



ХИМИЯ И ЖИЗНЬ

10/2020





НОМЕР ПОДГОТОВИЛИ:

Главный редактор

Л.Н. Стрельникова

Художники

А.В. Астрин, А. Кук

Редакторы и обозреватели

Е.В. Клещенко,
Л.А. Ашкинази,
В.В. Благутина,
Ю.И. Зварич,
С.М. Комаров,
В.В. Лебедев,
Н.Л. Резник,
О.В. Рындина

Ответственный за соцсети

Д.А. Васильев

Подписано в печать 12.11.2020

Типография «Офсет Принт М.»

123001, Москва, 1-й Красногвардейский пр-д, д. 1

Адрес редакции

119991, Москва, Ленинский просп., 29, стр. 8

Адрес для переписки

119071, Москва, а/я 57

Телефон для справок:

8 (495) 722-09-46

e-mail: redaktor@hij.ru

http://www.hij.ru

Соцсети:

<https://www.facebook.com/khimiyaizhizn>

https://vk.com/khimiya_i_zhizn

<https://ok.ru/group/53459104891087>

https://twitter.com/hij_redaktor

https://www.instagram.com/khimiya_i_zhizn/

При перепечатке материалов ссылка
на «Химию и жизнь» обязательна

На журнал можно подписаться в агентствах «Роспечать» —

каталог «Роспечать», индексы 72231 и 72232

«Арзи» — Объединенный каталог «Пресса России»,

индексы — 88763 и 88764 (рассылка — «Арзи»,

тел. (495) 443-61-60)

Каталог «Почта России», индексы П2021 и П2017.

«Информсистема» — (495) 127-91-47

«Урал-Пресс» — (495) 789-86-36

© АНО Центр «НаукаПресс»

Генеральный спонсор журнала

Компания «БИОАМИД»



НА ПЕРВОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ —
рисунок Александра Кука

НА ВТОРОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ
картина Владимира Любарова
«Впередсмотрящий».

Кто и как определяет направление
движения в обществе важно не только
для людей, но и для голубей. Об этом
читайте в статье «Вес в обществе»

*Невежество —
это сумерки,
там рыщет зло.*

В. Гюго

Содержание

Нобелевская премия

ЧЕРНЫЕ ДЫРЫ АСТРОНОМИИ. А. Гурьянов.....	2
РЕДАКТОРЫ ЖИЗНИ. Е. Котина	10
ОХОТА НА ГЕПАТИТ «НИ А, НИ В». Е. Котина.....	15

Лаборатория

ЗДЕСЬ РАБОТАЮТ МОЛЕКУЛЯРНЫЕ АРХИТЕКТОРЫ. Н. Маркина.....	18
--	----

Фотоинформация

ЧУЧЕЛО КРИСТАЛЛА. В.В. Семёнов.....	28
-------------------------------------	----

Ученые досуги

ЗАБАВНЫЕ КИСЛОТЫ. С.М. Комаров	30
--------------------------------------	----

Технологии

ЛАЗЕР И СИНТЕЗ. С.Ю. Гуськов	32
------------------------------------	----

Дневник наблюдений

ВЕС В ОБЩЕСТВЕ. Н. Анина.....	42
-------------------------------	----

Панацейка

ЧЕРНОПЛОДНАЯ РЯБИНА МИЧУРИНА. Н. Ручкина	46
--	----

Глубокий эконо

БЕДНОСТЬ НЕ ПОРОК, НО ПРОБЛЕМА. В.М. Хуторецкий.....	50
--	----

Фантастический год

ПРО СТРУГАЦКИХ Е. Абелюк, Л. Намер	60
--	----

Фантастика

ГЛЮЧНЫЙ. И. Истратова	66
-----------------------------	----

Нанофантастика

ПОТОМОК СТРАУСЕЙ. С. Фирсов	72
-----------------------------------	----

Результаты: астрофизика

39

Книги

49

Цитата

69

Короткие заметки

70

Пишут, что...

70

Александр Гурьянов

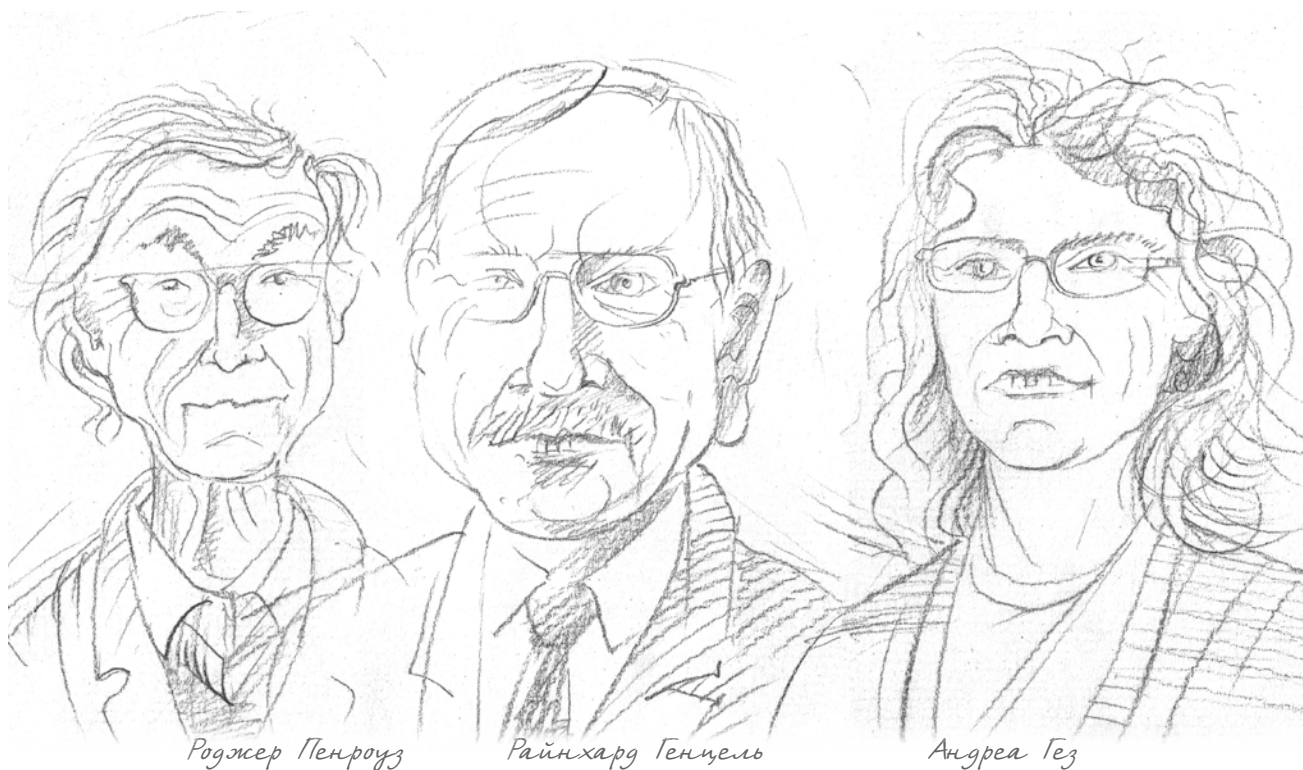
Черные дыры астрономии

В этом году, как и в прошлом, премию по физике Нобелевский комитет присудил за достижения в астрофизике, переживающей бурный расцвет. Половина приза досталась англичанину, профессору Оксфордского университета и прежде всего знаменитому математику, Роджеру Пенроузу за теоретическое открытие «того факта, что образование черных дыр оказывается строгим следствием общей теории относительности». Это работа давняя, соответствующая статья вышла более полувека назад. Другая половина денежной награды ушла американке Андреа Гез и немцу Райнхарду Генцелю за «открытие супермассивного компактного объекта в центре Галактики».

Гез и Генцель возглавляют две из многих исследовательских групп, которые с конца XX века изучают центральную область Млечного Пути вблизи компактного источника радиоволн, названного

Черная дыра Калькутты

Термин «черная дыра» родился лишь спустя полтора столетия после появления идеи Джона Мичелла о существовании темных звезд. Это словосочетание приписывают американскому космологу Роберту Дикке. Рассказывают, что в 1960 году он сравнил всепоглощающий астрономический объект со знаменитой «Черной дырой» Калькутты, зловещей индийской тюрьмой, из которой никто не возвращался. Броское название сразу прижилось среди широкой околонуучной публики. В начале шестидесятых годов прошлого века его стали использовать журналисты ведущих научно-популярных изданий мира. Тогда же один из студентов предложил словосочетание «черная дыра» Джону Уиллеру на его лекции, который затем всегда употреблял этот термин из-за краткости и, как он выражался, «рекламной ценности». Так начиналось воспитание нового поколения профессионалов, впитавших экзотическую терминологию, что называется, с молоком матери.



Роджер Пенроуз

Райнхард Генцель

Андреа Гез

Стрелец А*, поскольку астрономы видят его на небе в созвездии Стрельца. Несколько десятилетий две международные команды наблюдают за явлениями вокруг этого невидимого объекта, в том числе за движением звезд. Профессор Андреа Гез, четвертая за всю историю Нобелевской премии по физике женщина-лауреат, работает в Калифорнийском университете в Лос-Анджелесе. Райнхард Генцель возглавляет немецкий Институт внеземной физики Общества Макса Планка в Гархинге под Мюнхеном. Он также профессор Калифорнийского университета в Беркли.

Дыра в столетие

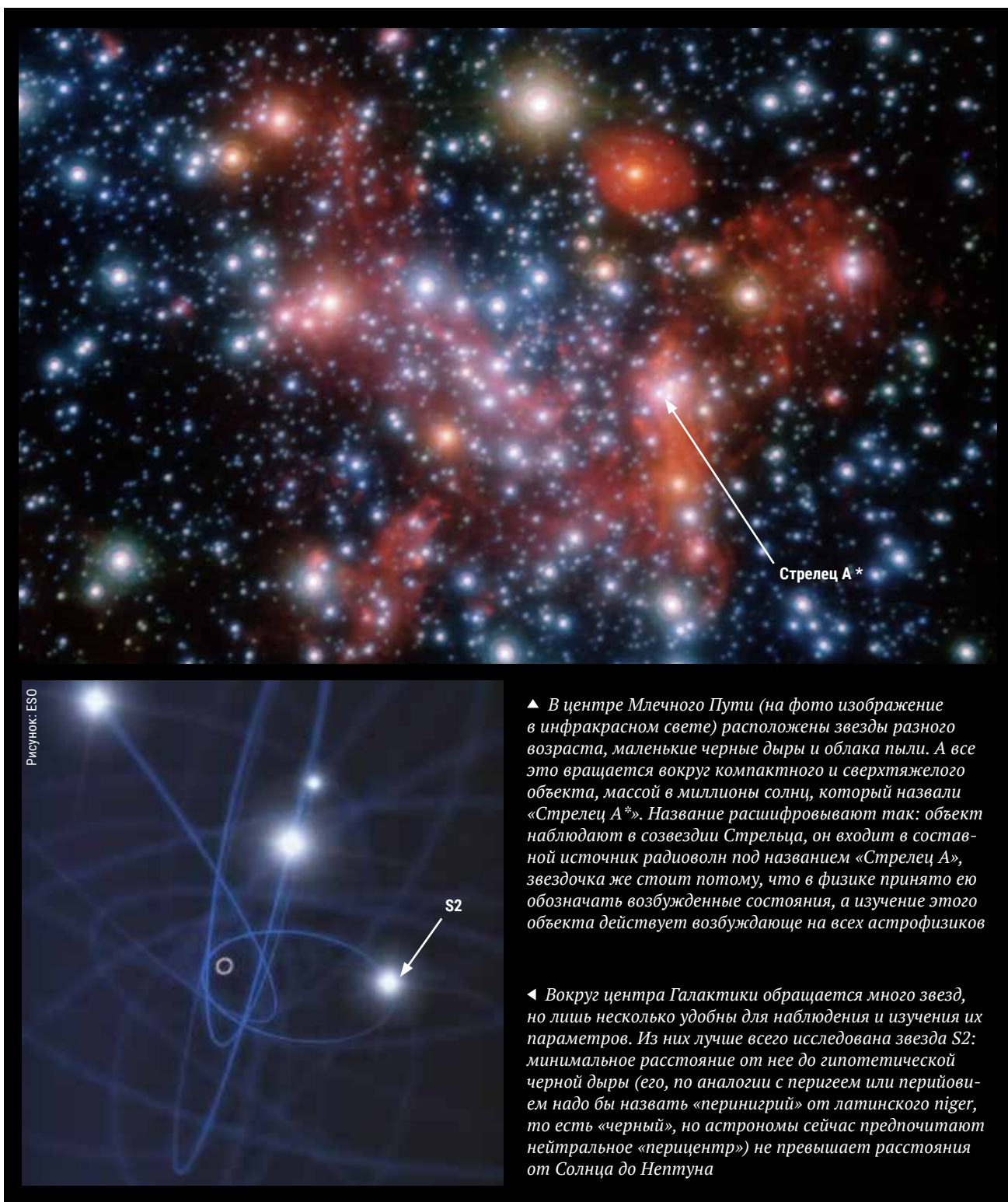
В конце XVIII века английский естествоиспытатель и священник Джон Мичелл, а вслед за ним известный французский ученый Пьер-Симон Лаплас предположили: возможно существование темных звезд, то есть с таким сильным притяжением, что у корпускулы света не хватает энергии оторваться от их поверхностей. Радиус такой звезды однозначно связан с плотностью ее вещества. Например, темная звезды плотности Солнца простирается на сотни его радиусов, но может быть маленькая и очень плотная звезда массой Земли, она будет с крупную фасолину — 1,9 см в диаметре.

◀ Искусственную натриевую звезду в направлении центра Млечного Пути зажег Европейский южный телескоп, один из четырех модулей, составляющих Очень большой телескоп Южной европейской обсерватории. А группа астрономов благодаря этому получила возможность уменьшить ошибку измерений: учесть искажения, создаваемые атмосферой Земли

Такая темная звезда не должна быть видна. Однако, как писал Мичелл, можно было бы «с некоторой долей вероятности» ее зафиксировать по траектории движения нормальной компаньонки, если таковая у темной звезды имеется. Удивительно, как эти слова, сказанные более двух веков назад, предвосхитили методы определения массы центра Галактики.

В XIX столетии интерес к поиску гипотетических объектов сильно ослаб, поскольку двойных пар с темными звездами найдено не было. Кроме того, с рождением волновой теории света стало менее понятно, насколько были верны соображения Мичелла и Лапласа. Интерес возродился лишь в начале двадцатого века с появлением новой физики и общей теории относительности Альберта Эйнштейна. В 1916 году, сразу после публикации ее уравнений, немецкий астроном Карл Шварцшильд нашел решения предложенных Эйнштейном полевых уравнений в виде суммы нескольких членов. Теоретики сразу обратили внимание: решение, описывающее искажение пространства-времени гравитирующей массой, имеет две особенности — при нулевом радиусе и радиусе дыры Мичелла решения уравнения фактически теряют физический смысл. Однако долгие годы было непонятно, как это интерпретировать.

