



газета, выпускаемая учеными и научными журналистами



Конференция, посвященная 85-летию ББС МГУ.  
Завершающий банкет

## МОЛЕКУЛЯРНЫЙ ВЗГЛЯД НА РАЗНООБРАЗИЕ ЖИЗНИ

Надежда Маркина, канд. биол. наук



Во времена, когда я и мои сверстники поступали на биологический факультет МГУ, каждому абитуриенту нужно было решить, что он хочет: бродить по лесам, горам и пустыням и бороздить моря в наблюдениях за живой природой или сидеть в лаборатории, капая из пипетки в пробирки, в поисках сути этой живой природы на уровне молекул. Надо было выбирать, куда поступать, — на первое, физиолого-биохимическое, или на второе, «полевое» отделение. Потом отделения объединили. Граница между полевой и лабораторной биологией в течение двух с половиной последних десятилетий стремительно размывается. Зоологам и ботаникам приходится осваивать молекулярные методы, чтобы получить ответы на вопросы, на которые не может ответить исследование морфологии и поведения живых объектов. Биология становится единой и гораздо более сложной, чем раньше, наукой о жизни.

Хорошо помню, как еще в 1990-е годы многие биологи, привыкшие к классической систематике животных, сопротивлялись нововведениям: «Ну была же такая стройная система, пришли молекулярные генетики — и всё испортили!» Классическая систематика (что в зоологии, что в ботанике) брала за основу морфологические признаки, и на основании их сходства в тех или иных группах делала вывод об их родстве. Классические филогенетические деревья строились на основе морфологии. Но с развитием технологий анализа ДНК появилась возможность сравнивать геномы — сначала по отдельным маркерам митохондриальной или ядерной ДНК, затем — по полностью секвенированным последовательностям. Сначала лишь для некоторых видов животных и растений, но со временем число полностью прочитанных геномов стремительно нарастало.

И выяснилось, что генетическое родство организмов друг с другом далеко не всегда очевидно, а казавшееся очевидным родство по внешнему сходству зачастую оказывается иллюзорным. Хотя, действительно, трудно воспринимается теперь уже широко растиражированное открытие, что ближайшими родственниками китов являются гиппопотамы и другие парнокопытные, так что по молекулярной филогенетике китообразных как отдельной группы теперь не существует, зато есть отряд китопарнокопытные (Cetartiodactyla)<sup>1</sup>. Но с генами не поспоришь. Филогения ставит задачу реконструировать ход эволюции, а эволюция оперирует генами. Следовательно, молекулярная филогения априори оказывается более объективной, чем морфологическая. И сегодня уже редкая статья в зоологическом или ботаническом журнале обходится без подтверждения результатов молекулярными данными.

О том, как эта молекулярно-генетическая революция воспринимается изнутри классической биологии, что изменилось, какие вещи пришлось пересмотреть и какие новые возможности открывают молекулярные методы, я поговорила с несколькими биологами, работающими в разных областях науки. Мы начали общаться на эту тему на конференции Беломорской биологической станции (ББС) МГУ, проходившей в сентябре 2023 года, в год 85-летнего юбилея биостанции<sup>2</sup>. Среди участников конференции было много молодых ученых, которые уверенно и увлеченно рассказывали об исследованиях своих объектов на всех уровнях — от популяций и отдельных организмов до молекулярной генетики. Современная морская биология, как и биология вообще, превратилась в науку очень широкого профиля.



Александр Цетлин

### «Дело морфологов — уже не пытаться построить свою филогению по морфологии, а понять, как она могла получиться»

Александр Борисович Цетлин, докт. биол. наук, директор Беломорской биологической станции МГУ, полагает, что благодаря молекулярным методам классические зоологи получили фантастический инструмент. И теперь дело морфологов — уже не пытаться построить свою отдельную филогению по морфологии, а пытаться понять, как именно могли возникнуть животные с определенным набором признаков.

— По вашей оценке, изменения, которые принесли молекулярно-генетические методы в зоологию, это революция?

— Да, действительно, революция. Я считаю, что классические зоологи получили в свои руки инструменты, о которых они даже не мечтали. И теперь с наслаждением ими пользуются. Я помню время, когда единственным молекулярным инструментом для оценки филогенетических связей был процент гибридизации ДНК. Помню, что я участвовал в такой работе: нужно было собрать один грамм трихоплаксов — фантастическое количество этих ничтожных существ, — чтобы добыть столько ДНК, чтобы можно было произвести гибридизацию. Это было в конце 1970-х — начале 1980-х. Сейчас этот инструмент стал абсолютно необходимым не только для того, чтобы выяснять филогению больших таксонов, но и для того, чтобы заниматься филогенетикой и филогеномикой, чтобы выяснять, кто, откуда и как расселялся. Это фантастический инструмент.

Окончание см. на стр. 2–3

<sup>2</sup> 85.wsbs-msu.ru

<sup>3</sup> См. также интервью Михаила Гельфанда с Александром Цетлиным в рамках проекта «Разговоры за жизнь»: trv-science.ru/2022/01/aleksandr-cetlin-razgovory-za-zhizn/

<sup>1</sup> Гельфанд М. Молекулярная эволюция: как киты уходили под воду // Природа № 10, 2016. elementy.ru/nauchno-populyarnaya\_biblioteka/434242/Molekulyarnaya\_evolyutsiya\_kak\_kity\_ukhodili\_pod\_vodu

### В номере



### Новый телескоп NASA, «звездная бабочка» и другие астроновости

Традиционный обзор Алексея Кудря — стр. 4–5



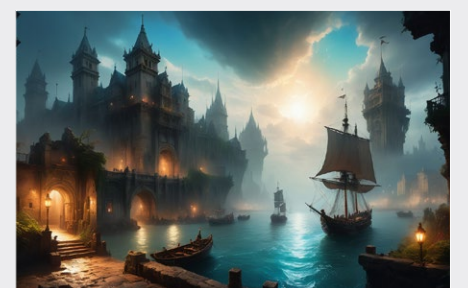
### Как «советский парень Гамов» разгорячил Вселенную

Очерк Геннадия Горелика — стр. 6–8



### Учение куклы об истине

Колонка культуролога Александра Маркова и Оксаны Штайн о куклах в античности — стр. 9



### Диффузия времени

Новый фантастический рассказ Павла Амнуэля — стр. 10–11

### Невероятные приключения советского физика в мире американских стартапов

Воспоминания «бывалого финансиста» Юрия Захаренкова о работе в США на стыке веков — стр. 12–14

### Там тишина, там ВАК дремучий...

Василий Власов проштудировал официальные методические рекомендации по подготовке диссертаций — стр. 15

### Токай: не вино, а университет

Новые трагикомические заметки япониста Александра Мещерякова — стр. 16

Подписывайтесь на наши аккаунты:

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

Окончание. Начало см. на стр. 1

Кроме того, это инструмент систематики, который позволяет определять, что мы имеем дело с криптическими видами, видами-двойниками, которые мы не можем различить морфологически. И, наконец, это инструмент для решения вопросов о жизненных циклах. В некоторых группах беспозвоночных описаны 300–400 разных личинок — и втрое меньше взрослых организмов. И мы понятия не имеем, как эти личинки соотносятся со взрослыми животными. Личинки мы часто ловим в океаническом планктоне, который течение переносит на тысячи километров, а где живут взрослые животные, мы толком не знаем. Теперь в наших руках есть инструмент для решения этих вопросов. Кроме того, речь идет о выяснении жизненных циклов паразитов, потому что только методами метагеномики можно определить, обитает ли тот или иной вид паразитов в таком-то многоклеточном животном.

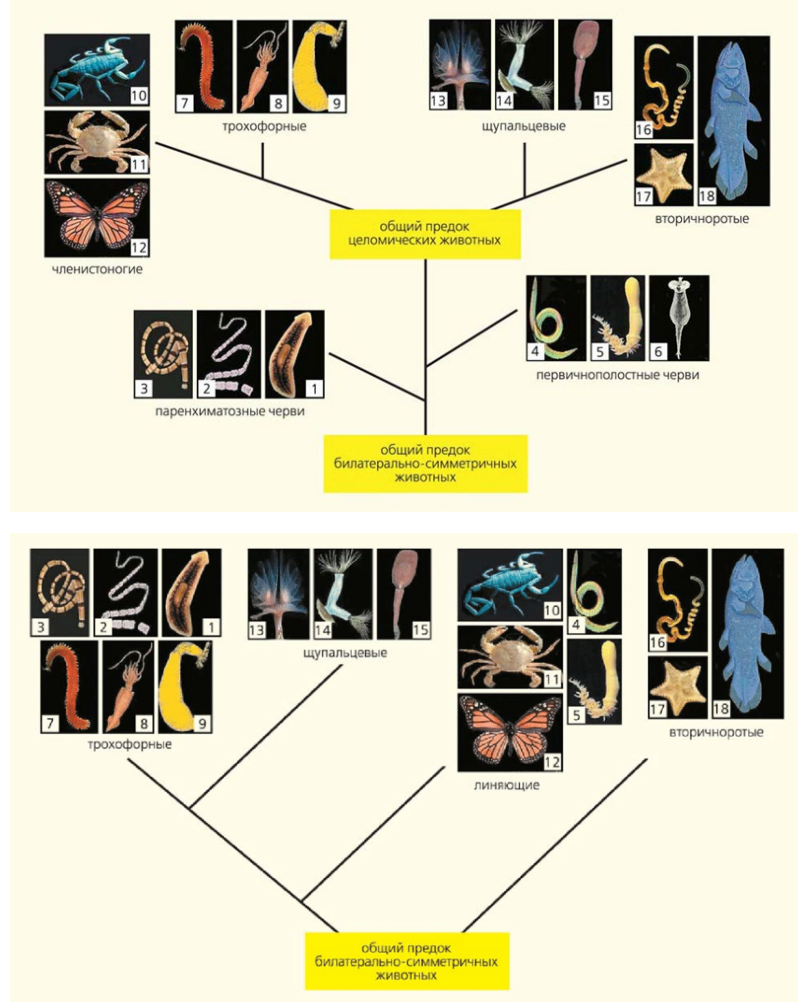
Тем не менее есть люди, которые пытаются этому оппонировать. Есть такой очень интересный философ от зоологии Кирк Фицью (Kirk Fitzhugh), блестящий знаток некоторых групп многощетинковых червей, и он сформировался как ученый в то время, когда в зоологию очень прочно вошли представления о необходимости использования формальной логики для решения всех научных вопросов. Применительно к зоологии, сравнительной анатомии и филогении живого мира это были методы кладистики. Это отдельная история, потому что попыток использовать формальную логику для решения вопросов филогении было несколько, и они были параллельны, в разных странах ученые одновременно к этому приходили.

**— В чем именно применительно к зоологии заключается формальная логика?**

— Формальная логика заключается в том, что научная работа состоит из формулирования гипотезы и ее проверки.

**— Это было не очевидно?**

— Это было абсолютно не очевидно. Идеи прогрессивной эволюции живого мира совершенно захватили ученый мир в последней трети XIX века. Вопросы к ним появились в тот момент, когда в науку вошло огромное количество новых фактов. В конце XIX века стали развиваться методы микротехники, и сведения о строении животных быстро пополнялись данными нового уровня и нового объема. К 1910–1920-м годам этих данных накопилось очень много. Огромный объем информации вошел в зоологию, ученые его переварили и стали анализировать. И почти одновременно в разных странах появляются люди, которые заметили: когда мы смотрим на это необозримое количество фактов, то наши привычные гипотезы очень плохо подтверждаются. Следовательно, наши гипотезы основаны на логических конструкциях, которые имеют изъяны. И мы должны отделить факты от наших фантазий и домыслов и вернуться к формальной логике. Так делают несколько классических немецких зоологов, а в России так делает Беклемишев. И дальше — эту историю я очень люблю — Беклемишев критикует «сказочную» сравнительную морфологию, в своей книге «Методология систематики» в 1935 году он от нее не оставляет камня на камне. А в 1948 году он публикует «Сравнительную анатомию беспозвоночных». И интересно, что эта его новая анатомия полна таких же недоказуемых утверждений и таких же прыжков логики, как и все конструкции предыдущих зоологов, которые он критиковал. Объяснить это просто — пока университет во время войны был в эвакуации, Беклемишев, будучи заведующим кафедрой зооло-



Классические (вверху) и новые (внизу) представления о системе и филогении билатерально-симметричных животных. 1 — свободноживущие плоские черви (турбеллярии), 2 — паразитические плоские черви, 3 — немертины, 4 — круглые черви (нематоды), 5 — головобрюхие черви, 6 — коловратки, 7 — кольчатые черви, 8 — моллюски, 9 — сипункулиды, 10 — хелицеровые, 11 — ракообразные, 12 — насекомые, 13 — форониды, 14 — мшанки, 15 — брахиоподы, 16 — полухордовые, 17 — иглокожие, 18 — хордовые. На схеме представлены далеко не все группы животных (Малахов В.В. Революция в зоологии: новая система билатерий // Природа. 2009. № 3. С. 40–54)

гии беспозвоночных, читал студентам лекции по сравнительной анатомии. И это очень хорошо показывает, что «сказочная» зоология с красивыми филогенетическими конструкциями — это, в сущности, дидактический прием, который облегчает студентам освоение большого разнообразия фактов. Но Кирк Фицью воспринял кладистику как очень хороший инструмент для науки. И когда появилась молекулярная биология и систематики стали ею пользоваться, ему показалось, что прежняя красивая хрустальной чистоты конструкция беспардонно ломается фактами, которые очень трудно трактовать с точки зрения формальной логики.

**— Молекулярные методы разрушили эту красивую конструкцию?**

— Они ее не разрушили, они ее, на мой взгляд, в значительной степени делают ненужной. Вот вы строите таблицу морфологических признаков, на их основании строите кладистические деревья. И вдруг оказывается, что вы их строили-строили, а на самом деле всё по-другому. Потому что молекулярная филогения — ей плевать на ваши признаки, и с ней очень сложно спорить.

**— Но ведь какие-то вещи подтверждаются молекулярной филогенией?**

— Очень часто подтверждаются. Но Кирк Фицью и его последователи это не устраивает. Он считает, что всё должно выглядеть так: вы должны высказать гипотезу, что, возможно, в вашем материале есть признаки нового таксона, вы должны сформулировать признаки, по которым вы будете испытывать эту гипотезу, и, наконец, вы должны прийти к выводу, что такие-то и такие-то процедуры, исполненные в вашей работе, показывают, что это новый таксон, который отличается от всех остальных тем-то и тем-то. Я до конца не понимаю, почему ему кажется, что молекулярная наука несовместима с этой

работой, но у него много последователей. Очевидно, адепты этой философии считают статьи с молекулярными данными статьями из другого мира. Но в целом это всё же маргинальная часть ученых.

**— Не изменилась ли концепция вида с появлением молекулярных методов?**

— Это хороший вопрос. С концепцией вида вообще плохо. Каждый систематик старается не трогать этот большой вопрос, потому что у нас очень мало инструментов для его решения. Потому что живые существа чрезвычайно разные. То, что вам кажется абсолютно логичным применительно к беспозвоночному, неприменимо к другим: скрещиваются — один вид, не скрещиваются — разные, дальше всё размывается. Что там со скрещиванием у бактерий, понять трудно, а высшие млекопитающие отлично скрещиваются. Таких вопросов очень много, и мне кажется, все более-менее по умолчанию смирились, что надо в каждом конкретном случае приходить к соглашению, что мы будем в данной группе считать видом, и не пытаться экстраполировать полученное знание на весь остальной мир.

— Если посмотреть на крупные систематические таксоны, то что принципиально изменилось? Пятнадцать лет назад в журнале «Природа»<sup>4</sup> Владимир Васильевич Малахов, завкафедрой беспозвоночных животных в МГУ, опубликовал две схемы филогении билатеральных животных — старую и новую, молекулярную. Как бы вы прокомментировали: какие принципиальные изменения появились в новой схеме?

