «миграция» этих планет, согласно современным расчетам, могла привести к тому, что Юпитер и Сатурн стали постепенно сдвигаться к Солнцу, а потом начали смещаться в обратном направлении. В ходе этих сложных процессов вполне могло оказаться, что пятый или шестой гигант были выброшены из внутренних частей Солнечной системы либо на очень вытянутые эллиптические орбиты с периодами в десятки, а может быть, даже сотни тысяч лет, либо вообще покинули нашу систему. Поэтому новая космогония допускает существование в Солнечной системе еще какой-то достаточно крупной планеты, которая, может быть, движется по эллиптической орбите, но находится очень далеко от Солнца.

В отличие от модели, которую предлагали Браун и Батыгин, тут мы совершенно не можем сказать, куда надо смотреть. Браун и Батыгин говорили, что сектор, который надо про-

те существует Астропарк, который включает в себя планетарий и музей, посвященный главным образом космонавтике и первому монгольскому космонавту Жугдэрдэмидийну Гуррагче, сейчас ему 76 лет. Так вот, во-первых, как раз исполнилось десять лет Астропарку, а во-вторых, там к юбилею ввели в строй новое оборудование планетария — его оснастили проекторами и можно показывать не только звездное небо, но и полнокупольные фильмы. Поэтому собралась делегация от российских планетариев, которую возглавлял руководитель Ассоциации планетариев России Андрей Владимирович Лобанов, ну и мы от Иркутского планетария тоже присоединились к делегации. Там были представители российского посольства, были и коллеги-сотрудники планетария из Южной Кореи. В общем, было очень интересно. Подписали соглашение о сотрудничестве Улан-Баторского планетария с Ассоциацией планетариев России. Я буду выступать в роли своеобразного представителя, потому что мы тут близко: от Иркутска до Улан-Батора не очень далеко. Мы ездили на автомобиле. Ну и, конечно, мы о многом поговорили.

Кроме того, гостем Астропарка был знаменитый космонавт Владимир Александрович Джанибеков (рис. 6), который летал в космос пятьюкратно, был командиром космического корабля, бортинженером которого был Гуррагча. Они снова встретились во время нашей поездки. Не буду скрывать, что Джанибеков привез с собой из Москвы желтую морковь, потому что в Монголии ее очень трудно найти, а желтая морковь нужна была Джанибекову, чтобы приготовить плов по собственному рецепту. И поэтому я очень горжусь тем, что отношусь к немногочисленному сообществу тех людей на планете Земля, которые ели плов от Джанибекова.

Мы подарили монгольским коллегам снимок Улан-Батора, сделанный из космоса нашим хорошим другом, российским космонавтом Иваном Викторовичем Вагнером с борта МКС, — подготовили картинку 100×70 см, и теперь эта картинка будет висеть в Институте астрономии и геофизики МАН.

Вот такая была монгольская экспедиция. Отчет закончен.

— **Замечательно. Можно только позавидовать такой поездке, да и плов от генерала — это здорово.**

— Плов от двух генералов, потому что Гуррагча тоже генерал.

«Напутствие» руководству Роскосмоса

— **Сергей Арктурович, ну у меня пока вопросы кончились. О чем я забыл вас спросить? Свободный микрофон на полную тему.**

— Наверное, я вот о чем скажу. Опыт последних недель весны и начала лета 2024 года показал, что прогнозы геомагнитных бурь, которые основаны на наблюдениях корональных выбросов вещества во время мощнейших вспышек, оказались, прямо скажем, далекими от идеальных. Неоднократно предсказывалось, что будет магнитная буря, но ее не было. Предсказывалось, что будет магнитная буря тогда-то: она была, но в другое время. Предсказывалось, что магнитная буря будет такого-то уровня: она была, но уровня другого. То есть, если мы оценим точность этих прогнозов, боюсь, этот показатель окажется низким. Мы видим, вот она, вспышка, вот от нее пошел корональный выброс, но я обращаю внимание на следующее: корональные выбросы видны на сегодняшний день с одного-единственного старого, доброго, надежного американско-европейского аппарата под названием SOHO, работающего с 1990-х годов. Там стояли три коронографа, один умер уже достаточно давно, два продолжа-

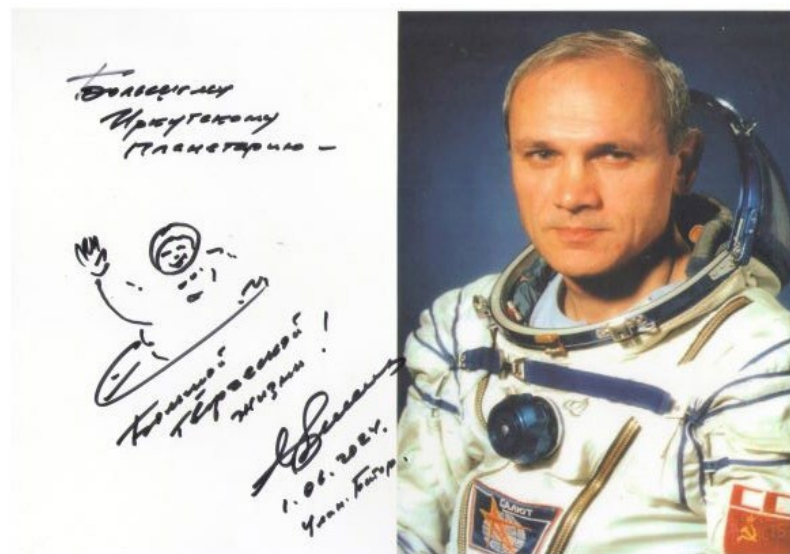


Рис. 6. Автограф В.А. Джанибекова

ют работать. И вот только с его помощью мы видим, как вылетают из Солнца эти самые корональные выбросы. Когда вокруг Солнца возникает кольцо, которое постепенно расширяется, мы понимаем, что выброс летит прямо к нам. А если вспышки не было, то может оказаться, что всё наоборот: выброс летит прямо от нас, и сложно разделить эти случаи. Теперь, когда мы видим с помощью коронографа выброс сбоку, как он расширяется и летит в сторону от Солнца, даже в этом случае мы не можем точно определить направление его полета. Я считаю, что всё это, наверное, одна из главных причин, почему прогнозы человечества далеки от идеала. Нам не хватает данных, коронографа возле Земли недостаточно.

Представьте себе, что космический аппарат SOHO выйдет из строя (не дай бог, пусть он еще поработает подольше). И всё — корональные выбросы мы видеть не будем, и это означает, что качество прогнозов упадет до самого низкого уровня. То есть мы будем видеть вспышку и по косвенным данным будем говорить: да выброс, может быть, был, а может, и не было. А вот с какой скоростью он летит, какая там плотность и какие у него форма и размеры, заденет ли он Землю — по этому поводу мы ничего сказать не сможем, и это, безусловно, очень плохо. Это означает, что, во-первых, если уж заниматься этими вещами, то, безусловно, надо часть денег, которые выделяются на науку, все-таки тратить на Солнце. И, с моей точки зрения, надо выводить на орбиту аппарат, чтобы он летел впереди Земли, например на 60° — это стабильная точка, точка Лагранжа, — а еще интереснее было бы позади Земли. Тогда бы этот аппарат заглядывал на восточную часть Солнца, и мы бы отслеживали то, чего еще с Земли не видно: как группа пятен приближается к восточному лимбу, наблюдаемому с Земли, и можно было бы заранее говорить о каких-то вещах. А главное, что если мы, допустим, будем наблюдать с трех точек, как движется корональный выброс, то тогда можно будет с гораздо более высокой точностью оценить и направление его полета, и его плотность, и размеры, и скорость движения, и с более высокой точностью прогнозировать, попадет ли он в Землю, а если попадет, то когда и к чему это может привести.

И, безусловно, нужен спутник, который находился бы с противоположной стороны от Солнца, который позволял бы «солнечникам» наблюдать пятна непрерывно. Ведь мы видим только половину солнечного шара: светило повернулось — и что там было на обратной к нам стороне, мы не знаем. Поэтому, смотря на все наши данные о Солнце, надо всегда иметь в виду, что половину времени мы не видим конкретную активную область. В США эту проблему пытались решить, когда запускали два космиче-

ских аппарата STEREO-A и STEREO-B. Получалось, что вокруг Солнца летали Земля, STEREO-A и STEREO-B, находясь в вершинах равностороннего треугольника, и наблюдали Солнце с трех направлений. Я до сих пор не понимаю, почему там не поставили определенные приборы: там просто не наблюдали Солнце в белом свете, чтобы видеть, как пятна развиваются. Мы кроме того не видели магнитные поля на обратной стороне Солнца. Сейчас этот проект давно закончен. Один аппарат еще работает, но его «снесло» по орбите, и обратную сторону Солнца мы сейчас не видим.

Конечно, очень интересно лететь, скажем, на Марс. Мы видим, как сейчас Соединенные Штаты Америки, отчасти, чтобы обогнать Китай, объявляют конкурсы, предлагают нескольким компаниям организовать доставку груза с Марса подешевле. Есть и другие очень интересные проекты, за которыми увлекательно следить.

Но, с моей точки зрения, для нас важно и нужно следить за солнечной активностью непрерывно: не только на стороне Солнца, которая повернута к Земле, но и на обратной стороне. Следить за корональными выбросами, следить за конфигурацией вспышки... Одно дело, когда вспышку мы видим на диске Солнца, а другое — когда видим ее на краю. Но мы никогда не видим их одновременно с разных точек, чтобы корректно построить трехмерную картину. А это очень важно было бы сделать. Я не знаю, кто это сможет осуществить. Я слышал, что вроде бы есть такие проекты после 2030 года — чтобы запустить космический аппарат, который будет лететь за Землей в 60° сзади по орбите. Но опять-таки Россия, к сожалению, в этих проектах не участвует. Я считаю, что надо было бы в первую очередь заняться вот этими делами.

— **Можно сказать, это напутствие руководству Роскосмоса...**

— Ну да, и Академии наук, и Роскосмосу... У меня было такое ощущение, что Солнце перестало быть, что называется, модным, а ведь мода в науке, как ни странно, тоже важная вещь. Все кинулись наблюдать за черными дырами, а Солнце вроде бы рядом, мы его уже сотни лет изучаем, — казалось бы, что там может быть нового и интересного?... Это не то, чтобы напутствие. Просто хочется привлечь внимание и Академии наук, и коллег по исследованиям Солнца, и проектировщиков космических миссий к этой проблеме.

— **Прекрасно! Большое спасибо за интересную беседу! Узнал для себя много нового. Надеюсь, что наши зрители и читатели получили ответы на свои вопросы и открыли для себя что-то интересное о ближайшей к нам звезде.**

— Будем надеяться. ♦

² [youtube.com/watch?v=7vBsnUUeDho&t=0s](https://www.youtube.com/watch?v=7vBsnUUeDho&t=0s)

«Если вы отколупнули кусочек скалы — вот это хорошо»

Памяти Сергея Петровича Новикова (1938–2024)

Сергей Петрович Новиков — математик, доказавший топологическую инвариантность рациональных классов Понтрягина и применивший методы алгебраической геометрии к изучению интегрируемых систем, — умер в Москве 6 июня 2024 года.

Сергей Петрович Новиков родился 20 марта 1938 года. Его родители — математики Пётр Сергеевич Новиков и Людмила Всеволодовна Келдыш, ученики Лузина. Семья была большой: у Сергея было два старших брата и две младших сестры. После эвакуации в Казань (октябрь 1941-го — начало 1944-го) мальчик поступил в 1945 году в московскую среднюю школу № 330, бывшую Елизаветинскую гимназию¹, где учился и его брат, Леонид Вениаминович Келдыш, будущий физик-теоретик. «Хочу заметить, что наша школа в те годы была первоклассной, дававшей хорошее общее образование (включая даже латынь, которую я, правда, забыл)»².

В 1955 году, когда Сергей Петрович окончил школу, Москва была, на мой взгляд, математической столицей мира. Московский университет, ректором которого был Иван Георгиевич Петровский, и механико-математический факультет, деканом которого был Андрей Николаевич Колмогоров, находились на пике невестного расцвета.

Сергей Петрович при поступлении сдавал шесть экзаменов («кроме письменной и устной математики еще физику, химию, иностранный язык и сочинение»³) и набрал 27 баллов из 30. На первом курсе активно участвовал в семинаре Владимира Андреевича Успенского. «Успенский сказал обо мне Колмогорову, как я узнал позднее»⁴. На втором курсе, «выбрав себе научным руководителем М.М. Постникова»⁵, стал работать в области алгебраической топологии.

Во второй половине 1950-х на мехмате начала блестящая плеяда молодых математиков, среди них Синай, Аносов, Алексеев, Гирсанов, Кириллов, Винберг, Манин, Арнольд. Положение Сергея Петровича было, однако, уникальным: «в алгебраической топологии <...> последние годы Москва не была центром <...> путь в науку пришлось искать практически без научных руководителей»⁶. «В конце второго курса <...>, не зная ничего о знаменитой работе Постникова (1949–1951), сам открыл ее результаты. Конечно, новых результатов у меня не оказалось, но я поверил в себя как ученого»⁷. «Как начать? Это труднейшая проблема начинающего ученого. <...> Мой подход к этой проблеме был таков: следует взять какую-то новую выдающуюся работу, которую сообщество еще подробно не изучило, и постараться ее глубоко освоить, затратив на это большие усилия. Если вам это удастся, вы будете владеть ме-

тодами, которыми большинство специалистов в вашей области еще не владеет. Не сомневаясь — в подобном случае вам быстро удастся сделать что-то новое. Так я и поступил, освоив замечательные работы Фрэнка Адамса и Рене Тома в 1958–1959 годах»⁸.

Через несколько лет о теоремах молодого тополога заговорил весь мир. Сэр Майкл Атия пишет: «Novikov made his first impact, as a very young man, by his calculation of the unitary cobordism ring of Thom (independently of similar work by Milnor)»⁹.

«В начале 1960-х годов была построена „теория Браудера — Новикова“, позволяющая классифицировать односвязные многообразия размерности 5 и более, гомотопически эквивалентные данному, с точностью до диффеоморфизма и выделить гомотопические типы замкнутых многообразий среди всех односвязных комплексов. Эти независимые работы, решающие разные задачи, оказались чрезвычайно близки по методу, который и стал общепринятым»¹⁰.

Новикова приглашают доложить эту работу Всемирному конгрессу математиков в Стокгольме (1962), но он не может поехать. Работу докладывает Браудер.

«После Киевской конференции по динамическим системам Смейл¹¹ на пике славы приехал в Стекловку в конце лета 1961 года и сказал, что он хочет видеть Новикова. В Стекловке долго искали моего отца. Когда выяснилось, что он хочет видеть меня, мое положение в Стекловке кардинально изменилось. <...> Кончив аспирантуру в 1963 году, я поступил в Стекловку в отдел алгебры во главе с Шафаревичем, начиная с 1964 года. Отдел топологии (П.С. Александров) меня тогда не захотел»¹².

Карьера нового сотрудника отдела алгебры развивается блестяще: через год после защиты кандидатской («Дифференцируемые пучки сфер», 1964) Новиков защищает докторскую диссертацию («Гомотопически эквивалентные гладкие многообразия», 1965). В 1964-м в Нижнем Новгороде и в 1965-м в Друсининкае, в Литве, проходят летние топологические школы¹³. Виктор Матвеевич Бухштабер, один из первых учеников Сергея Петровича, вскоре ставший соруководителем семинара, вспоминает: «Вторая школа была уникальной математической школой. Сергей Петрович детально составил ее программу, отобрал направления, лежащие в основе успехов алгебраической топологии, и в течение всей школы жестко контролировал выполнение составленной программы».

В конце 1965 года Сергей Петрович получает один из самых знаменитых своих результатов — топологическую инвариантность рациональных классов Понтрягина. Эту изумительную теорему Сергей Петрович приглашен был доложить на Всемирном конгрессе математиков в Москве, однако, как сам он пишет в своем официальном резюме, Новиков «made Invited Section Talk dedicated to the Algebraic Topology Methods based on the Complex Cobordism Theory replacing the originally presented subjects».

Очевидцы рассказывают так: объявлена была тема секционного доклада «Характеристические классы Понтрягина». Новиков пришел на свой доклад с большой стопкой отпечатанных копий заявленного доклада о классах Понтрягина, предложил каждому желающему взять себе копию и начал доклад о совсем новых результатах, опубликованных потом в большой работе «Методы алгебраической топологии с точки зре-

ния теории кобордизмов»¹⁴. Изумленный Атия напишет в 1970 году, что Новиков «developed some very powerful algebraic machinery which gives one of the most refined tools at present available in Algebraic Topology».

Начинает работу семинар Новикова. «Наш семинар, — пишут В.М. Бухштабер и С.П. Новиков, — начал работать в середине 1960-х годов. <...> Ученики С.П. Новикова из более старшего поколения (такие, как В.Л. Голо) начали переходить в другие разделы математики»¹⁵. Из участников семинара в первые годы его существования «следует отметить В.М. Бухштабера, А.С. Мищенко, И.Н. Бернштейна, И.А. Володина, С.Г. Смирнова, С.М. Вишика и Ф.А. Богомолова»¹⁶.

В 1966 году Сергей Петрович избран членом-корреспондентом Академии наук, еще через год становится профессором МГУ и лауреатом Ленинской премии (1967).

Следующий год, 1968-й, — один из самых трагических в истории русской математики. Печально знаменитому «письму девяности девяти» в защиту Есенина-Вольпина, обрубившему золотой век московской математики, Сергей Петрович посвятил отдельный очерк¹⁷.

Александр Сергеевич Есенин-Вольпин, сын поэта Сергея Есенина и переводчицы Надежды Вольпин, ученик Павла Сергеевича Александрова на мехмате и Петра Сергеевича Новикова в аспирантуре НИИ математики при МГУ, в течение многих лет участвовал в правозащитном движении. Есенина-Вольпина неоднократно арестовывали, высылали, принудительно лечили. В феврале 1968 года он вновь был насильственно госпитализирован. 9 марта 1968 года было опубликовано письмо девяности девяти математиков. Есенин-Вольпин был выпущен через три месяца.

Подписи собирали прямо на семинаре Гельфанда. В опубликованном варианте первой идет подпись академика Петра Сергеевича Новикова. Рассказывают, что Дмитрий Викторович Аносов демонстративно отказался подписать письмо.

Последствия для подписавших были трагическими — в частности, так об отце пишет Сергей Петрович: «здоровье он катастрофически начал терять после 1968 года, особенно после письма в защиту его бывшего аспиранта Есенина-Вольпина». Катастрофические последствия письма для московской математики ощущаются, думаю, и сегодня. В одном из интервью Сергей Петрович говорит: «Сейчас более-менее ясно опытным людям, что письмо в защиту Алика Есенина-Вольпина, которое мы все подписали, было провокацией. <...> После этой провокации начинается разгром мехмата, Новосибирского университета»¹⁸. События 1968 года привели Сергея Петровича ко вполне определенным выводам. Сотрудники кафедры высшей геометрии и топологии рассказывали мне, что, принимая их на работу, Сергей Петрович брал с них обещание не заниматься никаким политическим активизмом.