В 1939 году будущий отец атомной бомбы Роберт Оппенгеймер и его студент Хартланд Снайдер изучали гравитационный коллапс облака вещества; они строили теоретические модели эволюции огромных звезд, предполагая, что их форма идеально сферическая. В ходе этой работы впервые была дана корректная интерпретация радиуса Мичелла (размера, начиная с которого звезда данной плотности становится темной), и сегодня мы знаем, что он определяет границу горизонта собы-



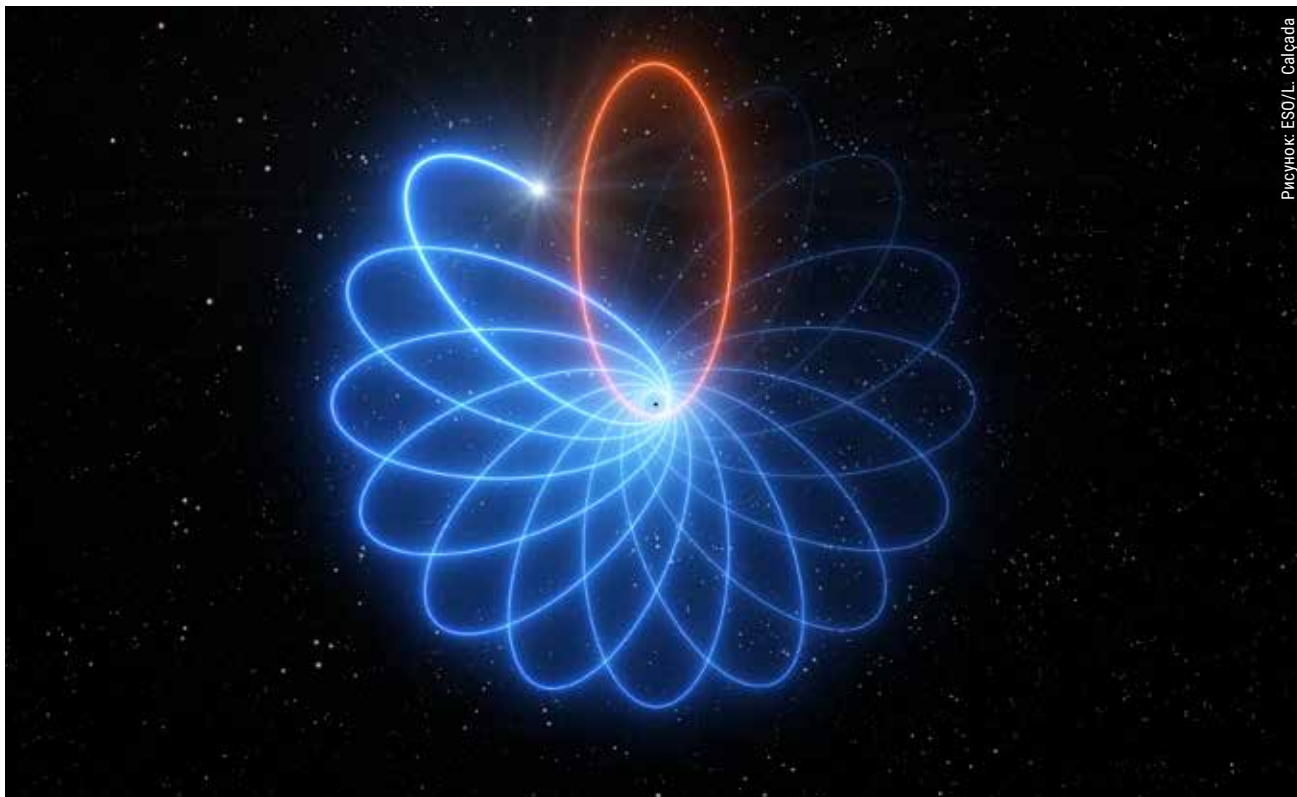
▲ В центре Млечного Пути (на фото изображение в инфракрасном свете) расположены звезды разного возраста, маленькие черные дыры и облака пыли. А все это вращается вокруг компактного и сверхтяжелого объекта, массой в миллионы солнц, который назвали «Стрелец А*». Название расшифровывают так: объект наблюдают в созвездии Стрельца, он входит в составной источник радиоволн под названием «Стрелец А», звездочка же стоит потому, что в физике принято его обозначать возбужденные состояния, а изучение этого объекта действует возбуждающе на всех астрофизиков

◀ Вокруг центра Галактики обращается много звезд, но лишь несколько удобны для наблюдения и изучения их параметров. Из них лучше всего исследована звезда S2: минимальное расстояние от нее до гипотетической черной дыры (его, по аналогии с перигеем или перигелием надо бы назвать «перинигрий» от латинского *niger*, то есть «черный», но астрономы сейчас предпочитают нейтральное «periцентр») не превышает расстояния от Солнца до Нептуна

тий. Все, что его пересекает, никак не может избежать дальнейшего падения к центру дыры: горизонт черной дыры можно пересечь только один раз и только в одном направлении, возврата нет. А за горизонтом событий лежит гравитационная сингулярность с совершенно удивительными свойствами.

Использование в этой теории предположения о сферичности звезд и полученные выводы вызвали жаркие споры среди коллег. Работа Эйнштейна того же

года выражала сомнение в существовании горизонта событий. В 1963 году выдающиеся советские физики Е.М. Лифшиц и И.М. Халатников, вновь обратившись к расчетам Оппенгеймера в своей основательной статье, заявили, что его результаты не соответствуют физической реальности. Фактически они утверждали, что сингулярностям не место в реальной физической ситуации, описываемой теорией относительности. К середине прошлого века сформировалось общее мне-



▲ Огромная масса, сосредоточенная в центре Галактики, вызывает релятивистские эффекты. Один из них — прецессия орбиты; звезда S2 обращается не по эллипсу, как предписывает механика Ньютона, а по скрученной в розетку спирали. Это явление называют Шварцшильд-прецессией, поскольку Карл Шварцшильд первым рассчитал смещение перигелия Меркурия под действием гравитации Солнца. Художник, правда, для удобства разглядывания, изобразил расстояния между витками спирали гораздо большими, чем они есть на самом деле

ние. Оно было таково. Если сингулярности и существуют, то только как результат коллапса неких массивных сферически симметричных объектов, а коллапс облака произвольной формы не приведет к сингулярности, к примеру, из-за квантово-механических эффектов, как предполагал известный американский астрофизик Джон Уиллер.

Игры математического разума

В начале второй половины XX века астрономы открыли ярчайшие компактные источники радиоизлучения — квазизвездные объекты, или квазары, обнаружение которых вскоре стало рутинной. Скрупулезные исследования позволили установить, что квазары излучают непериодические сигналы, изменяющиеся на масштабе времени в дни и даже часы, и располагаются в других галактиках. Наблюдаемая на Земле яркость свечения этих далеких объектов оказалась очень велика; чтобы ее наблюдать, поток энергии от одного квазара должен в тысячи раз превосходить поток, к примеру, от всего

Млечного Пути. Вскоре появилась идея: найденные радиоисточники, скорее всего, представляют собой ядра галактик, звезды которых просто не видны на фоне их свечения.

Теоретики предположили, что для объяснения существования квазаров может подойти концепция огромных черных дыр: только аккрецирующее, то есть падающее на них, вещество могло дать столь интенсивное излучение, ведь, согласно их оценкам, выделение энергии при аккреции способно в разы превосходить ее выход от ядерных реакций. В принципе, квазарами могли быть сверхмассивные звезды, однако теория того времени, предполагавшая их сферическую симметрию, приводила к выводу, что они не могут быть стабильными: они должны попросту разлетаться на части.

В 1963 году задачу применения теории гравитационного коллапса для описания квазаров Джон Уиллер обсуждал с британским математиком Роджером Пенроузом. Она столь сильно заинтересовала последнего, что уже спустя два года он опубликовал теоретическую работу, ставшую впоследствии фундаментальной. В ней Пенроуз провел качественно новый анализ проблемы с помощью уравнений общей теории относительности для несферического облака любой формы. Для этого он обосновал новые математические понятия и использовал новые методы топологии.

Согласно его рассмотрению, коллапс, то есть необратимое падение вещества в дыру, начинается еще до того, как плотность будущей темной звезды станет большой. Пенроуз предложил свой аналог горизонта событий черных дыр. И доказал, что сингулярность под ним обязательно будет. Здесь, как эпатирует читателя краткий нобелевский пресс-релиз, «нарушаются за-

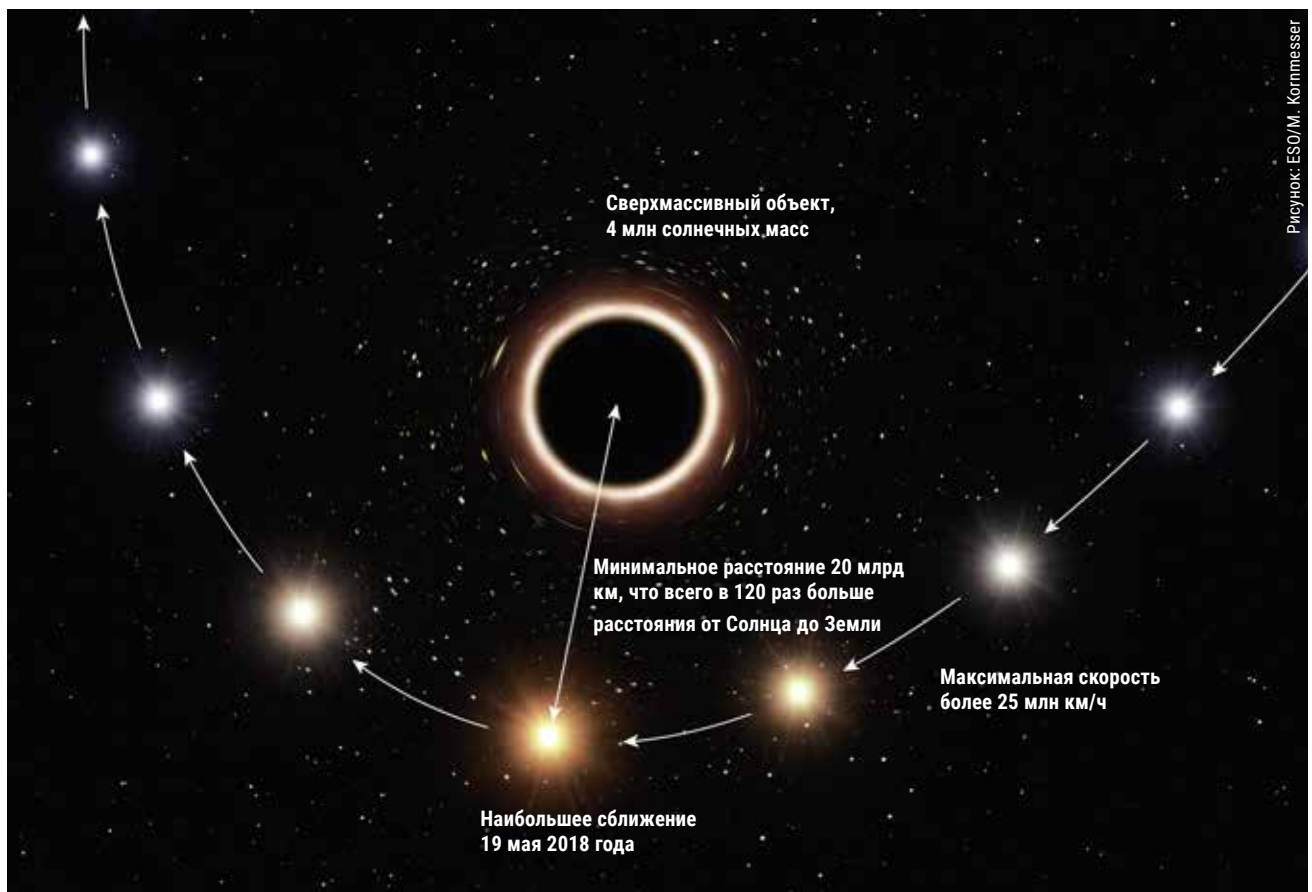


Рисунок: ESO/M. Kornmesser

▲ Другой релятивистский эффект: удлинение волны излучаемого света при прохождении сквозь поле гравитации, деформирующее пространство—время. Сверхмассивный объект в центре Галактики создает столь сильную деформацию, что звезда S2, пролетая рядом с ним на фантастической скорости в десятки миллионов километров в час, заметно краснеет, а слегка удалившись — снова синее

коны физики». Расширенный пресс-релиз более точен в оценках, теоретики просто не знают, как трактовать возникающие в уравнениях бесконечные значения физических величин и прочие особенности. Впрочем, модельные приближения с такими странностями считаются вполне приемлемыми для современной математической физики.

Работа Пенроуза 1965 года стала первым крупным результатом в теории относительности после смерти Эйнштейна, покинувшего наш мир за десять лет до ее публикации. С нее начался новый этап в астрофизике, она дала старт теоретическим исследованиям черных дыр, проведенным Роджером Пенроузом совместно со Стивеном Хокингом, а также сериям работ других ученых. Ныне сэр Роджер знаменит своими исследованиями в разных областях науки, от создания аперийодических мозаик Пенроуза, позволивших объяснить строение квазикристаллов, до спорных идей о механизме работы человеческого мозга. Он также широко известен публике многими научно-популярными книгами. Хотя знаменитый математик отмечен за работу более чем

пятидесятилетней давности, создается впечатление, что Нобелевский комитет присудил ему премию по совокупности научных достижений.

Черная масса центра Галактики

Первые кандидаты на роль сверхмассивных черных дыр были найдены в других галактиках. А что же у нас, в Млечном Пути? Квазара в его центре явно нет, но мощный источник радиоволн там имеется. Его назвали Стрелец А. Он состоит из трех частей: Стрелец А Восток — это остаток сверхновой, взорвавшейся 100—35 тысяч лет тому назад, Стрелец А Запад — это спиральное облако газа, а посередине этого облака как раз и лежит яркий компактный источник Стрелец А*. Все это окружено кластером из звезд разных классов и горячих газов размером в несколько световых лет. В месте расположения объекта Стрелец А* помимо радиоизлучения наблюдают вспышки рентгеновского и ближнего инфракрасного излучения, которые принято считать результатом аккреции вещества на сверхмассивный объект, то есть, предположительно, на огромную черную дыру. Однако доказать это нелегко, поскольку трудно наблюдать центр Галактики с Земли.

Примерно полмиллиона лет назад Солнечная система пересекла галактический экватор и сейчас только-только выходит из плоскости диска Млечного Пути. В сущности, мы видим этот диск с торца. Потому он и предстает перед нашими глазами как звездная дорожка,

пересекающая ночное небо. В плоскости диска находится много межзвездной пыли, которая закрывает от нас центр Галактики. Радио-, рентгеновское и инфракрасное излучения сквозь пыль проходят, а видимый свет — нет. Кроме того, Земля расположена на периферии Галактики, на удалении в двадцать пять тысяч световых лет от ее центра. Поэтому создателям современной теории Стрельца А* приходится рассуждать о далеком объекте, который трудно пощупать приборами и нельзя увидеть глазами.

В результате даже догадываться о его существовании наблюдателям приходится по косвенным признакам. А их задача, во-первых, выяснить, правда ли, что наблюдаемый объект компактен, то есть его огромная масса занимает небольшой объем, а во-вторых, что он проявляет свойства черной дыры. Подход, позволяющий ответить на первый вопрос, понятен: если темный объект с радиоисточником компактен, то, согласно Кеплеру, орбитальные скорости звезд вокруг него должны убывать обратно пропорционально корню из размеров своих орбит. Если центр рассеян, этот закон будет нарушен.

Самыми плотными, но не сплошными объектами космоса всегда считались шаровые скопления звезд. Поэтому первый этап исследований состоял в том, чтобы доказать наличие в центрах галактик более плотных, чем шаровые скопления, объектов, вокруг которых и обращаются местные звезды. После своего запуска орбитальный телескоп «Хаббл» начал массово выявлять активные ядра галактик с квазарами. Вскоре вокруг них было зафиксировано движение облаков водяного пара, генерирующих характерное излучение. Малый размер их орбит привел к ограничениям сверху на размеры, а значит, и на плотности центральных темных тел; плотность превосходила таковую для шаровых скоплений. Это был прорыв: гипотеза о том, что квазары представляют собой огромные тяжелые и компактные объекты, возможно, черные дыры, засасывающие вещество, получила солидное подтверждение.

А вот центр Млечного Пути современные орбитальные телескопы, к сожалению, не видят: они не работают в инфракрасном диапазоне. Здесь нужны совсем другие приборы инфракрасного и радиодиапазонов, другая оптика и техника. Разгадать загадку Стрельца А* пытались и пытаются многие группы астрономов-наблюдателей. Двоим из них, возглавляемым нынешними лауреатами, пришлось пройти путь длиной в несколько десятилетий, чтобы получить однозначные результаты. Обе команды использовали инфракрасное излучение длиной волны чуть больше двух микрон. По-видимому, не в последнюю очередь их успех обязан здоровой взаимной конкуренции.

В начале исследований группа Райнхарда Генцеля использовала телескоп Европейской южной обсерватории на горе Ла-Силья в Чили. Затем она перешла на Очень большой телескоп — четверенную систему гигантских приборов с монолитными зеркалами восьмиметровых диаметров, расположенную на чилийской горе Параналь. Группа Андреа Гез вела наблюдения в

обсерватории Кека на горе Мауна-Кеа на Гавайях. Здесь установлен телескоп с десятиметровым зеркалом, состоящим из 36 шестигранных ячеек с управляемой кривизной.

Разрешения телескопов для прецизионного построения орбит центральных звезд сначала сильно не хватало, но затем его удалось повысить благодаря революционным техническим решениям обеих научных команд. Так, в конце прошлого века для уменьшения влияния земной атмосферы они применяли технику спеклов (англ. «пятнышко», «крапинка»). При этом очень чувствительными датчиками снимают серии изображений с короткой экспозицией, десятые доли секунды, а затем усредняют их. В результате отношение полезный сигнал—шум возрастает пропорционально квадратному корню из числа изображений. Так удается поднять разрешение телескопа к его дифракционному пределу.

Благодаря этой технике в 1998 году группа Гез смогла наблюдать центр Галактики с пространственным разрешением $6,5 \cdot 10^{10}$ км, или два с половиной световых дня. Таким образом, наблюдения обеих групп позволили набрать статистику скоростей движения десятка наиболее ярких звезд. Оказалось, она удовлетворяет законам кеплеровских орбит, то есть предполагает наличие массивного и компактного источника притяжения внутри их орбит. Однако информация о движении звезд была неполной, ведь астрономы видят лишь проекцию их орбит на плоскость наблюдения, а сами орбиты в точности не знают.

Адаптивная эра

С началом двадцать первого века астрономия вступила в эру адаптивной оптики. Дело в том, что столб атмосферы над нашими головами содержит области флуктуаций температуры. Для света они работают как линзы, которые заставляют звезды на небе мерцать и портят астрономам точную картинку. С этими искажениями борются. Если вне атмосферы есть источник, оптические свойства которого мы знаем, например известная звезда, то искажения изображений близких к ней небесных объектов можно устранить, зная, каким должно быть изображение этого референтного источника. Для этого в телескоп ставят дополнительное зеркало и постоянно автоматически меняют его форму через систему обратной связи. Референтная звезда может быть и искусственной; ее зажигают в верхних слоях атмосферы, возбуждая там лазерным лучом оптические линии натрия.

Адаптивная революция позволила обеим командам с помощью спектрографов по эффекту Доплера, то есть зная зависимость смещения спектральных линий от скорости объекта, измерить скорости центральных звезд вдоль луча зрения. А наблюдаемые телескопом смещения в перпендикулярной к нему картинной плоскости позволяют определять проекцию орбиты. Сочетание этих данных помогло полностью восстановить пространственное расположение орбит звезд и определить все орбитальные характеристики каждой звезды.

Данные для проверки кеплеровского закона обратных корней перестали быть статистическими, как это было ранее из-за необходимости усреднять проекции орбит на картинную плоскость.