— Владимир Васильевич в своей статье абсолютно всё правильно написал: эта старая схема, в сущности, созданная в конце XIX века, отображала общее представление о прогрессивной эволюции. Кроме того, были еще представления о консервативности тех или иных систем органов. Они были основаны на тех фактах, которые имелись в то время у ученых на руках. Казалось, что нервная система, расположенная на брюшной стороне и устроенная как брюшная нервная цепочка, — это некая фундаментальная характеристика, и все животные с таким типом нервной системы должны быть каким-то образом между собой связаны, что и изображает эта филогенетическая схема, где у нас находятся вместе черви сегментированные и моллюски — все трохофорные животные, у кого нервная система на животе и более-менее лестничного типа. Членистоногие оказались к ним самой близкой группой, потому что у них такой же тип нервной системы, и это казалось очень существенным признаком.

Фактически первый звонок о том, что этот вопрос требует дополнительного обсуждения и обдумывания, прозвенел в тот момент, когда были открыты гомеобоксные гены. Это гены, которые в процессе развития контролируют сегментацию, они отвечают за образование метамеров. Они были найдены во всех органах у всех животных, чуть ли не у простейших. И оказалось, что процесс метамеризации, аннуляции — это некая фундаментальная возможность, которая есть у любых живых существ — во всяком случае, у всех многоклеточных животных. Таким образом, вопрос о глубокой связи между артроподами (членистоногими) и аннелидами (кольчатыми червями) уже подвис, и, в сущности, надо было заново его обсуждать.

**— Вы говорили, что их объединяли на основе сходства строения нервной системы, и получается, что главным общим признаком строения была сегментация, так?**

— Всё вместе — сегментированное тело, т.е. состоящее из члеников, брюшная нервная цепочка, парные придатки на каждом сегменте. Но гомеобоксные гены показали, что это не бог весть что, а свойство, которое есть у всех многоклеточных животных. Дальше с развитием молекулярной филогенетики что произошло? Появилась группа «линя-

ющие», в которую вошли членистоногие и оказались вместе с нематодами (круглыми червями).

**— А нематоды линяют?**

— Нематоды линяют. Но вопрос ведь не в том, что одни линяют, а другие не линяют. Например, медицинские пиявки (в отличие от других пиявок), которые кольчатые черви, линяют так же, как артроподы. Но они теперь в другой группе.

**— Название «линяющие», получается, условное?**

— Конечно. Фундаментальный факт состоит в том, насколько организмы отличаются по данным молекулярной генетики, а не в том, линяют они или не линяют. Сейчас ситуация такая. Мы полагаем, что данные молекулярной филогенетики, особенно если они получены по большому количеству генов или по целому геному, дают нам основание строить филогению. И получается, что дело морфологов — уже не пытаться построить свою отдельную филогению по морфологии, а пытаться понять, как эти животные с таким набором признаков могли получиться. Конечно, может быть, что через пятьдесят лет всё будет по-другому, но сейчас нам кажется, что не нужно спорить с данными молекулярных филогенетиков. Мы видим, что построенные по молекулярным данным деревья где-то уже устоялись, где-то они находятся в процессе уточнения. Большие ветви более-менее устоялись.

**— Что касается больших ветвей: помимо появления новой группы «линяющие» и размежевания кольчатых червей с членистоногими, что еще принципиально поменялось?**

— Скажем, было представление о том, что турбеллярии (ресничные плоские черви) — очень примитивная группа, и у самых примитивных еще нет кишечника, а потом из них получаются, во-первых, более сложные кишечные турбеллярии, а во-вторых — паразитические черви, у которых в связи с паразитическим образом жизни теряется кишечник. Это всё здорово, но еще в 1980-е годы было показано, что бескишечные турбеллярии очень трудно называть действительно примитивными животными, потому что у них есть очень специфический способ восстановления центральной паренхимы. У них есть некая центральная паренхима, в которую попадает еда, и там она переваривается. И оказалось, что в этой зоне вообще нет пролиферации клеток, а вся пролиферация происходит только в периферической паренхиме, близко к внешнему эпителию. Эти работы были проведены в Зоологическом институте в Санкт-Петербурге под руководством Юрия Викторовича Мамкаева очень тонкими и сложными методами, при помощи автордиографии, они метили клетки. И оказалось, что турбеллярии — это очень специализированные животные с очень сложным механизмом восстановления клеточных популяций. И разговоры о том, что они какие-то совсем примитивные, как-то хромают, да? Получается, что они, скорее всего, вторично упрощенные животные.

**— То есть какой ни возьми морфологический признак, который кажется очень фундаментальным, оказывается, что для филогении он не работает, так?**

— Понимаете, пока у нас нет сомнений, что развитие идет в одном направлении, он работает. Как только мы начинаем задумываться, оказывается, что не всегда, казалось бы, очевидный факт двигает общее представление. Еще тридцать лет назад в школьных учебниках рисовали, что турбеллярии самые примитивные, хотя для тех ученых, которые этим вопросом занимаются, факты были уже другими.

**— Схема молекулярной филогении, опубликованная Владимиром Васильевичем, сейчас принципиально не изменилась?**



Старая система аннелид

► — Мне кажется, пока нет. Но это не значит, что она навечно такой останется. Трудно предположить, что будут катастрофические изменения, но мало ли что еще будет. Это всего лишь рабочая гипотеза, не больше.

**«Если мы считаем, что с видом всё хорошо, значит, скорее всего, его еще толком не исследовали»**

**Анна Эльмировна Жадан, канд. биол. наук, ст. науч. сотр. Беломорской биологической станции МГУ.**

— Какие изменения в вашей области науки произошли с появлением молекулярных методов?

— Для Annelida (кольчатых червей) за последние 20–25 лет молекулярные методы полностью перестроили общую систему. Нас когда учили, что кольчатые черви делятся на многощетинковых (полихет) и пиявок. А полихеты делились на эррантных (бродячих) и седентарных (сидячих). Но уже во второй половине XX века считали, что это так себе группировки, не очень хорошие, скорее экологические, чем таксономические. Кроме того, были группы ранга классов и типов неясного таксономического положения, более или менее родственные кольчатым червям, такие как сипункулиды, эхиуриды, сибоглиниды (это погонофоры, вестиментиферы, оседакс), мизостомиды. Теперь же стало понятно, что все эти группы входят в состав аннелид. Более того, таксоны эррантных и седентарных полихет снова вернули в систему, но уже с новым смыслом. И сейчас сложилась более-менее общепринятая система, что у аннелид есть группы базальной радиации, и есть эррантные и седентарные — группы, к которым принадлежит большинство видов. Интересно, что малощетинковые черви и пиявки вошли в состав группы седентарных. Получилось, что таксон Polychaeta (многощетинковые черви) потерял свой смысл, так как стал тождественен Annelida. И хотя это слово по старой традиции используется и всем понятно, в строгой научной терминологии мы не должны его употреблять.

На схеме внизу — современная система аннелид (по Weigert, Bleidorn 2016). В желтом прямоугольнике — группы базальной радиации. Седентарные (в синем) и эррантные (в зеленом) раскрыты по сторонам от общей схемы. Красным подчеркнуты таксоны, которые раньше были отдельными классами или типами. Получается, что полихеты — это все аннелиды, которые не принадлежат к этим группам, т. е. этот таксон не включает всех потомков одного предка. Такие таксоны называют парафилетически-



Анна Жадан

ми и они не должны использоваться в систематике.

— То есть то, что было показано молекулярно-генетическими методами, стало общепринятым?

— Да, но для этого сделали их транскриптомику, не просто посмотрели ген цитохромоксидазы CO-1. И определили какие-то очень глубокие ветви, которые возникли до кембрия или в очень раннем кембрии. В разных группах аннелид всё очень по-разному. Есть семейство Ophuriidae из отряда Eunicida, и про них опубликована статья под названием «Когда молекулярные методы подтверждают морфологию»<sup>5</sup>. Там реально нашли строгие соответствия — вот молекулярные деревья, и у каждой веточки находятся морфологические подтверждения. А есть семейство Orbiniidae из отряда Orbiniida, где всё наоборот. Там вообще нет хорошей системы внутри семейства, там нет нормальных подсемейств, нет нормальных родов, там были какие-то системы, но, во-первых, они все друг другу противоречат, а во-вторых, молекулярные

живет один вид *Eteone longa*. А оказалось, что там пять видов, из которых три новых для науки, и с этим надо разбираться, разбираться и разбираться.

**«Взаимная провокация хороша сама по себе»**

**Михаил Владимирович Калякин, докт. биол. наук, директор Зоологического музея МГУ, отвечал на мои вопросы практически на бегу, в перерыве между докладами на конференции; мы буквально лавировали между постерами и участниками мероприятия.**

— Каков взгляд орнитолога на молекулярно-генетическую революцию?

— Возможность использовать молекулярно-генетические методы в зоологии приводит к тому, что появляется вторая система координат: одна по морфологии, другая по генам. Если говорить про птиц, то для них эта система третья, потому что орнитологи используют еще и вокализацию. Но даже если мы отбросим голоса



Михаил Калякин (фото О. Белялова)

то иногда оказывается, что генетики дают нам важный сигнал: ребята, вы базируетесь на данных, которые получили в конце XIX века и с тех пор не пересматривали. А вы поковыряйтесь чуть-чуть еще. Не только в зоологии, но и в ботанике так происходит, что приходится многое пересматривать, особенно если речь идет о форме, базальной для какой-то из филогенетических веток. Поэтому вот эта взаимная провокация — она хороша сама по себе.

Я смотрю на это со стороны как функциональный морфолог, мои исследования посвящены ротовому аппарату птиц. Мы работаем давно проверенным методом: видим структуру, видим косточки, связки и просто из геометрии понимаем, что этот мускул поднимает челюсть, этот опускает, этот управляет движениями языка. Довольно простые механические построения позволяют нам однозначно трактовать функцию какого-то объекта. Когда я этими же глазами смотрю на то, что делают генетики, я понимаю, что там гигантские молекулы, которые как-то должны взаимодействовать. И вот когда же мы поймем механику этих взаимодействий на молекулярном уровне и сможем таким путем понять функции этой структуры? Не знаю, сколько должно пройти времени и какой математический аппарат для этого должен быть создан. Мы и сейчас многое понимаем, но картина всё время уточняется, и еще долго будет уточняться. На этом уровне ясно, что у нас нет абсолютно стройной гипотезы «от молекул до того, как действует конкретный орган», а тем более — организм.



данные ничего из этого не подтверждают. Сейчас ими занялись подробнее, на большем числе объектов, делают целиком митохондриальные геномы, ядерные геномы. Уже появилось дерево, хотя далеко не все таксоны там представлены, но в этом уже начинает проявляться какой-то смысл.

На уровне видов чаще всего получается так: если мы считаем, что с видом всё хорошо, значит, скорее всего, его еще толком не исследовали. Дело в том, что большинство видов было описано из европейских вод, а затем эти названия присваивали похожим червям из всех морей и океанов. Есть исключения, когда оказывается, что даже в Америке и в Европе живет один и тот же вид. Но чаще оказывается так: то, что именовали каким-то одним названием, распадается на комплексы криптических или псевдокриптических видов. Псевдо — это если у них есть маленькие различия, просто их раньше либо не находили, либо не обращали внимания. Вот один пример: полихеты рода *Eteone*. Мы считали, что у нас в Белом море

▲ Представитель бродячих полихет (семейство Hesionidae)

*Branchiomma* sp., представитель сидячих полихет (семейство Sabellidae)

Фото А.Э. Жадан, сделаны в Кувейте

и оставим две системы координат, то возникает довольно занятная ситуация. Если данные, полученные методами молекулярной генетики, не сходятся с морфологическими, генетики говорят: смотрите, мы показали, что это не так, и нужно всё пересмотреть. А если сходятся, говорят: видите, и морфология подтверждает наши выводы. И появляется бинарная система, при которой все счастливы, потому что всегда можно соотнести друг с другом.

Время от времени, когда генетики получают новые данные, то морфологи сначала просто отмахиваются от них. Ну, например, когда генетики приходят к выводу, что кондоры Нового Света — это аисты. Орнитологи, которые тридцать лет думали по-другому, говорят: ну что за ерунда?! Но если покопаться в морфологии внимательно,



Хотя какие-то трассы уже прочерчены, когда мы знаем, какой ген что регулирует, и это большое счастье. И тогда те признаки, которыми пользуются морфологи, начинают приобретать значимое генетическое обоснование.

Вот пример. Есть птицы из группы тимелий, обитающие в Юго-Восточной Азии, в Гималаях, их много, несколько десятков родов. Это очень разнообразная группа, они живут в горах, и на каждой горке может обитать свой набор. Всё очень хорошо для эволюционных построений. Так вот, в 1990-е годы на них набросились генетики и что-то понаделали, в основном используя митохондриальную ДНК. Прошло несколько лет, и выяснилось, что для птиц митохондриалку использовать плохо. Посмотрели несколько ядерных генов, всё немного перевернулось, и теперь мы знаем, что ситуация явно требует дальнейших уточнений, и надеемся на полногеномное секвенирование.

Человек, далекий от этой кухни, глядящий на нее с другого берега, ино-

гда еще и в бинокль, просто должен спокойно ждать, когда ребята дойдут до ситуации, когда они сами свои предыдущие построения не будут пересматривать каждые десять лет. Когда изобретатель отточил свой инструмент окончательно, убедился, что он действительно работает, тогда мы его берем и применяем. Пока что на автозаводе ребята шуршат, раздают какие-то крики, несут новую деталь, здесь надо сварить, это надо выкинуть... Когда автомобиль выедет с завода, а потом будет участвовать в гонках и не развалится, тогда я его куплю и в него сяду. А пока там какие-то детали выссылаются, ну, ждем.

— Как сегодня обстоит дело с концепцией вида?

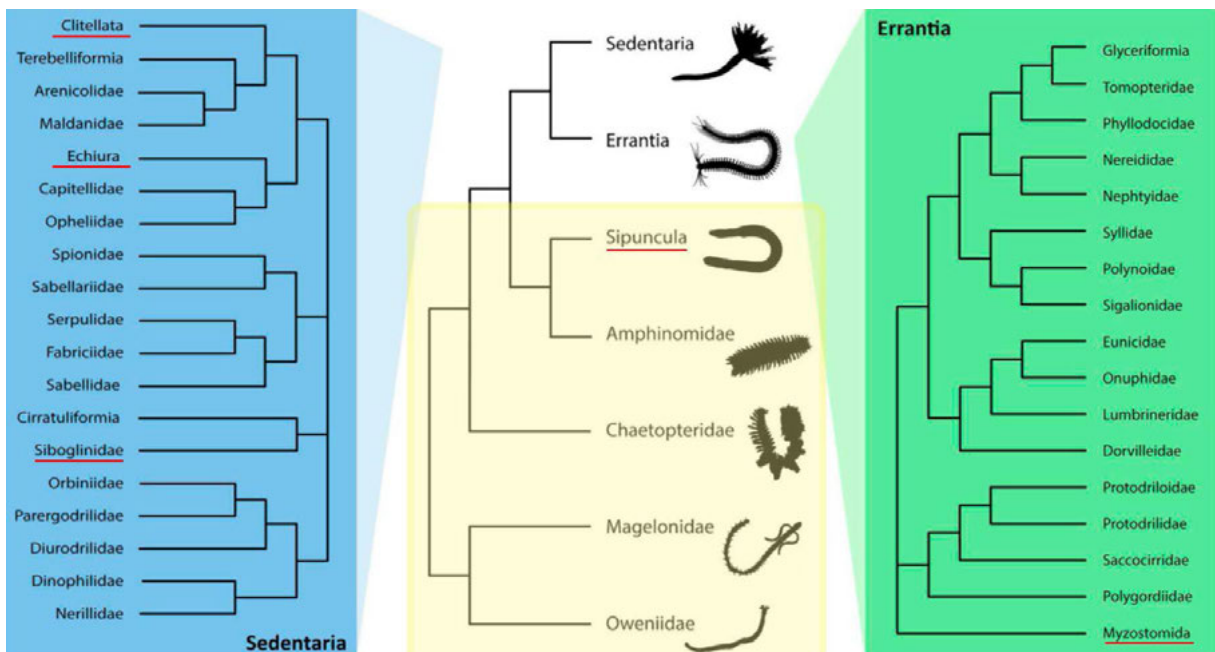
— Могу сказать про область моих научных интересов. По птицам Юго-Восточной Азии каждый год в большом журнале публикуется обзор того, как поменялись названия многих групп, потому что генетики изучили какой-то вид, этот вид распался на два, а таксономия основана на почти юридических основаниях. Концепции вида это касается в том смысле, что есть биологическая, а есть филогенетическая, и вечный спор между ними, который никогда не разрешится. Вот, есть линия, которая генетически отделяется от другой. Но если мы здесь режем, тогда получается два вида, а если здесь — вид разделяется на подвиды. И что с этим делать, непонятно.