Параллельно с разгромом мехмата, вспоминает Сергей Петрович, набирал обороты спор математиков и «вычислителей» (слово Сергея Петровича). Еще в начале 1960-х, по мнению Сергея Петровича, «резко усилилась антиматематическая агрессивность нового класса — вычислителей-профессионалов. Они начали пропаганду против чистой математики, говорили, что истинное развитие математики — это только вычислительная математика. Из старшего поколения математиков безусловно так считали А.Н. Тихонов и А.С. Кронрод»¹⁹.



Сергей Новиков

«Вычислители говорили, что истинное развитие математики — это вычислительная математика. Даже вышла такая статья в советском духе — мол, скоро приверженцев чистой математики, которые говорят друг с другом на птичьем языке, будут показывать в зверинцах»²⁰.

На этом примере хорошо видна трудность, возникающая при чтении воспоминаний Сергея Петровича. О какой статье пишет Сергей Петрович? Я не смог найти. Вместе с тем, по его собственным словам, спор математиков с вычислителями оказал влияние на самого Сергея Петровича: «Видя всё это, я много думал и стал для себя изучать соседние области математики, механику, а затем и теоретическую физику».

В творчестве Сергея Петровича открывается новый период. «Я решил потратить годы и изучить теоретическую физику. <...> В этот период, я бы сказал, физика возлаивала прогресс человечества, а математика шла за ней, около нее. <...> Красота и сила физики манили к себе. Я систематически изучал весь курс учебников в 1965–1970 годах <...> я учился по книгам Ландау — Лифшица».

«К концу 1960-х <...> на семинар пришло совершенно новое поколение чрезвычайно одаренных молодых математиков: Г.Г. Каспаров, О.И. Богоявленский, С.М. Гусейн-Заде, А.Л. Брахман, И.М. Кричевер, Б.А. Дубровин, М. Брук, В.А. Краснов, М.А. Бродский, С.Г. Танкеев, Ф.Л. Зак, Р.Г. Надирадзе, А.А. Пересецкий, А.В. Шокуров, Н.В. Панов, В.В. Веденяпин и другие». На два года соруководителем семинара стал Б.Г. Мойшезон.

В 1970 году Сергей Петрович Новиков стал первым русским математиком, награжденным медалью Филдса. Как известно, она вручается раз в четыре года на всемирных конгрессах математиков; конгресс 1970 года проходил в Ницце. На лицевой стороне медали выгравирован профиль Архимеда с надписью «Transire suum pectus mundoque potiri» («Превзойти свою человеческую ограниченность и покорить Вселенную»), а на обороте — «Congregati ex toto orbe mathematici ob scripta insignia tribuere» («Математики, собравшиеся со всего света, вручили [эту награду] за выдающиеся труды»). В Ниццу Сергей Петрович поехать, однако, не смог. Доклад делал А.С. Мищенко. Атия начал представление работ Новикова словами: «One of the most outstanding workers in the fields of Geometric and Algebraic Topology. <...> Novikov is perhaps unique in demonstrating great originality and very powerful technique both in its geometric and algebraic aspects» и закончил замечанием «It is all the more remarkable when we remember that he worked in relative isolation from the main body of mathematicians in his particular field» — в отсутствие Новикова прозвучавшим, надо полагать, особенно остро.

В 1971 году Сергей Петрович начал работу в Институте Ландау. Многолетняя работа Сергея Петровича по изучению физики принесла богатые плоды: «Я решил в 1974 году периодически задачу теории солитонов, открыв алгеброгеометрические решения как нелинейных систем типа KdV, так и в квантовой механике частицы в периодических полях. Эти результаты приобрели широкую известность».

Окончание см. на стр. 7

сообщества в России и на Западе // Историко-математические исследования. Вторая серия. — М., 2002. Вып. 7 (42). С. 355–356.

²⁰ «Произошел распад обязательного знания». Интервью Елене Кудрявцевой // Огонёк, 19.12.2016 kommersant.ru/doc/3169063

¹ Историю школы рассказывает превосходный сайт: school-museum330.narod.ru/nov.html. В 1880 году был открыт Дом воспитания для сирот воинов, погибших в Русско-турецкой войне. В 1884-м при Доме воспитания была открыта гимназия-пансион для девочек, в 1897-м перешедшая под покровительство великой княгини Елизаветы Фёдоровны. В гимназии давали благотворительные концерты Рубинштейн и Чайковский. Математику девочкам преподавал будущий член-корреспондент АПН РСФСР Дмитрий Дмитриевич Галанин. После 1917 года школа претерпела несколько реформ. В 1941 году учеников младших классов эвакуируют на Урал, старших привлекают к работе на военных заводах. В здании школы в 1941–1942 годах размещается госпиталь. Занятия возобновляются в сентябре 1942 года. С 1943 года вводится полное раздельное обучение в школах крупных городов, и в школе № 330 стали учиться лишь мальчики. В конце 1940-х по инициативе Потёмкина в отдельных школах, в том числе 330-й, возобновили преподавание латыни — но ненадолго: при Хрущёве инициатива не удержалась.

² Интервью А.Б. Сосинскому // «Квант» № 10, 1984. kvant.ras.ru/1984/10/beseda_s_akademikom_sergeem_pe.htm

³ «Мехматяне вспоминают», выпуск № 2. — М.: МГУ, 2009. math.ru/lib/files/pdf/mehmat/tm3.pdf

⁴ Новиков С.П. Автобиография. homepage.mi-ras.ru/~snovikov/bio.pdf

⁵ Интервью В.М. Бухштаберу // Сергей Петрович Новиков. К 70-летию со дня рождения. — М.: МЦНМО 2008. biblio.mccme.ru/node/1922

⁶ Там же.

⁷ Автобиография.

⁸ Интервью В.М. Бухштаберу.

⁹ Atiyah M.F. On the work of Sergei Novikov. mathshistory.st-andrews.ac.uk/Extras/Novikov_work/

¹⁰ Алгебраическая топология. — М.: МИАН, 2004.

¹¹ Стивен Смейл (Stephen Smale) — американский математик, лауреат премии Филдса (1966).

¹² Автобиография.

¹³ М.И. Вишик, С.П. Новиков, М.М. Постников. Горьковский математический семинар по гомотопической топологии // УМН, 19:6(120) (1964). С. 237–238. А.А. Кириллов, С.П. Новиков, Д.Б. Фукс, И.Р. Шафаревич. Вторая летняя топологическая школа // УМН 21(1966), 2(128). С. 257–258.

¹⁴ Изв. АН СССР. Сер. матем., 31:4 (1967), 855–951.

¹⁵ Бухштабер В.М., Новиков С.П. Семинар С.П. Новикова // Сергей Петрович Новиков. К 70-летию со дня рождения. — М.: МЦНМО, 2008.

¹⁶ Там же.

¹⁷ Дело Есенина-Вольпина и письмо девяности девяти (ста тридцати) математиков // Новиков С.П. Мои истории. homepage.mi-ras.ru/~snovikov/Wed.pdf

¹⁸ Видение математики. Интервью Наталии Деминой // Полит.ру, 20.03.2013. polit.ru/articles/nauka/videnie-matematiki-2013-03-20/

¹⁹ Новиков С.П. Вторая половина XX века и ее итог: кризис физико-математического



АСТРОНОВОСТИ

Алексей Кудря

Скоростная звезда

Солнце обращается относительно центра нашей галактики Млечный Путь со скоростью около 220 км/с. Это кажется быстрым, но относительно рядом находящихся с нами звезд наша скорость низкая. Скорость Солнца относительно потока соседних звезд составляет примерно 20 км/с [1]. Но недавно была обнаружена маленькая красная звезда, несущаяся с очень высокой скоростью.



Моделирование гипотетической двойной пары (J1249+36 – белый карлик) заканчивается взрывом белого карлика и вспышкой сверхновой (Adam Makarenko / W.M. Keck Observatory)

Гиперскоростная звезда получила обозначение CWISE J124909+362116.0 (или J1249+36). Она удалена от Солнца на 407 световых лет и по уточненным данным имеет скорость 456 ± 27 км/с относительно центра Галактики (по информации Адама Бургассера из Калифорнийского университета в Сан-Диего [2]). Судя по ее траектории и столь впечатляющей скорости, звезда должна со временем покинуть Млечный Путь. Приобрести столь большую скорость за счет кумулятивного действия всей массы Галактики и ее близких соседей нельзя, а значит, и удержаться с такой скоростью в Галактике тоже.

Объект представляет собой редкий L-субкарлик (класс звезд с очень низкой массой и температурой). Субкарлики – самые старые звезды Млечного Пути.

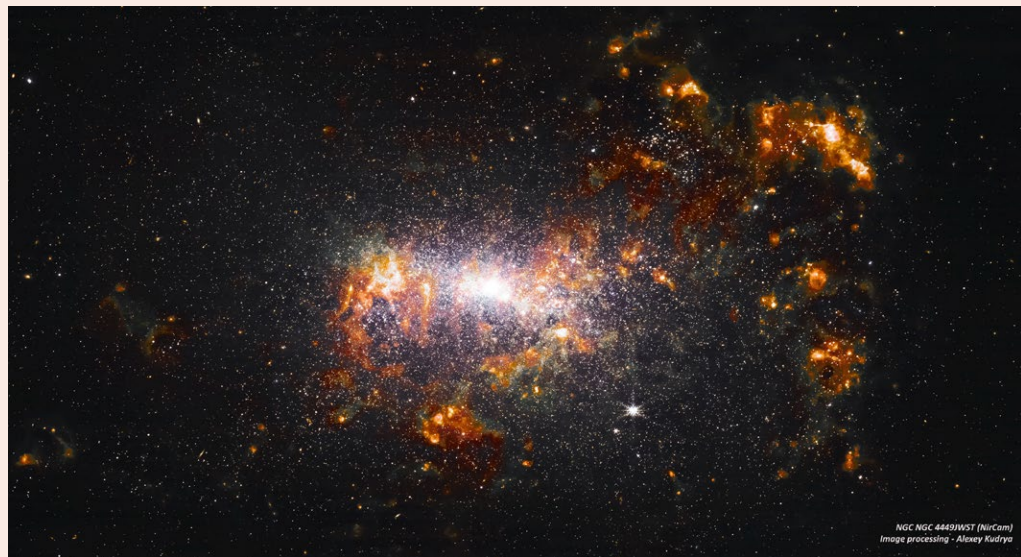
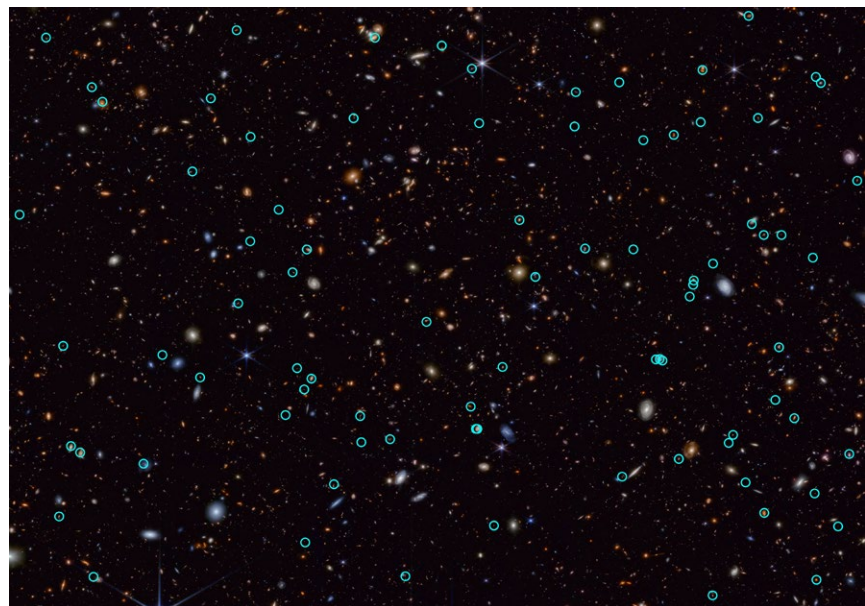
Есть две версии по поводу того, что придало звезде такое ускорение. Согласно первой, J1249+36 изначально была маломассивным спутником белого карлика. В ходе разрушения белого карлика во вспышке сверхновой типа Ia этот взрыв выбросил звезду-компаньона прочь с высокой скоростью. При этом следы катаклизма (который, вероятно, произошел несколько миллионов лет назад) уже рассеялись, поэтому доказать гипотезу очень сложно.

Во втором сценарии J1249+36 изначально находилась в звездном шаровом скоплении. Считается, что в центрах этих скоплений находятся черные дыры самых разных масс. Эти черные дыры также могут образовывать двойные системы и вращаться друг вокруг друга. Из-за своей массивности такие системы оказываются отличными катапультами для любых звезд, которые проходят слишком близко от них. Когда звезда сближается с двойной системой черных дыр, сложная динамика взаимодействия трех тел может выбросить ее из шарового скопления. Только вот понять, из какого именно шарового скопления вылетела эта звезда, пока не удастся.

Какая из версий верна, можно выяснить путем изучения химических элементов, из которых состоит звезда. Это в ближайших планах исследователей [3].

1. astronet.msu.ru/db/msg/1222187/sect30.html
2. aas.org/sites/default/files/2024-06/AAS244_Mon2_AdamBurgasser.pdf
3. today.ucsd.edu/story/speedy-star

Обнаруженные в обзоре JADES сверхновые в ранней Вселенной.
NASA, ESA, CSA, STScI, JADES Collaboration



Изображение номера – галактика NGC 4449

NGC 4449, также известная как Caldwell 21 – карликовая галактика, входящая в соседнюю группу галактик Canes Venaticorum. По морфологии и абсолютным размерам она удивительно похожа на нашу спутниковую галактику Большое Магелланово Облако. NGC 4449 расположена на расстоянии $4,27 \pm 0,1$ Мпк (13,9 млн световых лет) [4] от Млечного Пути по направлению к созвездию Гончих Псов (определяется по величине красного смещения $z = 0,000680$). Размер галактики – всего 20 тыс. световых лет. Открыта она в 1788 году астрономом Уильямом Гершелем.

Предполагается, что причиной ее наблюдаемой формы стало поглощение NGC 4449 более крохотной галактики-спутника. На изображении, полученном с космического телескопа «Джеймс Уэбб», видны тысячи молодых звезд, рожденных в массивных газопылевых облаках.

4. simbad.u-strasbg.fr/simbad/sim-basic?Ident=NGC+4449&submit=SIMBAD+search

Ремонт на удаленке

Инженерам Лаборатории реактивного движения NASA удалось, казалось бы, невозможное – починить аппарат, который на текущий момент находится на расстоянии свыше 163 астрономических единиц (24 млрд км) [5].

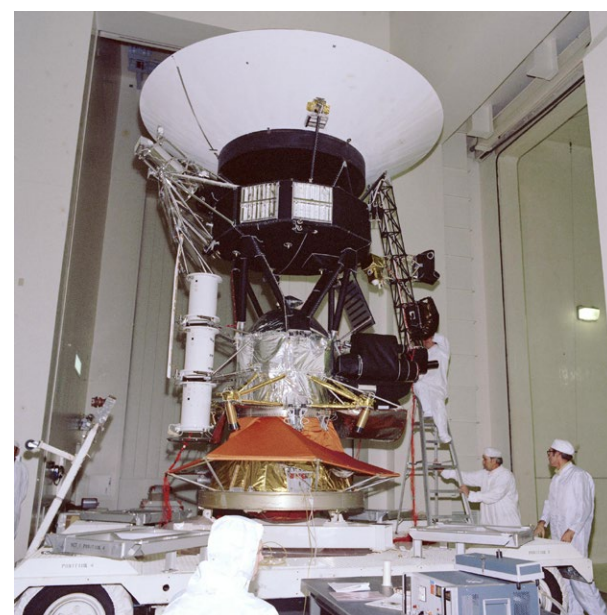
Межзвездный зонд Voyager 1 вернулся к штатному режиму работы и возобновил передачу данных со всех научных инструментов. Об этом говорится в сообщении, опубликованном на сайте JPL [6].

В ноябре прошлого года Voyager 1 столкнулся с одной из самых серьезных проблем за время своего 46-летнего путешествия. У аппарата вышел из строя чип, в котором хранилась часть кода системы полетных данных (FDS). В результате Voyager 1 потерял возможность передавать на Землю телеметрию и научную информацию.

Ситуация была дополнительно осложнена огромным расстоянием до аппарата (сигналу с Земли требуется 22,5 часа, чтобы добраться до Voyager 1) и возрастом. Большинство специалистов, конструировавших аппарат, к сожалению, умерло, немногие из оставшихся долгожителей давно на пенсии. Поэтому специалистам миссии приходилось играть роль техноархеологов, изучая документы полувековой давности и пытаясь понять логику их авторов.

В итоге инженерам NASA потребовалось пять месяцев, чтобы выявить источник проблем и выработать решение – в виде переноса кода из участка, который вышел из строя, в другие части FDS. Это позволило возобновить получение телеметрии с зонда.

Следующим шагом стало возобновление научной работы. В мае инженеры направили Voyager 1 команду, позволившую получить информацию с двух из четырех всё еще функционирующих приборов аппарата: приемника плазменных волн и магни-



Тестирование «Вояджера» 18 ноября 1976 года. На этой архивной фотографии инженеры NASA заняты виброакустической диагностикой и пиродарными испытаниями. Фото NASA / JPL-Caltech

тометра. Теперь им удалось наладить работу двух оставшихся инструментов – детектора космических лучей и прибора для измерения заряженных частиц низкой энергии.

В ближайшее время специалисты планируют провести дополнительные работы, включающие перепрограммирование часов в компьютерах аппарата, а также обслуживание бортового магнитофона, который записывает некоторые данные детекторов волн в плазме. Но в целом Voyager 1 наконец-то вернулся к полноценной работе.

5. voyager.jpl.nasa.gov/mission/status/
6. voyager.jpl.nasa.gov

Сверхновые в ранней Вселенной

В программе JADES Deep Field используются снимки, полученные космическим телескопом «Джеймс Уэбб» (JWST) в рамках программы JADES (JWST Advanced Deep Extragalactic Survey). Группа астрономов, работающих с данными JADES, выявила около 80 объектов, яркость которых менялась с течением времени. Большинство из этих объектов, известных как переходные процессы, оказываются результатами взрывов звезд – сверхновыми [7].