Изучая звезды вокруг Стрельца A*, обе группы нашли очень важную звезду S2. Она обращается по сильно вытянутой орбите с эксцентриситетом 0,88, совершая оборот за 16 лет. Ее минимальное расстояние до Стрельца A*, перицентр, составило 125 астрономических единиц; это в полтора раза больше, чем расстояние до Солнца от Плутона, при этом звезда движется в 15 раз быстрее этой карликовой планеты. Данные двух команд совпали с высокой точностью, что позволило оценить массу компактного сверхмассивного объекта. Она оказалась равной четырем миллионам масс Солнца.

За три десятилетия исследований пространственное разрешение изображений центра Галактики увеличилось в тысячу раз. Сегодня, к примеру, телескопы Европейской южной обсерватории позволяют замечать даже суточные перемещения звезды S2. Наблюдатели выявили столь тонкий эффект, как релятивистская прецессия орбиты; его делают заметным гигантская гравитация Стрельца A* и сдвиг частоты излучения звезды при максимальном сближении. Это значительные достижения с точки зрения фундаментальной физики. Совсем неожиданно внутри орбиты звезды астрофизики зафиксировали короткие инфракрасные вспышки длительностью около часа. Оказалось, источник вспышек движется вокруг Стрельца A* чрезвычайно быстро, на скорости в тридцать процентов от скорости света, то есть треть миллиарда километров в час. Недавно у сверхмассивного центра Млечного Пути астрономы обнаружили звезду S62 на еще более близкой к нему десятилетней орбите.

В 2009 году черные дыры начала изучать коллаборация Телескопа горизонта событий (как видно из названия, цель этого телескопа — увидеть горизонт событий черной дыры, то есть поверхность, которую можно считать ее границей, где происходит разрыв связи времен). Прибор включает в себя массив из восьми радиотелескопов по всей планете и использует методы интерферометрии со сверхдлинной базовой линией: в идеале она оказывается равна диаметру Земли, максимум для планетарной астрономии. Полтора года назад было опубликовано прямое изображение черной дыры в сверхгигантской эллиптической галактике M87, находящейся в пятидесяти пяти миллионах световых лет от нас, полученное по определенному алгоритму визуализации. Эта черная дыра в тысячу раз массивнее темного объекта в центре Млечного Пути, который станет одной из основных будущих целей этого телескопа.

Белые пятна у черной дыры

Газеты и Интернет сообщают, что Нобелевскую премию 2020 года дали за открытие черной дыры в центре Галактики. Однако во всех своих формулировках Нобелевский комитет избегает прямого утверждения о том, что в центре Млечного Пути обнаружена сверхмассивная

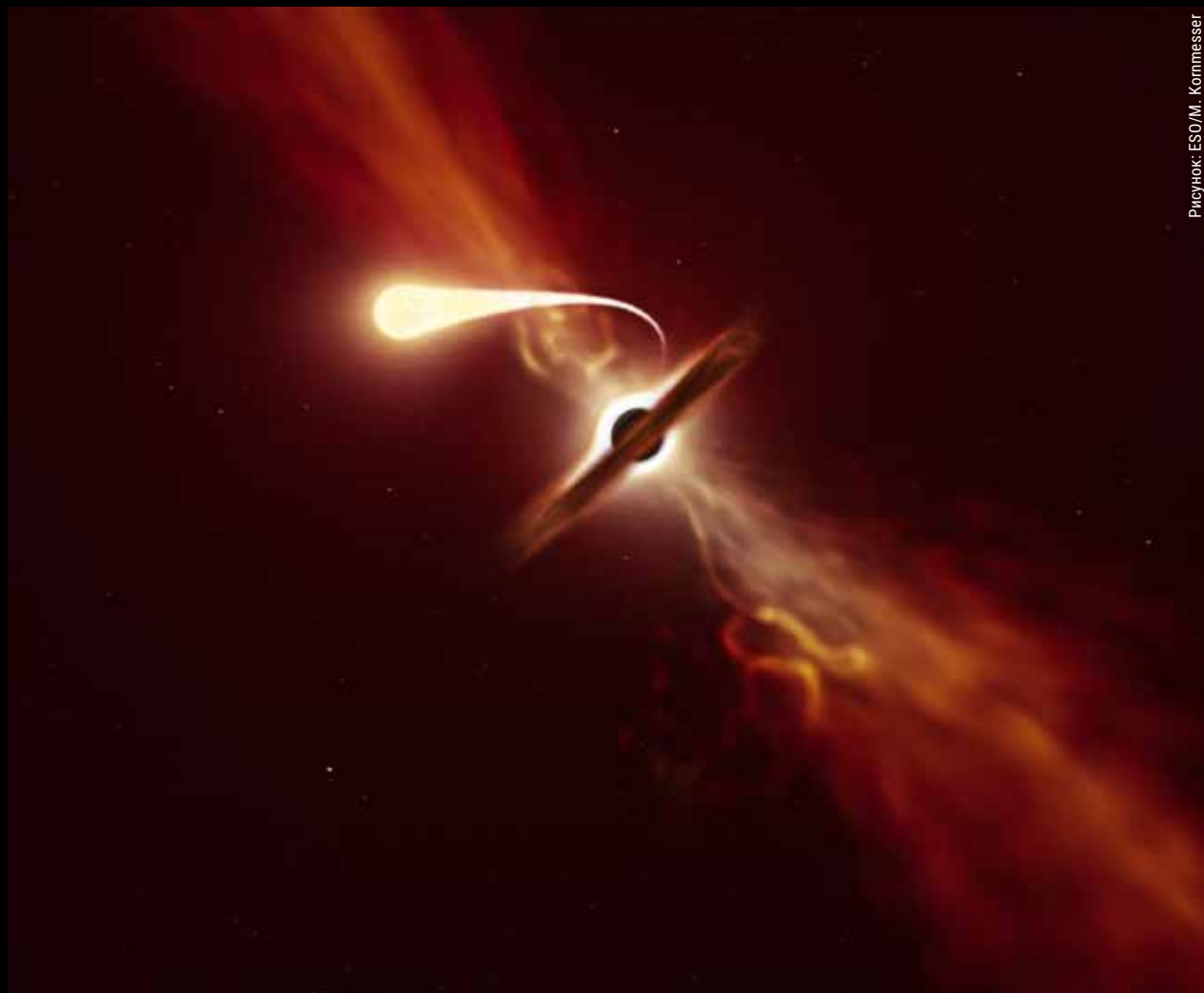
черная дыра. Пресс-релизы комитета говорят лишь о соответствии, совпадении характеристик невидимого объекта с моделями черных дыр.

Это не случайно. Во-первых, потому, что премию по физике присваивают за прорывные достижения, полностью подтвержденные практически. Злые языки, например, в свое время утверждали: именно из-за отсутствия прямых доказательств его умозаключений премию так и не присудили известному адепту черных дыр Стивену Хокингу, постоянному соавтору Роджера Пенроуза.

Во-вторых, на черном поле не все так светло, как может показаться со стороны. Ведь для получения ясности нужно ответить на вопрос: какие характеристики с какими представлениями должны совпадать? А проблема в том, что представления ведущих теоретиков о черной дыре иногда диаметрально противоположны. Более того, при наблюдении за окрестностями Стрельца A* постоянно появляются факты, не соответствующие предсказаниям теорий черных дыр. Один из ярких примеров связан с поведением газового облака массой в три массы Земли, которое восемнадцать лет назад обнаружили у центра Галактики. Расчет давал, что спустя десять лет оно должно было оказаться в перицентре своей орбиты у предполагаемой черной дыры. Теоретических предсказаний дальнейшей судьбы облака было много, в том числе от выдающихся мировых групп астрофизиков. Это и полное разрушение с фейерверком в рентгеновской и других областях спектра. Это и многочисленные столкновения с местной популяцией нейтронных звезд и более мелкими черными дырами, которые наблюдают в окрестности центральной. С десятком земных телескопов приготовились к наблюдениям катастрофических эффектов.

Результат оказался оглушительным: ничего. Интенсивность аккреции облака оказалась необъяснимо мала для сверхмассивного центра Галактики. Облако прошло перицентр и двинулось дальше без заметных изменений, что полностью опровергло все расчеты. Позже на близкой траектории было найдено другое облако; оно повело себя так же, как и первое. Возникли предположения, что облака — это часть большого и невидимого потока газа. Андреа Гез выдвинула идею, что за облако астрономы приняли вещество, выброшенное в результате слияния двойных звезд, которое движется по эллиптической орбите вокруг центра Галактики. Все эти предположения показывают, насколько неопределенны сегодня даже простейшие интерпретации мелко-масштабных явлений, происходящих у центра Галактики.

Однако основной результат ни у кого не вызывает сомнений. Можно считать, что Нобелевская премия нынешнего года обозначила завершение лишь первого этапа работ, который не только открыл новую область, но и поставил новые проблемы центра Млечного Пути. Неудивительно, что последний раздел релиза нобелевского комитета назван «Что мы не знаем». Он заканчивается словами: «У Вселенной в запасе еще много сюрпризов и секретов, которые предстоит разгадать человечеству».



Судьба неосторожной звезды

Если звезда, зачарованная гравитационным полем, подойдет слишком близко к сверхмассивной черной дыре, та мгновенно высосет ее вещество; этому процессу придумали название «спагеттификация», поскольку вещество звезды вытягивается в длинные макароны. Астрономам редко выпадает счастье проследить за таким процессом, но вот в сентябре 2019 года счастье пришло

(Европейская южная обсерватория, 12 октября 2020 года).

Изучая одну из галактик в созвездии Эрида на расстоянии 215 миллионов световых лет от Земли, астрономы заметили характерную вспышку и сразу же направили на объект множество телескопов и других приборов из разных обсерваторий. В результате они поняли, что при поглощении вещества звезды (дыра мгновенно высосала из

нее половину массы) значительная его часть рассеивается в окружающем пространстве. Получается мощное облако пыли, которое закрывает место действия от наблюдателя. Неудивительно, что такие события редко удается заметить.

Если такое событие случится у центра Млечного Пути, астрономы получат шанс рассмотреть мельчайшие детали превращения звезды в «спагетти», а это позволит лучше понять и природу сверхмассивного объекта, лежащего там. Пока что нам приходится довольствоваться фантазиями художников, изображающих подобные страшные события.



Эмманюэль Шарпантье



Дженнифер Дудна

Е. Котина

Редакторы ЖИЗНИ

Лауреатам премии по химии 2020 года смокинги не понадобятся. Не потому, что из-за карантина отменили традиционный нобелевский дресс-код, — церемония пройдет, хотя и онлайн. Просто оба лауреата будут в платьях. Премию получают Эмманюэль Шарпантье (Отделение Макса Планка по науке о патогенах, Берлин, Германия) и Дженнифер Дудна (Калифорнийский университет, Беркли, США) за разработку метода редактирования генома. Ожидаемая, немного скандальная и очень важная премия. Если б не коронавирус, мы бы говорили только о ней.

Самая древняя иммунная система

Эмманюэль Шарпантье и Дженнифер Дудна награждены за создание одного из самых совершенных на сегодня инструментов генной технологии: «генных ножниц» CRISPR-Cas9. Молекулярный механизм, который с минимальными затратами времени и денег вносит направленное изменение в геном растения, животного или бактерии, полностью преобразовал экспериментальную биологию. Более того, за восемь лет своего существования он нашел многочисленные практические применения: от создания новых сортов культурных растений до терапии рака, наследственных заболеваний и разработки тест-систем для выявления опасных патогенов.

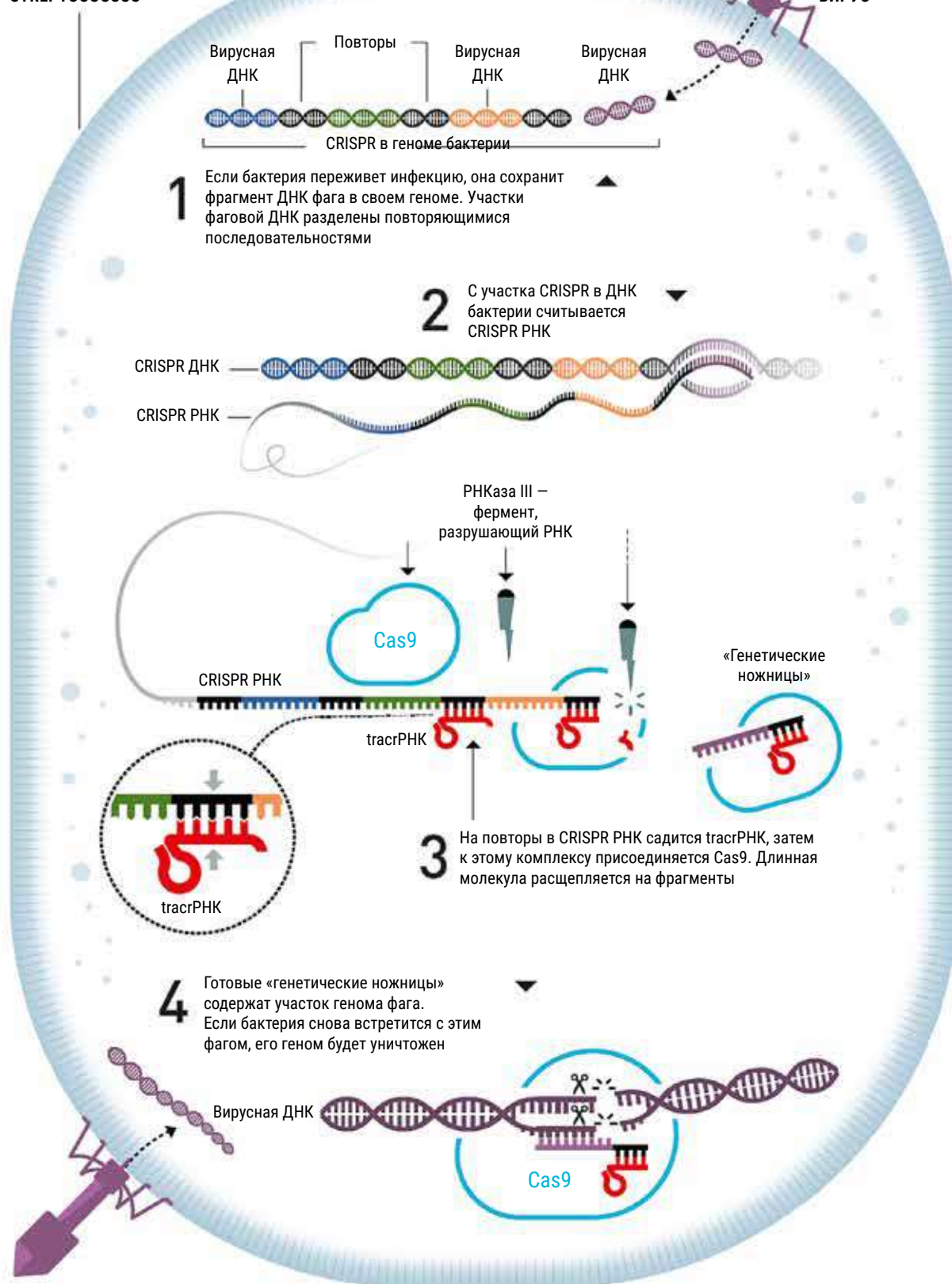
Наука прекрасна предопределенностью и непредсказуемостью. Вряд ли кто-то из участниц этой истории думал, что исследование пиогенного стрептококка приведет к чему-то большему, чем новое антимикробное средство. (И уж тем более об этом не думала другая команда ученых, когда компания «Danisco» попросила их разобраться, что происходит с их молочными продуктами.) Но то, что так случилось, — закономерно. Значительная часть молекулярной биологии держится на молекулярных машинках, заимствованных у братьев

Иммунная система стрептококка: CRISPR-Cas9

Бактериофаг внедряет в клетку свою
вредоносную ДНК

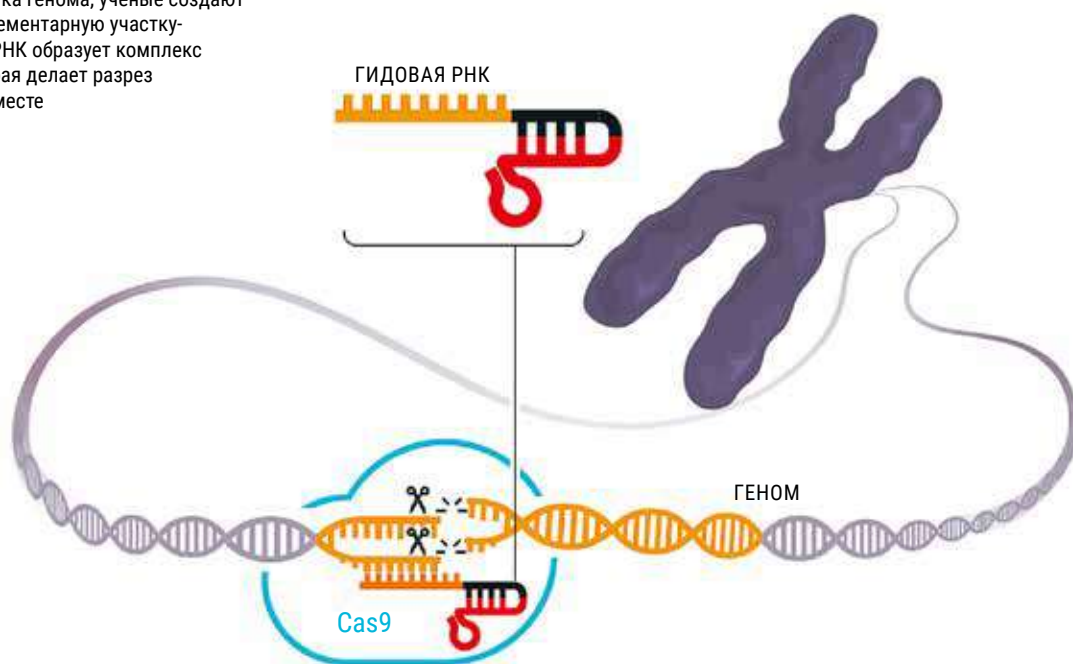
STREPTOCOCCUS

ВИРУС



CRISPR-Cas9 — конструкция для редактирования генома

Чтобы получить «ножницы» для разрезания определенного участка генома, ученые создают гидовую РНК, комплементарную участку-мишени. С гидовой РНК образует комплекс нуклеаза Cas9, которая делает разрез в точно выбранном месте



наших меньших. У микроорганизмов мы взяли ферменты, разрезающие ДНК в определенных участках, ферменты, которые снимают копии с нуклеиновых кислот, — не будь у нас обратной транскриптазы и ДНК-полимеразы, как бы мы ставили тесты на коронавирус и как бы вообще работали с ДНК? Оказалось, у бактерий и архей есть еще более удивительные гаджеты.