Например, есть близкие виды пеночек, между которыми вымерших форм, наверное, нет, потому что они и морфологически и генетически отличаются совсем чуть-чуть. Но при этом в один генетический кластер попадают привычные нам желто-зе-

леные, блеклые пеночки и две ярких, цветных. А в другой кластер попадают яркие, цветные, и среди них пара-тройка этих бледно-зеленых. Любой классический орнитолог скажет: ну, это ерунда, так не бывает. А генетики говорят: вот так они кластеризуются. Орнитолог на это возражает: «Ну вы как работаете с вашими деревьями? Там же всё на вероятности? Может быть, вы что-то подработали, не нравилась эта веточка, обернули ее на 90 градусов — и вот результат: птицы в одном кластере — живут по-разному, поют по-разному, и вообще...» Морфологам трудно это понять — у них или есть косточка, или ее нет. А вот бывает гибридизация, когда какие-то кусочки генома от одного вида переходят к другому. Может быть, вы попали как раз в такой ген, и у вас красная пеночка оказалась среди желтых, и наоборот? Вот когда делают полногеномное исследование всех этих тридцати видов близких пеночек, не забывая об их географической изменчивости, когда разберутся, какой у них уровень различий — на 3%, на 7%, видовой он или не видовой, — тогда будет счастье и окончательное знание.

**Современная система аннелид (Weigert A., Bleidorn C. Current status of annelid phylogeny // Organisms Diversity & Evolution. 2016. Vol. 16, Issue 2, 345–362)**

Продолжение следует



## АСТРОНОВОСТИ

Алексей Кудря

NASA запустит новый телескоп UVEX.  
Теперь ультрафиолетовый

Американские астрономы решили более пристально изучить ультрафиолетовую часть электромагнитного спектра в наблюдаемой Вселенной. Это позволит им получить больше информации о том, как эволюционируют галактики и звезды. Космический телескоп под названием UVEX планируется запустить в 2030 году в качестве следующей астрофизической исследовательской миссии NASA [1]. В настоящий момент ультрафиолет — это по большей части малоисследе-

мая часть светового спектра, ведь большинство современных телескопов, как правило, специализируется на видимых, инфракрасных длинах волн или рентгеновских и гамма-диапазонах.

Большинство звезд не очень хорошо видны в ультрафиолете. Но самые горячие объекты излучают ультрафиолетовый свет, особенно в начале и в конце звездной эволюции. Также достаточно яркие в ультрафиолете такие события, как вспышки сверхновых и столкновения нейтронных звезд.

Миссия UVEX преследует три основные цели [2]: во-первых, это обзор всего неба как в ближнем, так и в дальнем ультрафиолетовом диапазоне. В процессе наблюдений будет создаваться подробная УФ-карта, которая окажется намного детальнее, чем карта, созданная в рамках миссии Galaxy Explorer (GALEX), проводившейся в период с 2003 по 2013 год.

Во-вторых, UVEX должен дать новую информацию о галактиках и звездах в них, которые достаточно горячи, но имеют низкую массу — их трудно обнаружить в других световых диапазонах.

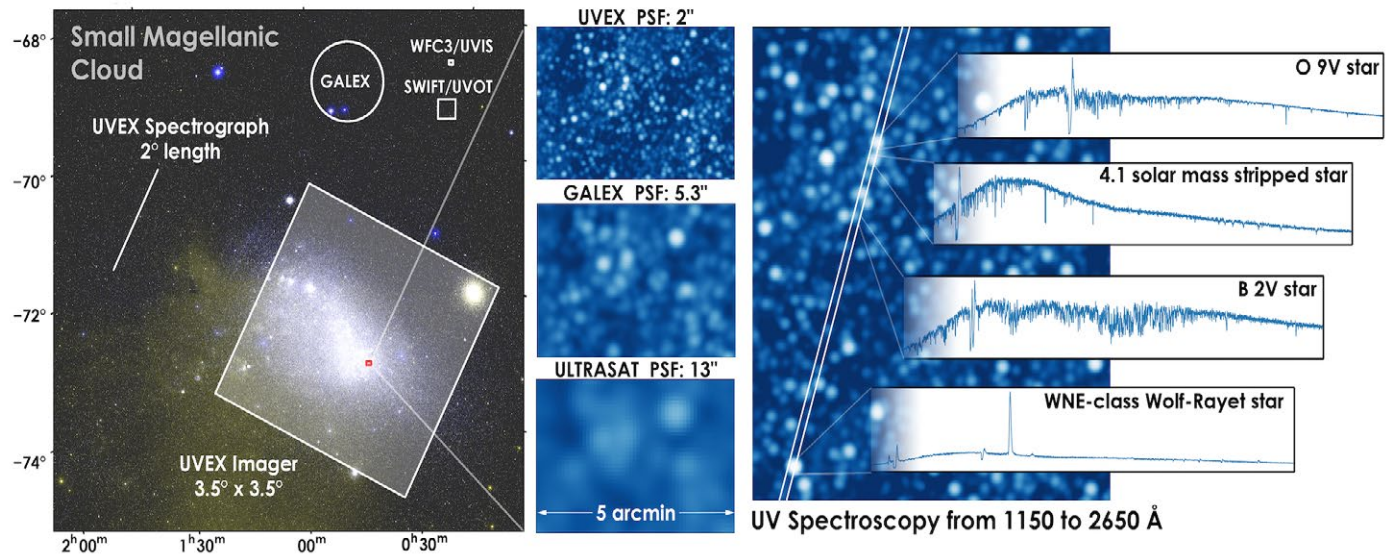
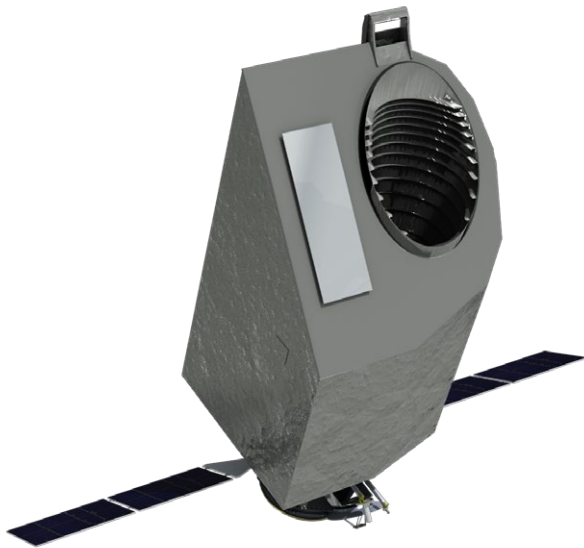
В-третьих, как дополнение к проведению высокочувствительного обзора всего неба, UVEX сможет быстро наводиться на источники ультрафиолетового излучения во Вселенной. Это позволит изучать всевозможные транзиенты (проходящие события), которые следуют за всплесками гравитационных волн, вызываемых слиянием нейтронных звезд. Телескоп также бу-

дет оснащен ультрафиолетовым спектрографом для изучения спектров звездных взрывов и эволюции массивных звезд.

Ультрафиолетовая съемка телескопа дополнит данные других миссий, проводимых в этом десятилетии, включая «Евклид» (Euclid), запущенный на околоземную орбиту Европейским космическим агентством, и космический телескоп NASA «Нэнси Грейс Роман» (Nancy Grace Roman), запуск которого запланирован на май 2027 года. Вместе эти миссии помогут создать современную многоволновую карту нашей Вселенной.

Ожидается, что космический телескоп UVEX будет запущен в 2030 году и его работа продлится два года, а стоимость составит около 300 млн долл. плюс затраты на запуск.

1. [nasa.gov/news-release/nasa-selects-proposals-to-study-stellar-explosions-galaxies-stars/](https://nasa.gov/news-release/nasa-selects-proposals-to-study-stellar-explosions-galaxies-stars/)
2. [uvex.caltech.edu](https://uvex.caltech.edu)



## Яркий и быстрорастущий квазар

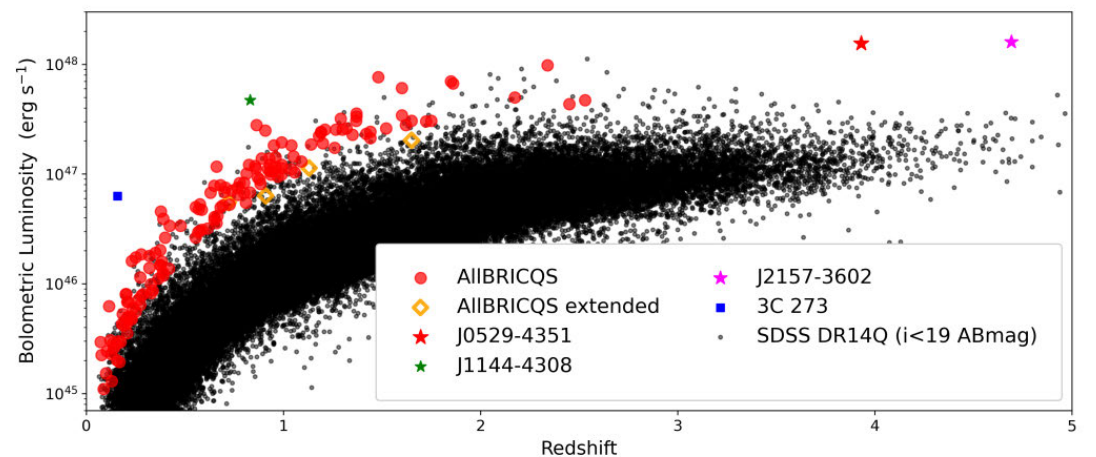
С помощью Очень Большого Телескопа (VLT) Европейской южной обсерватории (ESO) удалось обнаружить яркий объект, получивший обозначение J0529-4351. По мнению авторов исследования, это один из наиболее ярко светящихся квазаров во Вселенной из всех, наблюдавшихся на сегодняшний момент [3].

Квазары — это яркие ядра далеких активных галактик. Сверхмассивные черные дыры стягивают материю из окружающей среды и в процессе ее поглощения излучают огромное количество световой энергии. Этот длительный процесс оказывается одним из самых высокоэнергетических, причем с Земли видны даже самые отдаленные такие объекты. Как правило,

наиболее яркие квазары указывают на самые быстрорастущие сверхмассивные черные дыры.

Вещество, притягиваемое к черной дыре, формирует вокруг нее аккреционный диск, и при этом излучает столько энергии, что J0529-4351 более чем в 15 триллионов раз ярче Солнца (авторы дают светимость  $5,5 \times 10^{46}$  эрг/с, у Солнца —  $3,8 \times 10^{33}$  эрг/с). По оценкам ученых размер этого аккреционного диска составляет примерно два парсека (7 св. лет) в диаметре, и опять же это должен быть самый большой аккреционный диск во Вселенной. Семь световых лет — это примерно расстояние от Солнца до WISE0855-0714, четвертой по удаленности от Солнца

звезды (коричневого карлика). Следует отметить, что основная доля из-



Болометрическая светимость в зависимости от красного смещения для квазаров A11BRICQS (красные кружки) с указанием источника с самым высоким красным смещением J0529-4351 (красная звезда).

Открытия A11BRICQS, которые слабее, чем BP = 16,5 и RP = 16 mag, обозначены открытыми оранжевыми ромбами.

Также для сравнения: 3C 273 (синий квадрат); недавно открытый J1144-4308 (зеленая звезда); яркий квазар J2157-3602 (пурпурная звезда); многочисленные квазары, наблюдаемые SDSS (серые точки).

лучения диска исходит из его самых внутренних областей, размером порядка (или в несколько раз больше) Солнечной системы.

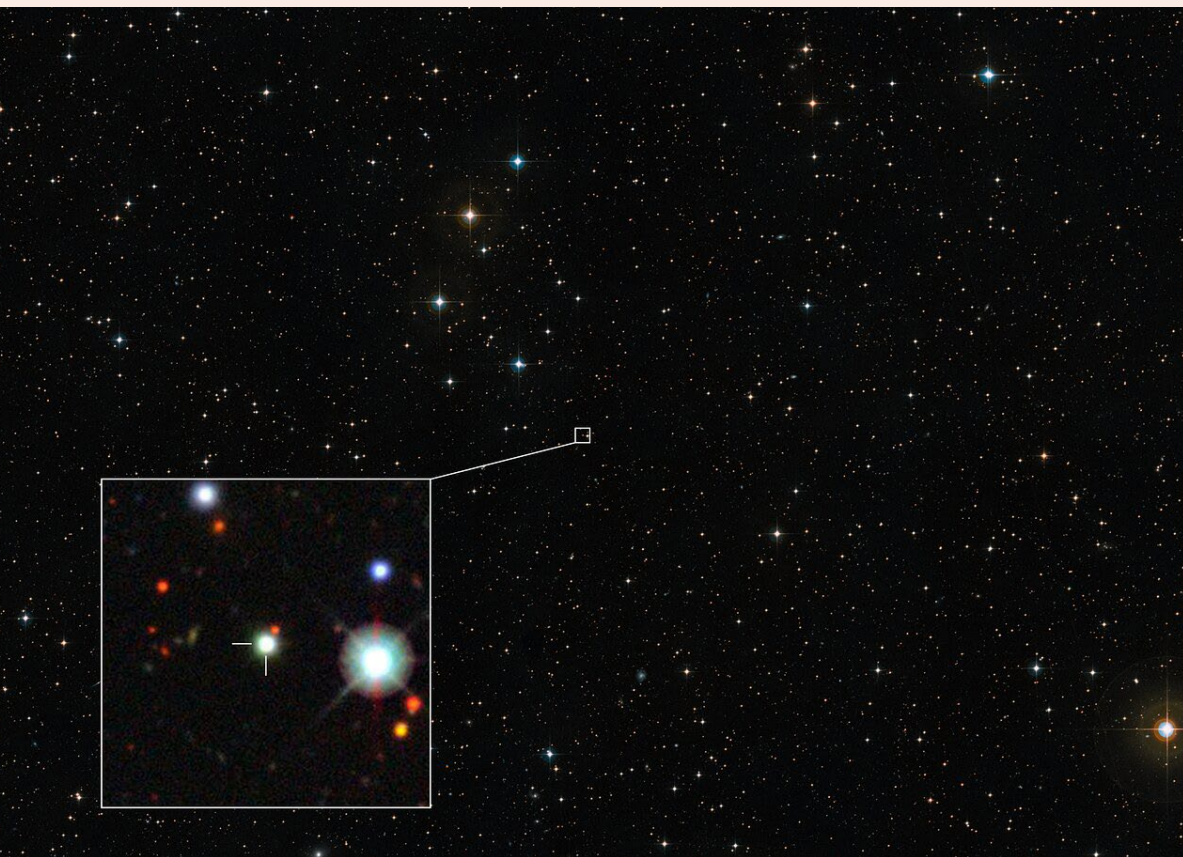
Квазар J0529-4351 оказался настолько ярким, что его изначально приняли за близкую звезду. Для поиска квазаров используются данные наблюдений на больших участках неба. Полученные наборы данных настолько обширны, что исследователи применяют автоматизированные системы с использованием алгоритмов машинного обучения, чтобы все их проанализировать и таким образом отличить квазары от других небесных явлений. А если объект оказывается слишком ярким, программа может отклонить его как кандидата в квазары и вместо этого классифицировать как звезду, расположенную не слишком далеко от Земли.