По оценкам ученых, удалось идентифицировать в десять раз больше сверхновых, чем было известно прежде, причем в ранней Вселенной до последнего времени было обнаружено лишь несколько подобных объектов, значение красного смещения которых превышало $z = 2$, что соответствует возрасту Вселенной всего в 3,3 млрд лет. Сейчас же JWST пронаблюдал множество сверхновых, которые вспыхнули, когда Вселенной было менее 2 млрд лет, в том числе ранее известную и спектроскопически подтвержденную с $z = 3,8$, т.е. при возрасте Вселенной всего в 1,8 млрд лет.

Чтобы выявить сверхновые, группа сравнила ряд снимков, сделанных с разницей в один год, и искала источники, которые исчезали или появлялись. Такие объекты, яркость которых меняется с течением времени, называются транзистными. В общей сложности удалось обнаружить около 80 сверхновых на участке неба размером с рисовое зернышко на расстоянии вытянутой руки.

Ранее исследователи использовали для наблюдений ранних сверхновых космический телескоп NASA «Хаббл» (когда Вселенная находилась на стадии «молодой зрелости»). С помощью JADES наблюдаются сверхновые времен «подросткового возраста» Вселенной. В будущем ученые надеются подобраться к «младенческой» стадии. «Уэбб» – это поистине машина для обнаружения сверхновых, – так прокомментировала эту работу Криста Декурси, аспирантка третьего курса Обсерватории Стюарда Аризонского университета в Тусоне. – Огромное количество находок плюс огромные расстояния до этих сверхновых – два самых захватывающих результата нашего исследования».

7. science.nasa.gov/missions/webb/nasas-webb-opens-new-window-on-supernova-science/

Окончание. Начало см. на стр. 5

В 1970-х Сергей Петрович вместе с В.А. Зоричем предпринимает попытку реформы программы мехмата, ставя особенный акцент на усиленное преподавание теоретической физики. По рассказам слушателей, в курсе дифференциальной геометрии поля Янга — Миллса появлялись на самых первых лекциях. После двух пятилетних циклов «кончина ректора Р.М. Хохлова и приход нового ректора А.А. Логунова в конце 1970-х срезали дальнейшее развитие»²¹.

29 декабря 1981 года Сергей Петрович Новиков избран академиком АН СССР. В 1982 году, после смерти П.С. Александрова, возглавил кафедру высшей геометрии и топологии мехмата МГУ, в 1984-м — объединенный отдел геометрии и топологии МИАН. В конце 1970-х — начале 1980-х «в исследования включились новые участники семинара: А.П. Веселов, И.А. Тайманов, П.Г. Гриневич, О.И. Мохов, С.П. Царев, А.С. Лыскова, Р.Г. Новиков»²². Ученики Сергея Петровича перечислены на сайте кафедры, среди них Д.В. Миллиончиков, И.К. Бабенко, С.Д. Григорян, А.В. Зорич, Ф.Ф. Воронов, М.В. Павлов, Ле Ту Тханг (Le Tu Thang), Л.А. Алания, С.В. Пиунин, В.А. Садов, И.А. Дынников, А.Я. Мальцев, А.Ю. Лазарев, Р. Делео (R. Deleo), А. Джакоббе (A. Giacobbe). На сайте Mathematics Genealogy Project указаны также О.Р. Мусин и Кришна Винод Кайпа (Krishna Vinod Kaipa).

В 1985 году Сергей Петрович избран президентом Московского математического общества, в 1986-м — главным редактором журнала «Успехи математических наук».

В 1991 году Сергей Петрович стал одним из основателей Независимого московского университета.

В Независимом, помещавшемся тогда во Второй школе, в 1995 году я и увидел Сергея Петровича впервые, на семинаре по дифференциальной геометрии, который Сергей Петрович вел вместе со своими учениками С.М. Гусейн-Заде и П.Г. Гриневичем.

Мы, студенты, оказались во власти сильнейшего обаяния Сергея Петровича, исключительно доброжелательного к нам, изысканно вежливого с нами. Мой школьный друг, будущий

декан матфака НИУ ВШЭ Владлен Тиморин, приходил на занятия в костюме. Сергей Петрович вызывал его к доске формулой: «Может быть, джентльмен...» (допустим, закончит выкладку). Несколько лет спустя в аспирантуру в Мэриленд пошел наш исключительно талантливый и яркий сверстник, выпускник школы Колмогорова при МГУ, победитель Всероссийских олимпиад Константин Рафаилович Салихов, трагически пропавший на Аппалачской тропе в августе 2010 года²³.

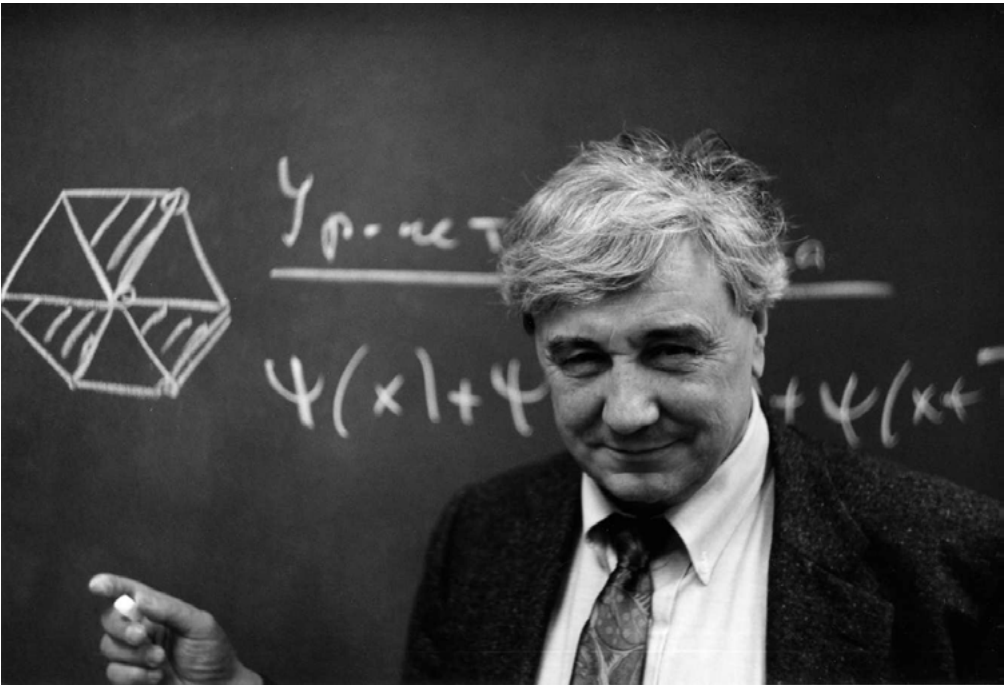
Как-то я (16-летний мальчик) спросил Сергея Петровича, зачем самому повторять стандартные трудоемкие выкладки, если они тысячи раз уже проделаны и всем ясно, что результат верен? Сергей Петрович очень серьезно мне ответил: «Если вы не проведете выкладки самостоятельно, то потеряете контакт с реальностью и не сможете понять следующий шаг». В манере держаться, в манере говорить, во множестве тех неувимых черт, которые составляют индивидуальность, Сергей Петрович обладал трудноформализуемым, однако совершенно явным сходством с Сергеем Ивановичем Адяном. Может быть, так они оба несли память о Петре Сергеевиче.

Гораздо позже, на летних школах в Дубне, Сергей Петрович, не участвуя в поэтических, часто приходил на музыкальные вечера (хорошо его помню на прослушивании записи Девятой симфонии Брукнера), а после детского отбоя, в оргкомитете, много рассказывал.

В своих рассказах Сергей Петрович сетовал на недостаток монографий с подробными доказательствами известных результатов и подчеркивал необходимость перепроверять доказательства.

«А я, знаете ли, карабкался, и когда достиг высокого этажа, уже был битый. Слава Богу, это произошло быстро. Я и потом каждую работу проверял десятки раз, просыпался, в отличие от людей, которые заканчивают статью и тут же эту работу забывают. А я в холодном поту среди ночи просыпался — проверял, перечитывал. Свои работы надо читать, господа, и перечитывать! А то можете получить по башке через много лет!»²⁴

Отношение Сергея Петровича к Соединенным Штатам становилось с годами всё более скептическим: если в нулевые он говорил мне,



Сергей Новиков (math.msu.ru)

аспиранту: «здесь, в Соединенных Штатах, созданы лучшие в мире условия для научной работы», то в 2010-е сетовал, что в Америке учат математике только в католических школах.

О гибели математики и математического образования во всем мире Сергей Петрович часто говорил с болью: «Тревога по поводу судьбы физико-математического сообщества у меня в последние годы неуклонно нарастает. Я говорю о судьбе нашего сообщества во всем современном цивилизованном мире, а не только в России, переживающей уже десять лет трудный переходный период, который вряд ли завершится даже еще за десять лет»²⁵.

В современном положении математики и математической физики Сергей Петрович видел трагедию, подобную трагедии античной математики²⁶: «Во время Архимеда был взрывной

²⁵ Новиков С.П. Вторая половина XX века и ее итог...

²⁶ Вспомним, что после того, как Эвергет Второй (прозываемый Фюбкун, Пузо) изгнал ученых из Александрии, город никогда уже не вернул себе былого величия. Развитие греческой математики остановилось, и только через полторы тысячи лет свои

период развития научной мысли, который закончился 1500-летним(!) застоём физико-математических наук»²⁷.

Что же должен делать математик, видя гибель того мира, которому он посвятил свою жизнь?

Ответ Новикова звучал просто и убедительно. Идти в глубину. Преодолевать трудности. Доказывать теоремы. «Если вы отколупнули кусочек скалы — вот это хорошо».

Александр Буфетов, профессор РАН

александрийских предшественников превзошли математики Итальянского Возрождения и XVII века — Джероламо Кардано, открывший комплексные числа, Бонавентура Кавальери, совсем по-новому начавший рассуждать о бесконечных множествах, Эванджелиста Торричелли, доказавший, что задача нахождения касательной и задача нахождения площади взаимно обратны.

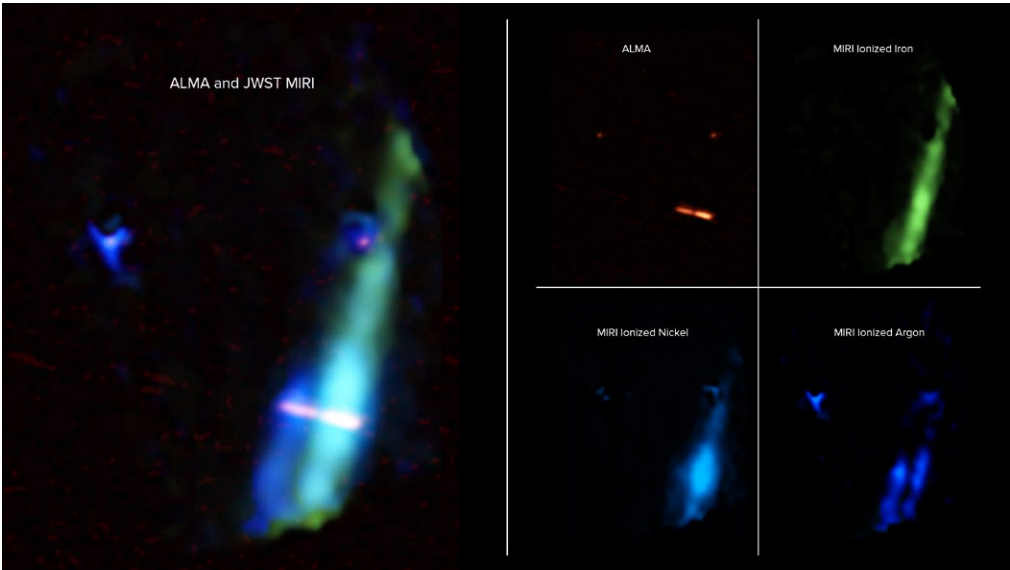
²⁷ Интервью Елене Кудрявцевой.

► Параллельные диски и джеты от молодых звезд

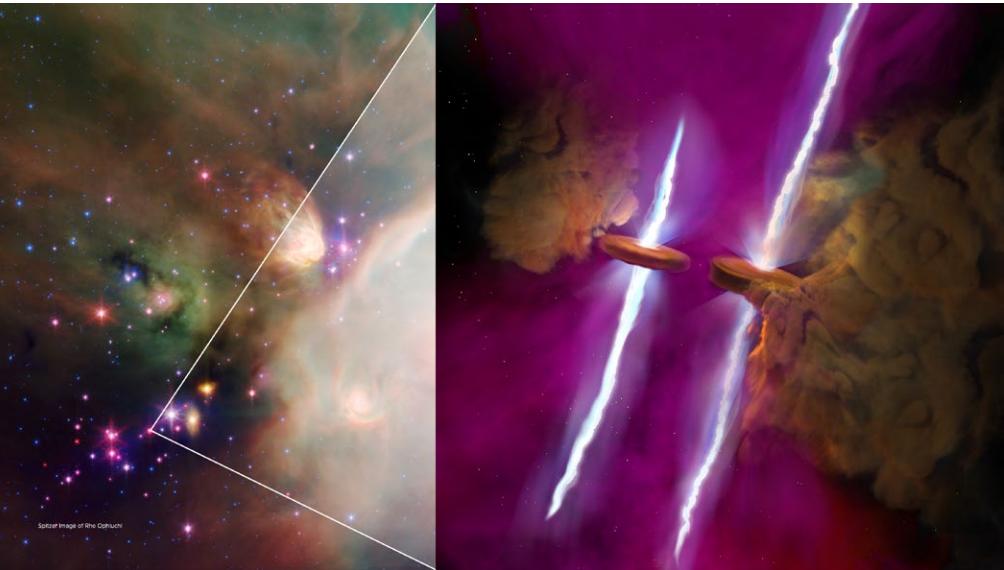
Так сложилось, что своими глазами человек не в силах обозреть большую часть Вселенной. Но у нас есть прекрасные новые инструменты, позволяющие увидеть невидимое. Именно их астрономы использовали, чтобы обнаружить в области звездообразования двойные диски и двойные параллельные струи, исходящие от молодых звезд, которые наблюдаются только на тех длинах волн, что находятся за пределами видимой части спектра [8].

Для этого исследования были объединены данные наблюдений, полученных с помощью ALMA (Атакамской большой антенной решетки миллиметрового диапазона») Национальной радиоастрономической обсерватории США (NRAO) и MIRI (прибора для работы в среднем диапазоне инфракрасного излучения) космического телескопа NASA «Джеймс Уэбб» (JWST).

ALMA и MIRI изучают очень разные части электромагнитного спектра, но их совместное использование позволило астрономам обнаружить «близнецов», скрытых в радио- и инфракрасном диапазонах волн в звездной системе WL20, расположенной в комплексе молекулярных облаков р Змееносца на расстоянии свыше 400 световых лет от Солнечной системы.



На составном изображении представлены астрономические данные, собранные телескопами ALMA и JWST. Слева — объединенные изображения дисков и параллельных джетов, исходящих от пары двойных звезд в WL20. Справа — разбивка на данные ALMA и JWST по отдельности, что позволяет изучить различный химический состав. Изображение U.S. NSF / NSF NRAO / ALMA(ESO/NAOJ/NRAO) / NASA / JPL-Caltech / JWST / B. Saxton



Слева — изображение комплекса молекулярных облаков р Змееносца в среднем инфракрасном диапазоне, полученное космическим телескопом NASA «Спитцер» с указанием на звездную систему WL20. Справа — увеличенное изображение WL20 в представлении художника. Изображение U.S. NSF / NSF NRAO / B. Saxton; NASA / JPL — Caltech / Harvard-Smithsonian CfA

Starliner, Starship и «Ангара», или О пользе конкуренции в космонавтике

Александр Хохлов, популяризатор космонавтики

Starliner

21 июля 2011 года космический шаттл Atlantis опустился на взлетно-посадочную полосу космического центра имени Кеннеди, завершив свой последний полет для снабжения Международной космической станции и одновременно подведя черту всей программе Space Shuttle [1]. С этого момента начался отсчет очередного периода отсутствия у США собственных средств доставки астронавтов в космос. Следующие примерно девять лет все экипажи попадали на борт станции на российских пилотируемых кораблях «Союз».

Конечно, завершая эпоху шаттлов, NASA озаботилось созданием новых космических кораблей. Еще в 2006 году началась программа разработки новых средств доставки грузов на МКС — Commercial Orbital Transportation Services (COTS), в рамках которой возшла звезда компании SpaceX. Выиграв контракт, команда Илона Маска разработала космическую ракету Falcon 9 (сначала в одноразовом варианте) и грузовой космический корабль Dragon с возвращаемым аппаратом. Этот опыт позволил присоединиться и ключевой программе по созданию американских коммерческих пилотируемых кораблей для МКС — Commercial Crew Program (CCP), стартовавшей в 2010 году. Администрация президента Барака Обамы, руководствуясь рекомендациями независимой комиссии Нормана Огастина [2], дала начало новому подходу к части ключевых пилотируемых программ NASA по покупке космических услуг у частных компаний [3].

Эта стратегия позволила привлечь к созданию космической техники дополнительных игроков, а не только корпорации-тяжеловесы, такие как Boeing и Lockheed Martin.

Командиром и пилотом последнего шаттла на орбите были, соответственно, Кристофер Фергюсон [4] и Дуглас Хёрли [5]. Завершив предыдущий этап пилотируемой американской космонавтики, оба астронавта включились в работу над новым. В 2014 году Boeing и SpaceX стали финалистами по программе CCP и заключили контракты на создание пилотируемых кораблей для доставки экипажей на МКС, а также на первые полеты на орбиту. Boeing считался лидером и получил контракт на 4,2 млрд долл., а компания Илона Маска — всего на 2,6 млрд долл.

Дуглас Хёрли вошел в группу астронавтов NASA, которая готовилась к полетам на Crew Dragon, пилотируемом корабле компании SpaceX, и на «Старлайнере» Boeing (первое название корабля CST-100). Кристофер Фергюсон ушел из NASA и стал коммерческим астронавтом-испытателем корпорации Boeing, включившись в работу над кораблем Starliner. Оба астронавта мечтали стать первыми, кто полетит на МКС на новом американском корабле.

Но задача оказалась непростой. Оба подрядчика задержали сроки готовности к полетам, которые должны были начаться в 2017 году. Первый беспилотный Crew Dragon компании SpaceX долетел до МКС только весной 2019 года,

а старт с экипажем состоялся 31 мая 2020 года. Счастливчик Дуглас Хёрли вместе с Робертом Бенкетом оказались на станции [6]. После этого испытательного полета Crew Dragon стал штатным средством доставки экипажей на МКС, стартуя дважды в год и привозя на борт по четыре человека.