Эмманюэль Шарпантье на вопросы о «случайности» отвечает цитатой из Пастера: «Удача благоволит подготовленному уму». Считая парижский Института Пастера, где она проходила аспирантуру, Шарпантье работала в десяти научных организациях пяти стран, легко переезжая туда, где было проще достичь цели.

В 2002 году, когда Эмманюэль Шарпантье стала руководителем научной группы в Венском университете, она изучала особо злостного врага человечества — пиогенного стрептококка. Каждый год он инфицирует миллионы людей, и если тонзиллит или импетиго легко излечимы, то сепсис может стать приговором. Шарпантье продолжала его исследовать и в 2009 году, когда переехала в Университет Умео на севере Швеции — долгой полярной ночью, в тишине и спокойствии ей хорошо работалось. Она изучала регуляторные РНК стрептококка — малые молекулы, которые, в отличие от матричных РНК, не кодируют белков, а регулируют функции других генов. Среди них она вместе с коллегами из Германии обнаружила РНК, комплементарную небольшому участку CRISPR в геноме бактерии.

Что такое CRISPR? Характерная последовательность, обнаруженная еще в 80-е годы в геноме кишечной палочки, а потом в геноме солелюбивой

археи *Haloferax mediterranei*, а потом в геномах еще множества бактерий и архей («Химия и жизнь», 2014, 7). CRIPR — clustered regularly interspaced short palindromic repeats, «кластеризованные короткие палиндромные повторы с регулярными промежутками». Проще говоря, этот участок ДНК содержит повторяющиеся «слова», которые перемежаются неповторяющимися. Совсем как в той клинописной надписи из Персеполя, о расшифровке которой писал Зенон Косидовский в книге «Когда солнце было богом», — той, где одинаковые группы знаков, замеченные сообразительным человеком, переводились как «царь» и «сын царя», а неповторяющиеся между ними оказались именами царей.

Только CRISPR-последовательность в геноме микроорганизма — это не династический список, а перечень побежденных, зал трофеев. Повторяющееся «слово», скорее всего, можно перевести на человеческие языки как «убить»: «Убить А, убить Б, убить С...». Разнообразные фрагменты между одинаковыми — это, как выяснилось в начале 2000-х годов, участки геномов бактериофагов, вирусов бактерий. Возникло предположение, что бактерия сохраняет кусочки своих врагов «на память» о пережитых инфекциях и что эти «сувениры» в геноме помогают ей побеждать вирус при повторной встрече с ним. Иными словами, открыта архайчная иммунная система безъядерных организмов!

Одна РНК и один белок

Как это работает, все еще было непонятно. Но сразу возникло предположение, что через механизм РНК-

интерференции: наверное, с этих участков считываются РНК-копии, связываются с геномом фага и как-то способствуют его уничтожению. В целом эта гипотеза оказалась верной. CRISPR-система нужна бактериям и археям не для редактирования, а для вычеркивания — удаления вражеских комментариев.

Действительно, CRISPR-участок в геномах бактерий кодирует длинную молекулу РНК (пре-crРНК), которая затем расщепляется на малые CRISPR-РНК (crРНК), каждая с идентификатором одного врага. Очевидно, это crРНК наводит оружие на мишень. А оружием оказались уже известные белки, расщепляющие ДНК, которые теперь получили название Cas (CRISPR-associated).

Дженнифер Дудна в 2006 году уже возглавляла исследовательскую группу в Университете Калифорнии (Беркли) и как раз занималась РНК-интерференцией. У нее уже была репутация успешного исследователя, с чутьем на интересные направления, и CRISPR-Cas заинтересовал ее сразу. Группа Дудны была в числе тех, кому удалось установить, что Cas-белки тоже режут ДНК, как и другие ферменты-нуклеазы, на которые они похожи. Дудна с коллегами исследовала CRISPR-Cas-систему класса I, более сложно устроенную. А Шарпантье, которая в другом полушарии изучала стрептококк, — CRISPR-Cas-систему класса II, более простую, где использовался для атаки на мишень единственный Cas-белок, Cas9.

Так вот, молекула РНК, открытая Шарпантье с коллегами, — trans-activating crRNA (tracrРНК) — была комплементарна повторяющимся участкам последовательности CRISPR, а также соответствующим участкам пре-crРНК, которые с нее считывались. Эта молекула необходима для превращения пре-crРНК в активную форму, то есть для разрезания длинного списка на отдельные «черные метки».

Статью о tracrРНК Шарпантье опубликовала в 2011 году. Она понимала, что ей, микробиологу, для дальнейших исследований нужно скооперироваться с биохимиком. И когда ее пригласили на конференцию в Пуэрто-Рико сделать сообщение об открытии нового фрагмента CRISPR-механизма, Эмманюэль Шарпантье познакомилась с Дженнифер Дудной, и они запланировали совместную работу.

Изначально они предполагали, что crРНК нужна для идентификации фаговой ДНК, а Cas9 — для ее разрезания и больше ничего не требуется. Однако когда оба компонента добавили к ДНК-мишени, мишень осталась неразрезанной. Неудачи продолжались до тех пор, пока исследователи не догадались добавить еще и tracrРНК. Оказалось, она нужна не только для созревания CRISPR-РНК, но и для самого акта разрезания мишени. И все получилось. Внутри отвратительного пиогенного стрептококка обнаружился прекрасный, остроумный и совершенный механизм защиты от вирусов.

Дудна и Шарпантье придумали еще две отличные вещи. Во-первых, они объединили в одну молекулу зрелую crРНК и tracrRNA, назвав эту молекулу «гидовой

РНК» (guide RNA). Чем меньше деталей, тем надежнее механизм. А во-вторых, они проверили, что произойдет, если изменить последовательность этой РНК, нацелив ее вместо фагового генома на произвольный участок ДНК. Просто взяли ген, который имелся в холодильнике у Дудны в лаборатории, и обнаружили, что могут точно разрезать его в заранее выбранных точках. Клетка сама склеит разрезы, в гене появятся мутации. Добро пожаловать в новый мир!

Дудна, Шарпантье и соавторы опубликовали этот результат в 2012 году. Таким образом, до Нобелевской премии прошло восемь лет — пожалуй, рекорд быстроты для молекулярной биологии. И Кэри Муллис с полимеразной цепной реакцией, и даже Крик и Уотсон с двойной спиралью ждали дольше.

Эксперимент, медицина, диагностика

За эти восемь лет изменилось все. CRISPR стал любимым экспериментальным методом для биологов всех стран. Для ясности, CRISPR конечно же не был «первым в мире» способом редактирования генома. Но те, что существовали до него, были намного более трудоемкими: для разрезания определенной последовательности ДНК надо было создавать специальные белки. А это куда сложнее и дороже, чем получить молекулу РНК, комплементарную участку-мишени. Чтобы понять, насколько это облегчило работу экспериментатора, сравните бумажный англо-русский словарь с гугл-переводчиком. Эти более ранние методы еще не исчезли со сцены; как и бумажный словарь, в некоторых ситуациях они незаменимы. Но теперь любой аспирант, который задумается, что будет, если попытаться организму выключить тот или иной ген, может удовлетворить свое любопытство. А научная группа, не слишком стесненная в средствах, может по очереди по-выключать десятки тысяч генов в человеческой клетке, чтобы понять, продукты каких из них помогают вирусу в нее проникнуть.

Вывести ген из строя с помощью CRISPR — простейшая операция: система редактирования делает разрез, внутренние клеточные системы ремонта ДНК склеивают края, но неточно. Исправить вредную мутацию, вставить фрагмент вместо вырезанного несколько сложнее, но и это возможно.

Возникло множество модификаций метода. Можно превратить ножницы в прищепку — использовать «тупую» Cas-нуклеазу, которая не разрежет ДНК, а только доставит в нужное место регулятор, изменяющий активность гена. Можно, не разрезая саму нить ДНК, химически изменить один нуклеотид в цепочке — сделать замену одной буквы на другую в определенном месте. Такие CRISPR-системы называются «редакторами оснований».

CRISPR используют для получения новых сортов растений — тема очень важная на пороге глобального потепления, ей занимается и сама Дженнифер Дудна. Интересный факт: редактирование генов, по сути, не

является получением ГМО, поэтому существующие законы против ГМО на отредактированные организмы не распространяются.

Уже идут клинические исследования CRISPR-терапии наследственных заболеваний — бета-талассемии, серповидноклеточной анемии, заболеваний зрения. Весьма перспективны методы иммунотерапии онкозаболеваний: отредактированные клетки иммунной системы лучше «понимают», как бороться с болезнью («Химия и жизнь», 2016, 12). Это пока методы *ex vivo* — редактирование клеток вне организма с последующим возвращением в организм. Следующим этапом станет доставка редактирующей конструкции в специальном вирусном векторе прямо в ткани организма, ремонт на месте.

Другое дело — редактирование клеток зародышевой линии, то есть женских и мужских половых клеток, оплодотворенных яйцеклеток и любых клеток, которые могут дать начало целому организму. Скандал двухлетней давности с доктором Хэ Цзянькуем, который объявил о рождении двух девочек с исправлениями в геноме, якобы защищающими от ВИЧ-инфекции, еще не забылся. Кстати, Дженнифер Дудна и другие пионеры CRISPR решительно осудили экспериментатора. Ни один компетентный специалист, насколько нам известно, не считает возможным такое редактирование на нынешнем уровне развития технологии. Пока — только соматические клетки, то есть те, которые так или иначе закончат свою жизнь в организме одного человека.

CRISPR можно использовать и не для редактирования. Мы писали о тест-системах, созданных на его основе: CRISPR-Cas расщепляет не только молекулу-мишень, но и так называемую молекулу-репортер, при этом появляется флуоресценция, и по ней можно судить, например, о присутствии в образце генома вируса.

Кто не получил CRISPR–премию?

Как только были объявлены имена лауреатов, началось традиционное постнобелевское развлечение: перечисление исследователей, причастных к нобелевскому открытию и не получивших награды, «потому что они не женщины», «потому что они не так распиарены», «потому что Нобелевский комитет их не любит»...

Идею о том, что CRISPR — иммунная система прокариот, высказали в начале 2000-х сразу несколько научных групп. В частности, Cas-белки (которые тогда еще не назывались CRISPR-ассоциированными) группа Евгения Кунина в Национальном центре биотехнологической информации США изучала еще в 1990-е. А в 2006 году команда Кунина опубликовала статью, где отмечала, что мнение об участии белков Cas в ремонте ДНК оказалось неверным: они часть «иммунной системы» бактерий. Их вклад в понимание бактериального иммунитета огромен. Но аналогичные предположения высказывали испанец Франсиско Мохика, открывший CRISPR у археи *Haloferax mediterranei*, и француз Филипп Хорват, специалист по микробиологии пищевых,

продуктов, работающий в «Rhodia Food» — компании, позднее приобретенной «Danisco», а потом «DuPont». Хорват с коллегами изучали стойкость бактериальных заквасок для сыров и мороженого и сумели показать, что инактивация гена Cas, как и потеря участков CRISPR, делала бактерию уязвимой к атакам фагов. В 2006 году они уже вывели суперустойчивые к фагам штаммы термофильного стрептококка с длинными участками CRISPR. (Вот вам и презренная пищевая биотехнология: прикладники, специалисты по йогурту, встали в один ряд с крупными учеными и нобелевскими лауреатами.)

Очень обидная история с литовскими биохимиками. Еще в 2007 году Виргиниус Шикшнис из Вильнюсского университета и его коллеги начали заниматься системой CRISPR. В 2011-м они перенесли функционирующую CRISPR-систему II типа из стрептококка в кишечную палочку. Тем самым было доказано, что для разрезания мишени необходимы и достаточны три компонента: crPHK–tracrPHK–Cas9.

Шарпантье и Дудна с коллегами опубликовали свою работу в августе 2012 года. В сентябре того же года вышла статья Шикшниса с соавторами в журнале PNAS. Но они могли быть первыми, поскольку ранее посылали свою статью в «Cell», однако ее отклонили без рассмотрения. Тем не менее именно Дудне и Шарпантье принадлежит приоритет в создании гидовой PHK из двух отдельных молекул.

А что же Фэн Чжан из Института Бродов, оппонент Дудны и Шарпантье в судах? Группа под руководством Фэна Чжана опубликовалась позже — в феврале 2013 года. Зато в их работе технология была испытана на клетках млекопитающих — человека и мыши. Ясно было, что эти патенты станут ключевыми для практических медицинских применений.

В апреле 2014 года Институт Бродов получил первый из нескольких патентов на использование CRISPR в клетках млекопитающих. С тех пор продолжается тяжба между Дудной, Шарпантье и их учреждениями, с одной стороны (эту сторону в судебных документах сокращенно называют CVC — California, Vienna, Charpentier), Фэном Чжаном и Институтом Бродов — с другой. Перевес на стороне Института Бродов («Химия и жизнь», 2016, 8). Зато Дудна и Шарпантье получают Нобелевскую премию, и права на технологию в Европе (а не в США), по-видимому, также остаются у них.

Пионеры CRISPR использовали свою технологию для создания точных и быстрых диагностических тест-систем, выявляющих коронавирус. Компании, получившие лицензии на технологии от Чжана и от Дудны, идут ноздря в ноздю — и те и другие получили разрешение на использование своих тестов в экстренной ситуации.

Открытие CRISPR и технологии на ее основе — заслуга множества людей, и можно спорить о том, чей вклад наиболее весомый. Но главное, что Нобелевская премия присуждена за редактирование генов. Теперь это официально: редактирование генов — технология, созданная на благо человечества. А как погасить энтузиазм возможных последователей Хэ Цзянькуя, придумаем.

Е. Котина

Охота на «гепатит ни А, ни В»

Нобелевская премия по физиологии и медицине 2020 года присуждена Харви Альтеру, Чарльзу Райсу (США) и Майклу Хоутону (Великобритания — Канада) за открытие вируса гепатита С.

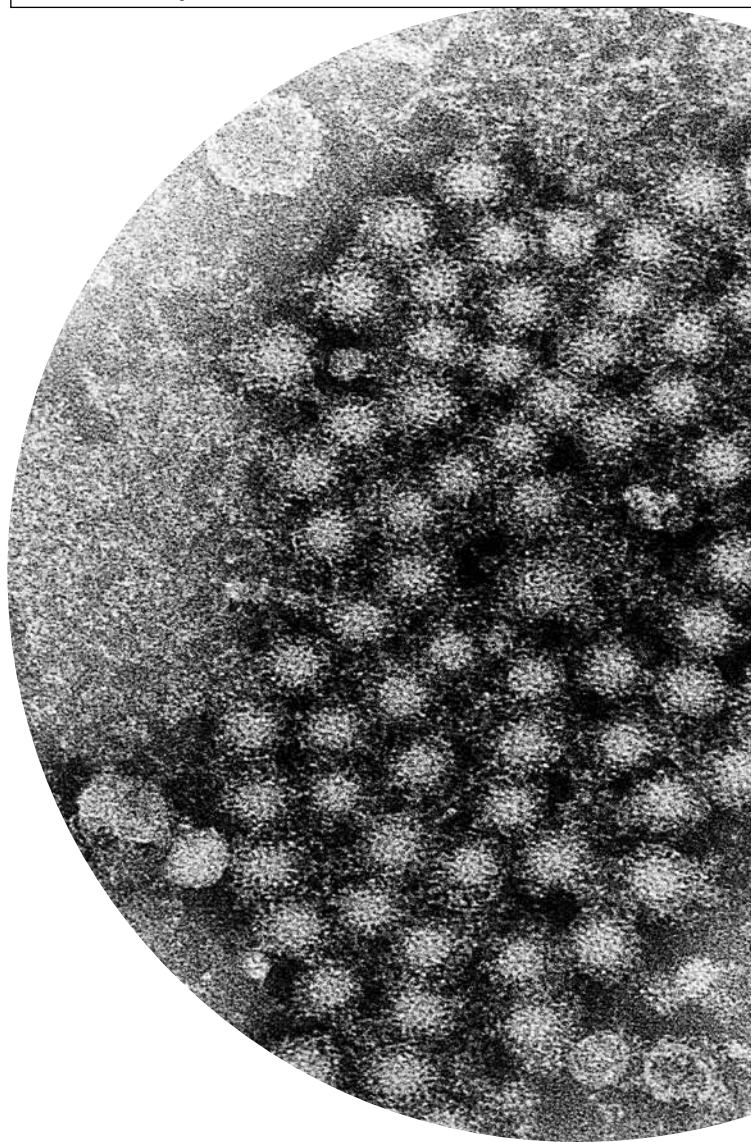
Открытия нобелиатов 2020 года спасли миллионы жизней. Благодаря им появились анализы на гепатит С и лекарства, которые могут вылечить 95% инфицированных, если вовремя поставить диагноз.