Так и случилось: автоматический анализ данных с телескопа Gaia изначально определил J0529-4351 как объект, слишком яркий для квазара, и каталогизировал его как звезду. Но более поздние исследования с 2,3-ме-

трового телескопа ANU в Обсерватории Сайдинг-Спринг в Австралии всё же идентифицировали его как далекий квазар. А для подтверждения того, что это ярчайший из наблюдавшихся квазаров, потребовался крупнейший телескоп, позволяющий проводить более точные измерения. Спектрограф X-shooter на VLT ESO в чилийской пустыне Атакама предоставил эти важнейшие данные.

Бурно растущая черная дыра станет также идеальной мишенью для обновляемого GRAVITY + VLT-интерферометра ESO (VLTI), предназначенного для точного измерения масс черных дыр, в том числе весьма удаленных от Земли. Кроме того, строящийся в чилийской пустыне Атакама 39-метровый Чрезвычайно Большой Телескоп ESO (ELT) должен будет обеспечить выявление и правильную классификацию таких непростых объектов еще более надежными методами.

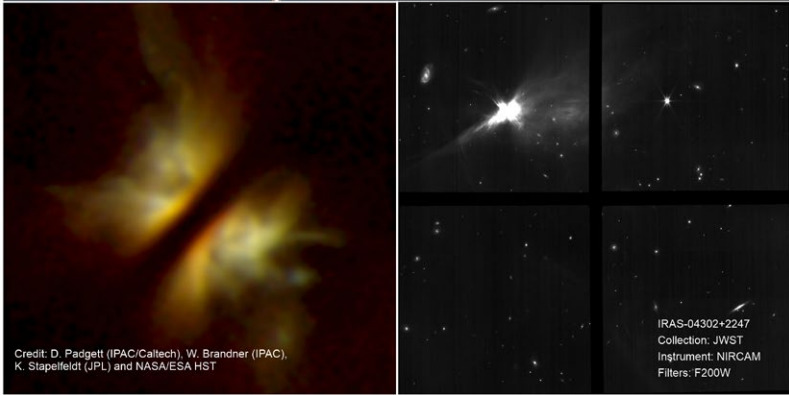
3. [arxiv.org/abs/2209.09342](https://arxiv.org/abs/2209.09342)  
[nature.com/articles/s41550-024-02195-x](https://nature.com/articles/s41550-024-02195-x)



Обзор широкого поля вокруг квазара J0529-4351. На этом изображении показана область неба, где расположен рекордный квазар J0529-4351. Фото: ESO / Digitized Sky Survey 2 / Dark Energy Survey



Protostar IRAS-04302+2247 JWST (NIRCam)  
Image processing: Alexey Kudrya



Credit: D. Padgett (IPAC/Caltech), W. Brandner (IPAC), K. Stapelfeldt (JPL) and NASA/ESA HST

IRAS-04302+2247  
Collection: JWST  
Instrument: NIRCAM  
Filters: F200W

### Звездная бабочка

В далеком 1999 году космический телескоп «Хаббл» получил изображение области звездообразования IRAS 04302+2247 [4]. Протозвезда скрыта от прямого наблюдения и видна только туманность, которая ее окружает и которую она освещает. Плотный газопылевой диск, разделяющий туманность надвое, выглядит как темная полоса, пересекающая центр изображения. Его диаметр составляет порядка 860 астрономических единиц, а масса сравнима с массой туманности, из которой возникла наша Солнечная система. Темные облака и яркие сгустки с разных сторон диска предполагают, что протозвезда

да всё еще накапливает вещество из пыли и газа, падающих на нее.

IRAS 04302+2247 находится в молекулярном облаке Тельца на расстоянии всего около 140 парсек (456 световых лет) от Солнца и является ближайшей к нам областью звездообразования.

В феврале 2023 года телескоп «Джеймс Уэбб» (JWST) также изучал протопланетный диск IRAS 04302+2247 в молекулярном облаке Тельца в рамках программы «Оседание пыли и эволюция зерен в протопланетных дисках, наблюдаемых с ребра». Данные, полученные с помощью камер NIRCam и MIRI в ходе прошлогодних наблюдений, недавно были опубликованы в каталоге MAST [5].

Согласно аннотации к программе, снимки этой и ряда других протозвезд позволяют «впервые эмпирически определить количественно, как концентрация пыли увеличивается по направлению к средней плоскости диска (необходимое условие для эффективного формирования планетезималей), и представляет данные фундаментальной важности для формирования нашего понимания эволюции протопланетных дисков».

**Результаты исследования опубликованы в Astrophysical Journal: [iopscience.iop.org/article/10.3847/1538-4357/ad0c4b](https://iopscience.iop.org/article/10.3847/1538-4357/ad0c4b)**

4. [esahubble.org/images/opo9905q/](https://esahubble.org/images/opo9905q/)

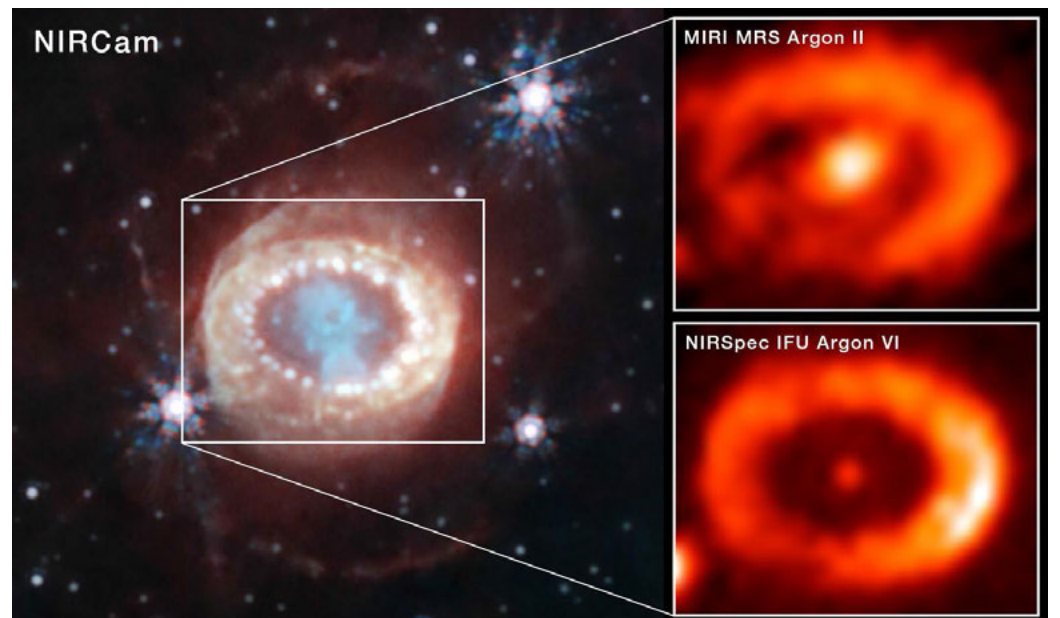
5. [mast.stsci.edu/portal/Mashup/Clients/Mast/Portal.html](https://mast.stsci.edu/portal/Mashup/Clients/Mast/Portal.html)

### Нейтронная звезда в SN 1987A обнаружена

И еще одна сверхновая в объективе «Уэбба» [7]. SN 1987A – сверхновая, открытая в феврале 1987 года. Она расположена в 168 тыс. световых годах от нас за пределами галактики Млечный Путь, в Большом Магеллановом Облаке. С момента своего открытия она стала объектом интенсивных наблюдений на всех длинах волн – от гамма-лучей до радио.

Тем не менее, несмотря на все эти усилия, на тот момент не было найдено никаких свидетельств того, что именно находится внутри нее на месте взрыва. Теория предсказывала, что эта коллизия должна была породить либо нейтронную звезду, либо черную дыру. Поиск доказательств существования такого компактного объекта долгое время не давал никаких результатов. Теперь новые наблюдения JWST предоставили первые прямые свидетельства того, что это, вероятно, всё же нейтронная звезда (это выявляется благодаря эффектам, вызываемым ее высокоэнергетическим излучением).

7. Пресс-релиз ESA – [esaweb.org/news/weic2404/](https://esaweb.org/news/weic2404/)



### Остаток сверхновой SN 1993J в галактике Боме

SN 1993J – двойная звезда, один компонент которой вспыхнул в виде сверхновой 28 марта 1993 года. Открыл ее испанский любитель астрономии Франсиско Гарсия Диас. В то время она была второй по яркости сверхновой, наблюдаемой в XX веке. Пыль, видимая на этом изображении, – это не газ и пыль, выброшенные взрывом звезды, а часть рукава галактики. Остаток является самой яркой точкой в центре изображения.

Изначально казавшаяся вполне обычной, сверхновая SN 1993J немало озадачила ученых, когда выяснилось, что ее выброс слишком богат гелием, и вместо того, чтобы постепенно гаснуть, продукты взрыва стали странным образом наращивать яркость.

Астрономы догадались, что обычная красная звезда-сверхгигант не могла превратиться в столь необычную сверхновую. Тогда и возникло предположение, что вспыхнувший сверхгигант составлял пару с еще одной звездой, гравитация которой и раскромсала внешнюю оболочку умиравшей соседки незадолго до взрыва.

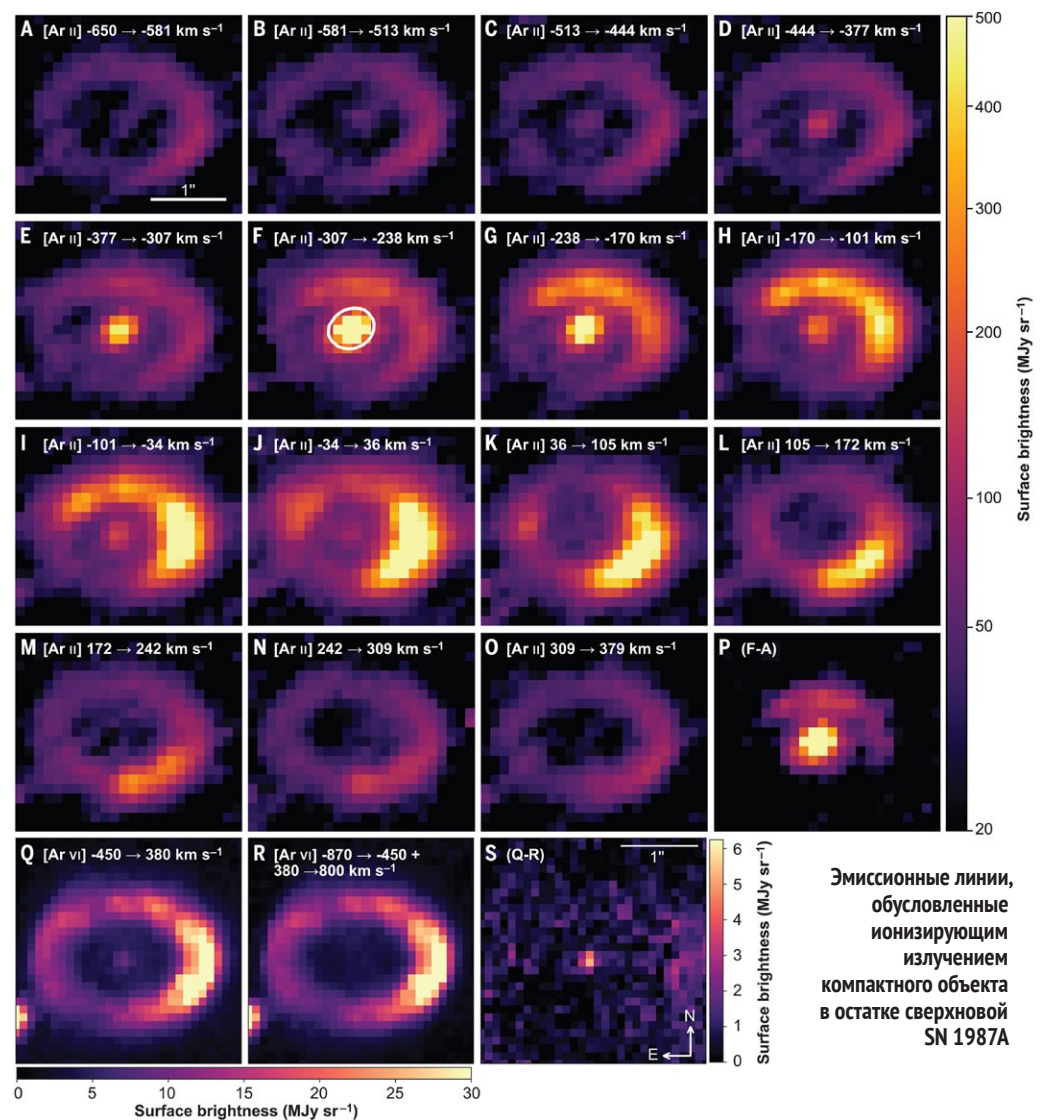
И в 2004 году второй компонент звезды был обнаружен с помощью телескопа «Хаббл» [6]. Расстояние до SN 1993J удалось измерить довольно точно – оно составило  $3,96 \pm 0,29$  мегапарсека (12,9 млн св. лет).

Изображение получено телескопом JWST, инструмент MIRI.

6. [arxiv.org/abs/astro-ph/0401090](https://arxiv.org/abs/astro-ph/0401090)



NGC 3031 (M81) SN1993J JWST(MIRI)  
Image processing - Alexey Kudrya







Окончание. Начало см. на стр. 6–7

и мирового мыслителя Вернадского, второй мировой результат Гамова корнями восходит к тому, что он слышал в Радиовом институте. Одна из проблем, занимавших геохимию Вернадского, — распространенность химических элементов на нашей планете. Эта проблема связана с историей самой планеты Земля и, стало быть, с историей, или космогонией, Солнечной системы.

## 29 апреля 1938 года. Выписка из протокола Общего Собрания АН СССР

Считая, что пребывание в рядах действительных членов и членов-корреспондентов АН СССР лиц, направивших свою деятельность во вред Союзу ССР позорит звание советского академика и члена-корреспондента и противоречит § 24 Устава АН, Общее Собрание постановляет исключить из числа действительных членов АН СССР — В.В. Осинского, Н.М. Тулайкова, А.Н. Самойловича, Г.А. Надсона и Н.П. Горбунова и из членов-корреспондентов АН СССР — В.Н. Бенешевича, Б.В. Нумерова, В.Г. Глушкова, А.Н. Туполева, Я.Н. Шпильрейна, Н.М. Федоровского, С.Г. Томсинского, Ю.А. Круткова, Б.М. Гессена, Н.Н. Дурново, Г.А. Ильинского, А.М. Селищева, В.Ю. Гана, Л.С. Лейбензона, Б.Б. Полюнова и Г.А. Гамова.

(Восемь человек в этом списке исключены посмертно — расстреляны в 1936–1938 годах. Остальные, кроме Гамова, находились под арестом.)