У Кристофера Фергюсона всё оказалось сложнее. Первый беспилотный запуск Starliner состоялся 20 декабря 2019 года. Из-за программных ошибок корабль потратил много топлива на низкой орбите, и его полет к МКС и стыковка были отменены. Капсула села на полигон Уайт-Сэндс в штате Нью-Мексико после двух дней автономного полета (если Crew Dragon классическим в США для «капсульных» кораблей способом приводняется в океан, то корабль Boeing спроектирован для штатной посадки на сушу с помощью парашютов и надувных подушек на днище). После исправления основных замечаний Starliner повторно полетел на МКС без людей только 19 мая 2022 года. Успешно выполнив автоматическую стыковку, корабль доставил грузы на станцию и через четыре дня благополучно вернулся на Землю. Началась подготовка первого испытательного пилотируемого полета (Boeing Crew Flight Test).

Александр Хохлов



Сунита Уильямс и Барри Уилмор (в синих комбинезонах) и основной экипаж МКС-71 (фото NASA). flickr.com/photos/nasa2explore/53783701707/

К сожалению, еще 7 октября 2020 года астронавт-испытатель корпорации Boeing Крис Фергюсон покинул первый экипаж Starliner по личным причинам. Его заменил астронавт NASA Барри Уилмор [7], он начал подготовку вместе с Сунитой Уильямс [8]. Их полет на МКС несколько раз переносился, последний раз это произошло 1 июня 2024 года, когда астронавты уже находились внутри корабля на ракете Atlas V на стартовом столе SLC-41 мыса Канаверал [9]. Запуск был отменен автоматикой за 3 минуты 50 секунд до включения двигателей из-за сбоя в одном из резервных компьютеров наземной системы управления.

Экипаж успешно стартовал 5 июня 2024 года в 14:52 UTC. После 27 часов полета с небольшими приключениями (произошла небольшая утечка гелия и сбой в работе двигателей) ко-

рабль Starliner 6 июня в 13:34 UTC пристыковался к переднему стыковочному узлу модуля Harmony («Гармония») на МКС [10]. Барри Уилмор и Сунита Уильямс присоединились к экипажу основной экспедиции МКС-71. Первоначальный план предполагал недельное пребывание корабля в составе МКС, но из-за обнаруженных на первом этапе полета Starliner отдельных проблем (например, с двигателями ориентации корабля) было решено задержать астронавтов-испытателей на станции. Для дополнительных тестов Starliner и полного выполнения всех задач полета его продлили сначала до 18 июня [11], а потом до 22-го. Если миссия будет выполнена в основном успешно, результаты позволят сертифицировать Starliner для доставки основных экипажей на МКС. Тогда Boeing и SpaceX «поделят» между собой контракты NASA по коммерческим полетам астронавтов на станцию в дальнейшем.

Starliner при полете к МКС
(фото NASA). flickr.com/photos/
nasa2explore/53776029851/in/dateposted/)



Starship

Соревнование между корпорацией Boeing и компанией SpaceX развернулось не только в сфере создания пилотируемых кораблей, но и в сфере создания сверхтяжелых ракет-носителей. В 2011 году NASA начало разработку новой сверхтяжелой ракеты-носителя Space Launch System (SLS), основной целью для которой был дальний космос, в первую очередь Луна. При Бараке Обаме о высадке людей на Луну речь не шла, планировалось летать к астероидам и создать окололунную посещаемую станцию, которая в будущем стала бы местом сборки марсианского транспортного корабля. В 2019 году, когда администрация президента Дональда Трампа анонсировала лунную программу Artemis («Артемиды») [12], SLS стала основной ракетой для возвращения американцев на Луну. Ракета корпорации Boeing создавалась с опорой на технологии прошлого века — в первую очередь использованных в космической транспортной системе Space Shuttle. Но если шаттл был многоразовым (как и боковые ракетные ускорители), то ракета SLS полностью одноразовая. В свой первый полет 16 ноября 2022 года ракета отправилась со снятыми с музейных членов двигателями RS-25 на первой ступени. Дорогие в производстве двигатели, многократно летавшие в космос, в этом раз разрушились вместе со ступенью после одного полета для отправки беспилотного корабля Orion к Луне.

Параллельно с этим классическим, но уже устаревшим подходом Boeing компания SpaceX разработала и ввела в эксплуатацию частично многоразовую тяжелую ракету Falcon Heavy, а также активно доводит до летной эксплуатации полностью многоразовую сверхтяжелую ракету Starship. Появившаяся альтернатива очень дорогим ракетам SLS [13] изменила картину будущего космонавтики. Если в 2010-е годы планировалось использовать SLS для отправки в дальний космос тяжелых межпланетных аппаратов, строить окололунную станцию и марсианские пилотируемые корабли [14], то теперь тяжелая ракета Falcon Heavy будет использоваться для запуска к Юпитеру автоматической станции Europa Clipper и для доставки к Луне модулей посещаемой орбитальной станции Gateway, что сэкономит для NASA и время, и деньги. А новый Starship стал ключевым звеном программы «Артемиды», его специальный лунный вариант планируется использовать для высадки астронавтов на Луну, а танкерный вариант — для заправки основного корабля на орбите около Земли. ►



Та самая камера, с которой транслировалась завершающая картинка входа Starship в атмосферу (фото NASASpaceFlight.com)



Начало четвертого испытательного полета Starship (фото SpaceX)

► Но если Falcon Heavy доказала свою надежность, «Старшипу» только предстоит стать полноценной «рабочей лошадкой», способной совершить еще одну революцию по доставке грузов в космос от SpaceX (резко увеличив массу, габариты и снизив стоимость).

А пока ему придется совершить еще много испытательных полетов с космодрома Starbase в Бока-Чика на берегу Мексиканского залива, прежде чем он будет готов к полетам на Луну. Но уже выполненные четыре показали значительный прогресс. Стоит отметить, что SpaceX при разработке Starship использует метод натуральных испытаний, прямо во время пусков относительно «сырых» изделий.

В первом испытательном полете 20 апреля 2023 года ракета поднялась на высоту 39 км, но была подорвана из ЦУПа, так как две ступени не смогли разделиться и перешли в неконтролируемое вращение [15].

Второй старт состоялся 18 ноября 2023 года. Прошло успешное горячее разделение, когда двигатели второй ступени включились до начала расстыковки с Super Heavy (первой ступенью). Но и в тот раз обе части ракеты были взорваны системой аварийного уничтожения. При этом корабль Starship преодолел условную границу космоса в 100 км и достиг высоты 148 км [16].

Третий полет был 14 марта 2024 года, и его можно признать относительно успешным с точки зрения основных целей. Первая ступень Super Heavy успешно отделилась и вернулась в нужную точку Мексиканского залива. Но она не смогла затормозить и разрушилась при приводнении. Вторая

но выполнила два включения двигателей и произвела мягкую вертикальную посадку с помощью торможения двенадцатью двигателями (один из используемых тринадцати отключился) и зависания на трех «Ралторах» в последние секунды в запланированном месте Мексиканского залива. В момент «костановки» ракеты над поверхностью океана в Бока-Чика гигантские захваты «Мехазилла», установленные на башне обслуживания на стартовом столе, смоделировали захват ступени. В будущем они должны будут подхватывать снижающуюся первую ступень. Возможно, первая попытка будет уже во время пятого полета.

Вторая ступень Starship продолжила запланированный полет по суборбитальной траектории, набрав скорость 7,3 км/с и достигнув высоты более 213 км. Завершающая ключевая цель этого испытания — успешный вход в атмосферу с торможением в облаке плазмы — также была выполнена. Часть полета картинка с внешних камер не передавалась, но специалисты смогли решить проблему. При высоте около 55 км наблюдавшие за трансляцией полета смогли воочию наблюдать прогар одного из рулевых крыльев Starship, находившегося непосредственно перед камерой. Несмотря на разрушение теплозащиты крыло выдержало, подтвердив обоснованность выбора нержавеющей стали в качестве основного материала для ракеты [19].

Несмотря на частичную потерю одного крыла (по другим нет информации), многих теплозащитных плиток и, вероятно, повреждение других частей корпуса, корабль не разрушился полностью и продолжил передавать на

«Ангара»

Конкуренция в ракетостроении и в пусковых услугах в глобальном мире происходит и между странами. В начале XXI века Россия была лидером по коммерческим пусковым услугам, занимая первое место в мире по количеству космических запусков. Для этого использовались две ракеты-носителя: «Союз-2» в среднем классе и «Протон-М» в тяжелом. Вместе с тем Государственным космическим научно-производственным центром имени М.В. Хруничева с 1990-х годов разрабатывается линейка ракет-носителей «Ангара» с разной грузоподъемностью. Планировалось активно использовать эти ракеты для международной коммерческой деятельности. Совместная российско-американская компания International Launch Services уже несколько лет предлагает коммерческие запуски на ракете-носителе «Ангара-1.2» легкого класса [20]. Но предложение осталось без внимания; причины тому — долгие летные испытания, введение санкций в 2014 году и постепенный захват мирового рынка космических запусков компанией SpaceX.

К 2020-м годам единственным заказчиком на «Ангару» осталось правительство России (в первую очередь Министерство обороны).

Две ракеты вышли на летные испытания: легкая «Ангара-1.2» и тяжелая «Ангара-А5». Обе ракеты выполнили по три испытательных запуска со стартового стола 35/1 на космодроме Плесецк (Архангельская область), эксплуатируемом Министерством обороны РФ.

К концу 2023 года было завершено строительство второго стартового стола 1А, но теперь на гражданском космо-

дроме «Восточный» в Амурском крае. Изначально планировалось, что первый пуск ракеты в интересах Роскосмоса с «Восточного» будет по программе летных испытаний перспективного транспортного корабля нового поколения (одно время его называли «Федерация», а сейчас «Орёл»), предназначенного для полета космонавтов к Луне (сейчас для околоземных полетов). По указу президента России на конец 2023 года намечался первый запуск корабля для автономного полета [21]. Но в августе 2023 года стало известно, что начало летных испытаний перенесено сразу на 2028 год, при этом корабль должен пристыковаться к новой Российской орбитальной станции (РОС) [22].

Поэтому 11 апреля 2024 года с Восточного на ракете «Ангара-А5» вместо корабля «Орёл» был запущен разгонный блок «Орион» из семейства разгонных блоков «ДМ» РКК «Энергия» им. С.П. Королева (изначально они создавались для советской лунной программы) [23]. «Орион» вывел на геостационарную орбиту имитатор полезной нагрузки (обычно это бетонный блок), перейдя в завершении испытаний на орбиту захоронения (немного за геостационарную орбиту) [24]. Впервые на тяжелой «Ангаре» кроме имитатора полезной нагрузки был настоящий спутник — в данном случае наноспутник «Гагаринец» форм-фактора CubeSat 3U компании Avant Space. Как и в случае полета Юрия Алексеевича Гагарина 12 апреля 1961 года, о запуске «Гагаринца» стало известно после старта. Он был выведен на низкую околоземную орбиту с помощью пускового контейнера компании «КосмоЛаб». Через несколько дней кубсат сгорел в атмосфере Земли [25].

В целом первый вариант ракеты «Ангара-А5» не планируется использовать; возможно, это связано с определенными техническими моментами [26]. В разработке находится модернизированный вариант ракеты «Ангара-А5М», который будет использоваться для запуска межпланетных станций к Луне, выведения на орбиту модулей РОС, пилотируемых кораблей «Орёл», тяжелых спутников [27], в том числе в интересах Министерства обороны [28]. Основным заказчиком ракет будут государственные структуры, и, скорее всего, их будет устраивать одноразовый вариант ракеты для редких запусков.

Соревноваться с американскими и китайскими компаниями в скорости обновления поколений ракет имело бы смысл только в случае доступности рынка коммерческих запусков, но на сегодняшний день Роскосмос ограничен собственными задачами и редкими запусками в интересах «дружественных» стран [29].

1. roscosmos.ru/media/pdf/Novostikosmonavtiki/nk2011-09.pdf
2. nasa.gov/wp-content/uploads/2015/01/617036main_396093main_hsf_cmte_finalreport.pdf
3. obamaadministration.archives.performance.gov/content/commercial-crew-program.html
4. astronaut.ru/as_usa/text/ferguson.htm
5. astronaut.ru/as_usa/text/hurley.htm
6. trv-science.ru/2020/06/crew-dragon-s-ekipazhem-pribyl-na-mks/
7. astronaut.ru/as_usa/text/wilmore.htm
8. astronaut.ru/as_usa/text/williams_s.htm
9. kosmolenta.com/index.php/2216-2024-06-03-two-starts
10. blogs.nasa.gov/spacestation/2024/06/06/boeings-crew-flight-test-on-starliner-docks-to-station/
11. blogs.nasa.gov/spacestation/2024/06/10/nasa-boeing-progress-on-testing-starliner-with-crew-at-space-station/
12. nasa.gov/feature/artemis/
13. washingtonpost.com/technology/2021/02/25/nasa-space-future-private/
14. nasaspaceflight.com/2017/04/nasa-goals-missions-sls-eyes-multi-step-mars/
15. trv-science.ru/2023/05/pervyj-ispitatelnyj-polet-dvuxstupenchatogo-starshipa/
16. trv-science.ru/2023/12/vazhnejšie-sobytiya-v-kosmonavtike-2023/
17. kosmolenta.com/index.php/2180-2024-03-14-starship-success
18. youtube.com/watch?v=wRxx00PhS0Y
19. t.me/prostinas/3015
20. ilslaunch.com/launch-vehicle/angara-1-2/
21. trv-science.ru/2020/03/kazus-rskosmosa/
22. interfax.ru/russia/916245
23. energia.ru/ru/history/systems/upper_stages.html
24. rbc.ru/technology_and_media/11/04/2024/66180ccd9a79477aa9d93ccf
25. sonik.space/observations/?transmitter_uuid=7hCW0424ezMTrVwEZich7e
26. t.me/prostinas/2958
27. iz.ru/1687603/andrei-korshunov/predlozhen-variant-mnogorazovogo-ispolzovaniia-raket-nositelei-angara
28. roscosmos.ru/40496/
29. ru.wikipedia.org/wiki/Список_космических_запусков_России_в_2024_году



Третий испытательный полет Starship 14 марта 2024 года с первой ступенью Super Heavy (фото NASA)

ступень вышла на запланированную суборбитальную траекторию с максимальной высотой 233 км. При торможении в плотных слоях атмосферы Starship закрутило, и он потерял множество теплозащитных плиток. Связь с ним поддерживалась с помощью спутниковой группировки Starlink, на высоте около 65 км она была атмосфера — корабль разрушился в атмосфере [17].

Четвертый испытательный запуск (последний на момент публикации номера) в конфигурации B11/S29 состоялся 6 июня в 15:50 мск с того же стартового стола на тexasском космодроме Starbase в Бока-Чика [18]. Почти сразу после старта один из 33 двигателей Raptor первой ступени Super Heavy отключился, но это не повлияло на дальнейший полет. Система управления парировала отказ одного двигателя за счет более долгой работы других. Горячее разделение ступеней вновь прошло штатно. Первая ступень Super Heavy после отделения успеш-

но выполнила два включения двигателей и произвела мягкую вертикальную посадку с помощью двигателей.

В трансляции можно видеть движение поврежденного крыла, а телеметрия показала разворот корабля в вертикальное положение. На последних кадрах отчетливо видно приводнение Starship. Несмотря на множество сложностей, в этот раз инженеры смогли собрать большой объем информации на всех этапах полета от старта до падения корабля в воду, это поможет в доработках как ракеты, так и летных процедур. В четвертом полете не планировалось спасение ступеней с воды и, по всей видимости, они утонули.

Пуск «Ангара-А5» с Восточного (Роскосмос)





Scientific American

Фред Хойл
в 1967 году

Фред Хойл: предтеча ядерной астрофизики



Алексей Левин

Фред Хойл (Fred Hoyle, 1915–2001) занимает совершенно особое место в новейшей науке о Вселенной. Где-то с четверть века, с конца 1940-х до начала 1970-х, он был одним из самых известных теоретиков космических исследований не только у себя на родине, в Великобритании, но и в мировом масштабе. Широкая публика знала его как известнейшего радиолектора (если угодно, отчасти даже и шоумена), автора научно-популярных книг и фантастических романов, одного из создателей эффектной модели Вселенной, которая много лет считалась сильным конкурентом ныне общепринятой модели Большого взрыва.

Коллеги по профессии ценили прежде всего его фундаментальные работы по теории внутризвездных процессов, приводящих к рождению всех химических элементов за исключением трех самых легких — водорода, гелия и лития. Именно эти исследования, которые Хойл выполнял в одиночестве или с соавторами, стали его главным вкладом в фундаментальную астрофизику. Сюда же надо отнести модель превращения звезд главной последовательности в красные гиганты, которую Хойл в 1955 году опубликовал в соавторстве с Мартином Шварцшильдом. У Хойла были и другие важные работы, некоторые из них, даже оказавшись фактически неверными, проложили новые пути в астрофизике.

Но и это не всё. Хойлу было тесно в рамках основной специальности. Он отменился в климатологии, археологии, палеонтологии, молекулярной биологии и даже в общественных науках. Эти проявления его кипучей натуры оставим за кадром, в очередной раз вздохнув о невозможности объять необъятное.

тельную награду в две гиней. На втором курсе он, вопреки совету Вуда, так и остался в математической группе и со временем прекрасно сдал еще две части трайпоса, получив за третью особую медаль. Он также детально проработал фундаментальную монографию Эддингтона "The Mathematical Theory of Relativity" и великую книгу Дирака "The Principles of Quantum Mechanics". Поскольку оба были кембриджскими профессорами, Хойл слушал их лекции. Занятиями у Дирака он восхищался, а стиль Эддингтона считал ужасным (и в этом был отнюдь не одинок!). На четвертом курсе он окончательно решил посвятить себя ядерной физике, которая тогда, после экспериментального открытия нейтрона, теоретического предсказания пионов и нейтрино, создания теории альфа- и бета-распада и изобретения первых ускорителей, стала вполне зрелой, быстро развивающейся и очень перспективной наукой. При этом Хойла не привлекали экспериментальные исследования, он видел себя только в роли физика-теоретика.

Однако в тогдашнем Кембридже непросто было найти достойного научного руководителя по этой части. Два столпа университетской теорфизики, Ральф Фаулер и Поль Дирак, много времени проводили за рубежом и не хотели нагружать себя опекой над студентами. К счастью, Хойлу удалось заинтересовать своей персоной Рудольфа Пайерлса, бывшего ассистента Вольфганга Паули в Цюрихском политехническом институте. После прихода к власти Гитлера Пайерлс переехал в Англию, где сначала работал вместе с Гансом Бете в Манчестерском университете, а потом в Мондовской лаборатории Кембриджа. Он был крупным и к тому же универсальным физиком-теоретиком, выполнявшим важные исследования по физике твердого тела, теории магнетизма и ядерной физике. Именно по этой дисциплине у него и специализировался Хойл, причем вполне успешно. В 1937 году он опубликовал — да не где-нибудь, а в *Nature* — свою первую научную статью, в которой рассмотрел возможные механизмы поглощения атомным ядром орбитальных электронов. Вскоре последовала и вторая, посвященная теории бета-распада.