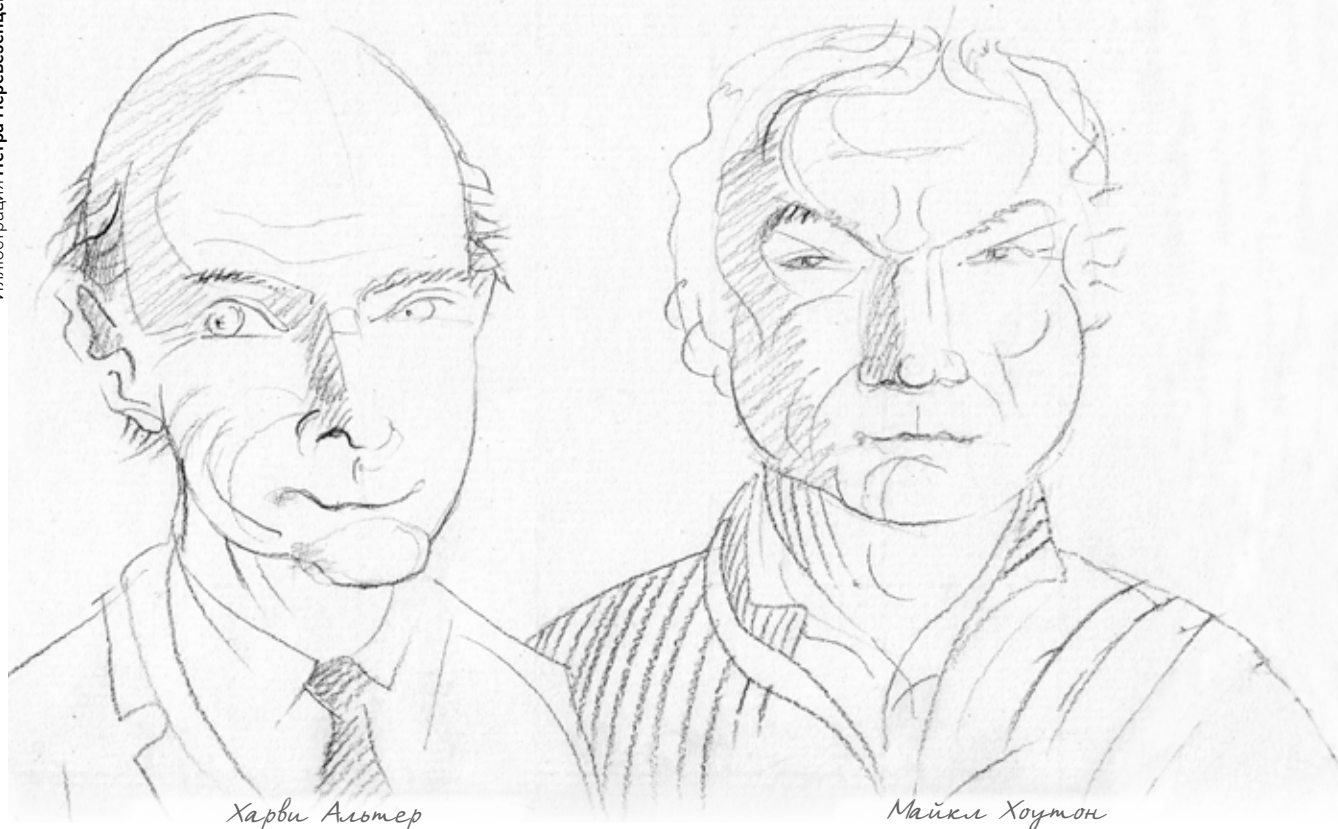
Гепатит С встречается во всем мире. По оценкам ВОЗ, наиболее сильно затронуты Восточное Средиземноморье (2,3% населения, по данным 2015 года) и Европейский регион (1,5%) соответственно. Распространенность инфекции в других регионах, вероятно, не превышает одного процента. Проценты выглядят «нестрашными», но абсолютные цифры впечатляют. В 2015 году было зарегистрировано 1,34 миллиона случаев смерти от гепатита, в основном из-за инфекции вирусом гепатита С (ВГС). От этой болезни умирает примерно столько же людей, сколько от туберкулеза, и больше, чем от СПИДа.

Гепатит может быть токсическим (в том числе вызванным злоупотреблениями алкоголем), может быть следствием аутоиммунных или генетических заболеваний, но может быть и инфекционным. Чаще всего вирус передается при контакте с инфицированной кровью: при переливании крови или плазмы, при инъекциях загрязненными шприцами (23% новых случаев инфицирования ВГС и 33% смертности от ВГС связаны с употреблением инъекционных наркотиков). Вирус также может передаваться новорожденному ребенку от инфицированной матери. Реже — при сексуальных контактах или при совместном пользовании личными предметами, загрязненными инфицированной кровью. Гепатит С не передается с грудным молоком, через прикосновения, пищевые продукты или воду.

Во время острой фазы, которая длится около полугода, у большинства инфицированных не проявляется никаких симптомов. При этом 15—45% инфицированных избавятся от вируса самостоятельно, у остальных гепатит перейдет в хроническую стадию. Хроническое состояние тоже довольно долго остается бессимптомным до появления признаков цирроза или рака печени. Журналисты прозвали гепатит С «ласковым убийцей». Есть и другие вирусы гепатита — Е и D, но о них в другой раз.

Все это мы знаем теперь. А в 1940-х годах было известно только то, что существуют два основных типа воспаления печени (инфекционного гепатита), вызванного вирусами. Гепатит А, или просто желтуха, передается через загрязненную воду или пищу; тяжелые формы развиваются редко, обычно человек благополучно выздоравливает. Вирус гепатита А относится к семейству *Picornaviridae*. Второй тип передается через кровь и гораздо более страшен. Инфекция может привести к хроническому заболеванию с развитием цирроза и рака





печени. Риск хронического гепатита после операций и многократных переливаний крови, по некоторым оценкам, тогда достигал 30%.

Ключ к борьбе с инфекцией — выявление возбудителя. В 1960-х американский генетик Барух Бламберг из Национальных институтов здравоохранения США, исследуя кровь людей в разных частях света, нашел особый белок, который встречался преимущественно у больных гепатитом. Это оказался белок вируса гепатита В — того самого, который передается с кровью. В отличие от вируса гепатита А, геном этого вируса состоял из ДНК, а не из РНК, его отнесли к семейству *Hepadnaviridae*. За это открытие Бламберг был удостоен Нобелевской премии по физиологии и медицине в 1976 году (вместе с Карлтоном Гайдзуеком, который открыл прионные заболевания). Благодаря ему появились тесты на гепатит В и вакцины.

Харви Альтер в молодости сотрудничал с Бламбергом и участвовал в открытии антигена гепатита В. Затем он перешел в Банк крови Национальных институтов здравоохранения, где изучал возникновение гепатита у пациентов, перенесших переливание крови. Хотя анализы крови на вирус, найденный Блумбергом, снизили количество случаев гепатита, Альтер и его коллеги с тревогой констатировали, что до 80% случаев все еще оставались необъяснимыми. Некоторое время обвиняли вирус гепатита А, но, когда появились тесты на этот вирус, стало ясно, что он ни при чем.

Альтер и его коллеги показали, что кровь пациентов, у которых развился гепатит после переливания

крови и при этом не было выявлено ни одного из двух известных вирусов, вызывает ту же болезнь у шимпанзе (единственного животного, кроме человека, которое оказалось восприимчивым). Неизвестный инфекционный агент имел характеристики вируса. Загадочное заболевание стали называть «гепатит ни А, ни В» (NANBH).

Неуклюжее рабочее название задержалось в медицинской литературе надолго. Идентифицировать вирус не удавалось более десяти лет. Это смогли сделать Майкл Хоутон, работавший в то время на калифорнийскую фармацевтическую фирму Chiron, и его коллеги. Они выполнили удивительно изящное и кропотливое исследование.

Сегодня изучение фрагментов нуклеиновых кислот из плазмы крови человека — инновационный, но все-таки уже привычный метод. Однако Хоутон с коллегами начали охоту на NANBH в первые годы 1980-х. На матрице РНК из крови инфицированных шимпанзе они получали комплементарные молекулы ДНК (кДНК), затем клонировали их, то есть встраивали в специальные молекулы ДНК, а эти молекулы — в бактерии. Бактерии, растущие на чашках Петри, «прочитывали» (экспрессировали) гены из инфицированной крови и, по идее, могли синтезировать белки — белки шимпанзе либо таинственного вируса.

Но как выяснить, в какой колонии бактерий есть вирусный белок? Для этого использовали сыворотку крови пациента с активно протекающим заболеванием печени, исходя из предположения, что в крови должны быть антитела против вируса. И действительно, среди



бактериальных колоний, «помеченных» антителами, оказалась одна, содержащая копию генома нового вируса. Это дало возможность получить и сам геном — наконец-то он оказался в руках ученых! Последовательность генома демонстрировала некоторое сходство с геномами уже известных вирусов денге и желтой лихорадки. Как и эти вирусы, новый патоген был отнесен к тому же семейству *Flaviviridae*. Заметим, что вирусы гепатита А, В и С между собой не родственники и даже принадлежат к разным семействам.

Хоутон с коллегами быстро разработали иммуноанализ для обнаружения антител против вируса гепатита С в крови. Причинно-следственная связь между вирусом и болезнью была очевидна. Однако по правилам микробиологии она считается доказанной, когда удастся выделить вирус, способный инфицировать человека и животных и вызывать характерную клиническую картину. Это заслуга третьего нобелевского лауреата — Чарльза Райса из Вашингтонского университета в Сент-Луисе.

Геном вируса гепатита С представляет собой единственную молекулу РНК. Научные группы Райса и Кунитады Симотоно из Национального исследовательского института онкологического центра в Токио впервые описали «хвостовую» область этой молекулы (3'-конец, как говорят молекулярные биологи) и предположили, что эта область необходима для размножения (репликации) вируса. Райс сконструировал геномы вирусной РНК, содержащие 3'-область, ввел их в печень шимпанзе и стал искать доказательства репликации. (Геном —

«инструкция для сборки» вируса, коль скоро он попал в клетку, вирусные частицы образуются сами.) Однако сначала Райс не смог обнаружить вновь продуцируемый вирус в крови.

РНК-вирусы очень изменчивы, вспомним ВИЧ или новый коронавирус, за чьим геномом пристально следят биоинформатики всего мира (пока никакой сильно смертоносной мутации не нашли, но это не повод расслабляться). Однако на самом деле гораздо чаще встречаются мутации, которые мешают, а не помогают вирусу плодиться и размножаться. Зная об этом, Райс сконструировал геномы, в которых были исключены вредные для вируса мутации. На этот раз эксперимент с шимпанзе оказался успешным. У животных развились клинические признаки гепатита, в их крови в течение нескольких месяцев обнаруживался инфекционный вирус. Это неоспоримо доказывало, что вирус гепатита С сам по себе может вызывать гепатит: дело закрыто.

Благодаря работам Райса, а также Ральфа Бартеншлягера из Гейдельбергского университета, Майкла Софии, который после защиты диссертации в Колумбийском университете работал в различных биотехнологических компаниях, были созданы клоны вируса, хорошо подходящие для исследований *in vitro*. Исходный вирус в культуре клеток размножался неохотно, что затрудняло тестирование потенциальных лекарств. Позднее удалось получить и других модельных животных, кроме шимпанзе, например мышей с пересаженными человеческими клетками печени.

Теперь у нас есть высокочувствительные анализы крови на вирус гепатита С. Выявление вирусного генома в донорской крови практически уничтожило гепатит, связанный с переливанием, во многих частях мира. Тесты на гепатит С, основанные на ПЦР с обратной транскрипцией, позволяют вовремя обнаружить инфекцию, до того, как началась болезнь. А главное, появились эффективные лекарства. Гепатит С лечат веществами, подавляющими активность вирусных белков (их называют противовирусными препаратами прямого действия), препаратами интерферона. Среди новейших технологий — олигонуклеотиды, нацеленные на микроРНК клеток печени, важную для размножения вируса (см. «Химию и жизнь», 2014, 2).

Понемногу гепатит С переходит в категорию излечимых заболеваний. Возможно, когда-нибудь медицине удастся его окончательно истребить, как истребили черную оспу. Однако для достижения этой цели недостаточно научных открытий: нужны усилия правительств и служб здравоохранения всего мира.

Вот еще данные с сайта ВОЗ. В 2017 году из 71 миллиона человек, инфицированных вирусом гепатита С во всем мире, только 19% (13,1 миллиона) знали свой диагноз, и к концу 2017 года лишь около 5 миллионов прошли курс лечения противовирусными препаратами. Необходимо сделать гораздо больше, чтобы к 2030 году мы вылечивали 80% случаев инфекции гепатита С. Современные лекарства, как упоминалось в начале статьи, вылечивают 95%: осталось сделать так, чтобы все пациенты получили их вовремя.



Лаборатория

Здесь работают молекулярные архитекторы

Надежда Маркина

Фото: Дмитрий Васильев

В Лаборатории инженерного материаловедения исследуют полимерные материалы и создают новые, с небывалыми доселе свойствами. Здесь работают «молекулярные архитекторы», они знают, как из «молекул-кирпичиков» построить здание материала, который будет точно выполнять поставленную задачу.

Главный прибор и умные полимеры

«Вот это наш главный прибор, рентгеновский дифрактометр, с него все и началось, — заведующий лабораторией профессор Дмитрий Иванов показывает на агрегат около пяти метров в длину, занимающий треть комнаты. — Его спроектировали и сделали российские специалисты совместно с французскими на средства мегагранта, благодаря которому в 2011 году возникла

лаборатория в МГУ имени М.В. Ломоносова. Этот прибор пока единственный у нас в стране, второй такой в скором времени появится в Сочи, в научно-технологическом Университете Сириус, где мы сейчас создаем лабораторию».

Дифрактометр предназначен для рентгеноструктурного анализа вещества. Пучок рентгеновских лучей рассеивается на элементах структуры анализируемого образца и улавливается детектором. «Обычные дифрактометры работают с большими углами рассеяния и на очень малых расстояниях позволяют увидеть упаковку атомов внутри материала. А наш прибор может регистрировать дифракционную картину ещё и в малых углах рассеяния, поэтому мы можем наблюдать не только упаковку атомов, но и упаковку больших молекул. Можно увидеть, как организованы в пространстве полимерные цепи — упакованы ли они в регулярную структуру или находятся в беспорядке».



Сотрудник лаборатории Егор Берсенеv включает прибор и рассказывает, как он устроен. У прибора три основные части: источник рентгеновского излучения, вакуумная камера, куда помещают образец полимера, и детектор фотонов. Они связаны между собой оптическими путями, по которым движутся рентгеновские фотоны — от источника к образцу и от образца к детектору. Он настолько чувствительный, что может считать фотоны поштучно. Собственно, рентгеновский дифрактометр работает по тому же принципу, что и синхротрон, только

▲ Этот рентгеновский дифрактометр, пока единственный в России, спроектировали и сделали российские специалисты вместе с французскими. С него-то и начиналась лаборатория

◀ Егор Берсенеv собирается поместить образец полимера в вакуумную камеру дифрактометра

◀ Коллектив лаборатории на ступеньках лабораторного корпуса «Б» МГУ (фото из архива лаборатории)

он намного меньше, и пучок рентгеновских лучей, испускаемый источником, значительно слабее.

Материалы, с которыми имеют дело ученые, относятся к так называемой мягкой материи — это жидкости, пены, любые органические полимеры вплоть до биологических материалов. Их элементарные «кирпичики» сложные, это не несколько атомов, а порой десятки тысяч атомов, из которых состоят молекулы и молекулярные агрегаты. Поэтому нужно, чтобы прибор работал в широком диапазоне шкал — от одного ангстрема до сотен нанометров. Именно это делает работающий в лаборатории рентгеновский дифрактометр уникальным.

«Мы изучаем функциональные материалы, созданные в процессе молекулярной самосборки, — объясняет Дмитрий Иванов. — Вся природа основана на спонтанной самоорганизации молекул, и мы в чем-то пытаемся копировать природу. Наша цель — создать такие условия, чтобы материал сам собирался из «кирпичиков», а для этого мы должны точно понимать, как



его свойства связаны со структурой. Это ключ к нашему подходу — сделать правильную структуру, которая даст требуемые свойства. Мы хотим не перебирать варианты, а в соответствии с нашими аналитическими моделями сразу получить материал с нужными нам свойствами».

Роль полимеров в нашей жизни, по мнению Дмитрия Иванова, недооценена, хотя «полимерная революция» давно уже произошла и сегодня мы живем в мире полимеров. Они окружают нас в домашнем хозяйстве; без них невозможна электроника; они нужны для медицины — от зубных пломб до имплантов; они составляют треть материалов в современном автомобиле, включая части двигателя; без полимерных материалов невозможны самолеты; топливные элементы с полимерной мембраной используются в космических модулях, на них же летают дроны; полимеры — необходимая часть современных приборов, например, так называемое «черное волокно» используется в центрифугах для разделения изотопов. Примеров не сосчитать.