## Как Гамов разгорячил Вселенную

Именно распространенность химических элементов во Вселенной стала для Гамова отъемлюще в бездонном и почти безжизненном тогда океане космологии. В 1930–1940-е годы многим астрономам мертвой казалась и сама космология Эйнштейна — Фридмана. Дело в том, что расширение Вселенной как наблюдательный астрономический факт впервые обнаружил в 1927 году Жорж Леметр. Но измерение скорости расширения, основанное на многоступенчатой шкале межгалактических расстояний, давало возраст Вселенной всего в два миллиарда лет. А это было слишком мало. Некоторые звезды старше, и даже Земля, согласно геохронологии, оказывалась старше Вселенной, что абсурдно. Лишь в 1950-е годы, после уточнения-удлинения шкалы расстояний, эта неувязка исчезла.

В первой статье Гамова по космологии 1946 года есть ссылка на книгу по геохимии, откуда он взял данные о распространенности элементов. Он надеялся теоретически объяснить эти данные — объяснить происхождение химических элементов во Вселенной. В то время считалось, что нынешняя пропорция элементов зафиксировалась в некий ранний момент расширения Вселенной, когда из-за уменьшения плотности и охлаждения активные ядерные реакции прекратились. А до того момента, как считалось, имелось ядерно-тепловое равновесие между разными ядрами. Однако равновесные расчеты давали ничтожную долю тяжелых элементов вопреки данным геохимии.

Гамов предположил иной — неравновесный — сценарий: в быстро расширяющейся горячей Вселенной из первичного чисто нейтронного вещества при уменьшении плотности начинают образовываться протоны, к которым последовательно прилипают нейтроны, образуя всё более тяжелые ядра, пока расширение Вселенной не остановит этот процесс. Он задал содержательный физический вопрос по поводу происхождения Вселенной: каковы были условия в начале расширения, во время Большого взрыва, что его «осколками» стали разные химические элементы в наблюдаемой пропорции? Ответ на этот вопрос Гамов пред-



Г. Гамов, А. Иоффе, В. Фок и М. Бронштейн — участники I Всесоюзной конференции по атомному ядру. Сентябрь 1933 года, Ленинград (из книги Г. Горелика и В. Френкеля «Матвей Петрович Бронштейн», 1990 год)

ложил искать в горячем котле взрывающейся Вселенной, в котором варились элементы. Он понял, что вариться они должны были очень быстро, поскольку «вселенский котел» очень быстро расширялся и — соответственно — остывал. С космологическим варевом разобраться оказалось непросто, но независимо от результатов варки, от того горячего времечка, как сообразил Гамов, должно было остаться тепло, распределенное по всему вселенскому пространству, и он предсказал температуру того теплового излучения.

Идея Гамова оказалась очень плодотворной, хоть и... ошибочной. Ошибочной, потому что последовательное добавление нейтронов во «вселенском котле» обрывается очень рано — не существует устойчивых ядер с массой 5, и перепрыгнуть через этот барьер не удалось. А плодотворной стала сама возможность неравновесной физики.

Теоретики предполагали равновесие, в сущности, по той же причине, по которой потерянные ключи ищут под фонарем — там легче искать. Лучше всё же сообразить, где примерно ключи могли выпасть, и искать там, хоть и ощупью. Так и условия ранней Вселенной лучше не постулировать «для простоты», а извлечь из них следствия, которые после сравнения с наблюдениями скажут нечто о процессах в начале космологического расширения. Так впоследствии получили соотношение легких элементов космологического происхождения — водорода и гелия, — подтвердив предположение Гамова о том, что ранняя Вселенная была горячей.

Первыми же пользу из идеи неравновесности извлекли главные оппоненты Гамова — сторонники так называемой стационарной космологии, которую основывали на неизвестной (пока) физике, согласно которой вещество якобы рождается в пустом пространстве из ничего, и неизвестно (пока), почему. Но зато эти «нефизические» космологи могли надеяться лишь на то, что тяжелые элементы рождаются в котлах внутри звездных по законам самой обычной физики. И им удалось создать теорию рождения тяжелых элементов во взрывах звезд. Ныне это общепринятое представление о происхождении основного вещества планет, включая элементы, необходимые для жизни. Без того, чтобы взрывы первого поколения звезд в юной Вселенной произвели эти элементы, известная нам форма жизни была бы невозможна.

Однако сама стационарная космология не выдержала другого следствия из идеи горячей Вселенной — космического реликтового излучения. Гамов и его сотрудники несколько раз оценивали температуру этого излучения, хоть и не для того, чтобы озадачить астрономов своим предсказанием. Они хотели убедиться в разумности своего сценария: если получилась бы слишком большая температура, сценарий пришлось бы забраковать. Его забраковали, как уже сказано, по совсем другой причине, но фоновое космическое излучение с его малой температурой незаметно жило своей жизнью и дождалось случайного открытия в 1965 году!

И Гамов дождался триумфа правильного следствия из его ошибочной, но плодотворной идеи. Эту удачу он заслужил, расширив возможности физического подхода к ранней Вселенной и не отступив от космологии Фридмана в трудное для нее время. Благодаря этому космология из философски-математической и астрономической науки превратилась в физическую. Гамов, можно сказать, проложил туннель от  $\alpha$  до  $\Omega$ , от микрофизики к мегафизике.

## Дед водородной бомбы и не Герой Соцтруда

Титул «отец водородной бомбы» давно и широко используется в ненаучно-популярных сочинениях. И почему-то не говорят о дедушках, а ведь без них не было бы и отцов. Джордж Антониович Гамов имеет полное право на титул «деда водородной бомбы», и даже сразу двух — и американской, и советской. При этом никакой мрачной тени на него не падает, хотя его собственная тень появилась в самом начале совершенно секретной хронологии водородной бомбы, подготовленной в 1953 году в Конгрессе США в связи с разбирательством, кто мешал рождению американской водородной бомбы:



Н. Бор А. Иоффе М. Кюри Э. Резерфорд

Октябрь 1933 года, Брюссель. Участники Сольвеевского конгресса «Структура и свойства атомного ядра»

«As early as 1932 there were suggestions by Russian scientists and others that thermonuclear reactions might release enormous amounts of energy» (или на родном языке Гамова: «Еще в 1932 году русскими учеными и другими высказывались соображения, что термоядерные реакции могли бы привести к высвобождению огромных количеств энергии»).

Это не фальсификация истории, а чистая правда: русский Гамов совместно с немцем Хоутермансом и англичанином Аткинсоном первыми занялись теорией термоядерных реакций. Но это еще и политика — напомнить о русской опасности, не сказав при этом, что русский термоядерный пионер давно живет в США.

Авторы той историко-политической хронологии не знали о вкладе Гамова в советскую водородную бомбу. Дело в том, что попытка Гамова создать Институт теоретической физики привела к возникновению Физического института Академии наук, или ФИАН, который, переехав в 1934 году в Москву, стал убежищем для научной школы Леонида Мандельштама. А в конце 1940-х годов два питомца этой школы — Андрей Сахаров и Виталий Гинзбург — стали отцами первой советской водородной бомбы<sup>5</sup>.

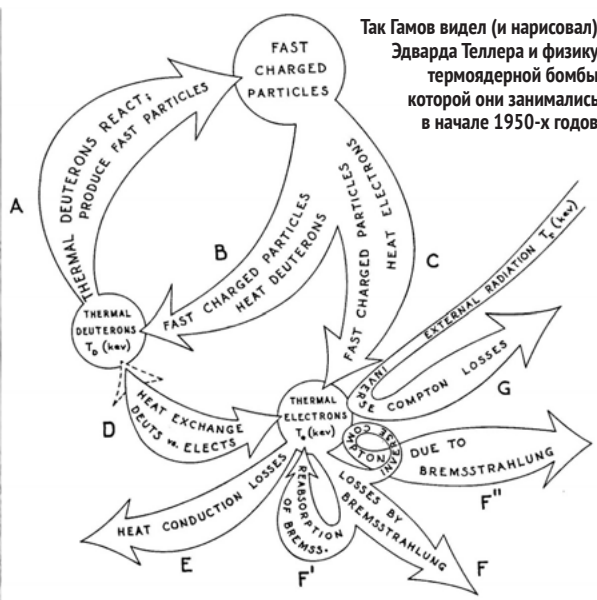
Зато хорошо известна роль деда-Гамова в истории американской водородной бомбы. Когда ему в 1934 году предложили должность профессора в Университете им. Дж. Вашингтона в одноименном городе, Гамов поставил условие: пригласить

в тот же университет еще одного теоретика, чтобы было, с кем говорить о теоретической физике. И пригласил венгерского физика Эдварда Теллера, с которым подружился за несколько лет до того в Институте Бора. Вряд ли надо напоминать, кем стал Теллер для американской водородной бомбы.

В 1996 году я спросил «отца американской H-бомбы» о роли Гамова в этом отцовстве и чтобы оживить его память послал ему рисунки Гамова, сохранившиеся в только что рассекреченном архиве. В ответном письме Теллер так охарактеризовал своего друга: «Джо Гамов был полон идеями, большинство которых были ошибочными. Однако у него было чудесное свойство не обижаться на критику и даже с готовностью ее принимать. В тех же — относительно немногих — случаях, когда он не ошибался, его идеи были по-настоящему плодотворны. Присланные Вами картинки связаны с работой Гамова в Лос-Аламосе. Та работа ни к чему особенному не привела, и я забыл почти всё. Для меня самая интересная часть деятельности Гамова была связана с источником энергии Солнца, и в эту проблему мы с ним действительно сделали совместный вклад». А завершил письмо Теллер фразой вполне в духе своего друга: «Надеюсь, всё, что я рассказал, будет Вам малоинтересно».

## Скажи мне, кто твой друг...

Осталось сказать о друзьях по «джаз-банду», которых Гамов оставил в СССР. Одним — Дмитрием Иваненко — в 1935 году как «социально опасного элемента» выслали из Ленинграда в Карагандинский лагерь. Другого — Матвея Бронштейна — в 1937 году арестовали и расстреляли в Ленинградской тюрьме. Третьего — Льва Ландау — в 1938 году арестовали в Москве, содержали год в тюрьме, и только благодаря чуду, совершенному Петром Капицей, он уцелел. Ландау, ощущая себя ученым рабом, вынужден был работать над созданием советского ядерного оружия, за что получил звание Героя Соцтруда.



<sup>5</sup> Подробнее об истории создания водородной см. Горелик Г.Е. Андрей Сахаров: Наука и Свобода. 4-е изд. — М.: ЛитРес, 2017.

«Искренне Ваш Г. Гамов (Георгий сын Антоныч)», как он подписал свое письмо в Россию в 1960-е годы, когда его имя уже стало можно упоминать. ♦









# В мире американских стартапов

## Из рассказов бывалого финансиста<sup>1</sup>

Юрий Захаренков



Юрий Захаренков

<sup>1</sup> См. [trv-science.ru/tag/yurij-zakharov/](http://trv-science.ru/tag/yurij-zakharov/)

*Правильные решения — результат опыта, а опыт — результат неправильных решений.*

Марк Твен

Сегодня в мире более тысячи телекоммуникационных стартапов с общим капиталом 13 млрд долл. Термин «стартап» появился в США в 1939 году. Тогда вблизи города Сан-Франциско, в долине Санта-Клара (Калифорния) сконцентрировались почти все предприятия и фирмы, занимающиеся разработками в сфере высоких технологий. В те времена студенты Стэнфордского университета Дэвид Паккард и Уильям Хьюлетт, создавая здесь свой небольшой проект, назвали это дело стартапом (от англ. start-up — стартовать, запускать). Со временем этот стартап вырос в огромную корпорацию Hewlett-Packard.

В основе классического понятия стартапа — оригинальная идея и свободная (никем не занятая) ниша в экономике. В России популярно мнение, что стартап — это прежде всего социальная сеть, интернет-сервис или какой-нибудь необычный сайт — приводя примеры успешных стартапов, ссылаются именно на них<sup>2</sup>. Англоязычное понятие «стартап» включает в себя предлагаемый на открытый рынок продукт или сервис для достаточно широкого круга потребителей, будь то операционная система персонального компьютера, волоконно-оптические гаджеты для увеличения скорости передачи информации или уникальный прототип термоядерной электростанции (веяние последних двух лет).

### Стартап: вид снаружи

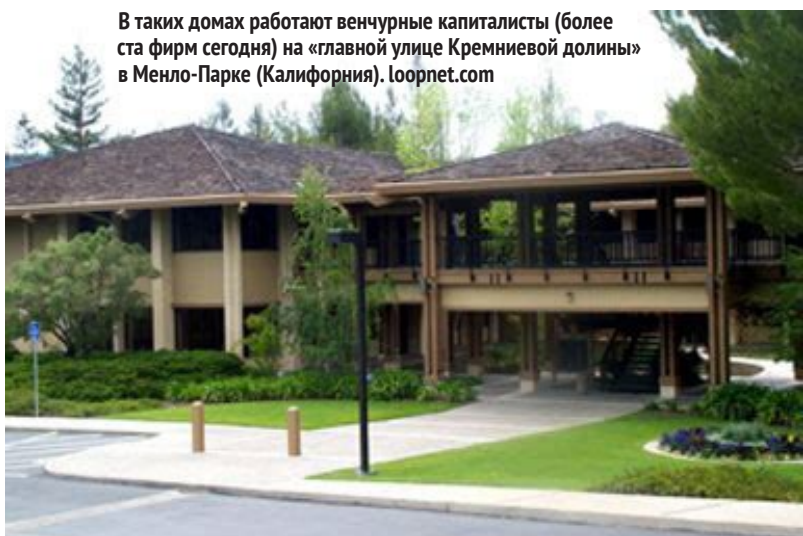
Среди классических примеров успешных американских стартапов

<sup>2</sup> [ru.wikipedia.org/wiki/Стартап](http://ru.wikipedia.org/wiki/Стартап)

### Прогресс телекома и Интернет

Публичное открытие Интернета не только сыграло огромную роль в становлении доткомов как независимой экономической отрасли, но и дало толчок к разработке новых материальных средств коммуникации и принципиально новых систем, обеспечивающих быструю передачу данных в любой конец мира. Идея объединения разнесенных на большие расстояния компьютеров первоначально реализовывалась на основе существовавших телефонных сетей. Вместо телефонной трубки, принимающей и передающей звуковые сигналы в виде аналоговых электрических импульсов, работал модем (модулятор-демодулятор), конвертирующий цифровой компьютерный код в формат, пригодный для передачи аналоговых сигналов, принятых в телефонных сетях. В начале 1980-х годов протокол управления передачей — интернет-протокол (TCP/IP) был принят в качестве стандарта министерства обороны США, которое финансировало и направляло исследования и разработку соответствующих приложений. Позднее использование результатов исследований и опыта эксплуатации Интернета открыли двери для участия во всем этом частного бизнеса.

В таких домах работают венчурные капиталисты (более ста фирм сегодня) на «главной улице Кремниевой долины» в Менло-Парке (Калифорния). [loopnet.com](http://loopnet.com)



начала 1990-х годов — Microsoft (основатели — Билл Гейтс и Пол Аллен), Apple Computer inc. (основатели Стив Джобс и Стив Возняк) и Google (основатели — Лэрри Пэйдж и Сергей Брин).

Термин стартап стал особенно популярным во времена так называемого пузыря доткомов (1996–1999), когда было создано большое количество интернет-компаний, занимавшихся новейшими технологиями и предоставлением услуг, которые ранее не существовали.

Быстрый рост телекоммуникационной отрасли в 1990–2000 годах привлек на рынок множество новых участников. В этот период частный венчурный капитал (venture capital — инвестиции высокого риска) стал играть более заметную роль в телекоммуникационной отрасли. Целевые инвестиции венчурных фирм обеспечили значительные потоки доходов поставщикам оборудования и оказались сопоставимыми с темпами государственного финансирования отрасли. Среди телекоммуникационных стартапов выделяется Siena Corporation — компания по производству сетевого оборудования — мировой лидер в области оптических систем и систем маршрутизации. Сегодня это «крупнейший в мире игрок в области оптической связи» («Википедия»). В 2022 году компания сообщила о продажах на 3,63 млрд долл.