Казалось, что будущее Фреда Хойла на ближайшие годы полностью определено — теоретическая атомная и ядерная физика. Однако в том же году его наставник получил и принял предложение занять кафедру прикладной математики в Бирмингемском университете. Хойл мог последовать за ним, но сохранил верность Кембриджу. К тому же позднее у него с Пайерлсом возник конфликт — в принципе, чисто научный, однако окрашенный, как это бывает, личными разногласиями. В результате Хойл был вынужден срочно искать нового шефа, хотя бы номинального, поскольку это требовалось для получения диплома. Сначала его согласился взять под крыло молодой физик-теоретик из Тринити-колледжа Морис Прайс, но в 1939 году он тоже покинул Кембридж ради места в Ливерпуле. Правда, их недолгое сотрудничество всё же повлияло на будущую карьеру Хойла. Кембриджский университет начал присуждать докторские степени по научным дисциплинам только в 1919 году — в основном для того, чтобы

уменьшить отток способных студентов в университеты США. Прайс посоветовал Хойлу не тратить время на подготовку докторской диссертации. Он рекомендовал традиционный путь: опубликовать еще несколько серьезных статей и получить исследовательскую стипендию в хорошем колледже. Хойл послушался — и так и не стал PhD ни тогда, ни позже.

Отъезд Прайса вновь заставил Хойла искать руководителя. И тут ему по-настоящему повезло: в этом качестве согласился выступить Дирак. Гениальный основатель релятивистской квантовой механики редко брал дипломников, но его впечатлили первые статьи Хойла. Он посоветовал Фреду заняться квантовой электродинамикой, одной из сложнейших областей тогдашней фундаментальной физики. Хойл не обманул надежд нового шефа и в 1939 году опубликовал две большие статьи, написанные (вполне в духе Дирака!) самой современной и в каком-то смысле даже экстравагантной математикой. Хотя квантовая электродинамика как согласованная теория поля была независимо создана американцами Джулианом Швингером и Ричардом Фейнманом и японцем Синитиро Томонага только в конце 1940-х годов, Хойл своей работой о поведении электрона в электромагнитном поле внес вклад в подготовку ее будущего расцвета.

Как и предполагал Прайс, публикации Хойла обеспечили ему хорошую финансовую опору. В 1939 году он получил две исследовательские стипендии общей суммой 850 фунтов в год — в то время отличный заработок. Он купил свой первый автомобиль, а в самом конце декабря вступил в законный брак. Со своей невестой Барбарой Кларк он познакомился за несколько месяцев до того, в мае, когда она готовилась к поступлению в Кембридж, и полюбил с первого взгляда. Она стала Фреду замечательной женой на всю оставшуюся жизнь.



John Camac/UK

От аккреции к радарам

Когда Фред и Барбара сделали с супругами, Польша уже пала под натиском вермахта, а на пограничной линии между Германией и Францией царил затишье, названное «странной войной». Но оно продолжалось недолго. В апреле 1940 года немецкие войска вторглись в Данию и Норвегию, а в мае — во Францию, Бельгию, Люксембург и Нидерланды. 14 июня без боя был сдан Париж, а 22-го в Компьене было подписано унизительное для Франции перемирие с Рейхом. 10 июня германская авиация начала массированные бомбардировочные рейды на британскую территорию¹, которые продолжались до конца октября и в конечном счете были отбиты с большими потерями для немцев. Франция пала, но Британия продолжала сражаться.

В начале войны Хойл оставался в Кембридже. В 1939 году его избрали сочленом (*fellow*) Колледжа Святого Иоанна, и он оставался в этой должности до 1972 года. Там работал молодой (всего четырьмя годами старше Хойла) математик Реймонд Литлтон, который также занимался теоретической астрономией. Они с Хойлом не только надолго подружились, но и нашли проблему для совместных исследований. В то время астрофизики уже знали, что звезды получают энергию благодаря термоядерным реакциям. Хойл и Литлтон предположили, что есть и дополнительный источник — высвобождение гравитационной энергии в результате падения из окружающего пространства газопылевых частиц на поверхность звезд. Они вполне логично решили, что этот механизм энергетической подпитки через аккрецию межзвездного вещества особенно эффективен для звезд большой массы, которые благодаря ему не только обеспечивают свое свечение, но и набирают дополнительный вес и тем сильно увеличивают время жизни.

В 1939–1941 годах Хойл и Литлтон стали соавторами трех статей, где развивали свою гипотезу. Эти работы занимают интересное место в истории астрофизики. По сути они ошибочны — звезды живут за счет термояда, а их время жизни практически полностью определяется начальной массой. Не приходится удивляться, что эти работы не получили поддержки у коллег. Однако после открытия квазаров и нейтронных звезд в 1960-е годы астрофизики всерьез занялись проблемами аккреции. Например, в 1973 году американские астрофизики Крис Дэвидсон и Джереми Острайкер показали, что аккреция вещества от обычной звезды на спаренную с ней нейтронную объясняет интенсивную генерацию рентгеновского излучения. Внимание к процессам переноса плазмы в тесных двойных звездных системах особенно возросло, когда стало ясно, что такая аккреция ответственна за вспышки новых звезд и рождение сверхновых из белых карликов (речь, конечно, идет о сверхновых типа Ia). Тогда старые работы Хойла и Литлтона, равно как и опубликованная в 1944 статья Хойла и австрийского эмигранта Германа Бонди на сходную тему, были заново прочитаны и оценены по достоинству. Сейчас признано, что Бонди, Хойл и Литлтон могут считаться основоположниками теоретического моделирования аккреционных процессов. Более того, они развили такие методы их теоретического моделирования, которые помогли и позднейшим исследователям.

Когда Хойл и Литлтон только занимались своей гипотезой, им надо было для начала решить, из чего может состоять межзвездное вещество. Они выбрали нейтральный водород — и не ошиблись. Конечно, это была чистая догадка, если угодно — спекуляция, однако со временем она оправдалась. В 1944 году голландский астроном Хендрик ван де Хюлст предсказал, что космические облака атомарного водорода будут испускать электромагнитные волны длиной 21,2 см. Этот эффект возникает из-за вывалов сформальной орбитальной энергии (выражаясь формально, благодаря спонтанным переходам между двумя соседними уровнями сверхтонкой структуры водородного

Маленький Фред Хойл с родителями

¹ См. очерк о физике и правительственном эксперте Фредерике Линдеммане, яром поборнике бомбардировок городов в Германии в качестве мести за немецкие воздушные атаки: Мацарский В. Виконт Черуэлл Оксфордский, друг Эйнштейна и Черчилля // ТрВ-Наука № 367 от 6 декабря 2022 года. trv-science.ru/2022/12/viscount-cherwell-oxfordskij-drug-einsteina-i-churchillya/

► атома). Весной 1951 года будущий нобелевский лауреат Эдвард Пёрселл и его студент Гарольд Юэн детектировали это излучение, подтвердив гипотезу Литлтона и Хойла. Их результат в июне того же года продублировали нидерландские ученые во главе с Яном Оортом, которые как раз тогда создавали свое собственное (и в будущем очень успешное) направление в галактической радиоастрономии. Уже через три года Оорт и его партнеры опубликовали большую статью с описанием периферийных спиральных ветвей нашей галактики, обнаруженных благодаря детектированию радиоизлучения облаков нейтрального водорода. А в 1956 году в Голландии вблизи городка Двингело вступил в действие радиотелескоп с вращающейся антенной диаметром 25 м, который принес много ценной информации. На тот момент он даже был крупнейшим радиотелескопом в мире, однако уже на следующий год уступил первенство британскому 76-метровому телескопу имени Лоуэлла.

Но вернемся к сотрудничеству Хойла и Литлтона. Вероятно, они сделали бы вместе гораздо больше, если бы не Вторая мировая война. В конце лета 1940 года Адмиралтейство привлекло Хойла к секретным работам по радиолокаторам, из-за чего им с Барбарой пришлось перебраться из Кембриджа в Портсмут. Они с Литлтоном продолжали сотрудничать, но уже по почте. В октябре 1942 года Хойла назначили руководителем группы теоретиков, изучавших распространение радарного излучения. Они работали на новом полигоне в деревне Уитли в графстве Суррей, где Хойл провел вторую половину войны. Работа группы осталась засекреченной, однако известно, что Хойл разработал новый способ измерения высоты самолетов по показаниям радаров. Осенью 1944 года он был командирован в США, где рассказал о своей работе американским специалистам. Он воспользовался этой поездкой, чтобы встретиться с Расселом, Вальтером Бааде и еще несколькими астрономами. Это стало началом его личных контактов с американскими коллегами.

Группа была невелика, не более десяти сотрудников. Заместителем Хойла был уже упоминавшийся Герман Бонди, уроженец Вены. В эту команду, среди прочих, входил еще один замечательный физик и тоже эмигрант из Австрии Томас Голд. С наступлением мира они вместе с Хойлом занялись космологией и создали очень любопытную модель Вселенной.

Космология Большого взрыва

Бог, как известно, троицу любит. Возможно, именно поэтому он доверил создание ныне общепринятой модели возникновения расширяющейся Вселенной в результате Большого взрыва команде из троих ученых, которые тогда работали в Вашингтоне. В 1948 году они опубликовали несколько статей, в которых были изложены основы космологической концепции расширяющейся Вселенной, впоследствии получившей известность как теория Большого взрыва. Летом того же 1948 года Калифорнийский технологический институт провел торжественное открытие «Большого Глаза» — телескопа с пятиметровым зеркалом, сооруженного на горе Паломар вблизи Сандиего. После растянувшейся почти на полтора года доводки телескоп начал исследовать предельные глубины космоса, куда до этого не мог заглянуть ни один астрономический инструмент. Поиск следов Биг Бэнга стал важнейшей частью этих исследований.

Теорию Большого взрыва сейчас считают почти столь же несомненной, как и систему Коперника. Однако вплоть до второй половины 1960-х годов она отнюдь не пользовалась всеобщим признанием, и не только потому, что некоторые ученые с порога отрицали саму идею расширения Вселенной. У модели Биг Бэнга имелась серьезная конкурентка, созданная Хойлом, Бонди и Голдом. Их модель полностью принимала концепцию космологического расширения, но объясняла ее совсем по-другому. В законченном виде она появилась на свет одновременно с соперницей и тоже имела троих соавторов. Сейчас эта теория практически забыта, но когда-то была весьма популярной.

В чем проблема?

Космология как математизированная наука уже давно успела отметить свой столетний юбилей. В 1917 году Альберт Эйнштейн осознал, что уравнения общей теории относительности позволяют вычислять физически разумные модели мироздания. Классическая

механика и теория гравитации такой возможности не предоставляют, как понимал уже их великий создатель. Ньютон пытался построить общую картину Вселенной, однако при всех раскладах получалось, что она неизбежно схлопывается под действием силы тяготения. Позднейшие попытки этого рода, осуществлявшиеся в рамках ньютоновской парадигмы, тоже не приводили к успеху.

Эйнштейн решительно не верил в начало и конец мироздания и поэтому придумал вечную существующую статичную Вселенную. Для этого ему понадобилось ввести в свои уравнения особую компоненту, которая создавала антитяготение и тем самым формально обеспечивала стабильность мироустройства. Это дополнение, так называемый космологический член, Эйнштейн считал весьма незелантным, даже уродливым, но всё же необходимым. Однако позднее было доказано, что статичная модель неустойчива и посему физически бессмысленна, так что создатель общей теории относительности зря не поверил своему эстетическому чутью.



Молодой Фред Хойл (второй слева) в Эммануил-колледже (Кембридж). 1930-е годы

У модели Эйнштейна быстро появились конкуренты — модель мира без материи Виллема де Ситтера (тоже 1917 год), а также замкнутые и открытые нестационарные модели Александра Фридмана (1922 и 1924 годы). Но эти красивые конструкции до поры до времени оставались чисто математическими упражнениями, никак не связанными с астрономическими данными. Чтобы не умозрительно рассуждать о Вселенной в целом, надо хотя бы знать, что существуют миры, расположенные за пределами звездного скопления, в котором находится Солнечная система и мы вместе с ней. В 1926 году Эдвин Хаббл опубликовал работу «Внегалактические туманности», где впервые было дано описание галактик как самостоятельных звездных систем, не входящих в состав Млечного Пути. Лишь после этого космология получила возможность искать опору в астрономических наблюдениях.

И такой шанс был быстро использован. Первым это сделал Леметр, который в те времена изучал астрофизику в Массачусетском технологическом институте. До него дошли ходившие среди астрономов слухи, что Хаббл вплотную подошел к новому революционному открытию — доказательству разбегания галактик. В 1927 году уже у себя на родине Леметр опубликовал (а в последующие годы уточнил и развил) модель Вселенной, образовавшейся в результате взрыва сверхплотной материи и расширяющейся в соответствии с уравнениями общей теории относительности. Он не только понял, что такое расширение можно увидеть с Земли, наблюдая движение далеких галактик, но даже математически дока-

зал, что их радиальная скорость должна быть пропорциональна расстоянию от Солнечной системы. Годом позже к этому же выводу независимо пришел увлекшийся космологией принстонский математик Говард Робертсон. А в 1929 году Хаббл получил ту же самую зависимость уже путем наблюдений, обработав данные по удаленности двадцати четырех галактик и величине красного смещения приходящего от них света. Пятью годами позже Хаббл и его ассистент-наблюдатель Милтон Хьюмассон привели новые доказательства справедливости этого вывода, осуществив мониторинг очень тусклых галактик, лежащих на крайней периферии наблюдаемого космоса. Получалось, что предсказания Леметра и Робертсона полностью оправдались, а космология нестационарной Вселенной одержала решительную победу².

Но всё же астрономы ни в 1930-е, ни в 1940-е годы не спешили кричать ура и бросать в воздух академические ермолки. Модель Леметра позволяла оценить продолжительность существования Вселенной — для этого нужно было

не у дел. Еще худшая судьба постигла модель вечно осциллирующей Вселенной, которую в 1934 году предложил американский физик Ричард Толман. Она вообще не получила серьезного признания, а в конце 1960-х годов была окончательно отвергнута как математически некорректная.

Невезение Гамова

Акции модели раздувающегося мира не слишком повысились и после того, как к 1948 году эмигрант из СССР Джордж (он же Георгий Антонович) Гамов и его аспирант Ральф Алфер построили новую версию этой теории, причем гораздо более продвинутой и реалистичной, нежели леметровская. Бельгийский профессор выводил свою Вселенную из взрыва гипотетического «первичного атома», который явно выламывался из представлений физиков о природе микромира. Гамов и Алфер предположили, что Вселенная вскоре после момента рождения состояла из хорошо известных частиц — электронов, фотонов, протонов и нейтронов. В их модели эта смесь была нагрета до адских температур и плотно упакована в крохотном (по сравнению с нынешним) объеме. Гамов с Алфером показали, что в этом супергорячем супе происходит термоядерный синтез, в результате которого образуется основной изотоп гелия, гелий-4. Они даже вычислили (правда, считал в основном Алфер), что уже через несколько минут материя переходит в равновесное состояние, в котором на каждое ядро гелия приходится примерно десяток ядер водорода. Такая пропорция вполне соответствовала астрономическим данным о распределении самых легких элементов во Вселенной.

Чуть позднее эти выводы подтвердили два участника Манхэттенского проекта — великий физик Энрико Ферми и радиохимик Энтони Туркевич. Они к тому же установили, что процессы термоядерного синтеза обязаны порождать немного легкого изотопа гелия с атомным весом 3 и тяжелые изотопы водорода — дейтерий и тритий. Сделанные ими оценки концентрации этих трех изотопов в космическом пространстве тоже совпадали с наблюдениями астрономов. Еще позже другие ученые определили, что этот же синтез повлек за собой появление ничтожных количеств лития-6 и лития-7, а также бериллия-7 (правда, ядра трития вскоре дали начало ядрам гелия-3, а ядра бериллия-7 захватили электроны и превратились в ядра лития-7). Впрочем, большая часть ядер этих элементов родилась иным путем и гораздо позже.

И всё же астрономы-практики продолжали сомневаться. Во-первых, оставалась проблема возраста Вселенной, с которой теория Гамова никак не могла справиться. Реально увеличить продолжительность существования мира можно было только доказав, что галактики разлетаются много медленнее, чем было принято считать на основе тогдашнего значения постоянной Хаббла. В конечном счете так и случилось, причем в немалой степени с помощью наблюдений, выполненных в Паломарской обсерватории, только произошло это уже в 1960-е годы.

Во-вторых, гамовская модель забуксовала на нуклеосинтезе. Объяснив возникновение гелия, дейтерия и трития, она не смогла продвинуться к более тяжелым ядрам. Ядро гелия-4 состоит из двух протонов и двух нейтронов. Всё было бы хорошо, если бы оно могло присоединить протон и превратиться в ядро лития — третьего элемента периодической системы. Однако ядра из трех протонов и двух нейтронов крайне неустойчивы и мгновенно распадаются. Поэтому в природе существует не литий-5, а лишь стабильный литий-6 (три протона и три нейтрона) и литий-7 (те же три протона плюс четыре нейтрона). Для их образования путем прямого синтеза необходимо, чтобы с гелиевым ядром одновременно слились и протон, и нейтрон (либо протон и два нейтрона), а вероятность этого события крайне мала. Правда, в условиях высокой плотности материи на первых минутах существования Вселенной подобные реакции всё же происходят, но очень редко, что и объясняет очень малую концентрацию древнейших атомов лития. Точно так же мгновенно разваливается ядро из двух протонов и трех нейтронов, поэтому гелий-5 опять-таки не возникает.

² Мацарский В. Жорж Леметр, монсеньор Большой взрыв // ТрВ-Наука № 372 от 21 февраля 2023 года. trv-science.ru/2023/02/georges-lemaitre-monseigneur-bolshoj-vzryv/



Герман Бонди, Фред Хойл и Томас Голд. 1960-е годы

Окончание. Начало см. на стр. 10–11

К тому же природа приготовила Гамову еще один премьерский сюрприз. Путь к тяжелым элементам мог бы лежать и через слияние двух гелиевых ядер с образованием бериллия-8, однако этот изотоп тоже крайне неустойчив. Так что объяснить происхождение элементов тяжелее лития никак не удавалось, и в конце 1940-х годов это препятствие казалось непреодолимым.

Правда, у модели горячего рождения Вселенной оставалась в запасе еще одна карта, которая со временем стала козырной. Тогда же в 1948 году Алфер и другой ассистент Гамова Роберт Герман пришли к выводу, что космос пронизан микроволновым излучением, возникшим спустя 300 тыс. лет после первичного катаклизма. Однако радиоастрономы не проявили интереса к этому прогнозу, и он так и остался на бумаге.