Изначально полимеры интересовали ученых и технологов исключительно благодаря своим механическим свойствам, поскольку позволяли создавать легкие, эластичные, изолирующие материалы. Но сегодня спектр полимерных материалов расширился невероятно, прежде всего за счет появления функциональных материалов, способных решать локальные на первый взгляд задачи. В лаборатории Иванова совместно с французскими коллегами придумали и создали полимерный электролит, молекулы которого несут электростатический заряд.

▲ Эксперимент с изменением фазового состояния вещества с помощью нанокалориметра, слева один из его создателей, сотрудник лаборатории Алексей Мельников. Под микроскопом — микрокапля полимера, нанесенная на сенсор. При нагревании в капле полимера начинают расти кристаллы. Камера микроскопа снимает этот процесс со скоростью десять тысяч снимков в секунду

«Представьте, что вы оказались в море без пресной воды и источников энергии. Достаточно в стакан морской воды бросить щепотку нашего полимерного электролита, и вода станет пресной, — рассказывает Дмитрий Иванов. — Ни одна химическая реакция не позволит вам убрать катион натрия из раствора, а вот такой полимер это делает. Он работает по принципу "ключ и замок" — находит катион натрия, обхватывает его и вместе с ним выпадает в осадок».

Как все начиналось

Лаборатория инженерного материаловедения на факультете фундаментальной физико-химической инженерии МГУ имени М.В. Ломоносова была создана в 2011 году на второй волне мегагрантов. Это довольно крупные суммы (сейчас — 90 миллионов рублей), которые выделяет Министерство образования и науки на создание «с нуля» лабораторий мирового уровня. В конкурсе участвовали успешные иностранные и российские ученые, работающие в других странах. К тому времени, как Дмитрий Иванов выиграл мегагрант на создание



▲ *Заведующий лабораторией Дмитрий Иванов не случайно вертит в руках ёршик для мытья пробирок — именно с ним он сравнивает молекулы полимера, с которым работают в его лаборатории*

лаборатории в МГУ, он 25 лет работал за рубежом и сделал более чем успешную научную карьеру: директор по исследованиям французского Национального центра научных исследований (CNRS), аналога Российской академии наук, директор Института материаловедения, входившего в эту систему. За заслуги в развитии науки Дмитрий Иванов награжден французским орденом Академических пальм. До Франции была многолетняя работа в Бельгии. И вот новый поворот — назад в Россию.

Полимерами Дмитрий Иванов занялся в аспирантуре сразу после окончания МФТИ, но в начале 90-х в России, как он вспоминает, работать в науке стало невозможно. И хотя уезжать за границу он не планировал, все же пришлось это сделать, чтобы сохранить профессию. Место работы за рубежом помог найти случай. «Помню, как вышел на Ленинский проспект и увидел валяющиеся на тротуаре связки научных книг. Рядом находился Институт общей и неорганической химии, в котором была библиотека. Она перекочевала в лужу на тротуаре, потому что на ее место въехал автосалон. Я раскрыл одну книгу по полимерам, там были адреса полимерных лабораторий и среди них увидел адрес

лаборатории в Бельгии, где я оказался буквально месяцем позже». В Бельгии Дмитрий Иванов проработал 12 лет, в том числе 8 лет профессором в Свободном университете Брюсселя. Потом переехал во Францию. И никогда не думал, что судьба подарит ему шанс вернуться в Россию.

Как рассказывает ученый, создавать лабораторию в МГУ ему помогал коллега по работе в Бельгии и во Франции Денис Анохин: «Когда я выиграл мегагрант, предложил Денису вернуться в Россию и помогать мне в построении лаборатории; мы начали собирать команду. Хорошие специалисты на вес золота, требуется время, чтобы их вырастить, и мы очень дорожим коллективом, который у нас сложился, люди гораздо важнее, чем "железки"». Но и «железки» вскоре появились: необходимые приборы закупили на средства мегагранта, а некоторые — например, комплект теплофизических приборов — подарил МГУ. Кроме того, в лаборатории есть атомно-силовой микроскоп, который исследует структуру поверхности образца с помощью тонкой иглы-зонда. Разрешающая возможность его такова, что позволяет «рассмотреть» отдельные молекулы на поверхности как проводящих, так и непроводящих материалов.

Лаборатория изначально была нацелена на поиск функциональных полимерных материалов, например — для селективных мембран. Их используют в мобильных топливных элементах, где энергия каталитического сжигания водорода преобразуется в электрическую. Такие мембраны пропускают ионы только одного типа: либо катионы, либо анионы. Однако строение про-



▲ Сотрудники лаборатории в контрольном зале синхротронной линии DUBBLE Европейского синхротрона в Гренобле. Из этого зала ведется дистанционное управление экспериментом по рентгеноструктурному анализу вещества в сочетании с термическими, механическими и спектроскопическими измерениями (фото из архива лаборатории)

водящих каналов в коммерческих мембранах такого типа до конца не изучено. Но идея ученых состоит в том, чтобы каналы могли сами конструироваться из предложенных молекул-кирпичиков (этот подход называется «снизу-вверх», или bottom-up), задача исследователей — создать необходимые условия для такой самоорганизации. Конечно, готовые структуры должны быть термодинамически стабильными и умеющими полимеризоваться. Такой подход позволит контролировать размер и форму пор на стадии формирования мембраны. А это важно для гетерогенного катализа, для разделения веществ и для многих других задач, которые можно решить с помощью таких мембран. Этой работой лаборатория Иванова занимается в сотрудничестве с учеными из Германии.

О коже хамелеона и не только

Одно из ярких достижений лаборатории — создание материала, имитирующего кожу хамелеона. Статья об этом опубликована в журнале «Science» в 2018 году. Но хамелеон — это лишь часть проекта по созданию материалов, воспроизводящих свойства мягких тканей. «Кожа — мягкий материал, но если мы попробуем ее необратимо растянуть, то нам понадобятся стальные пассатижи, — объясняет Дмитрий Иванов. — Мягкость и одновременно устойчивость к деформации, присущие коже, придумала природа, чтобы защитить живые

организмы, и ни один синтетический полимер не был способен воспроизвести эти свойства. А между тем материалы, имитирующие механические свойства мягких тканей организма, очень нужны для изготовления искусственной кожи, хрящей, жира. Важно, чтобы сделанные из них импланты вели себя неотличимо от окружающих тканей».

Молекулы полимера в материале, изготовленном в рамках международного проекта, в котором участвует лаборатория Иванова, по форме напоминают ёршик для чистки бутылок. Сами «ёррики» очень мягкие. Но когда молекулы-ёррики собираются в трехмерную сеть, она приобретает устойчивость к деформации. Материал представляет собой сополимер, в который, кроме молекул-ёршиков, входят молекулы полиметилметакрилата (оргстекла), последние при комнатной температуре находятся в застеклованном состоянии и образуют нанополлимеры. Именно нанополлимеры «сшивают» мягкий материал и придают ему твердость. То, что получается, Дмитрий Иванов сравнивает с волейбольной



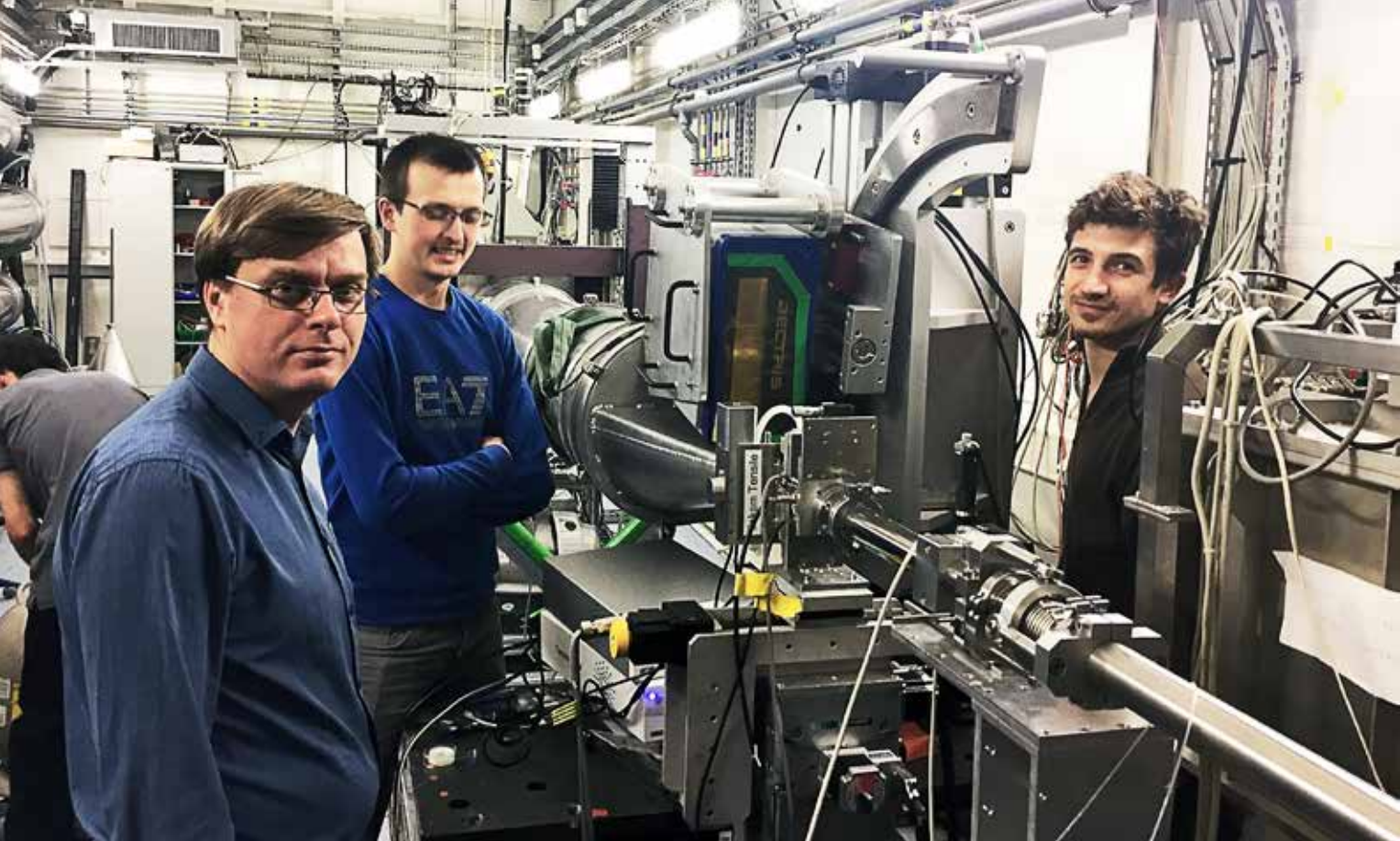
▲ Так выглядит Европейский синхротрон в Гренобле (Франция) с вершины близлежащей горы. Кольцо синхротрона (внизу справа) расположено в альпийской долине, около точки слияния рек Изер и Драк (фото из архива лаборатории)

сеткой — если она свернута, она мягкая, и с ней можно делать что угодно, но, когда сетка натянута, ее форму уже нельзя изменить. Так же ведут себя сети из полимерных волокон, только трехмерные.

На основе этого же полимера в лаборатории создают материал, имитирующий механические свойства коллагена. Одно из его назначений — импланты межпозвоночных дисков, над созданием которых ученые работают совместно с медиками. Те пластиковые прокладки из полипропилена или полиамида, которые используют сейчас, не решают проблему окончательно, поскольку эти материалы очень далеки по своим свойствам от коллагена. «Наш полимер — это гетерогенный композитный материал, он состоит из очень сильно отличающихся по механическим свойствам фаз, — рассказывает Иванов. — Его механические свойства можно сделать неотличимыми от природных межпозвоночных дисков — жестких снаружи и почти жидких, гелеобразных внутри. Благодаря этому они обеспечивают нормальную механику позвоночника».

Помимо тонко настраиваемых механических свойств создаваемые «умные» материалы могут реагировать на внешние факторы среды — температуру, кислотность, влажность и др. Например, Егор Берсенов участвует в создании полимера, который испытывает фазовый переход при контакте с телом. Изготовленный из него имплант при комнатной температуре твердый и жесткий. Но когда его помещают в тело, он становится жидким и заполняет некую полость в организме. Если же при этом полимер может высвобождать какие-то биологически активные вещества, то его можно использовать как носитель для доставки лекарств.

Ну а при чем тут хамелеон? Кожа хамелеона обладает еще одним удивительным свойством — она может менять цвет в зависимости от эмоционального состояния животного. Происходит это благодаря тому, что свет рассеивается на нанокристаллах гуанина в клетках кожи хамелеона и при изменении шага кристаллической решетки меняется длина волны отраженного света. Исследователи решили наделить синтетический материал свойством менять цвет в зависимости от натяжения — это называется «механохромизм». Эту роль могут играть нанопластики из того же самого оргстекла, о котором говорилось выше. Нанопластики рассеивают свет не хуже кристаллов гуанина в коже хамелеона. Как объясняет Дмитрий Иванов, при натяжении изменяется расстояние между нанопластиками и, соответственно, меняется период дифракционной



решетки, а значит — и цвет материала. Если из такого материала сделать имплант, то по изменению его цвета можно будет судить о том, как он ведет себя в организме, каким физическим воздействиям подвергается. Конечно, не всякий имплант в теле можно увидеть, в данном случае речь идет об искусственных заменителях кожи, хрусталика глаза и некоторых других. Путь от концепции до клинического применения довольно долг, сейчас ученые только начинают сотрудничество с медиками.

Лаборатория на чипе

В лаборатории Иванова не только используют приборы для исследования физических свойств материалов, но и изобретают новые. Одно из таких изобретений — нанокалориметр, который авторы еще называют «лабораторией на чипе». Собственно, чипы — это сенсоры, на которые помещают микрокапельку либо микрочастицу образца, и такого микроколичества вещества достаточно, чтобы исследовать и измерить сразу несколько физических свойств и параметров. Прежде всего — теплоемкость, основное, по мнению Эйнштейна, свойство для характеристики вещества.

Нанокалориметр, как следует из названия, может работать с несколькими нанogramмами вещества. Это важно, когда надо исследовать физические свойства новой лекарственной субстанции (синтез фармпрепарата дорог, и вещества может быть очень мало). Второе достоинство — скорость, измерение происходит за несколько десятков миллисекунд. Это

▲ *Российско-французская группа работает в экспериментальном зале синхротронной линии DUBBLE Европейского синхротрона в Гренобле (фото из архива лаборатории)*

тоже очень важно, потому что за это время с образцом ничего не случится, никакие структурные перестройки в нем не произойдут и свойства не изменятся, чего не скажешь об измерении классическим калориметром, требующим около получаса. Чтобы избежать искажения данных, время эксперимента должно быть сопоставимо со временем внутренней реорганизации вещества, а это миллисекунды. Фундаментальные основы этого подхода были опубликованы в статье Дмитрия Иванова и Алексея Мельникова, где авторы предложили диаграммы состояния, которые позволят экспериментаторам выбирать адекватные условия, чтобы получать неискаженную информацию о фазовом состоянии образца. По мнению ученых, будущее приборостроения — в миниатюризации, позволяющей проводить быстрые комбинированные анализы в реальном времени.

На экране микроскопа мы видим микрокаплю образца полимера, нанесенную на сенсор, ее размер составляет 100 на 100 микрон, это толщина человеческого волоса. Каплю нагревают, и на наших глазах происходит фазовый переход — в капле полимера начинают расти кристаллы. Камера микроскопа снимает это процесс со скоростью десять тысяч снимков в секунду. «Уникальный прибор, мы сделали его с Алексеем, — продолжает Дмитрий Иванов. — С его

помощью мы можем исследовать не только структуру образца в видимом свете, но и его микроструктуру с помощью рентгеновского рассеяния. Мы адаптировали прибор для синхротронных станций, и теперь наш нанокалориметр уже составляет часть стандартного оборудования на Европейском синхротроне (ESRF) в Гренобле. Есть малое предприятие, которое начало изготавливать нанокалориметры, но пока в небольшом количестве».

Как сделать наши дороги лучше и долговечней?

Размах направлений, в которых работают сотрудники лаборатории Иванова, — от медицинских имплантов до улучшителей дорожного покрытия. Вот что рассказала о стабилизаторах грунтов аспирант Полина Бовсуновская: «Мы часто задаемся вопросом, почему у нас такие плохие дороги? Одна из причин — сложные климатические условия в России, в течение года температура много раз проходит через ноль, то холодно, то жарко. Когда температура ниже нуля, вода в грунте под асфальтом замерзает, появляющийся лед расширяется, образуются трещины, и дорожное покрытие разрушается. Чтобы этого не происходило, используют полимерные стабилизаторы — специальные эмульсии, которые вводят в песок или грунт перед тем, как прокладывать асфальт. Их основная задача — не позволять воде застаиваться в грунте».

На рынке нет недостатка в импортных стабилизаторах. Но хотелось бы дешевле и экологичнее. Некоторые стабилизаторы содержат поверхностно-активные вещества, которые загрязняют грунтовую воду, и от этого хорошо бы избавиться. «Мы работаем над несколькими полимерными эмульсиями, — говорит Полина Бовсуновская. — Добавляем в грунты, изучаем их механические свойства и совершенствуем полимеры, заменяя какие-то компоненты, чтобы добиться уникальных свойств. Мы надеемся, что этот продукт в скором времени появится на рынке».