### Сколько денег нужно для рождения стартапа?

Если он нацелен на новое оборудование, то, чтобы показать работоспособность прототипа, нужно несколько миллионов долларов (в разы меньше требуется для софт-стартапа, где прототип кода, как правило, пишется одним-двумя программистами).

Традиционное начало стартапа — работа учредителей по вечерам и выходным при подготовке бизнес-плана, который они передадут фирме венчурных инвестиций. Если предложение пройдет сквозь двери венчурной конторы, изрядную часть (примерно треть) новорожденной компании придется подарить инвесторам, которые берут на себя риски провала.

Ассоциация малого бизнеса в Вашингтоне считает, что лишь одному из ста новых предприятий удастся выйти на уровень безубыточности и менее одному из тысячи суждено стать публичным, позволяя первоначальному инвесторам получать разумную прибыль. Венчурные капиталисты могут увеличить шансы на окупаемость примерно до одного из пяти, а вероятность публичного размещения акций — примерно до одного из десяти. Но чтобы добиться этого, они должны быть гораздо лучше информированы, чем средний инвестор, о стартапе и его технологиях, помогая учредителям осваивать способы управления, находить помещения, ключевых сотрудников и клиентов.

Небольшое число стартапов, вышедших на IPO (первичное публичное размещение акций) или проданных лидерам отрасли, должно окупать остальные инвестиции в портфеле венчурной фирмы. Sequoia Capital, например, вложила 2 млн долл. в поисковую компанию Yahoo!, основанную двумя студентами Стэнфордского университета Джерри Янгом и Дэвидом Фило. Уже в 1999 году эта доля стоила 4,4 млрд долл. — а это 2200-кратная прибыль от инвестиций Sequoia.

На рубеже XXI века большая часть телекоммуникационной отрасли столкнулась с перенасыщением инвестиций в инфраструктуру, когда спрос на эти услуги замедлился. Последовали широкомасштабные увольнения и банкротства. Кризис перепроизводства — не первый в истории капитализма, когда предложение значительно превышает спрос (при «научном социализме» всё наоборот).

### Стартап: вид изнутри

В конце 1998 года я весьма смутно представлял себе реалии рынка телекоммуникаций и совсем не ожидал, что мне самому придется окупаться с головой во все тонкости передачи информации по оптоволоконным сетям.

Под новый год всюду слышались рождественские песни, люди покупали подарки, тащили домой пушистые елки и гирлянды с лампочками. А мне было не до веселья, я думал, где мне найти работу в наступающем году. Дело в том, что в Ливерморскую национальную лабораторию им. Лоуренса (в которой я работал по контракту с Калифорнийским университетом) пришло долгожданное известие, что проект самого мощного лазера (NIF) окончательно принят к исполнению. Нас всех (около ста человек) собрали в конференц-зале лаборатории и объявили: «У нас есть хорошая новость — мы будем строить NIF (ура!), но есть и плохая новость — мы будем строить NIF». Плохая новость означала, что теперь физики-лазерщики и физики-плазменщики на ближайшие 2–3 года не понадобятся, их заменят строители и оптики. Молодых постдоков обещали пристроить на установку OMEGA в Рочестерском

университете, а таким «старикам», как я, предложили самим позаботиться о себе. Вот так, типичная ситуация в Америке, где новичкам советуют с первых дней начинать искать себе следующую работу.

Совершенно неожиданно зазвонил телефон, и интеллигентный мужчина на чистом русском языке спросил, не хочу ли я присоединиться к его новому стартапу в Пало-Алто, что в Кремниевой долине. «Хочу, хочу», — обрадовался я. Дальше он меня спрашивает, знаю ли я, что такое WDM (wavelength division multiplexion — разделение и мультипликация по длинам волн). А я даже и не слышал о таком чуде. «Ничего, разберетесь быстро».

Всё закрылось с неимоверной скоростью. Мы встретились с Ильей (он раньше работал в Ленинградском политехе, у Жореса Алфёрова). Будучи исследователем в Стэнфордском университете, он нашел частных инвесторов, согласившихся финансировать стартап для разработки его идеи когерентной передачи информации. Оказалось, что идея его была очень сырой и необходимо было показать ее принципиальную работоспособность (proof of principal), пусть даже без волоконных сетей, а просто на оптическом столе (вот где мой опыт ему и был нужен). Он присвоил мне должность Главного испытателя и сказал, что к нам скоро прибавится еще один грамотный телекомовец по имени Грег, он будет Главным инженером, а себя он сам назвал Президентом. Все трое стали к своему рабочему титулу приписывать громкое слово Основатель (Founder).

### Будни стартапа — головой в омут

В первые три месяца мы большую часть времени тратили на административное устройство новой компании, включая отбор сотрудников. Познакомились мы и с нашими венчурными инвесторами (правильнее сказать, они познакомились с нами, ведь это были их 5 млн долл.), а также с советом научных консультантов, оценивавших наш прогресс. Это были профессор Стэнфордского университета, члены Национальной академии наук Энтони Сигман, специалист в области применения лазеров, и Джозеф Гудман, корифей фуры-оптики (его книжку я держал на своем столе и то и дело перечитывал). За-

бегая вперед, скажу, что до сих пор храню его e-mail, где он одобрял мою идею о фуры-фильтрации составного потока данных.

Чтобы не терять время на дорогу (более часа в один конец), мы с женой продали наш дом и переселились ближе к Пало-Алто. Часы (и дни недели тоже) у нас были не нормированы, особенно когда я получил пневмостабилизированный оптический стол для моего макета, а Грег почти каждый день принимал и распаковывал ужасно дорогую электронику и оптоволоконно в катушках по 200 км. Много времени уходило на отбор кандидатов в сотрудники, а инвесторы всё время настаивали, чтобы мы укомплектовались как можно быстрее. К началу лета у нас собралось около тридцати человек (включая секретаря Алекса, молодого энергичного парня со скоростью печатания 105 слов в минуту!), у Грега и у меня образовались группы по 4–5 человек, мы начали искать себе помещения побольше.

Еще в самом начале нашего предприятия инвесторы поставили условие: принять в качестве Главного управляющего компанией опытного руководителя. Илье это не понравилось, но выбора у него не было, тем более, что эту должность согласился занять сам Ву-Фу Чен, известный в среде стартапов как Мистер Нетворк.

К тому же он пожелал внести на счет компании свои полмиллиона долларов (я запомнил тот день, когда Илья прибежал ко мне с банковским чеком в руке: «Ты когда-нибудь видел персональный чек на 500 тысяч?» — конечно, я, как и он, не видел).

### Главный управляющий компании

CEO (Chief Executive Officer) — это визитная карточка стартапа. CEO с известным именем открывает двери потенциальных заказчиков будущего продукта, а также вызывает доверие у спонсоров второго раунда финансирования молодой компании (при этом венчурные инвесторы первого раунда значительно снижают уровень своих рисков). Конечно, деятельность опытного CEO внутри компании также чрезвычайно важна, он вникает в нужды сотрудников и представляет их интересы на собраниях совета директоров, намечает основные рубежи и следит за исполнением ▶



### Том Перкинс — легенда венчурного капитала

Само понятие «венчурный капитал» возникло в начале 1970-х годов. Важнейшей фигурой здесь оказался Том Перкинс — до того один из ключевых менеджеров компании Hewlett-Packard. В 1972 году Том Перкинс и Джин Кляйнер основали фирму Kleiner & Perkins, собрав свой первоначальный фонд всего в 8 млн долл., половина из которых поступила от питтсбургского миллиардера Генри Хиллмана. Тогда они, конечно, не могли себе представить, что в Америке из этого вырастет целая индустрия, где заняты до 5000 профессионалов с ежегодным фондом свыше 63 млрд долл. (в 2015 году), распространившись по всему миру.

В венчурном капитале по-прежнему чрезвычайно сложно отдать должное тому, кто этого прежде всего заслуживает. Вот кому компании Applied Materials или Acuson (два триумфа Кляйнера и Перкинса) больше всего обязаны — своим основателям или финансистам? Должен ли рынок уважать жокея или лошадь? Многие успехи были достигнуты в первое десятилетие: в 1970-е годы были профинансированы четыре разные компании с оборотом в миллиарды долларов, что является рекордом по любым стандартам. Это позволяет выделить Kleiner & Perkins в «отдельную лигу».

## Легендарный CEO телеком-стартапов Ву-Фу Чен

Вот, что о нем писал в то время журнал *Money*:

Ву-Фу Чен — известный предприниматель и ведущий венчурный инвестор. Он основал более дюжины высокотехнологичных компаний, от оптической коммутации до высокотехнологичных чипов для банкоматов. Он, пожалуй, наиболее известен как соучредитель и вице-президент по инжинирингу компании Cascade Communications, где руководил выходом Cascade на IPO и сыграл важную роль в достижении компанией рыночной капитализации в 10 млрд долл. Ву-Фу Чен был соучредителем и выступал в качестве председателя и генерального директора компаний Agri Networks (приобретена Cascade), Ardent (приобретена Cisco) и Shasta (приобретена Nortel). Ранее он был вице-президентом по технологиям в Cisco Systems. Отрасль отметила достижения Ву-Фу Чена многочисленными наградами; его называли «легендой Кремниевой долины», а журнал *Red Herring* включил его в «десятку лучших предпринимателей 2000 года». Журнал *Forbes* неизменно включал его в число ста лучших венчурных инвесторов в США.

Он был упомянут на первой полосе *Wall Street Journal*, где его называли «Взрастителем» за его стартап-деятельность, а журнал *Light Reading* однажды назвал Ву-Фу Чена «самым влиятельным человеком» в сфере оптических сетей. Ву-Фу Чен имеет успешный опыт определения ключевых ниш, коммерциализации новых технологий, привлечения опытных управленческих команд, ключевых клиентов, доступа к финансированию и успешного выхода из бизнеса. Ву-Фу Чен — выдающийся оратор и приглашенный лектор университета, выступавший с программными речами перед отраслевыми ассоциациями, на конференциях и в университетах по всему миру.

Он также часто дает интервью ведущим изданиям и средствам массовой информации о предпринимательстве и новых телекоммуникационных технологиях. Ву-Фу Чен является партнером инвестиционного фонда Dragon Investment Fund, расположенного в Тайбэе, который он основал вместе с г-ном Стэнном Ши, председателем и основателем Acer Group. Ву-Фу Чен — член советов директоров более чем десятка компаний, а также государственных и частных учреждений. Ву-Фу Чен получил степень MSEE во Флоридском университете в 1976 году и степень BSEE в Национальном тайваньском университете в 1972 году. С 1976 по 1977 год он учился в докторантуре по информатике в Калифорнийском университете в Беркли.



▶ планов, утверждает финансовые отчеты и рекомендует оптимальный кадровый список компании. Первым CEO, с которым в 1999 году мне довелось встретиться в стартапе Илья, и был легендарный Ву-Фу Чен.

Наш новый CEO понравился мне с первой же встречи и, как мне показалось, я ему тоже. Он внимательно изучил перечень задач, которые необходимо решить еще до развертывания строящегося функционирующего прототипа нашей коммуникационной системы. Я объяснил, что мы не идем против законов оптики (четырёхканальные системы на том же принципе уже использовались в сенсорных приборах), проблема была в том, что вместе с увеличением числа каналов в одном оптоволокне сопутствующие шумы забивали полезные сигналы. Отсюда следовал вывод о необходимости изобретения специального оптического фильтра перед приемником (это моя работа над фурье-фильтром) и координированных с фильтром лазерных источников.

Обычно Ву-Фу проводил в нашей компании два дня в неделю, еще два дня он находился в Техасе, где он параллельно с нами вел к успеху другой стартап. Как-то раз он с порога объявил: «Сегодня я стал богаче на 40 млн долл., я продал компанию в Техасе!» Это, пожалуй, была его лучшая мобилизующая речь перед нами. А мобилизовать своих сотрудников он никогда не забывал. На нашем единственном «корпоративном» вечере в местном ресторане он произнес тост, посвященный женам стартапников, «растающих сегодня со своим мужьями». Надо ли говорить, что женам этот тост не очень-то понравился, а мужа покорно склонили головы — мол, знали, на что подписались.

За месяца совместной работы у меня с Ву-Фу сложились весьма доверительные отношения, я держал его в курсе моих попыток создания идеального фильтра, он рассказывал о хитростях выведения старта-

па на рынок. В частности, он открыл для меня золотое правило успешного нововведения в телекоме: любое устройство или система при обеспечении увеличения скорости передачи сигналов в четыре раза не должна стоить больше, чем в 2,6 раза по сравнению с существующими аналогами. Как-то он сообщил мне, что его личный капитал заключен в основном в финансовых бумагах (акциях и т.д.), из которых он мог бы перевести в наличные около 800 млн долл. Я тут же воспользовался этой информацией и попросил у него 30 тысяч в долг на внесение первичного взноса на покупку нового дома. К чести Ву-Фу, он немедля вынул чековую книжку и протянул нужный мне чек (к моей чести, свой долг я выплатил без задержек).

А расстался я со своим первым стартапом после того, как в результате моих испытаний я сам и доказал невозможность идеальной работы фильтра и когда компания сменила свою направленность на сверхдальнюю передачу широкополосной телекоммуникации (фактически изменив свой статус компонентного поставщика на системного).

### Второй шанс

Шел август 2000 года, я уже считал себя опытным инженером телекома (по крайней мере, я мог моделировать транспортировку WDM-системы с частотой посылки световых битов 10 Гбит в секунду). Неудивительно, что я принял предложение на пост оптического менеджера в системную компанию, известную своими талантливыми дизайнерами специализированных микропроцессов ASIC (application-specific integrated circuit). Меня привлекло устойчивое положение этой компании, а также ее романтическое название — «Жасмин» (Jasmine), ну и повышенная зарплата тоже сыграла роль.

Главной притягательной силой для инвесторов «Жасмин» служил кон-

тракт с ведущим гигантом индустрии Nortel. Действительно, журнал *Red Herring*, освещавший новости стартапов, поставил Jasmine на восьмое место в своем месячном таблице о рангах — к уже имевшимся 10 млн долл. от первого раунда компания успешно закрывала второй раунд (доведший впоследствии баланс компании до 72,5 млн долл.) — в то время, как по данным *Red Herring* средний объем венчурного капитала, который стартапы смогли привлечь в 2000 году, составлял 24 млн долл. Короче говоря, «Жасмин» обязана была стать золотой жилой.

В руководстве компанией в подавляющем большинстве были выходцы из Индии — из 60 человек к моменту моего прихода индийцы составляли около 60% — от младших техников и инженеров-механиков до президента компании и его заместителей. Исключением стала только группа разработчиков ASIC-чипов, где работали люди многих национальностей под руководством американца, а также вновь создаваемая оптическая группа, состоявшая из трех инженеров российского происхождения и двух техников-американцев. Обстановка в «Жасмин» была исключительно дружелюбная, особенно приятно было иметь дело с индийцами с их традиционно повышенным уважительным отношением к русским.

Не обходилось и без казусов, свойственных молодым коллективам, еще не установившим полное взаимопонимание между отделами. Разработчики микросхем электроники будущего устройства, электронно интегрирующей четыре канала связи со стандартной в то время скоростью передачи 2,5 Гбит/с в один канал нового стандарта на 10 Гбит/с, наконец закончили разработку и макетное испытание и передали эскизы будущей материнской платы в конструкторский отдел для подготовки заказа на стандартизированную плату в стороннюю организацию. Наши механики быстро подготовили чертежи и отправили их на изготовление. Каково же было изумление разработчиков, когда готовая плата попала им в руки: ножки их чипов не вставлялись в материнскую плату. Оказалось, что разработчики-электронщики были уверены, что механики знают, что на чертежах должно быть зеркальное отображение переданных им эскизов. А механики не знали! После взаимных упреков все с удвоенным напряжением принялись исправлять допущенные ошибки — новый заказ был отправлен на изготовление правильной платы, а электронщики как могли соединили свои сверхбыстрые микросхемы с помощью проводков. Вид изделия был неказистый, но он заработал как раз к приезду принимающей комиссии «Нортела».