Конкурирующая организация

Гамов и Алфер изобрели свою «горячую» модель в столице США, где с 1934 году Гамов профессорствовал в университете имени Джорджа Вашингтона. Многие продуктивные идеи возникли у них под умеренную выпивку в баре «Маленькая Вена» на Пенсильвания-авеню неподалеку от Белого дома. Если этот путь к построению космологической теории кое-кому кажется экзотичным, то что сказать об альтернативной теории, которая появилась на свет под влиянием фильма ужасов? А ведь было именно так, это не легенда.

Произошло это в Кембридже, куда осенью 1945 года вернулись Хойл и Бонди. Хойл сразу начал читать продвинутые курсы лекций по статистической механике и геометрии, которые пользовались большой популярностью — Хойл оказался отличным преподавателем. В последующие годы он также учил студентов прикладной математике, термодинамике и теории электромагнетизма. Тогда же Бонди стал обучать студентов математической физике, теории относительности и космологии, причем тоже очень успешно. В 1947 году в Кембридж вернулся и Томас Голд. Втроем они сформировали не только дружескую компанию, но и научную группу.

Чуть отвлечусь от биографии Хойла, чтобы рассказать о его компаньонах. Все трое были очень молоды. Хойлу к моменту капитуляции Германии не исполнилось и тридцати, а его приятелям стукнуло по двадцать пять. И Бонди, и Голд приехали в Англию в конце 1930-х годов и, подобно Хойлу, получили образование в Кембридже.

Бонди был математиком, а Голд — скорее инженером. Бонди навсегда остался в Англии, стал крупнейшим специалистом по общей теории относительности, работал главным научным консультантом Минобороны и Минэнерго, получил (как и Хойл) дворянство, был гендиректором Европейской организации космических исследований (ныне Европейское космическое агентство), президентом нескольких научных обществ, ректором одного из кембриджских колледжей. Умер он 10 сентября 2005 года.

Голд в конце 1950-х переехал в США, в Корнеллский университет, где и проработал всю жизнь, скончавшись в 2004 году. Он выполнил важнейшие исследования космического магнетизма (термин «магнитосфера» — его изобретение), одновременно с коллегой по университету Франко Пачини (но совершенно независимо!) предложил модель пульсара как вращающейся

замагниченной нейтронной звезды и даже выдвинул элегантную, но, скорее всего, неправильную теорию происхождения угля и нефти.

В общем, троица в полном составе вошла в элиту мировой науки.

Во время войны Хойл и его друзья по вечерам отводили душу в беседах о фундаментальных проблемах мироздания. На этих домашних семинарах они много говорили о космологии. Все трое дружно невзлюбили модель Леметра, но закон Хаббла приняли всерьез, а потому отвергли и концепцию статичной Вселенной. После войны они собирались дома у Бонди и обсуждали те же проблемы. Бонди в 1947 году по предложению Совета Королевского астрономического общества написал (и годом позже опубликовал) большой обзор тогдашних космологических теорий, который, конечно, внимательно прочли и Хойл, и Голд. После этого друзья стали обдумывать возможность объяснения устройства Вселенной на основе какой-то новой физики.

Озарение снизошло на них после просмотра кинострашилки «Мертвые в ночи». Ее главный герой Уолтер Крейг (в исполнении знаменитого Мервина Джонса) попал в замкнутую событийную петлю, которая в конце картины возвратила его в ту же ситуацию, с которой всё и началось. Фильм с такой фабулой в принципе может длиться бесконечно, как стишок о попе и его собаке. Тут-то Голд и сообразил, что Вселенная может оказаться структурным аналогом этого сюжета — изменяющейся, но неизменной.

Друзья сначала сочли эту идею безумной, но потом решили, что в ней есть рациональное зерно. Они превратили голдовскую гипотезу в связную теорию и в 1948 году опубликовали свои результаты в журнале *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*. Бонди с Голдом в совместной статье «The Steady-State Theory of the Expanding Universe» дали ее общее изложение, а Хойл в отдельной публикации того года «A New Model for the Expanding Universe» представил математические расчеты.

Что там было нового? За основу Хойл взял уравнения общей теории относительности, но дополнил их гипотетическим С-полем, «полем творения» (*creation field*), обладающим отрицательным давлением. Нечто в этом роде через тридцать с лишним лет появилось в инфляционных космологических теориях, что Хойл подчеркивал с немалым удовольствием. Стоит отметить, что его друзья сочли концепцию С-поля слишком искусственной и физически избыточной. Бонди показал, что расширение Вселенной приводит к уменьшению энергии фотонов, приходящих от далеких галактик, которое компенсирует прирост энергии, поставляемый новорожденной материей. По его мнению, этот эффект снимал противоречия с законом сохранения энергии и делал ненужным введение «творящего поля».

«Новая модель» вошла в историю науки как Steady State Cosmology, космология стабильного состояния. Ее основное положение состоит в том, что Вселенная расширяется, но не имеет начала во времени, поскольку всегда остается подобной себе самой. Новая теория провозгласила не только полное равноправие всех точек пространства (это уже было у Эйнштейна), но и всех моментов времени. Голд назвал это утверждение совершенным космологическим

принципом. Геометрия пространства в этой модели остается плоской, как и у Ньютона. Галактики разбегаются, однако в космосе «из ничего» (точнее, из творящего поля — для этого оно и понадобилось!) появляется новое вещество, причем с такой интенсивностью, что средняя плотность материи остается неизменной. В соответствии с тогдашним значением постоянной Хаббла Хойл вычислил, что в каждом кубометре пространства в течение 300 тыс. лет рождается всего одна частица. Это сразу сняло вопрос, почему наши приборы не регистрируют эти процессы — они слишком медленны по человеческим меркам. Новая космология, естественно, не испытывала никаких трудностей, связанных с возрастом Вселенной, эта проблема для нее просто не возникала.

Для подтверждения своей модели Хойл предложил воспользоваться данными о пространственном распределении юных галактик. Если С-поле равномерно творит материю повсюду, то средняя плотность таких галактик должна быть повсюду примерно одинаковой. Напротив, модель катаклизмического рождения Вселенной в любом ее варианте предсказывает, что на дальней границе наблюдаемого космоса эта плотность максимальна — просто потому, что оттуда к нам

приходит свет еще не успевших состариться звездных скоплений. Хойловский критерий был совершенно разумным, однако сразу произвести такое тестирование не представлялось возможным из-за отсутствия телескопов необходимой мощности.

Теперь настало время рассказать и о происхождении словосочетания «Большой взрыв». В 1949 году продюсер научных программ «Би-Би-Си» Питер Ласлетт предложил Хойлу подготовить серию лекций для образованных слушателей. Хойл воистину блистал перед микрофоном и мгновенно обрел множество поклонников. В передаче, которая вышла в эфир 28 марта, он заговорил о космологии и рассказал о своей теории. Он также под конец свел счеты со сторонниками моделей взрывного рождения Вселенной, входящих к Анри Леметру и детально развитых в конце 1940-х годов Георгием Гамовым и его ассистентами. Их теории, сказал Хойл, «основаны на предположении, что Вселенная возникла в определенный момент времени в отдаленном прошлом в ходе одного единственного большого взрыва. Однако сейчас представляется, что в тех или иных отношениях эти теории противоречат результатам наблюдений». Вот так Хойл одновременно всего в двух фразах разделался с научными оппонентами и ввел в оборот это выражение, давно ставшее общепринятым термином. На русский его можно перевести и как «Большой хлопок», что, вероятно, точнее соответствует несколько уничижительному смыслу, который вложил в него Хойл. На следующей неделе лекция Хойла была опубликована в журнале «Би-Би-Си» *The Listener*, благодаря чему оно впервые возникло в печати. Потом оно появилось и в других публикациях и стало гулять по свету.

Триумф и поражение

Как известно, теория Большого взрыва в конце концов одержала всемирно-историческую победу над моделью Хойла со товарищи. Однако лет пятнадцать соперницы всё же сражались, хотя и не на равных. Концепция непрерывного творения материи получила одобрение нескольких видных ученых (в частности, Сесилии Пейн и крупного британского космолога Уильяма Маккри), но в целом профессиональное сообщество отнеслось к ней весьма критически. В 1959 году компания Гэллага опросила астрономов об их отношении к этой идее. Ее поддержали 24% респондентов и отклонили 55% (остальные воздержались от оценок). Напротив, вышедшая в 1950 году популярная книга Хойла «The Nature of the Universe» завоевала ему много сторонников среди широкой публики. Однако эти восторги никак не повлияли на оценки профессионалов.

А вот проверка космологии стабильного состояния наблюдениями сильно затянулась. Около 1950 года ее вроде бы опровергли американские астрономы Джоуэл Стеббинс и Альберт Уитфорд, однако через два десятка лет их результаты были признаны ошибочными. В 1955 году английские радиоастрономы, работавшие под руководством Мартина Райла, будущего нобелевского лауреата и, к слову, многолетнего оппонента Хойла, обнародовали список обнаруженных ими компактных космических радиисточников, известный как Второй Кембриджский каталог, он же каталог 2С. Обработав полученную информацию, они пришли к выводу, что плотность слабых источников радиосигналов на космической периферии больше, чем около нашей галактики. Райл на лекции в Оксфорде открытым текстом заявил, что эти результаты несовместимы с космологией стабильного состояния. Однако уже через пару лет радиоастрономы из Австралии показали, что группа Райла сильно преувеличила различия плотностей этих источников в близкой и далекой частях Вселенной из-за малой разрешающей способности своего радиоинтерферометра. Так что вопрос на время остался открытым.

И всё же в 1960-е годы хойловская космология стала быстро увядать. К этому времени астрономы доказали, что постоянная Хаббла на порядок меньше прежних оценок, что позволило поднять предполагаемый возраст Вселенной до десяти-двадцати миллиардов лет (напомню, что современная оценка 13,8 миллиардов). В 1961 году Райл и его коллеги закончили работу над четвертым каталогом радиисточников, который был свободен от прежних дефектов, но тоже оказался несовместимым с моделью Хойла, Бонди и Голда. А в 1964 году Арно Пензиас и Роберт Вильсон детектировали микроволновое реликтовое излучение, предсказанное Ральфом Алфером и Робертом Германом на основе теории Большого взрыва. Их замечательное открытие вскоре обеспечило этой теории множество сторонников³. Вот уже свыше полвека эта теория считается стандартной — и общепризнанной — космологической моделью. Конечно, свято место пусто не бывает, у нее есть конкуренты, но теорию Хойла всерьез никто больше не принимает. Ей не помогло даже открытие в 1999 году ускорения разлета галактик, о возможности которого писали и Хойл, и Бонди с Голдом. В общем, кончилось ее время.

Интересно, что у создателей этой теории был предшественник в лице самого Эйнштейна, который в 1931 году обдумывал сходную идею. Он даже набросал свои предварительные выводы на бумаге, однако воздержался от их развития. Этот манускрипт долго лежал незамеченным в иерусалимском архиве эйнштейновских документов, и сообщение о нем появилось в печати лишь в феврале 2014 года.

Что касается Фреда Хойла, то он сохранил верность своей космологической модели до конца жизни. В 1990-х годах Хойл вместе со своим соотечественником и многолетним партнером Джеффри Бербиджем и индийским астрофизиком Джаянтом Нарликаром разработал ее новую версию, которую назвали теорией квазистабильного состояния. Там сохранена концепция вечно существующей Вселенной, однако предложен модифицированный механизм периодического взрывного рождения материи в ядрах активных галактик. Описывать ее в деталях нет смысла, хотя она и демонстрирует изрядную изобретательность авторов. Практически все специалисты сочли ее еще одним курьезом, каких немало появлялось в космологии. Любопытно, однако, что книга Хойла, Бербиджа и Нарликара «A Different Approach to Cosmology — from a Static Universe Through the Big Bang Towards Reality» была издана в 2000 году издательством Кембриджского университета и очень неплохо продавалась. Правда, этот коммерческий успех не прибавил теории Хойла сторонников в профессиональной среде.

Окончание — в следующем номере

Первая публикация очерка: Левин А. Астрофизика в лицах. — М.: URSS, 2022. Книгу можно приобрести здесь: urss.ru/cgi-bin/db.pl?lang=ru&blang=ru&page=Book&id=282132

³ История открытия микроволнового излучения, а также его природа и свойства детально описаны в моей книге «Белые карлики. Будущее Вселенной». — М.: Альпина Нон-Фикшн, 2021. С. 219–263. — А. Л.

Абстрактный экспрессионизм прикосновения

В 1886 году в США был запатентован утиный манок — модель утки в натуральную величину, издававшая резиновым горлом необходимое кряканье, родоначальница игрушки, которая приохотила к себе публику, стала нежной и желанной. Она появилась в 1949 году, когда в Калифорнии скульптор русского происхождения Питер Ганин стал производить маленькую желтую уточку.

Эта игрушка — неотъемлемая часть магистрального в послевоенных Соединенных Штатах искусства — *абстрактного экспрессионизма*. Ганин должен быть поставлен в один ряд с Поллоком и де Кунингом. Слить все ощущения (скорости и тактильности, запаха резины и узнаваемого вида ловкой обитательницы пруда) и выплеснуть их в ванну как пену, подобно тому, как Поллок пылко выплескивал почти зрячие рельефы красок на холст, — тако-ва была гениальность большого искусства. Нет ребенка, который не хотел бы расцеловать эту уточку, а значит, и искусство абстрактного экспрессионизма живо в наши дни.

Поп-арт, сменив абстрактный экспрессионизм, не смог отменить уточку, но только придал ей тысячи новых обликов. Уточек для ванной сейчас выпускается много самых разных, такая статуэтка цельнолитая и держать в своих крыльях ничего не может. Поэтому она сама становится профессией для себя: уточка-шахматист украшена шахматными фигурами, уточка-Наполеон пытается заложить руки за фалды, а уточка-культурист с узнаваемыми кубиками мышц на груди кладет тяжелые гантели себе же на плечи, как и уточка-строитель — кирпичи. Уточку мы узнаём по головному убору: каска строителя, треуголка Наполеона или шляпа пирата, этакого Джека Воробья. Но в этом утином функционале кроется важная идея: уточка, продаваясь по всему миру, прежде всего *обходит весь мир*, она как бы в карнавальном костюме; но обойдя мир, она показывает, сколь большого уважения заслуживает профессионализм.

Разрыв между мыслью о профессии и условным изображением профессии в куклах в уточке стирается до незаметности. В этом смысле уточка противоположна Барби, которая овладевает разными профессиями именно благодаря тому, что ее кто-то научит, объяснит, покажет, как надо, и еще раз покажет и научит. Уточка цельна и ответственна, и этим привлекательна. Ее никто не учит, она отлита как готовая и умная, она объяснит тебе ошибки, в том числе в твоей педагогической деятельности.

У программистов есть «метод уточки» (*rubber duck debugging* — исправление багов с помощью резиновой уточки): чтобы найти ошибку в коде, надо строка за строкой объяснять стоящей перед клавиатурой уточке, что сделано в программе. Переключаясь ответственность на уточку, ты принимаешь ответственность вдвойне. Смысл метода — в разрыве потока бытового сознания, в адаптации его отрезков для понимания предполагаемого идеального собеседника-профессионала.

Известно, как часто мы увлекаемся образами, словами, терминами, начинаем вещать, увлеченные таким потоком вроде бы открывающих нам реальность слов, но на самом деле просто эгоцентрически отдаемся этому потоку. Мы не в ванной с пеной, где сосредотачиваемся даже когда расслабляемся, а в каком-то сифоне закручивающейся вихрем воды мыслей и переживаний. Уточка помогает разбить нашу мысль на несколько простых составляющих и увидеть, где фигурки наших представлений не сомкнулись, не подходят друг к другу. Она — начало цельного и ответственного отношения к себе.

Уточка и шинный человек: пасхальное путешествие

Не только уточка завоевала весь мир. Резиновый человек Мишлен — это и шина, и путешественник на самом модном шинном транспорте. Это денди автомобильного века, и в нем, при всей смешливости, есть все признаки дендизма: спортивная упругость, умение казаться приятным при всех телесных недостатках, упорство в достижении целей как будто со скачущей легкостью, но главное — техномания. Он, конечно, воспользуется всеми благами заправок и механических мастерских, пройдясь по ним так, как фланёр проходится по магазинам с галстуками и чемоданами.

Резиновая уточка: в домике океана

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



Александр Марков

Такой человек стал возможен тогда, когда путешествия стали всепогодными, и выходцы из разных семей, иногда болезненно отказываясь от сословных предрас-судков, надели галоши и макин-тоши, чтобы наслаждаться жизнью даже в дождь. А если путешествие всепогодное, нет перерывов на непогоду и старые меблированные комнаты сменяются изысканными гостиницами, а сытные харчевни для усталых путников — легкомысленными до гурманства ресторанами со звездами «Мишлен». Шинный человек весеннего пасхального путешествия, сменивший пряничного человечка Рождества, машет нам рукой.



Резина сделалась универсальным материалом путешествий. Ее символ — всепогодные галоши, позволяющие преодолевать любую грязь и уже не зависеть от слуг. В галошах можно самому сходить за обедом, не нуждаясь в помощнике. Шляпа довершает благородный облик, а галоши становятся для человека самым простым транспортом, позволяющим показать себя. Сейчас такой транспорт — ролики или скутер, и хотя галоши безопаснее, но в те времена это тоже было освоение улицы без экипажа и прислуги на свой риск выходящего в большой город под дождем человека.

Функция галош как предмета роскоши отразилась в литературе. Профессор Преображенский, герой Булгакова, жалуется: «С тысяча девятьсот третьего года я живу в этом доме. И вот в течение времени до марта тысяча девятьсот семнадцатого года не было ни одного случая — подчеркиваю красным карандашом „ни одного“! — чтобы из нашего парадного внизу при общей незапертой двери пропала бы хоть одна пара калош. Заметьте, здесь двенадцать квартир, у меня прием. В апреле семнадцатого года, в один прекрасный день, пропали все калоши, в том числе две пары моих, три палки, пальто и самовар у швейцара. И с тех пор калошная стойка прекратила свое существование»¹.

У Корнея Чуковского Тотоша и Кокоша питаются галошами — потому что крокодилу положено глотать человека целиком, со шляпой и галошами, и крокодильчикам надо потренироваться.

Крокодил Чуковского в «Краденое солнце» — наследник архаического змея, с которым сражались Сигурд и Георгий Победоносец, так что и крокодильчики небезопасны. «Краденое солнце», напомним — пародийная мистерия. Корней Чуковский пародировал жречество Вячеслава Иванова и мечты символистов о мистерии и опередил создание Вячеславом Ивановым полифонического описания о змеборце: «Повесть о Светомире Царевиче» Иванов писал до самой смерти. А «Телефон» — пародийный роман воспитания, где крокодилы хищны и вежливы одновременно.