«Синхротроны — это одно из самых замечательных мест на Земле»

Большая часть работы лаборатории связана с синхротронами. Несколько раз в год группа сотрудников выезжает во французский Гренобль — поработать на Европейском синхротроне. У России имеется 6% акций Европейского синхротрона (ESRF) в Гренобле, так что российские ученые имеют право на 6% «пучкового времени». Эксперимент проходит обычно в течение нескольких дней, группа работает круглосуточно в несколько смен. Недавно лаборатория выиграла конкурс и заключила договор на долгосрочное сотрудничество с синхротроном в Гренобле, что позволит сотрудникам ездить туда на длительный срок и использовать не только сам синхротрон, но и оборудование сопутствующих лабораторий. Помимо Гренобля ученые работают на

синхротроне в Гамбурге (Германия), в строительство которого значительную долю внесла Россия. До этого сотрудники много лет ездили на старенький синхротрон в Нью-Йорке, теперь же думают о сотрудничестве с новым синхротроном в Пекине.

Выездные эксперименты для лаборатории — больше чем просто эксперименты. «Круглосуточная работа, белые ночи — все это очень сплавливает коллектив, — рассказывает один из сотрудников — Мы там практически не спим. Сутки делятся на три восьмичасовых шифта. Все в состоянии умственного и физического напряжения, особенно во время ночной смены, когда возникают удивительные ситуации, порой смешные, которые никогда не возникли бы в лаборатории в дневное время, а в голову приходят неординарные идеи и решения. Новые знакомства, философские беседы... Все это незабываемо».

«Я считаю, что синхротроны — это одно из самых замечательных мест на Земле. Не только потому, что там много железок, которых нет у нас, но и потому, что там вы можете встретить специалистов практически всех областей науки, задать любой вопрос, — говорит Дмитрий Иванов. — Это удивительное место, где молодые ученые получают возможность познакомиться с коллегами из разных стран и лабораторий. Именно здесь любой ученый, аспирант и даже студент может почувствовать себя частью мирового научного процесса. Сегодня роль ученого изменилась. Теперь он не академический червь-одиночка, обложенный книжками, — я видел таких, засыпающих в библиотеке в пятницу вечером. Сегодня это активный и подвижный научный работник, который умеет организовать вокруг себя команду из разных специалистов, создать работающий коллектив, наладить национальное или международное сотрудничество, поставить амбициозную задачу, подключить представителей бизнеса и промышленности».

Кстати, о сотрудничестве. У лаборатории Иванова традиционно прочные и плодотворные связи с французской наукой. Сотрудничество с французскими учеными продолжается и в России, в том числе на ежегодных конференциях «Наука будущего». Эти конференции проходят с 2014 года, в прошлом году конференция состоялась в Университете Сириус в Сочи. В них активно участвуют сотрудники лабораторий мегагрантников, Дмитрий Иванов входит в программный комитет. Такие конференции — одни из самых крупных молодежных научных событий в нашей стране, число участников доходит до 800. При участии лаборатории Иванова на конференциях проводится российско-французский день. Туда приглашают как ведущих, так и молодых ученых из Франции, а в прошлом году конференцию в Сочи посетил президент CNRS.

Наш разговор прерывает телефонный звонок из посольства Франции, Дмитрий Иванов переходит на французский. «Посольство нам очень помогает преодолевать бюрократические барьеры, решает вопросы с визами и другими административными затруднениями» — добавляет он.



«Если у ученого не возникает вопросов, то он не ученый, а, скорее, сантехник»

Сегодня в лаборатории работают 20 человек, среди которых 10 штатных сотрудников, несколько аспирантов и студентов. Коллектив почти исключительно молодой — от студентов-бакалавров до «постдоков», возраст — от 20 до 30, лишь упомянутому Денису Анохину уже исполнилось 40. Каждый год лаборатория публикует не менее 10 статей. Аспиранты защищаются, кто-то остается, кто-то уходит, но всегда — на хорошее место в высокотехнологичной компании. Некоторые уезжают за границу, на стажировку или в совместную аспирантуру, потом обязательно возвращаются. На их место приходят студенты. По словам Дмитрия Иванова, после каждой его лекции в МФТИ три-четыре студента просятся в лабораторию. Жизнь кипит, а лаборатория расширяется, создавая совместные структуры с другими институтами. Например, в Черноголовке появилась совместная с Институтом проблем физической химии РАН лаборатория, в которой все ставки отданы молодым ученым.

Руководитель придерживается принципа — давать молодым сотрудникам, аспирантам и даже студентам максимальную свободу. «У нас нет возможности устраивать “детский сад”, мы считаем студентов самостоятельными молодыми учеными, которые сами знают, что им делать, учатся решать проблемы. Конечно, они приходят с вопросами, но с самого начала работают в

условиях, способствующих становлению независимых исследователей. Это западный принцип, но я же 25 лет работал на Западе», — говорит Дмитрий Иванов. На вопрос, много ли времени сотрудники проводят в лаборатории, отвечает, что дисциплина присутствия — последнее, что его волнует. Сотрудники сами планируют работу, сами организуют свое время, главное — это результат. И вспоминает анекдот про Резерфорда, спросившего чересчур усердного в офисной работе сотрудника, когда же он думает.

У Дмитрия Иванова свое отношение к концепции научных школ, которая была основополагающей в советской науке: «Если полностью ограничиваться существующими научными школами, это сегодня, скорее, плохо, чем хорошо, это консерватизм, “окукливание”, отказ от нового. Хотя когда нет ничего стабильного — это тоже плохо: у вас должна быть какая-то специализация, научная дисциплина, в рамках которой вы работаете. Но чем ученый отличается от ремесленника? Если он не ступает все время на неизведанную почву, то он не ученый. Сантехник, который придет к вам устанавливать унитаз, будет очень огорчен, если у вас новая модель и он не знает, как с ней обращаться. Задача ученого — постоянно выходить за рамки изведанного, он должен все время задавать наивные на первый взгляд вопросы. Многим людям кажется, что мы живем в мире очевидных вещей. Все всё знают, но если спросить, что на самом деле вы имеете в виду, то окажется, что часто ничего точно не известно.

Поставить научный вопрос не менее сложно, чем на него ответить. Если у ученого не возникает вопро-

◀ Аспирант Полина Бовсуновская рассказывает о стабилизаторах дорожного покрытия

▶ Создатель лаборатории и ее заведующий Дмитрий Иванов отчасти видит свою роль в том, чтобы хоть как-то сгладить урон, который был нанесен российской науке в 90-х годах (благодарим за предоставленную фотографию фотожурналиста Юлию Невскую)

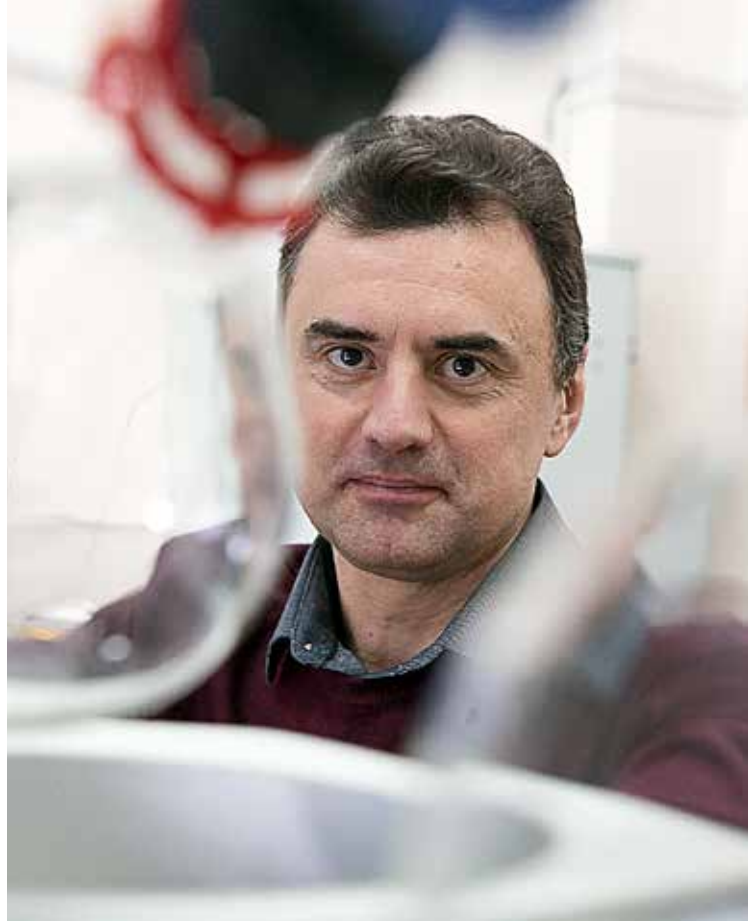
сов, то он не ученый, а, скорее, сантехник. Вообще, в науке две стадии познания. Когда вы спрашиваете профессионала, возможно ли что-то, что лежит за гранью известного, он вам скажет, что это в принципе невозможно. Но вот ученый сделал шаг вперед, продвинулся, что-то открыл. И через какое-то время начинает казаться, что человечеству это давно известно. А между этими стадиями лежит сфера научного поиска, когда вы продвигаетесь вперед вопреки мнению, что это невозможно, или ненужно, или никому не интересно.

Мы часто слышим от высокопоставленных чиновников, что наука должна быть прикладной. Нас все больше ориентируют на взаимодействие с промышленностью, где технологи подскажут, что действительно нужно. И нечего заниматься всякой ерундой. Но смысл научного поиска в другом. Большинство важных научных открытий промышленностью никогда не планировались, их даже трудно было вообразить. Например, развивая и совершенствуя серебряную фотографию, мы никогда не перешли бы к цифровой. Есть некий метафизический скачок, который прикладная наука не может планировать и не может даже себе представить. Он возникает чаще всего именно в головах академических ученых».

Мегагранты как шаг к возрождению науки

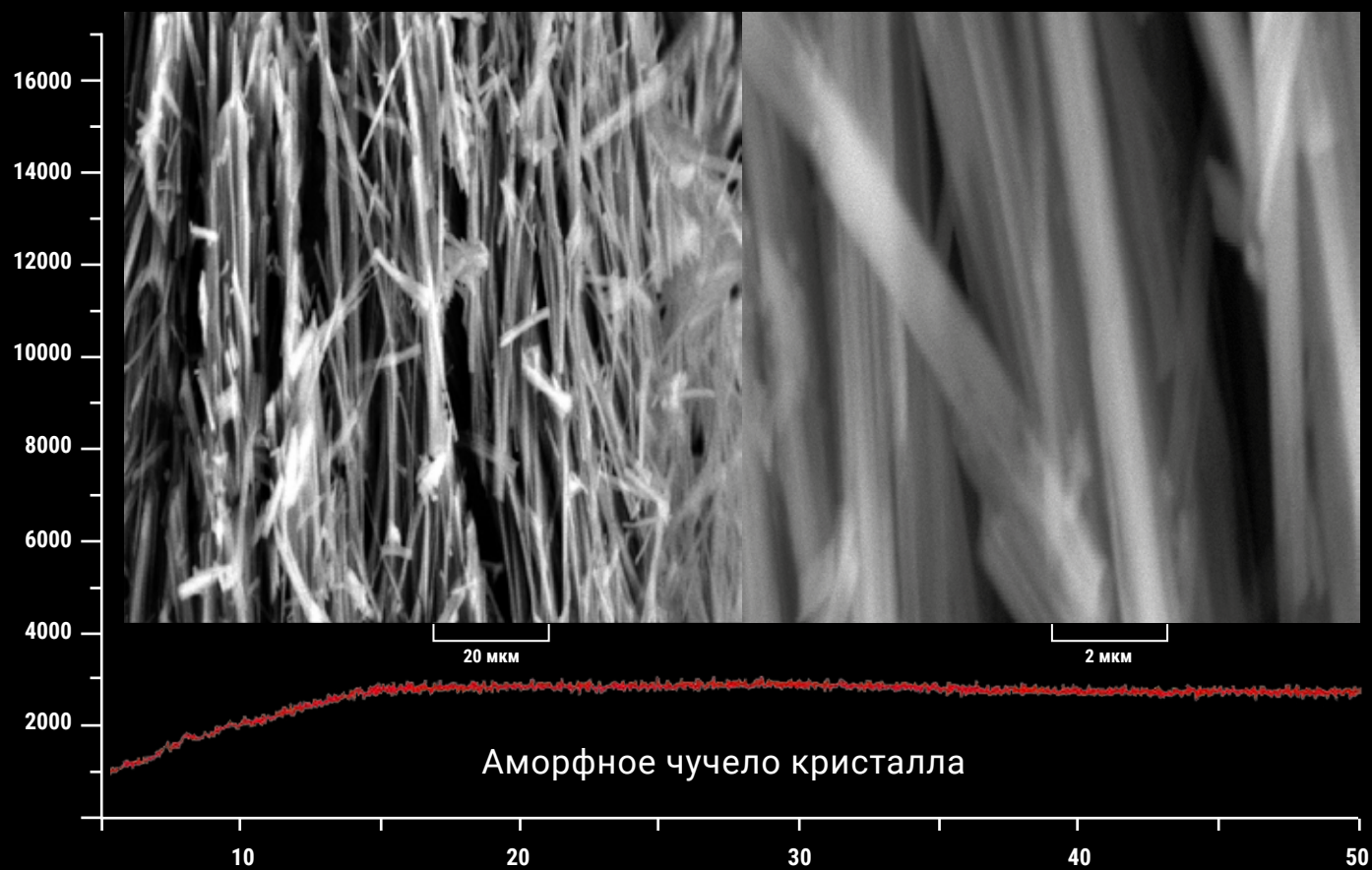
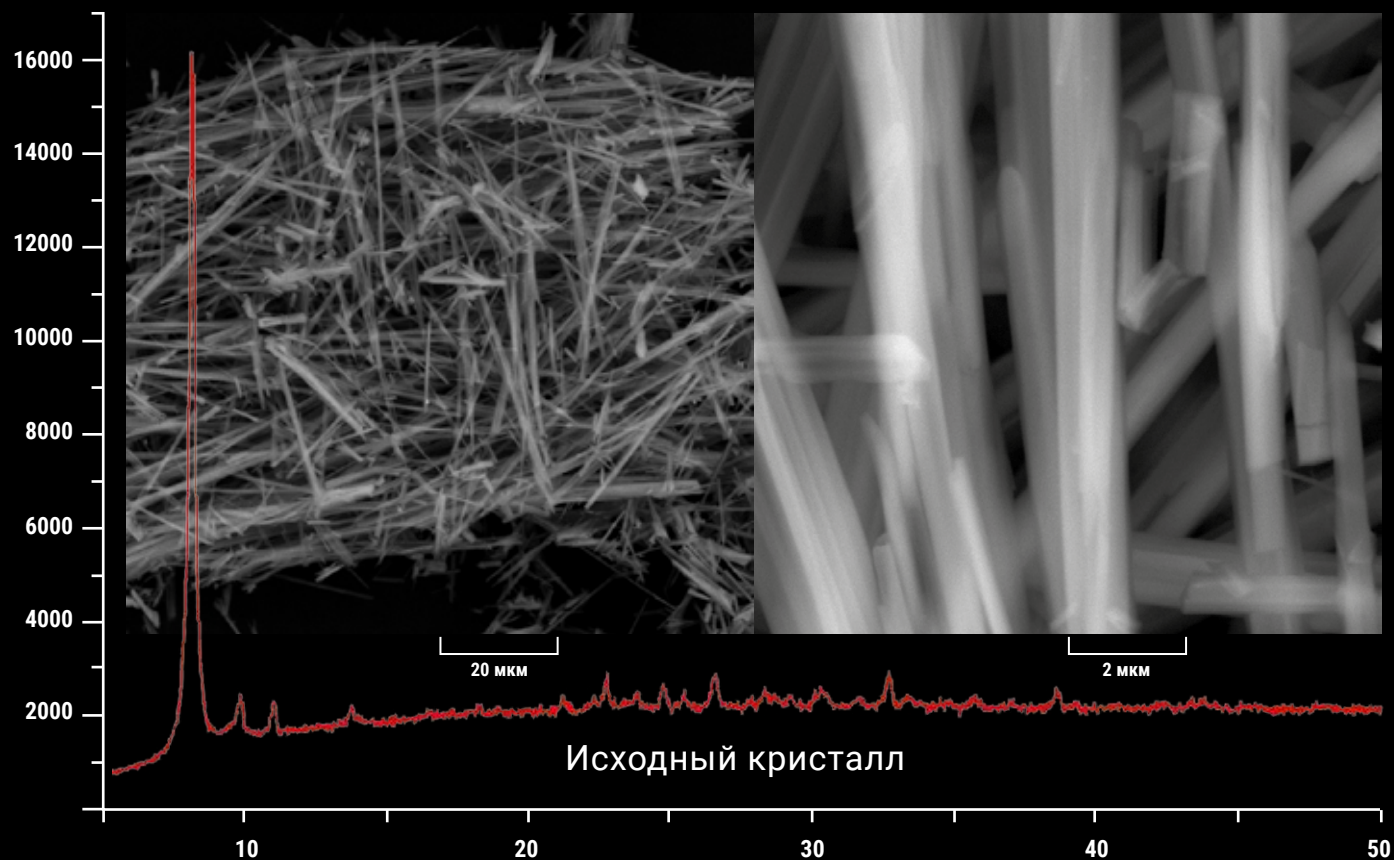
Дмитрий Иванов в разговоре не раз возвращается к той роли, которую сыграла в российской науке программа мегагрантов. Она дала возможность привлечь к возрождению науки в нашей стране российскую научную диаспору, разбросанную по миру. Это уникальное явление. Это многотысячная армия превосходных ученых, работающих на Западе, но готовых участвовать в развитии науки в России. Мегагранты позволили создать неплохие заделы в ключевых областях науки. Не из всех искр разгорелось пламя, но из многих — примерно половина из 272 созданных лабораторий продолжила работу после окончания мегагрантов, возникли финансово независимые коллективы.