Казалось, что теперь дорога к успеху открыта. Да вот только покупатели из «Нортела» не спешили открывать свои кошельки. Чуть позже мы прочитали в прессе, что во втором квартале 2001 года «Нортел» понес убытки в размере 19 млрд долл., все свои новые предприятия и контракты на поставку оборудования были им остановлены и позже вообще заброшены.

Помню, пошел я к нашему главному по маркетингу прощупать обстановку в непринужденной беседе. Он только что вернулся с восточного берега, выясняя, нельзя ли кому-нибудь продать наш почти завершённый продукт, пусть даже в любой мыслимой модификации. Достаточно было взглянуть на него, чтобы понять результат его поездки. Тогда я предложил ему свою новую идею о преобразовании скорости каналов, используя только оптические методы, — абсолютно новое решение, в духе времени, которое также могло бы выгадать время на переживание кризиса при наличии заинтересованного спонсора. Главный по маркетингу сказал, что,

в принципе, это вариант, но не для «Жасмин» — слишком глубоко мы застряли в электронике и поддерживающих структурах (к тому времени численность компании выросла до 200). Это был конец моего второго шанса на успех в стартапах.

### Безумство храбрых

Потери и банкротства сделали 2001 год незабываемым для телекоммуникационного сектора. Конечно, в глубине души мы все знали, что биржевая мания в Интернете не может длиться вечно. Слишком много софт-компаний вышло на биржу в конце 1990-х годов, не имея ничего, кроме амбициозной маркетинговой кампании и слабых надежд на возможную прибыльность. Но мы думали, что телекоммуникации были более солидными, они составляли фундаментальную часть интернет-революции и приносили реальную прибыль. Цены на акции были высокими, но пузыря же не было, ведь так? — спрашивали сами себя.

Как часто случалось в моей жизни, неожиданно позвонил Грег (тот самый, из нашего первого стартапа, из которого он тоже ушел). Он рассказал, что недавно встретил человека, жаждущего организовать свой стартап, вложив собственные стартовые деньги. Сам Грег готов был взять на себя инженерные заботы, оставалась самая малость — крутая идея («Ну ведь ты же сможешь изобрести что-нибудь подходящее»). Разве можно было устоять против такой откровенной лести?

Тед, так звали нашего CEO, родился и вырос на ферме в Миннесоте. От отца ему достался завод сельскохозяйственных машин, который успешно занял свою нишу и прино-

сил регулярный доход своему молодому хозяину. Однако Тед решил включиться в бурный поток бизнес-стартапов и первым делом прошел экспресс-курс обучения лидеров стартапов в так называемом инкубаторе предпринимателей Y Combinator, что в Кремниевой долине.

При первом же разговоре мы с Грегом предупредили Теда, что весь финансовый риск ложится на него одного, тем более, что появились явные признаки замирания интереса у венчурных фирм. Он подтвердил свою готовность испытать удачу. Мы решили разрабатывать мою идею об увеличении скорости телепередачи без электронного преобразования потока оптических сигналов. Такой метод называется OTDM (оптическое временное разделение и мультипликация).

Коротко о предложенном нами методе OTDM. Во внедряемой в начале 2000-х годов системе WDM на 10 Гбит/с использовались непрерывные узкополосные полупроводниковые лазеры с длинами излучаемых волн в строгом соответствии стандарту (их частоты обычно различались на 100 ГГц). Таким образом, смешивая отдельные световоды с лазерным излучением, например на 16 длинах волн, прошедшим через свои индивидуальные электрооптические модуляторы и получившим биты информации в виде открыт-закрыт (соответствующем единице или нулю), можно было отправить в сеть до 160 Гбит/с.

Наращивание скорости передачи с традиционным преобразованием оптических сигналов с помощью электроники наткнулось на трудности (и, следовательно, на повышенные стоимости) с высокоскоростной

Окончание. см. на стр. 14

Принцип передачи оптических сигналов параллельно на четырех разных длинах волн, WDM

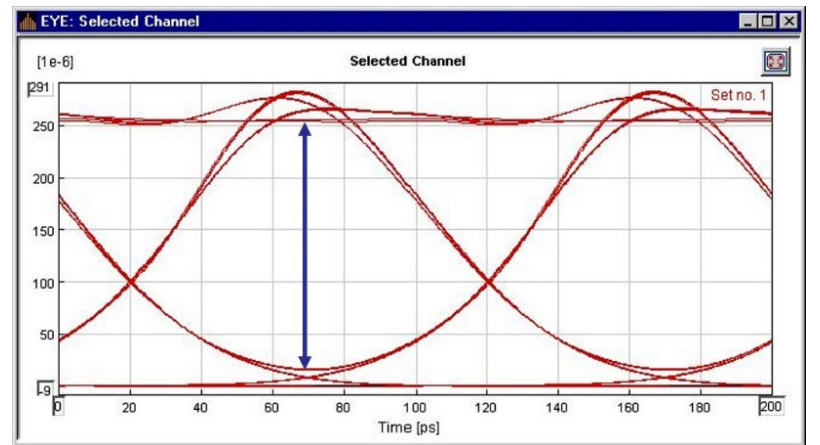
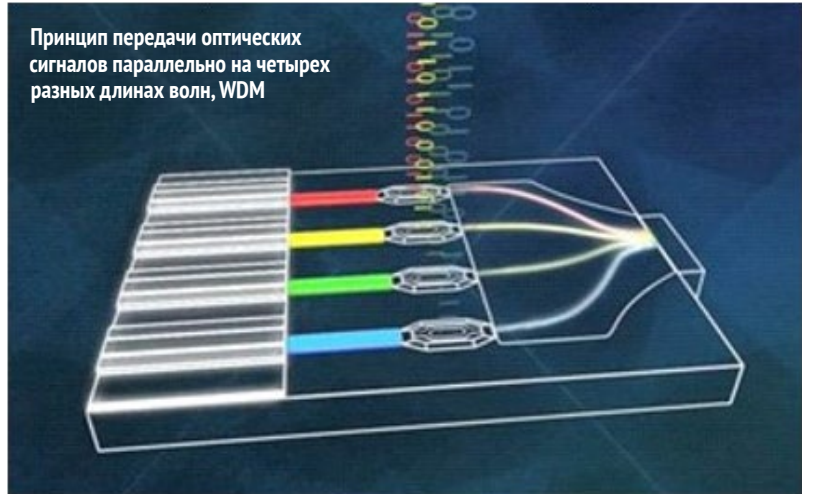
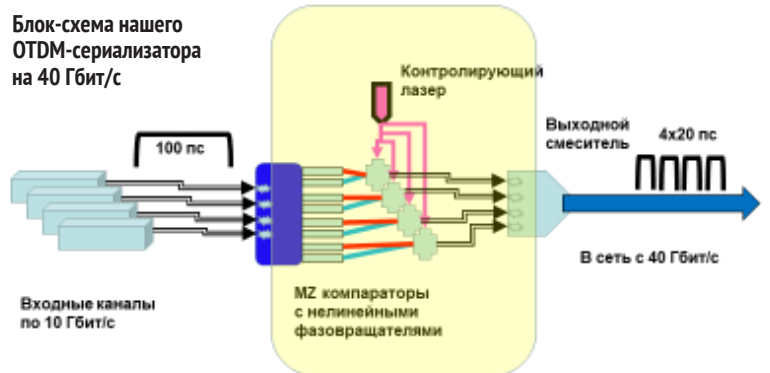


Иллюстрация эффекта «закрывания глаза» из-за шумов, дисперсии и нелинейных процессов при передаче оптических сигналов на большие расстояния

Блок-схема нашего OTDM-серIALIZАТОРА на 40 Гбит/с



Окончание. Начало см. на стр. 12–13

электроникой (свыше 10 ГГц) и увеличением числа волн в одном волокне. Поэтому телеком-разработчики с надеждой смотрели на целиком оптические решения, начиная от интегрирования на кремниевой подложке всех элементов транспондера — от лазера и нелинейно-оптического модулятора до волноводного смесителя.

Забегая вперед, отметим, что первый успех такого интегрирования для расширения использования оптики в управлении трафиком центров обработки данных был объявлен гигантом Intel только в августе 2016 года. В частности, они заявили о выпуске кремниевой фотоники — продукта, над созданием которого трудились 16 лет. Intel является «первым, кто осветил кремний», интегрировав лазерный светоизлучающий материал в кремний. Такой метод имеет преимущество в производительности из-за точности литографии. Модуль, который представил Intel, обеспечивал скорость 100 Гбит/с.

Напомню, что действие моего расказа происходит в 2001 году, как раз когда Intel создал свою группу высокоскоростной кремниевой фотоники. А вот что мы тогда предлагали: начинаем с уже отработанной технологии 10 Гбит/с; предлагаемый нами нелинейно-оптический коммутатор поочередно «опрашивает» параллельные каналы (при этом длина бита в 100 пс,  $10^{-10}$  с, укорачивается до 5–10 пс); укороченные биты в стром порядке один за другим поступают в смеситель на выходе (используется принцип сериализации, известный со времен проводной телефонии). Таким образом, даже на одной длине волны возможно достичь скорости свыше 100 Гбит/с (при аккуратном изготовлении «коммутатора» — нашей изюминке, — умещавшемся на ладони, скорость могла бы достичь невероятных 160 Гбит/с при работе с 16 каналами на входе).

В основе принципа действия моего изобретения лежала довольно простая идея, сродни работе затвора экспозиции (многие называли его «выдержкой») в фотоаппаратах моей юности. В зависимости от освещенности объекта можно было с помощью рычажка установить время открывания диафрагмы объектива. Таким образом, на пленку приходил двумерный световой сигнал с длительностью, определяемой установленной рычажком экспозицией. Запечатленное на пленке изображение несло всё тот же объем информации при выборе экспозиции в широком диапазоне (опытные фотографы умели попадать с первого раза, а если бы у них была возможность усиления света после затвора, то проблемы фотографирования быстрых процессов и вовсе отпали бы).

В нашем устройстве, выполненном в виде интегральной волноводной платы (такая технология уже существовала в фирмах Кремниевой долины), затворами в каждом входящем оптическом канале могли бы служить полупроводниковые оптические усилители, синхронизированные импульсами высокочастотного (10 ГГц) внешнего лазера. Для приемника информации световая вспышка по-прежнему означала бы единицу, а темнота — ноль (только длительность вспышки сокращалась в десять раз). Таким образом, переход на нашу систему временной мультипликации (OTDM) не приводил бы к заметным изменениям существовавших методов кодирования информации.

Казалось, сама судьба вела нас к гарантированному успеху — первую презентацию нашего проекта мы представили не где-нибудь, а в недавно созданной оптической группе Intel! Руководитель этой группы, м-р Таборек, устроил для нас телеконференцию с участием интеловских спецов, включая пару технарей из их английского филиала. После вступительного слова Теда всё уважаемое собрание накинulo на меня с вопросами по каждому слайду презентации. Краем глаза я видел, как волновались Тед с Грегом, но всё обошлось без единой заминки. Конечно, подробности «коммутатора» я не раскрывал (основная наша интеллектуальная собственность), а на вопрос о сроках запуска

продукта и запрашиваемого финансирования мы назвали пять лет и 10 млн долл.

Примерно через неделю пришел ответ из Intel, который превзошел наши ожидания. Intel согласен был инвестировать пять миллионов и даже предоставить нам возможность использования оборудования внутри их лаборатории. Единственным условием было требование найти спонсора-лидера (у спонсоров есть такая шкала). Среди нашего всеобщего ликования мы не сразу оценили подводные камни в ответе Intel. Приглядевшись, мы поняли, что Intel хочет подмять нас вместе с нашей инновационной идеей, т. е. фактически стать обладателем интеллектуальной собственности на случай, если идея на самом деле сработает. В этот момент мы поняли, что единственной нашей защитой может быть серия патентов с описанием как принципов построения системы OTDM, так и ее нелинейно-оптических элементов.

сериализатор-десериализатор) выйдет на рынок через время, достаточное для преодоления кризиса переизобилия.

Всю осень и зиму мы каждые 10–15 дней ездили в Менло-Парк на переговоры с венчурными фирмами. Характерной особенностью этих встреч было то, что после прослушивания нашей презентации, состоящей из агрессивного бизнес-плана с анализом будущего спроса на наш продукт в перспективе на 5–10 лет и объяснения принципов работы инновационного устройства, консультанты и партнеры венчурных фирм ни разу не отвергли проект. Все отказы были в целом положительные, приехали к нам запрашиваемые фонды. Но, момент был упущен, спонсоры видели сигналы кризиса. Они еще не приняли решения окончательно прекратить вкладывать деньги в телеком, поэтому выжидали. А для нас их выжидания вы-

ражались в непрерывном совершенствовании проекта: мы установили прямые контакты с производителями полупроводниковых оптических усилителей (SOA) для высокоскоростного переключателя-компаратора и узнали, что они уже осваивают интегральное пакетирование этих элементов на кремниевой подложке — идеальное решение для нашего проекта. В Швейцарии нашлась малая фирма, выпускающая волоконно-оптические лазеры с гигагерцовой частотой повторения, — еще одна удачная находка.