¹ Булгаков М.А. Собр. соч. В 5 тт. Т. 2. — М.: Худож. лит., 1989. С. 143.

но, потому что социализированы — Тотоша и Кокоша явно не дерутся друг с другом и вести себя в обществе умеют, и не стыдно с ними родителям-крокодилам путешествовать по миру.

А вот в рассказе Михаила Зощенко 1946 года Лёля и Минька сначала неудачно продают галоши гостей, а потом столь же неудачно пытаются отправиться в кругосветное путешествие — кто знает, как распорядиться галошами, для того открыт весь мир, хотя путешествие маленьких воришек закончилось очень быстро.

В советской литературе был свой абстрактный экспрессионизм галош. Галоши и шины Мишлен резиной скользят по самому земному шару.

Качается на волнах, но не тонет

Моряки говорят, что теплоход идет, но пассажиры чувствуют, что он качается на волнах. Если ты качаешься, как утка, то и океан начинает казаться рекой. Поэт Константин Бальмонт так писал в 1905 году о переоткрытии океана, который меняет форму из хаотически бурной в ритмическую, напоминая вселенскую реку: «Но, правда, я приехал на пароход последним. По теплему Морю, под яркими звездами, я плыл в ладье, и слушал плеск весел. До сих пор только это и было воистину красиво. И еще этот сделавшийся бурным Океан. Лишь вчера я увидел неожиданный новый простор Океана. Волны, куда ни бросишь взгляда, такие волны, что они кажутся зарождающимися вершинами несчетных горных цепей»². Океан стал похож на реку, причем какой река никогда не бывает; и поэт почувствовал себя на всем земном шаре, в кругосветном путешествии, как дома — ему противен стал буржуазный мир обитателей парохода, а родной вестью сделалась весть из глубин океана, «тишина перерывов между ритмами приливных гармонических шумов».

Бальмонт предвосхитил опыт Марселя Пруста, для которого тишина перерывов между голосом страсти и есть настоящее открытие чего-то неведомого, но становящегося родным и домашним: «Медленным ритмическим темпом она вела его, сначала одной своей нотой, потом другой, потом всеми, к какому-то счастью — благородному, непонятному, но отчетливо выраженному. И вдруг, достигнув известного пункта, от которого он приготовился следовать за ней, после небольшой паузы она резко меняла направление и новым темпом, более стремительным, дробным, меланхоличным, непрерывным и сладостно-нежным, стала увлекать его к каким-то безбрежным неведомым далям. Потом она исчезла. Он страстно пожелал вновь услышать ее в третий раз. И она действительно появилась, но язык ее не сделался более понятным, и даже доставленное ею наслаждение было на этот раз менее глубоким. Но, возвратившись домой, Сван почувствовал потребность в ней, подобно мужчине, в жизнь которого мельком замеченная им на улице проходящая внесла образ новой красоты, обогативший его внутренний мир, хотя он не знает даже, удастся ли ему когда-нибудь вновь увидеть ту, кого он уже любит, но в ком всё, вплоть до имени, ему неизвестно»³.

Весь мир неведом, как и любовь неведома; но весь мир становится домом, как только он измерен мигами океанских отблесков меланхолии и музыки.

С тех пор резиновых утят в океане побывало больше, чем кораблей за всю историю человечества. Уже сложился целый жанр путешествий резиновых утят: например, на русский язык переведена детская книга дизайнера и художника Эрика Карла «Десять резиновых утят», предназначенная для малышей, еще только учащих-ся читать. Мы предлагаем называть этот жанр «резиноперипл»⁴.

² az.lib.ru/b/balxmont_k_d/text_1905_v_stranah_solntza.shtml

³ Пруст М. В сторону Свана / пер. А.А. Франковского. — М.: Время, 1994. С. 242.

⁴ Перипл (др.-греч. περίπλους, от περίπλέω, «плыть вокруг», «огигать») — жанр древней литературы, описание морского путешествия; например, «Перипл Понта Евксинского»



Оксана Штайн

Уточка возвращает античный образ океана как реки, омывающей всю известную и неизвестную сушу, и тем самым *возвращает домой* и родные обжитые края, и экзотические дальние края. Мы дома вместе со всеми принявшими нас краями, висящими над нами неизбывными впечатлениями; и кряканье резиновых путешественников приветствует нас. Сартр с презрением относился к массовым глобальным продуктам, но если бы уточка его вдохновляла, он бы написал не роман «Тошнота», а роман «Аппетит». А Оруэлл бы понял, что тоталитарную *утко-речь* (duckspeak) можно победить *утко-качкой*! Тогда мы не потонем.

«Не нашей походкой, цветов не вдыхая...»

Резиновая уточка плывет по глади пенистой ванной. Живая утка не тонет, но, ныряя за рыбой, словно взбивает миксером пруд. Мы, советские дети, помним запах шампуня «Крякря» — не то дыня, не то цитрус, но это еще не можешь сказать в детстве. Скорее всего, карамель. Этот запах ловишь потом всю жизнь как первый привлекательный, манящий запах, который в чем-то оказывается совсем твоим. Встреча с интимностью кожи при мытье — таково открытие своей гладкости, которую не признаешь своей, даже много раз пощупав, пока не ощутишь аромат — вероятно, таков первый опыт философии любви.

Ведь ощущения могут обманывать, моя ли это рука торчит из пены, даже если я схвачу эту руку. Но запах не обманет, это да, я могу дальше вести ладонью по руке, стараясь дognать запах, и убедиться, что он мой. Интимное, встреча со своей обнаженностью, оказывается экстинмим, встречей с реальностью материальных вещей, чтобы интимным в свою очередь стало воспоминание. Главным в интимной жизни становится *автокоммуникативный акт* — признание, что твой разговор с собой о пережитом уже поставил подпись под реальностью, даже если это был разговор о мимолетном карамельном запахе.

Это особое скольжение. Уточка, скользя по воде, так же убеждается в том, что реальность реальна. Когда 10 января 1992 года перевернулись три контейнера и десятки тысяч уточек стали дрейфовать по океанским потокам, создав их карту, Земля пережила свою *интимную малость*, обозримость, наблюдаемость со спутников, но она же *экстинмо подтвердила свою волю* — все уточки будут возвращены владельцам или хотя бы послужат научному прогрессу.

Скользить по течению — это не то же, что плыть по течению. Плавание — всегда дарование себя шансу, какой-то хоть малый страх уто-нуть. Скольжение — это принятие подарка, той влюбленной в тебя глади воды, которая и твою мысль делает прозрачной.

Афродита идет по морю, только родившись из пены, не переставляя ног. Богини никогда не переставляют ног, у них легкое дыхание и легчайшая походка. Афродита — дар любви, сияющий дарованным нам от природы даром влюбляться. Она — само сияние нашей чувственности. Уточка ее догоняет. ♦

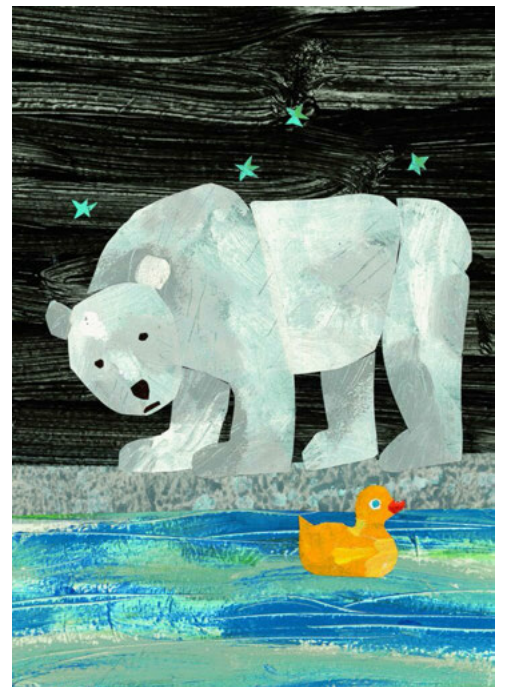


Рисунок Эрика Карла из его книги «Десять резиновых утят»

(«Объезд Черного моря») Флавия Арриана (130-е годы).

В результате общения с коллегами и учениками возникают новые типы задач, а иногда и новые способы классификации их типов. Причем новая классификация обычно приводит к обнаружению — по примеру Менделеева — как бы незаполненных клеточек. У Дмитрия Ивановича это были новые элементы, у нас будут новые типы задач по физике.

В этой публикации предлагается два новых типа задач. Сначала мы попробуем построить мост между школьным курсом и реальными проблемами из жизни — это даст нам в руки инструмент для построения новых задач. А потом попробуем пустить время вспять.

Школьные задачки подразумевают в основном знание какого-то одного физического закона, максимум двух, причем формулируются они так, чтобы сразу было видно, какие же законы применять. И в большинстве задачников располагаются они по главам с соответствующими заголовками. Так, школьник, может быть, и понимает, что тело, брошенное под углом к горизонту, испытывает сопротивление воздуха. Однако психологический источник задач для него является учебник, а не природа.

Реальные задачи «взрослой» физики оказываются принципиально иными: их формулировки никто не приспособивал для решения, они происходят из окружающего мира. Почему вот эта звезда светится, притом именно так, почему туча летит именно туда, почему наше замечательное творение не светится и не летит? То есть задачи происходят из природы или «второй природы» — техники, созданной человеком.

Конечно, при попытках решения задач «взрослой» физики используются ограничения и предположения, традиционные для определенного класса задач. Например, полиция не учитывает влияние эффекта Доплера на видимый цвет светового сигнала. Однако надо понимать и помнить, что при погружении в малоизученную область ограничения меняются: например в нанобластях обычные предположения, касающиеся теплопередачи и трения, могут оказаться некорректными.

Что касается тела, брошенного под углом к горизонту, то в некоторых случаях сопротивлением воздуха действительно можно пренебречь. Но многие ли школьники ответят на вопрос, в каких именно случаях? А в каких все наоборот и, пренебрегая этим, мы получим очевидно неправильный ответ? Причем для будущей работы в физике или смежных областях школьникам важнее даже не столько знать ответы, сколько научиться задавать вопросы.

Для упрощения модели задачи здесь разделены на две категории — школьные и взрослые. Возникает естественный вопрос: лежит ли что-то между ними? Для обучения физике наличие такого промежуточного материала было бы весьма полезно... И я вот вспомнил, как в моей alma mater — в ныне не существующем МИЭМе — Оксана Андреевна Зиза учила нас математике. Во-первых, она учила нас не только делать вычисления, но и знать теоремы. И не только знать, а уметь их доказывать. И не просто доказывать, а — о, ужас! — находить примеры, когда необходимые условия отключаются по одному и утверждение теоремы рушится. Потому что если этого не уметь, а только делать вычисления, то чем будет отличаться человек от программы? Тем, что медленнее работает и получает зарплату?

Проложить мост от школьных задач к взрослым можно двумя способами. Во-первых, можно начать со школьной задачи и постепенно добавлять к ее условиям «взрослые» особенности. Например, можно в любой задаче по механике приложить силы не к точкам, а к линиям (капиллярность), площадкам (давление) или объему (гравитация), можно заменить материальную точку сферой, можно ввести трение там, где его не было, заменить абсолютные упругость, жесткость и прочность неабсолютными, а бесконечную массу Земли — конечной массой небольшого астероида. В электричестве можно ввести проводимость диэлектриков и сопротивление металлов при рассмотрении колебательных контуров, а можно и наоборот, к изумлению читателей, ввести сопротивление обкладок конденсатора и проводимость каркаса катушки.

В некоторых случаях усложнений не будет вообще, иногда они будут небольшими и чисто формальными — и ответ в виде числа заменится диапазоном. А иногда решение необратимо перестанет быть «школьным», зато вполне познавательной будет оценка влияния и обоснование упрощенной модели.

Но можно подойти и с противоположной стороны (как когда-то на математике в МИЭМе): взять «взрослую» задачу и нивелировать ее отличия от школьной, причем не сразу, а посте-



Леонид Ашкинази

пенно. Этот путь для школьника принципиально сложнее, потому что многие вещи, которые нужны для рассмотрения серьезных задач, ему не известны, и он не может знать, когда их можно «отключить». В частности, потому, что многое в соответствующей физике формулируется на совсем не школьном математическом языке. Тем не менее есть задачи, которые при щадящем подходе школьник смог бы понять.

Можно назвать несколько примеров физических задач, относящихся к природе или человеческой деятельности, в которых не сразу понятно, какие именно процессы играют определяющую роль, но где можно их рассматривать по отдельности. Причем если мы хотим их использовать в учебных целях, то нам нужны такие задачи, где школьник, нормально усвоивший обычную программу, сможет при небольшой помощи преподавателя прийти к выводу, что там замешаны сразу несколько процессов, или даже разобраться, какие из них оказываются наиболее существенными. Приведем десяток примеров, связанных либо с природой, либо с человеческой деятельностью:

- Почему в горах на ледниках образуются «ледяные столбы» с большим камнем наверху и «ледяные стаканы» с малым камнем на дне (рис. 1)?
- Почему по весне вокруг деревьев и столбов протаивают кольцевые канавки (рис. 2)?
- Почему скрипит снег?
- Почему бумага рвется по сгибу?
- Что за искры летят, когда что-либо точат на точильном круге или абразивным диском режут металл (рис. 3)?
- Каковы четыре возможных механизма выхода из строя нагревательного элемента электрочайника? (Из них снаружи видны лишь три, см. рис. 4.)
- Каковы четыре механизма нарушения пропорциональности тока и напряжения в однородном проводнике, т. е. нарушения закона Ома? (Есть еще один, но до него без Максвелла не добраться.)
- Почему при варке продуктов, если крышка на кастрюле лежит аккуратно, без больших зазоров, то пена поднимается до крышки и через щели просачивается наружу, а если крышка сдвинута и щель широкая, то пена не поднимается?
- Если у нас имеется калильная лампа и тело, излучающее свет, находится в пламени, то какова должна быть зависимость коэффициента излучения тела от длины волны, чтобы оно светило наиболее ярко?
- Наступила зима. Перед нами на земле стоит стол, ножки и рама — тонкие, железные, столешница — стеклянный лист. Сверху падает снег, а потом он протавляет. Почему он протавляет над железными полосами, на которых лежит стекло (рис. 5)?

Это подход со стороны серьезных задач, но он не единственный. В литературе нашелся и другой оригинальный подход. Берем нормальную физическую ситуацию, совершаем какую-то радикальную глупость и спрашиваем, что будет дальше. Так построена книга Рэндалла Манро «А что, если?». Приведем первые пять физических вопросов, рассмотренных в ней:

- Что если Земля и всё, что на ней находится, внезапно перестанет вращаться, но при этом атмосфера сохранит свою скорость движения?
- Что если попытаться отбить бейсбольный мяч, брошенный со скоростью в 90% от скорости света?

Задачи со вкусом физики

Леонид Ашкинази

- Что если все люди на Земле одновременно направят на Луну лазерные указки? Изменит ли она свой цвет?
- Что если все жители Земли встали бы рядом и разом подпрыгнули, а потом одновременно приземлились?
- Что если засунуть постоянно работающий фен в воздухопроницаемый ящик размером 1×1 м?

Какое отношение имеют эти задачи к нашей проблеме — построению моста между школьной и взрослой физикой? Самое непосредственное, потому что в них есть единственное вмешательство в природную картину. Наш мозг автоматически фокусируется на исключении какого-то фактора и тем самым делает шаг в направлении школы. Может быть, именно по-



Рис. 1



Рис. 2



Рис. 3



Рис. 4



Рис. 5

этому такие задачи воспринимаются как простые и понятные.

Вполне возможно, что преподаватели физики могли бы предложить подобные задачи, сократив этим психологический разрыв между школой и «взрослой» физикой. Причем подобные вопросы во многих случаях только кажутся простыми и быстро погружают учителей и учеников во вполне серьезный материал.

А теперь обратимся к обещанному выше другому источнику задач — к машине времени. Все пристегнулись? Если взять школьный задачник по физике, то видно, что заметная доля всех задач относится к процессам, т. е. ситуациям, когда значения параметров зависят от времени. Но если мы изучаем процесс, то могут быть предложены два задания. Первое: зная текущую ситуацию, предсказать дальнейший ход событий. Например, если рассматривается прямой центральный абсолютно упругий удар, то нужно, зная массы и скорости, найти скорости после соударения. Вторая задача: зная текущую ситуацию, определить, что было раньше, какие именно события к этой текущей ситуации могли привести.

В задачниках эта вторая задача (т. е. определить, что было раньше) практически не встречается. Хотя вообще говоря во «взрослой» физике она присутствует (например, расшифровка данных с трековых детекторов элементарных частиц), да и вообще в культуре она широко известна: существуют шахматные задачи, в которых надо понять, откуда взялась текущая позиция; причем в шахматах есть много типов таких задач!

Попробуем понять, почему сложилась такая ситуация и нельзя ли ее использовать в преподавании, ошарашив учеников — о, ужас! — ни на что не похожей задачей. Ведь если можно составить систему уравнений для описываемых процессов, то безразлично, насколько непривычным это всё поначалу выглядит. Это иногда даже используется, чтобы разнообразить задачи чисто формально. Например, в традиционном абсолютном упругом, прямом и центральном ударе объявляют неизвестными одну из исходных и одну из результирующих скоростей. Или еще «страшнее» — одну из скоростей и одну из масс.

Между тем прогнозирование ситуации и выяснение того, что там было раньше, — интуитивно совершенно разные вещи. В школьных физических задачах вариант развития событий нам сразу кажется однозначным. А как могла быть устроена стартовая ситуация, если плоскость горизонтальная и с трением, и в данный момент скорость объекта обнулилась в начале координат? Очевидно, что способов более, чем бесконечно много. Догадается ли школьник ограничить область поиска постоянным или, по крайней мере, центрально-симметричным коэффициентом трения? То есть для содержательного ответа на вопрос о том, что же там было, надо либо ограничить область поиска так, чтобы ответ был единственным (как выше при этом самом ударе), либо ограничить ее лишь слегка. Так, чтобы предоставить ученику возможность структурировать этот мир, построить его модель и выделить в нем участок (пример — центрально-симметричный коэффициент трения), допускающий разумный ответ.

Попутно еще один новый тип задач по физике: задача дается с частично свободным условием и предлагается сделать из нее две — одну возможно проще, а другую — возможно сложнее. Второе, кстати, может быть сложнее, чем первое.

Материалом для подобного «развлечения» могут быть любые процессы, изучаемые в школе, например те же соударения. Мы получаем данные о разлетающихся после соударения телах, так что же мы можем сказать о ситуации с ними до соударения? При каких ограничениях сможем выяснить что-то определенное, и что именно? Можно использовать процессы теплообмена: если имеется литр воды при температуре 40 °С, то что мы можем сказать о тех двух порциях, которые смешивали? А если часть параметров известна? А если подключить фазовые переходы? А если это разные вещества и есть теплота смешения? Ну и так далее... Можно использовать и процессы в электрических цепях и вообще любые процессы... было бы желание. Были бы интерес.

Были бы задачи, которые вызывают желание и интерес. ♦

Календарь фантастики

6 июня: Фантастика как литературный прием



Александр Пушкин

225 лет назад родился **Александр Сергеевич Пушкин** (1799–1837).

Из описания фантастического в творчестве Пушкина от Календулы на сайте «Лаборатория фантастики»: «С течением времени фантастика выходила из пределов сказки, завлекая и вовсе не фантастическими произведениями. Например, жуток сказочный сон Татьяны Лариной, предвещающий реальную, а не сказочную, трагедию. Сказка прячется между строк „Метели“ и выглядывает из „Гробовщика“: прозаичное и несколько ироническое описание Пушкиным видений загробной жизни представляет собой пример возможности введения фантастического мотива в произведение реалистическое, не нарушая реализма. Фантастична и ожившая статуя Командора („Каменный гость“) — это уже не просто дань литературной традиции. Фантастичен вещий сон Гринёва. Фантастика в „Медном всаднике“ имеет реалистическую мотивировку — она плод воображения больного Евгения. Фантастика пронизывает строго реалистичную ткань „Пиковой дамы“: фантастическое и реальное переплетены здесь, как это бывает в волшебных сказках. Персонажи повести по характеру своих действий сопоставимы со сказочными».

6 июня: Главная Бабушка Советского Союза



Татьяна Пельтцер в фильме «Формула любви»

120 лет назад родилась **Татьяна Ивановна Пельтцер** (1904–1992), исполнительница ролей в кинофильмах «Морозко» (Мать жениха), «Приключения желтого чемоданчика» (Анна Петровна Верёвкина, бабушка Тома), «Двенадцать месяцев» (Гофмейстерина), «Царевич Проша» (Берта), «В стране ловушек» (Бабушка Олега), «Как Иванушка-дурачок за чудом ходил» (Баба Варвара), «Дульсинья Тобосская» (Тереса), «Руки вверх!» (Бабушка Наталья Николаевна), «Ослиная шкура» (Гравидана), «Там, на неведомых дорожках...» (Баба-Яга), «Формула любви» (Федосья Ивановна, тетушка Алексея и барыни Фимки), «Рыжий, честный, влюбленный» (Сова Илона), «После дождика, в четверг» (Сторожиха), «Раз, два — горе не беда!..» (Бабушка).

Она называла себя «счастливой старухой». Коллеги звали почтительно Бабушкой. Татьяна Ивановна была очень активной для своего возраста: в семьдесят пять лет постоянно снималась, говорила, что иначе ее забудут и она «умрет с голоду». Играла так заразительно, что нередко затмевала главных героев. Она бегала, прыгала с забора, танцевала на крыше дома, много курила и обожала крепкий кофе. В последние годы начала терять память, но в театре ее любили и специально для нее Марк Захаров и Григорий Горин в спектакле «Поминальная молитва» предусмотрели роль пожилой Берты, практически без слов. Александр Абдулов играл ее сына и бережно выводил на сцену под аплодисменты зрителей.

6 июня: Специалист по славянским языкам

100 лет назад родился **Роберт Харвуд Абернати** (Robert Harwood Abernathy, 1924–1990), американский писатель, редактор и ученый-лингвист, автор более 40 рассказов (среди них «Пирамида», «Отпрыск», «Человек против города»).

В одном из своих интервью Абернати признавался, что написал первый рассказ, когда ему было десять лет, на уроке, тайком от учителя. Но профессиональным писателем он не стал, его больше привлекала исследовательская работа.

В частности, в Университете штата Колорадо он вел спецкурс по советской и восточноевропейской фантастике. И хотя фантастики он написал немного, его называют малым классиком американской фантастики. Роберт Силверберг говорил: «Знатоки жанра с готовностью кивают, когда в разговоре всплывает его имя, ибо вклад Абернати хоть и невелик, но высочайшего качества».

Роберт Абернати



Валентин Смирнитский в роли Портоса

10 июня: Портос на все времена

80 лет назад родился **Валентин Георгиевич Смирнитский** (р. 1944), актер театра и кино, исполнитель ролей в кинофильмах «Комета» (Чернов), «Прохиндида, или Бег на месте» (Олег Арбатов), «Происшествие в Утиноозёрске» (Помощник директора химкомбината), «Щен из созвездия Гончих Псов» (Редактор), «Дети чугунных богов» (Филипп Ильич), «Волшебное кресло», «Дон Кихот возвращается» (Падре Перес), «Мастер и Маргарита» (Аркадий Аполлонович Семплеяров), «Беременный» (Отец Сергея Добролюбова).

Главный Портос российского кино, как и многие другие артисты, подрабатывал также в дубляже («Анаконда», «Пятый элемент», «Адвокат дьявола», «Знакомьтесь, Джо Блэк», «Троя» и, конечно, Портос в фильме «Человек в железной маске») и озвучивал мультфильмы и мультсериалы («Приключения Вуди и его друзей», «80 дней вокруг света», «Том и Джерри», «Аладдин», «Котопёс», «Новое шоу Дятла Вуди» и, конечно, Портос в сериале «Альберт — пятый мушкетер»).



Анатолий Ким

15 июня: Философия бессмертия

85 лет назад родился **Анатолий Андреевич Ким** (р. 1939), русский писатель, автор «мифологических» романов «Белка», «Отец-лес», «Поселок кентавров», «Онлирия», «Сбор грибов под музыку Баха», «Остров Ионы», «Арина», «Радости рая».

Последний роман Анатолия Кима — это его автобиография, которая начинается во времена первобытных людей, а заканчивается вторым всемирным потопом. Однообразное, но вечное существование — это «философия безсмертия», разработанная писателем. Персонажи произведений Кима — не только люди, но звери и птицы, великаны и карлики, мифологические существа и фольклорные тотемы. И все они могут трансформироваться, соединяться, видоизменяться, переливаться из одного в другое, создавая полифоническую картину цельного мира, не ограниченного в пространстве и времени.

Владимир Борисов

Награда нашла героя



Уважаемая редакция!

В День России по традиции происходит вручение Государственных премий, в том числе премий в области науки и технологий. Я очень рад, что в этом году среди награжденных есть и человек, который мог, да, пожалуй, и должен был быть награжден этой высшей научной премией раньше. Но, как иногда говорится, чтобы получить Нобелевскую премию, нужно жить долго. Видимо, и с нашей Государственной премией та же история.

Так вот, одна из Государственных премий 2023 года была вручена за цикл фундаментальных и прикладных научно-исследовательских, опытно-конструкторских и опытно-технологических работ, которые внесли выдающийся вклад в разработку научно-технических основ, обоснование и реализацию стратегии двухкомпонентного развития ядерной энергетики РФ. А лауреатами стали Михаил Валентинович Ковальчук, бессменный руководитель Курчатковского института, Евгений Олегович Адамов, научный руководитель НИКИЭТ, бывший в свое время министром атомной энергетики, и Владимир Григорьевич Асмолов, советник генерального директора Росатома.

Один мой коллега смеялся над составом получателей премии: 85-летний экс-министр, осужденный в свое время за мошенничество и злоупотребление должностными полномочиями, да двое молодых — 78-летний Асмолов и 77-летний главный придворный ученый. Вот, мол, люди, которые двигают вперед российскую науку — начальнички и экс-начальнички, с которых уже песок сыпется!

Да, конечно, лауреаты не молоды, но и они в свое время были молодыми, сильными, активно двигали науку вперед. А затем они только набирались опыта и мудрости. Да, многие ученые с возрастом действительно сдают, но далеко не все. Такие титаны, как Виктор Антонович или Михаил Валентинович, с возрастом только увеличивают силу ума — как становится лучше и вкуснее коньяк, выдерживаемый много лет в дубовых бочках.

А уж сомнений в том, что Михаил Валентинович внес огромный вклад в развитие российской науки, который превышает вклад десятков других лауреатов премии, ни у кого нет. Награда, наконец, нашла героя! В общем, в День России мы наблюдали зримое торжество российской науки, что бы там ни говорили разные злопыхатели.

И оно имело впечатляющее продолжение на следующий день, когда Владимир Владимирович прибыл в Объединенный институт ядерных исследований в Дубне, чтобы осмотреть ускорительный комплекс NICA, встретиться с ведущими российскими и зарубежными учеными, получателями мегагрантов, а также повести заседание Совета по науке и образованию.

Это был день торжества российской науки: Владимир Владимирович дал старт технологическому пуску коллайдера, отдав команду на подачу тестового тока в магнитную систему комплекса NICA. Уникальная установка мирового класса, которая интересна ученым во всем мире, начнет работать и давать научные результаты, несмотря на все попытки врагов ослабить нашу науку.

Впечатляющие планы развития науки на благо страны были озвучены на упомянутом заседании Совета, где было указано, что к 2030 году расходы на науку вырастут до 2% ВВП. Согласно данным в феврале поручениям был разработан проект перечня приоритетных направлений научно-технологического развития и важнейших наукоёмких технологий. Были выделены семь направлений и 28 важнейших технологий. 21 технология расписана по приоритетным направлениям, а еще семь технологий — сквозные, которые пронизывают все, в том числе критические, технологии.

Системная работа не ограничивается выделением важнейших приоритетов и критических технологий. Был также проведен анализ исследовательских работ институтов по государственному заданию, как доложил президент РАН, и было выявлено, что научный ландшафт носит островковый, разорванный характер, что есть пустоты, где фактически нет госзадания. Что институты не ведут работ по целому ряду перспективных направлений, а есть островки, где десятки научно-исследовательских институтов занимаются по сути одной и той же тематикой. Академия будет предпринимать меры, чтобы исправить эту ситуацию: где необходимо, институтам будут предлагать поменять тематику и начать работу по важным, востребованным направлениям.

В общем, скоро всё станет гораздо лучше, чем было, и проверенные герои поведут в бой усиленное и перегруппированное войско!

Ваш Иван Экономов



Про музеи

Александр Мещеряков

Между прочим, когда настала перестройка, страна стала производить всё больше слов и всё меньше продуктов. Будучи поэтом, я хотел верить в перемены. Душа если и не пела, то изговаривалась к пенью. Но, будучи историком, я испытывал парализующий скепсис и вспоминал чудесный лубок, на котором худенькие мышки хоронят жирнущего кота. Утопия. Мели, Емеля, твоя неделя...

Между тем пошли в ход отвратительные блёклые «талоны» — карточки на вино и табак. Чтобы не гнали самогон — заодно и на сахар. Так что выпивать я стал меньше, а вот курить — так нет. Табаком я разжился в Чистополе, где мой приятель оформлял музей Пастернака. Он позвал меня на церемонию открытия музея почитать стихи. Видно, читал я зажигательно, местные интеллигенты приглашали приезжать еще: «У нас здесь тоска, поговорить не с кем». Награда за выступление была нешуточной: в местном ларьке я разжился развесной махоркой, упакованной в бесформенный полиэтиленовый пакет, похожий на медузу.

Когда-то Чистополь славился торговлей хлебом, в советское время там построили часовой завод, а в тюрьму, ведущую свою историю с XIX века, к уголовникам подсадили диссидентов. Местные краеведы отвели меня к могиле уморившего себя голодом Марченко, постоял я и у тюремной стены. Был сентябрь, дождело, в одноэтажном деревянном городе пахло яблоками.

Камская вода донесла меня и до Елабуги. Хозяйка неухоженного до-

мика, где повесилась Марина Цветаева, кратко высказалась по основному вопросу бытия: «Никакого музея здесь нет и не будет. По телевизору объявили, что мне квартиру дали. Врут всё». Высказавшись, отвернулась. Видно, в этом доме никто не мог рассчитывать на счастье. С высокого берега Камы, где Шишкин рисовал свои бесподобные мачтовые ссны, открывались заболоченные плоские дали и дырявившие небо трубы фабричного Нижнекамска.

P.S. С тех пор прошло много лет. Город выкупил домик у хозяйки, теперь там музей. Талоны на табак и водку отменили. Живи — не хочу!

Проходя мимо уважаемого музея в самом центре Москвы, увидел афишу выставки японского художника Кихэя. Соблазнился, купил недорогой билет. При входе в зал висела пояснительная записка для идиотов вроде меня. Там говорилось, какой Кихэй гениальный. В его творчестве, мол, используется принцип прямого включения зрительских ощущений, так что контент его произведений подвержен тактильному и ольфакторному восприятию. Короче говоря, контент можно щупать и нюхать. Увлекательно! Что ж, попробуем! Это как раз для взрослых, не утративших детской непосредственности. Будем надеяться, что и для меня тоже.

В центре залы торчали три глиняных пениса слоновьих размеров. В старой Японии тетки обнимали такие штуки, чтобы избавиться от бес-

плодия. Но здесь речь шла не о женщинах, а о всех нас. Первый пенис обещался «дарить звук». Я приставил ухо, так сказать, к наверху, но ничего не услышал. С обидой подумал, что стал туг на ухо. Второй пенис обещал «дарить запах». Принюхался — действительно учуял духи, которыми был обрызган фаллос. Все-таки я не до конца бесчувственный! Третий пенис сулился «дарить тепло». Я потрогал его, он был холодным. Пожаловался пробежавшей мимо экскурсоводше. «Опять обогреватель не включили! Вот и работай с такими!» — взвизгнула она и воткнула шнур в розетку. Фаллос стал немедленно нагреваться и даже слегка покраснел от электрического напряжения. Я приобнял его и тоже покраснел от смущения. Все-таки японская техника очень качественная, прямо как наши чугунные батареи.

По периметру залы располагались ни на что не похожие глиняные «объекты». Кихэй, оказывается, был еще и помоечником — рылся в мусорных баках, выуживал выброшенные книги, обмазывал их секретным раствором и совал в керамическую печь. Книги намертво запекались в непредсказуемых формах. Большой ком — это бывший японский толковый словарь в две тысячи страниц, а какая-то жалкая кашка — это наш бессмертный «Евгений Онегин». Я почувствовал разницу и разволновался.

В углу залы с уникальными экспонатами сидела на обыкновенном стуле смотрительница с выпученными глазами. «Наверное, базедова болезнь», — подумал я с сочувствием. Она была похожа на нянечку тетю Нюру из моей школьной раздевалки, которая следила там за порядком. «Может, ее дочь?» — подумал я с ностальгией. На бейджике значилось: Лоскутова Клавдия Ивановна (так прямо и было написано — «Иванна»). От потрясения увиденным мне срочно понадобился собеседник, и я спросил ее: «Ну и как вам всё это?»

Смотрительница поглядела на меня своими травленными художествами



Иван Шишкин. Сосновый лес. Елабуга. 1897 год

глазами и веско произнесла: «Отродясь такого безобразия не завозили! Недаром музейным работникам молоко за вредность дают. Я ведь изобразительное искусство страсть как люблю! Потому тридцать семь лет сиднем здесь сижу. Насмотрелась! Висели тут и передвижники с импрессионистами, и абстракционисты всякие... Больше всего за свою долгую жизнь в искусстве мне художник Глазунов Илья Сергеевич глянулся. Вот, например, портрет Петра Аркадьевича Столыпина в полный рост — как живой стоит: в мундире, с бородой и орденами. Испанский король Хуан Карлос, кажется, первый, тоже неплохо получился. Жалко, что Петра Аркадьевича убили, а Хуан от трона отрекся. А ведь от таких мужчин и понести не грех. Ты в сновиденьях мне являлся, Незримый, ты мне был уж мил, Твой чудный взгляд меня томил, В душе твой голос раздавался». Взгляд Клавдии Ивановны немного потеплел.

«А вот еще у Ильи Сергеевича нарисовано было панно „Вклад народов СССР в мировую культуру и цивилизацию“. Между прочим, два с половиной метра на пять. Это тебе не набор покрасить! Там в самой середине и Пушкин как живой нарисован. Повисел чуток у нас, а потом в Париж увезли, да так и не вернули. Шаромыжники! А что взамен дали?»

Лоскутова махнула пухлой рукой в сторону останков «Евгения Онегина», и взгляд ее снова посуровел. «Чтобы нашего Пушкина живьем сожгли — нет, это варварство! А я ведь на концертах художественной самодетельности „Письмо Татьяны“

от души декламировала! Вот у нас в классе Федька Семендяев учился — так тот тоже учебники рвал. Разъярится — и рвет. А потом сожжет. Он ведь еще и спичками баловался. У него отец алкаш был. И сынок тоже ненормальный. Его Марья Степанна по пальцам линейкой била и в угол ставила, а потом его в армию забрали, а потом в тюрьму засунули. Надеюсь, что четвертовали. И правильно сделали! А всё потому, что учебники рвал. Бедовый. А вот этот Михай...»

«Не Михай, а Кихэй», — вмешался я в монолог. «Я и говорю — этот Михай сюда на вернисаж приперся — приткий такой, на матadora похож, шаг упругий, по сторонам зыркает: что бы ему еще из имущества спорить. Но я за ним зорко следила, за тем и посажена. Речь не по нашему произносил, переводчик от злости прямо затрясся, когда Михай сказал, что он нашего „Онегина“ в книжном магазине купил и специально для московской выставки дотла сжег. Инквизитор, черт бы его побрал! Зачем вы посетили нас? В глуши забытого селенья Я никогда не знала б вас, Не знала б горького мученья».

С этими словами Клавдия Ивановна поднялась со стула и выдернула шнур из розетки. Фаллос немедленно побледнел. «Я эту экскурсоводшу ненавижу! И она меня тоже. Завидует, что я в искусстве разбираюсь. Вообрази: я здесь одна, Никто меня не понимает, Рассудок мой изнемогает, И молча гибнуть я должна. Вот возьму и уволюсь! За такую зарплату и столько переживаний! Пенсия у меня маленькая, но на молоко-то хватит». ♦

ИНФОРМАЦИЯ



Помощь газете «Троицкий вариант — Наука»

Дорогие читатели!

«Троицкий вариант» нуждается в вашей поддержке.

Теперь есть удобный канал пожертвований через банковские карты:

trv-science.ru/vmeste

Редакция



«Троицкий вариант»

Учредитель — ООО «Тривант»

Главный редактор — Б. Е. Штерн

Зам. главного редактора — Илья Мирмов, Михаил Гельфанд

Выпускающие редакторы — Алексей Огнёв, Максим Борисов

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

Верстка — Глеб Позднев. Корректур — Максим Борисов

Адрес редакции 121170, г. Москва, вн.тер.г. муниципальный округ Дорогомилово,

и издательства: пр-кт Кутузовский, д.36 стр. 41, помещ. 1П;

e-mail: info@trv-science.ru, интернет-сайт: www.trv-science.ru.

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

© «Троицкий вариант»