Больше всего времени мы потратили на переговоры с одной из наиболее известных в Менло-Парке фирмой Morgenthaler Venture Partners, которая в 2001 году располагала инвестиционным фондом в 850 млн долл. Особенно старался помочь нам партнер фирмы Дрю Ланза. Однако остальные венчурные партнеры перестраховывались и придумывали для нас всё новые задачи (можно ли использовать нашу систему в региональных сетях до 500 км, а как она поведет себя при применении в дата-центрах и т. д.), под которые нам нужно было проводить постоянную модификацию нашей компьютерной программы и перестраивать блок-схему проекта. А время шло, и не с пользой для нас. Кончались деньги Теда и его богатого друга Дэвида, примкнувшего к нам. В январе мы добровольно ополовинили наши зарплаты

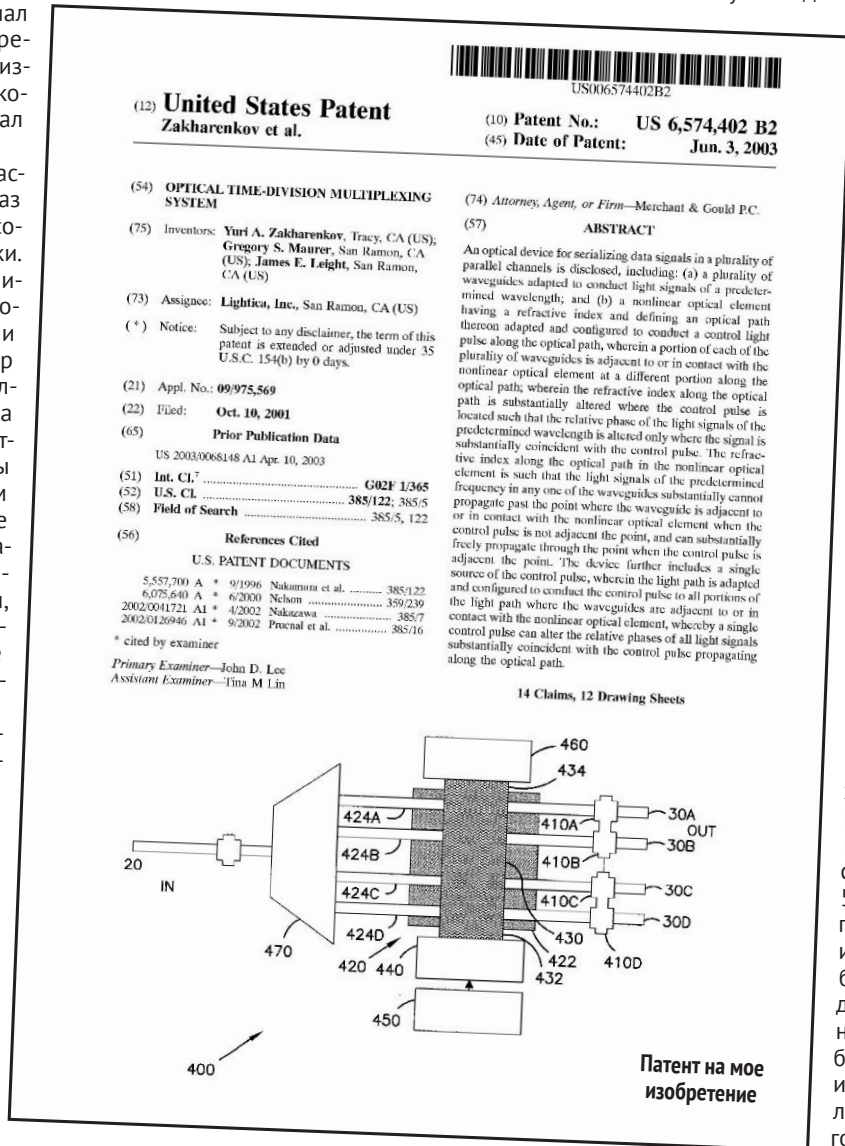
## Осень — хорошее время года

Известный среди стартапов CEO Билл Гросс назвал пять факторов, обеспечивающих успех стартапа: идея, команда, правильный момент, бизнес-модель, инвестиции. Проанализировав более 200 историй успехов и провалов стартапов, Гросс пришел к неожиданному выводу: на 42% взлет обеспечивал выбор правильного момента, на 32% — команда, на 28% — сама идея. Бизнес-модель (24%) и финансирование (14%) оказались факторами, наименее влияющими на успех. Полученную статистику Гросс подтвердил историями успеха собственных гигантов вроде Uber и Airbnb.

Я согласен с этими заключениями, оглядываясь на собственный опыт как на серию неуспешных решений (см. эпиграф): первый стартап оказался жертвой неработоспособной идеи, во втором («Жасмин») собрались сразу несколько факторов (резкое изменение спроса, проблема нерасчетливого руководства большими финансовыми ресурсами), а в дорогом моему сердцу инновационном стартапе всё погубил неправильный выбор момента выхода.

Казалось бы, одни негативные результаты, потерянные годы... Но я так не думаю — напротив, вспоминаю то время с некоторым радостным чувством открытия для себя новых качеств, включающих одновременно и свободу индивидуального творчества, и коллективное соединение усилий каждого ради достижения общей цели. Ведь после трех лет интенсивной работы (эти годы следует считать как год за три) и еще шести месяцев, пока я нашел новую работу, приобретенный опыт сыграл свою роль — меня приняли ведущим исследователем в большую национальную компанию, в которой в 1960 году Теодор Мейман запустил первый в мире рубиновый лазер! Главное, чем руководствовались мои начальники, — это был опыт работы в создании лазерных устройств от «голой идеи» до действующего продукта. Это было то место, где я мог применить свои способности (часть из них я приобрел в стартапах).

Всё же закончить мой рассказ я хочу на том, что когда приходит осень жизни, начинаешь оценивать достигнутые результаты и понимаешь, что наполовину заполненный профессиональными достижениями «стакан» счастья становится полным только лишь тогда, когда добавляешь в него семейное счастье. Моя история с миром стартапов закончилась в 2002 году, и в том же году родилась моя первая внучка. Всё сложилось очень счастливо — да, я счастливый человек. ♦



Когда получение патента стало первоочередной задачей, наши поиски спонсоров притормозились. Грег начал переговоры с потенциальными поставщиками комплектующих (рассылая запросы на техпараметры в заявлениях о намерениях). Тед засел за написанием экзекютивного заявления о целях и средствах дружественных CEO, чтобы быть в курсе событий в телекоме. Один из его новых знакомых посоветовал обратиться в солидную патентную фирму Merchant & Gould P.C., которая быстро оформляет патенты в телекомовской сфере. А я с головой ушел в написание сразу трех патентов.

И вот настал день, когда мы встретились с владельцем патентной фирмы и узнали о его условиях. Чтобы быстро подготовить высококачественный («а других мы не делаем!») текст патента и провести его до регистрации, к нам будет прикомандирован один из его сотрудников за цену «по таксе, а такса — автомобиль». Так прямо и сказал. Я скромно попытался узнать, о какой марке автомобиля он говорит, а он в ответ: «Марка автомобиля соответствует качеству патента». Куда деваться, начнем с первого патента за 15 тыс. долл. На первом мы и остановились, к остальным вернемся, когда венчурные деньги получим. Дата отправки в Патентное бюро США — 10 октября.

## Патент на мое изобретение

Вот так прошло лето 2001 года. Судя по обстановке, венчурные фирмы всё труднее выжимали из себя капиталы на телеком-стартапы. Надо было действовать более решительно, наверстать летнее время, надеясь на специфику нашего проекта, заинтересовать спонсоров тем, что наш сердес (по аналогии с модемом,

основную статью наших расходов). Ситуация становилась всё тревожнее.

Тед постоянно вел переговоры с венчурными фирмами, но просвета не было видно, пока в один февральский день он не принес нам надежду: известная фирма Kleiner Perkins согласилась дать нам время на презентацию проекта. Их отделение располагалось в даунтауне Сан-Франциско в высотном здании, одна только рента помещения в котором наверняка превышала испрашиваемую нами инвестицию. Правда (Тед слегка замаялся), секретарша фирмы предупредила, что докладывать мы будем их научному консультанту, Нобелевскому лауреату по физике Арно Пензиасу (ни больше ни меньше), а он человек резкий (предупредила секретарша), вы уж не обижайтесь, если он вас оставит через пять минут.

И вот опять Тед везет в своем минивэне всю нашу компанию на презентацию, где у нас есть только один шанс. Всё отрепетировано по минутам: Тед делает двухминутное вступление, а дальше моя очередь донести физический принцип проекта (в первые три минуты — о физике, чтобы заинтересовать мэтра, потом уже перейти к техническим деталям). Профессор Пензиас на вид казался строгим, довольно крупным, даже грузным экзаменатором — ни тени улыбки, всё официально. Подошла моя очередь, я заговорил о нелинейных процессах в оптике и не заметил, как прошли отведенные нам 20 минут. Пензиас внимательно слушал, а ребята исподтишка подмигивали мне: давай, жми. Он начал задавать вопросы. Когда часы отметили 40 минут, Пензиас поднялся и извинился, что ему надо уехать по семейным делам. Мы вместе спустились вниз с тридцатого эта-



# Доказательность Филиппова



Василий Власов (polit.ru)

Василий Власов,  
доктор мед. наук

С моим эпидемиологическим прошлым я последние тридцать лет тесно связан с продвижением доказательной медицины — варианта медицинской практики, отличающегося сознательным и последовательным применением врачом вмешательств, эффективность и безопасность которых доказана в доброкачественных исследованиях. Из-за того, что врачи традиционно не учат в мединститутах методам научных исследований (нет у них ничего подобного «технике физического эксперимента»), многие из них только позднее в своей профессиональной жизни обучаются распознавать доброкачественные исследования. Естественно, приходится с нуля изучать дизайны исследований, статистический анализ данных, осмысление возможных смещений (bias). Дело это очень увлекательное, и многие врачи пришли к научным исследованиям через изучение доказательной медицины. Да и в целом в мире качество медицинских исследований заметно улучшилось за последние двадцать лет. Приятно еще и то, что стремление к научной обоснованности, доказательности в принятии решений распространяются много дальше медицины. О нем говорят политики, экономисты, а психологи и педагоги уже давно создали Кэмпбелловское сотрудничество<sup>1</sup> по образцу нашего Кокрейновского<sup>2</sup>.

Естественно, участвуя в этих увлекательных процессах, я помню про то, что сохраняется там и тут — про плагиат, про фальсификацию и про то, что многим людям ученая степень нужна при полном отсутствии интереса к научным исследованиям. Поэтому они покупают диссертации или делают их по примеру товарищей и «Пособию полного дурака по получению ученой степени». Для обслуживания интересов этих людей существует целая индустрия, в наиболее ярком виде — диссертационные фабрики типа Стандартиформа. Они существуют не в воздухе самодеятельности, а опираются на основной способ функционирования Высшей аттестационной комиссии (ВАК). Есть ли у меня доказательства этому утверждению? Есть. Но самое яркое подарил нам В.М. Филиппов, научно отредактировавший текст группы авторов «Методические рекомендации «Применение критериев доказательности диссертационных исследований в области наук об образовании»». Текст, пафосно изданный Российской академией образования под государственным гербом России, общедоступен<sup>3</sup>. Более того, он размещен на сайте ВАК с очевидной целью просвещения искателей ученых степеней.

Вы не могли не обратить внимание сразу на то, что Филиппов и Ко пишут о диссертационных исследованиях. То есть про исследования с целью наполнения диссертации. Но позиционируют авторы цель своего текста как «методологическую и методическую помощь при подготовке и оформлении диссертаций, не влияя на научное творчество исследователя» (стр. 2). Выглядит это как неловкая маскировка, ибо в действительности весь текст посвящен именно обучению тому, как «методологически и методически грамотно проводить исследования и оформлять результаты в соответствии с требованиями доказательности к диссертационным исследованиям» (стр. 3).

<sup>1</sup> campbellcollaboration.org

<sup>2</sup> cochrane.org

<sup>3</sup> vak.minobrnauki.gov.ru/uploader/loader?type=1&name=92648971002&f=20893



leonardo.ai

Соответственно, далее авторы пишут про то, как выбрать тему исследования и обосновать ее актуальность, оценить научную разработанность в исторических рамках и выявить противоречия и сформулировать исследовательский вопрос. Авторы советуют, как найти объект исследования и сформулировать предмет. Да, поясняют они, «объект выбирается, а предмет формулируется» (стр. 8). Далее кратко описано, как определить цель и сформулировать задачи и гипотезу. Пропуская планирование и исполнение исследования, авторы объясняют, откуда берется новизна, теоретическая и практическая значимости.

На стр. 15 авторы добираются до этапов исследования: «Последовательная реализация этапов должна приводить к достижению цели исследования. При этом целесообразно наличие возможности проверки достижения результатов на каждом этапе диссертационного исследования». Методологию авторы уместают на одну страницу, а методам, включая статистические, уделяют почти две. Вот эти две страницы — самое яркое отражение темной бездны российской гуманитарной науки и безраздельно в ней правящих филипповых. Авторы этого пособия даже не называют современным языком ни одного дизайна исследований. Соответственно, они не дают ссылок на международные стандарты написания статей и отчетов об исследованиях, а их собственный текст по содержанию соответствует руководству «как изготвить и защитить диссертацию за три месяца»<sup>4</sup>. Еще две страницы толкуют «корректно организованную опытно-экспериментальную работу». И в ней тоже преобладают полубессмысленные утверждения вроде: «Общая схема опытно-экспериментальной апробации, используемые методы сбора и обработки исходной информации должны обеспечивать валидность эксперимента».

Как все начетчики, авторы любят иностранные слова. Особенно «апробацию». Они упоминают «апробированные технологии и инструментарий», апробацию выводов «путем представления экспертному сообществу», апробацию как «обсуждение результатов исследования на научных мероприятиях», как проверку гипотезы в эксперименте и как «процесс опытной апробации (методики) (в экспериментальной выборке)».

Дремучесть текста и, очевидно, дремучесть составителей и научного редактора не будут удивительными для тех, кто наблюдает диссертационный процесс в России. Скорее удивительно, как через возглавляемый В. М. Филипповым дремучий ВАК вообще проходят нормальные диссертации, выполненные физиками, химиками и биологами современными методами, с современным дизайном, статистическим анализом и обсуждаемые в современном контексте. ♦

♦ Reporting Standards for Research in Psychology. ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2957094/; Equator. equator-network.org/reporting-guidelines/; Guidelines for anthropological research. journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/1466138119843312; Standards for Reporting on Empirical Social Science Research in AERA Publications. aera.net/Publications/Standards-for-Research-Conduct/

# Медаль не для всех

Уважаемая редакция!



Виделся я тут недавно со старым другом. Посидели мы у него, выпили за праздник, и тут он своим горем поделился: медаль ему не дают юбилейную «300 лет Российской академии наук». Я его и спрашиваю,

а что это за медаль, что она дает, можно ли статус «Ветерана труда» с этой медалью получить. Друг отвечал, что ничего она не дает, но просто обидно, что ему, человеку, проработавшему сорок лет в системе Академии наук, могут не дать памятной медали.

И вот что выяснилось. В конце 2022 года президент России издал Указ об учреждении юбилейной медали «300 лет Российской академии наук». Президенту РАН было предписано разработать и утвердить правила и порядок вручения медали, а также организовать ее вручение от имени президента России, правительству — обеспечить финансирование изготовления юбилейных медалей, футляров к медалям и бланков удостоверений к ним. И всё было бы хорошо, только в разработанных правилах было прописано, что медалью может быть награжден каждый, кто проработал в академическом институте двадцать и более лет, чем многие институты и воспользовались, направив представления на награждение сотен человек. А начеканили медалей меньше десяти тысяч, на академиков и младших членов Академии, конечно, хватало, но на всех заявленных работников институтов — нет.

В руководстве Академии схватились за голову и сочли, что нужно давать памятные медали не всем отработавшим, а только самым достойным, в результате в январе появился еще один президентский указ, который установил, что награждаться должны лица, внесшие значительный вклад в становление и развитие науки. Не инженеры, то есть, не уборщицы и прочие рядовые научные сотрудники. Но ясность, кому медаль дадут, а кому — нет, и по сей день отсутствует. Вот мой друг и кручинится.

Мне, конечно, смешны эти страдания — это же не государственная награда за какие-то заслуги, а какая-то памятная медалька. Но, с другой стороны, может, и хорошо, что людей у нас волнуют такие вот смешные проблемы, как нехватка юбилейных медалей?

Ведь Запад опять обрушивается на нас всё новые и новые санкции, свирепствуя в бессильной ярости: вторая годовщина, Навальный... Да, Алексей Навальный умер в колонии. Было ему 47 лет. Запад и наши либералы — один такой ко мне как раз недавно заходил по этому поводу — тут же подняли шум: он был здоров, это убийство! Нет, коллеги, это просто жизнь. У нас, вон, сотрудник недавно умер, не в колонии, было ему... 47 лет. Живой такой был, веселый, в коридоре еще недавно можно было его встретить — и умер. Кто в этом виноват, Путин, британская разведка? Просто такая нынче жизнь. Жизнь сложная, тяжелая, непредсказуемая.

Я вот вспоминаю свои детство и юность: хорошо и спокойно жилось в Стране Советов, была у людей уверенность в завтрашнем дне, в прогрессе человеческой цивилизации. А что сейчас? Какой-то ужас просто! По всему миру пандемия, геополитические кризисы, вокруг оглянешься — множатся преступления: экстремизм, терроризм, измена, реабилитация нацизма, гей-пропаганда, оскорбление чувств верующих...

Страшно жить, коллеги!

Ваш Иван Экономов

## ИНФОРМАЦИЯ



## Помощь ТрВ-Наука

Дорогие читатели!

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

Теперь есть удобный канал пожертвований через банковские карты:

[trv-science.ru/vmeste](http://trv-science.ru/vmeste)

Редакция