Откуда деньги? Лаборатория инженерного материаловедения получает гранты Российского фонда фундаментальных исследований, Российского научного фонда, Федеральных целевых программ. Удастся успешно взаимодействовать и с властью на самом высоком уровне. Дмитрий Иванов и другие руководи-



тели мегагрантов дважды встречались с президентом России, обсуждали финансовые вопросы, говорили о будущем науки. В 2016 году они предложили поддерживать молодых ученых президентскими программами. Сейчас же ученые предлагают продолжить программу мегагрантов — создать междисциплинарные кластеры лабораторий, чтобы от точечного перейти к системному возрождению науки.

«Какие у нас мечты? Ну, есть мечты, которые относятся к далекому будущему, есть мечты совсем какие-то локальные, есть метафизические мечты. Если что-то конкретное, то хотелось бы, чтобы сопровождающие науку процессы, как-то: закупка реактивов, комплектующих, проходили так же легко, как в Европе, чтобы взаимодействие с закупочными компаниями регулировалось государством и оно защищало интересы ученых. Что до меня, то я отчасти вижу свою роль в том, чтобы хоть как-то сгладить урон, который был нанесен российской науке в 90-х годах. Мне кажется, человек должен в своей стране оставить какой-то след, сделать что-то достойное. Мне очень нравится работать с российскими студентами и осознавать, что многие из них останутся в науке и вырастут в независимых ученых. Молодой ученый должен стать настолько самостоятельным в своих размышлениях, чтобы однажды задать вопрос, который выйдет за рамки принятых представлений. И когда он станет таковым, то будет неизбежно ниспровергать научную школу и своего руководителя, и это хорошо. В этом нет абсолютно никакого зла, в этом есть фундаментальное философское отрицание».



доктор химических наук

В.В. Семёнов

Институт металлорганической химии
им. Г.А. Разуваева РАН

Чучело кристалла

Среди множества строгих научных терминов, например названий химических соединений, понятных только химикам, порой встречаются неожиданные и более человеческие; они порождают ассоциации со свойствами, особенностями структуры или просто исторически закреплены за данным веществом. Так, всем известны классические наименования: сухой лед, царская водка, бертолетова соль, цинковая обманка, ляпис, пушонка. В органической химии встречаются названия, сразу дающие представление о форме молекулы, — звездообразный астеран, кубан, подобный окну (греки его называли фенестра) фенестран, олимпиацен. Попадают и довольно забавные, такие как пингвион, сандвич, банановые связи. Особенно повезло классу органических кислот: квадратная, оротовая (от греческого слова «орос», то есть молозиво), ангельская, волшебная или магическая, дубильная, маразмовая. Термина «чучело кристалла», вынесенного в название данной заметки, в строгом научном лексиконе до сих пор не было.

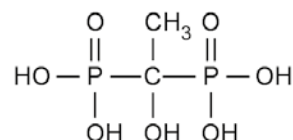
Это словосочетание порождает странные ассоциации; его даже стоит отнести к классу оксюморонов, поскольку в нем заключены два несочетаемых качества. Кристалл ведь некое совершенное создание природы. А чучело — это некий несовершенный суррогат, к тому же порой, если речь идет об огородном чучеле, и вовсе безобразно неряшливое. Поэтому можно ожидать, что

◀ *Натуральные кристаллы соединения $\text{FeH}_2\text{L} \cdot \text{H}_2\text{O}$ (фото сверху) и их чучела (фото снизу) внешне неразличимы, но начинка у них разная, о чем свидетельствуют графики с данными рентгеноструктурного анализа: пики на верхней дифрактограмме свидетельствуют о наличии порядка в расположении атомов, а если порядка нет, так и пики не появляются, как на нижнем графике*

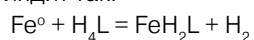
многие химики, физики и особенно кристаллографы с высоким чувством прекрасного будут оскорблены попыткой ввести в оборот такой малоэстетичный термин. Оправданием послужит только ссылка на публикацию в серьезном академическом журнале, где это несуразное словосочетание вынесено в заголовок статьи. И такая ссылка есть: В.В. Семёнов, О.В. Новикова, Н.В. Золотарёва, Б.С. Каверин, Б.И. Петров, Е.Н. Разов, А.В. Круглов. Реакция (1-гидроксиэтилиден)дифосфоната железа(II) с пероксидом водорода. Амorfизация нитевидных кристаллов при сохранении формы. Образование «чучел» кристаллов, «Кристаллография», 2020, 65, 1.

Целью этой работы не было сделать чучело и придумать новый термин; она скромнее: исследовать устойчивость полученного нами нового координационного соединения двухвалентного железа. Задача стояла такая. Известно, что в простых неорганических соединениях закисное двухвалентное железо легко окисляется до окисного трехвалентного, при этом цвет раствора меняется с зеленого на желто-рыжий. Устойчив только железный купорос $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, а азотно-кислое железо $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ и хлористое $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ медленно окисляются до $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ и $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ соответственно.

Мы работали с более сложным соединением, (1-гидроксиэтилиден)дифосфонатом двухвалентного железа, которое получали из железного порошка и (1-гидроксиэтилиден)дифосфоновой кислоты. Эту кислоту широко используют в теплоэнергетике, медицине, сельском хозяйстве: она замедляет коррозию металлов, препятствует образованию солевых отложений в теплогенераторах, служит компонентом моющих средств; для краткости ее обозначают H_4L , поскольку у ее молекулы имеются четыре кислотные группы, связанные с фосфором:



В реакции с металлическим железом получается малорастворимое производное двухвалентного железа зеленого цвета, формулу которого следует записать в виде $\text{FeH}_2\text{L} \cdot \text{H}_2\text{O}$. Здесь H_2L — двухзарядный анион (1-гидроксиэтилиден)дифосфоновой кислоты. Реакция выглядит так:



Как показало рентгеновское исследование, соединение получается в кристаллической форме и, будучи высушенным, вполне устойчиво на воздухе. А каковы составляющие его кристаллы? С помощью сканирующего электронного микроскопа удалось выяснить, что они имеют форму длинных нитей.

Исследование шло своим ходом, и ничто не предвещало неожиданностей. Чтобы проверить, станет ли это соединение окисляться, к его изначально зеленой суспензии добавили перекись водорода. Вполне ожидаемо суспензия при нагреве быстро, за четверть часа, пожелтела — двухвалентное железо стало трехвалентным. Новое соединение оказалось еще менее растворимым по сравнению с исходным. Его отфильтровали, высушили и рентгеном определили, что кристаллов не осталось — при окислении не только двухвалентное железо стало трехвалентным, но и кристаллическая решетка исчезла, заменившись аморфной структурой. Изменился и химический состав: содержание углерода уменьшилось в 1,7 раза, а железа и фосфора сохранилось. Видимо, это связано с тем, что при реакции перекиси с кислотой образуется много активных частиц: гидроксильный радикал $\text{HO}^\bullet$, гидроксильный анион HO^- , пероксидный радикал $\text{HOO}^\bullet$, пероксидный анион HOO^- . Они способны отрывать метильные группы от углеводородного каркаса соединения и сшивать его молекулы. Наверное, потому и растворимость упала.

А вот использование электронного микроскопа преподнесло сюрприз: несмотря на столь радикальные преобразования соединения, его морфология не изменилась — нити прежних кристаллов никуда не исчезли, они выглядели точно так, как и до реакции (см. фото). Фактически получилось чучело: кристаллы выпотрошили и в их оболочку запихали аморфную «вату». В редакции журнала «Кристаллография», куда мы отправили результаты нашего исследования, возражать против этой интересной аллегории не стали. Так новое понятие «чучело» кристалла оказалось в заголовке статьи.

Как же такой процесс оказался возможным? Видимо, из-за действия радикалов поверхность микрокристаллов подверглась своеобразному дублированию: расположенные на ней молекулы вещества, наиболее доступные для реакций, оказались сшиты друг с другом сильнее всего, что и позволило сохранить форму нитей. Благоприятствовали этому толщина (0,1–0,5 мкм) и гибкость кристаллов, которые состоят из тонких волокон, сгруппированных в жгуты: окисляющий реагент легко проникает в пространство между волокнами. А тонкое тело кристалла делает его диффузию на большие расстояния ненужной: перекись и при небольших перемещениях прореагирует с основной массой вещества. В результате возникающие при реакции механические напряжения не разрушают волокна. Впрочем, как видно на фото, реакция все-таки приводит к созданию некоторого нового порядка расположения жгутов.

Известны ли специалистам химические процессы, приводящие к аморфизации кристаллов без их разрушения? Увы, обращения к профессиональным кристаллографам оказались тщетны: ответа мы не получили. Вспомнили только о других превращениях кристаллов, оловянной чуме (переход белого олова в серое), мартенситном превращении в стали, но это полиморфное превращение, а не химическое. У металлических сплавов объемную аморфизацию удастся получить разве что быстрой закалкой из расплава либо облучением. Обрат-

ные процессы, впрочем, известны: аморфные твердые тела могут превращаться в кристаллические. Особенно хорошо это знают химики, использующие изделия из стекла: при длительном хранении стекло теряет свои свойства; этот процесс называется расстеклованием, то есть образованием мельчайших кристаллических фрагментов. Стеклодув и опытный стекольщик не будут работать со старым стеклом.

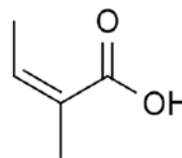
Получить совершенный кристалл — дело стоящее. Его можно использовать в самых тонких и прогрессивных технологиях, вплоть до лазерных и микроэлектронных. А вот превратить кристалл в аморфное тело кажется невозможным, ведь кристаллическое состояние энергетически выгоднее аморфного; тут приходится идти против термодинамики. Хотя это направление очень интересно — аморфные сплавы обладают отличными свойствами, и то, что их приходится получать только быстрым охлаждением расплава и из специфических составов, накладывает серьезные ограничения на использование.

Видимо, попытка сделать аморфное вещество из кристалла, да еще сохранив его форму, считается у материаловедов пустым занятием. Потому и работ в этом направлении либо нет, либо их так мало, что мы до них не добрались. Однако факт сохранения морфологии материала после кардинального химического и кристаллографического превращения представляется весьма любопытным.

Ученые досуги

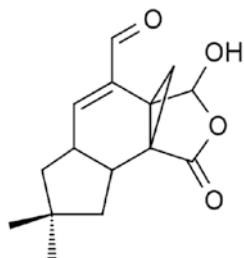
Забавные кислоты

Список веществ, которым химики за долгую историю этой науки дали забавные названия, довольно длинный. Выберем из него несколько кислот.



АНГЕЛЬСКАЯ КИСЛОТА содержится в корнях многих растений, особенно семейства Зонтичные, или, как сейчас принято их называть, Сельдереевые. Среди них есть дягиль лекарственный, который по латыни называют *Angelica*

archangelica; в нем самое высокое содержание ангельской кислоты — 0,3%. Отсюда и появилось ее название. Она есть также в масле моркови, ее можно извлечь из масла цветков ромашки. А служит эта кислота растению защитой от некоторых жуков.

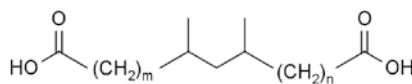


МАРАЗМОВАЯ КИСЛОТА получила свое название от гриба *Marasmius conigenus*, из которого ее впервые выделили. Она работает как сильный антибиотик против золотистого стафилококка. Гриб этот в принципе съедобный — он принадлежит к семейству Негниючников. У таких грибов высохшие плодовые тела после дождя снова оживают и восстанавливают былую форму. Негниючники — грибы мелкие, блюдо из них готовить трудно, но грибникам известны такие из них, как чесночник, луговой опенок, шишколюб съедобный.

МАГИЧЕСКАЯ, или волшебная, кислота представляет собой суперкислоту, которая состоит из смеси фторсульфоновой кислоты (HSO_3F) и пентафторида сурьмы (SbF_5). Она столь сильна, что умудряется присоединить ион водорода — провести протонирование — к самым насыщенным алканам вроде метана и даже к таким веществам, у которых страсть к присоединению протона и не заподозришь: ксенон, галогены и молекулярный водород.

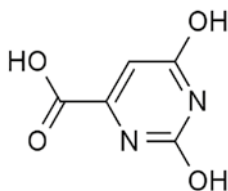
О предназначении **ДУБИЛЬНОЙ КИСЛОТЫ** можно догадаться по названию: эта сложная органическая кислота (ее молекула содержит 76 атомов углерода) представляет собой одну из форм танинов.

Ее синтезируют многие растения. У кислоты несколько названий: галлодубильная, таниновая и просто танин. А вот словосочетанием «дебильная кислота» можно перевести английское название *retarded acid*. Это смесь соляной кислоты с различными эмульгирующими агентами: они затормаживают действие кислоты, и та медленно проникает в глубь пород, хорошо их разъедая. «Быстрая» кислота разъела бы лишь поверхность скважины. Такую кислоту применяют для интенсификации нефтедобычи.



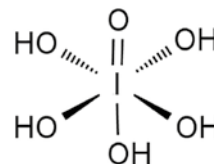
Молекулы **ДЬЯВОЛЬСКИХ КИСЛОТ** можно представить как составленные из двух цепочек разной длины. А название связано с тем, что эти кислоты нелегко разделять методом хроматографии. Однако некоторые находят в формуле дьявольской кислоты и рога.

ТРАВМАТИЧЕСКАЯ КИСЛОТА — это растительный гормон, он заставляет поврежденные клетки делиться и таким образом заживать нанесенную рану.

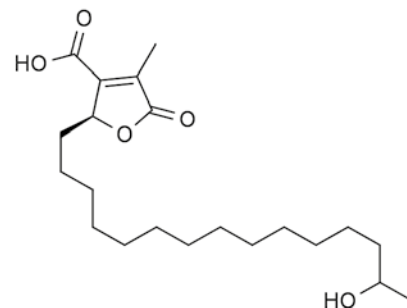


ЭРОТИЧЕСКОЙ КИСЛОТЫ официально не существует. Однако есть оротовая кислота, по-английски *orotic acid*, и, как это ни удивительно, даже в научных текстах в ее названии нередко меняют начальное «о» на «е». На самом деле, это подобное витаминам вещество, стимулирующее рост живых орга-

низмов. Химики отмечают, что если к эротической кислоте добавить один атом углерода, то получится гомо-эротическая кислота...



В английском языке можно найти и *periodic acid*. Периодичность тут ни при чем, это видно из русского названия: **ИОДНАЯ КИСЛОТА**. Искусственному интеллекту в лице онлайн-переводчика, впрочем, получить периодическую кислоту вполне по силам.



ЗАПОРНУЮ КИСЛОТУ получают из австралийского лишайника *Parmelia constipata*. Есть мнение, что им когда-то лечили запоры, *constipation* по-английски, но это скорее неверно понятая игра слов, ведь по латыни *constipata* означает всего лишь «выжатый».

МЕГАТОМНАЯ КИСЛОТА отнюдь не состоит из огромного числа атомов и не имеет отношения к ядерным взрывам — это основной компонент полового аттрактанта коврового жука-кожееда *Attagenus megatoma*.

Подготовил
С.М. Комаров



Доктор физико-математических наук

С.Ю. Гуськов

Лазер и синтез

Зачем вообще понадобилась человечеству «новая энергия»? Дело не только в исчерпании нефти и угля, ситуация сложнее. Пётр Капица писал, что развитие человечества связано с освоением новых источников энергии и важно, чтобы энергии, которой располагает человечество на каждом этапе, хватило бы для создания технологии нового поколения. Сегодня наиболее реальные и перспективные технологии в области энергетики для завтрашнего дня — Токамак и установки лазерного термоядерного синтеза (ЛТС). В настоящее время мы расскажем о второй технологии.

Термоядерная, самая калорийная

Управляемый термоядерный синтез ликвидирует зависимость от органических энергоносителей. Этот метод более экологичен и безопасен, чем тепловые станции, поскольку нет загрязняющих выбросов, и чем ядерные реакторы, поскольку нет радиационных отходов.



Существует два типа термоядерных реакций — деление (например, урана) и синтез (например, гелия из дейтерия). Удельная (на единицу массы) калорийность ядерных реакций деления в десятки миллионов раз превосходит калорийность химических реакций, а ядерные реакции синтеза — в несколько раз калорийнее реакций деления. Например, деление урана-235 калорийнее в 5,85 миллиона раз, чем горение водорода, реакция синтеза «дейтерий плюс тритий» — в 24,2 миллиона раз. Полное превращение массы этих ядер в энергию дало бы по Эйнштейну еще в 264 раза больше, но это пока весьма отдаленные возможности.

Известно несколько реакций синтеза, но самая выгодная во всех отношениях — реакция изотопов водорода, дейтерия с тритием. Оптимальная энергия сталкивающихся ядер при этом минимальна, вероятность реакции максимальна, а энергия, выделяющаяся в этой реакции, значительно выше, чем в других. Это счастливое обстоятельство избавило физиков от многих споров — сегодня все исследования направлены на использование именно этой реакции.

Для начала реакции синтеза надо сблизить ядра на расстояние действия сил ядерного взаимодействия — около 10^{-13} см, преодолев силу кулоновского отталкивания. А для этого ядра должны иметь большую

▲ Мишенная камера до монтажа в систему, видны на ее поверхности окна для ввода лазерных пучков и подключения диагностической аппаратуры

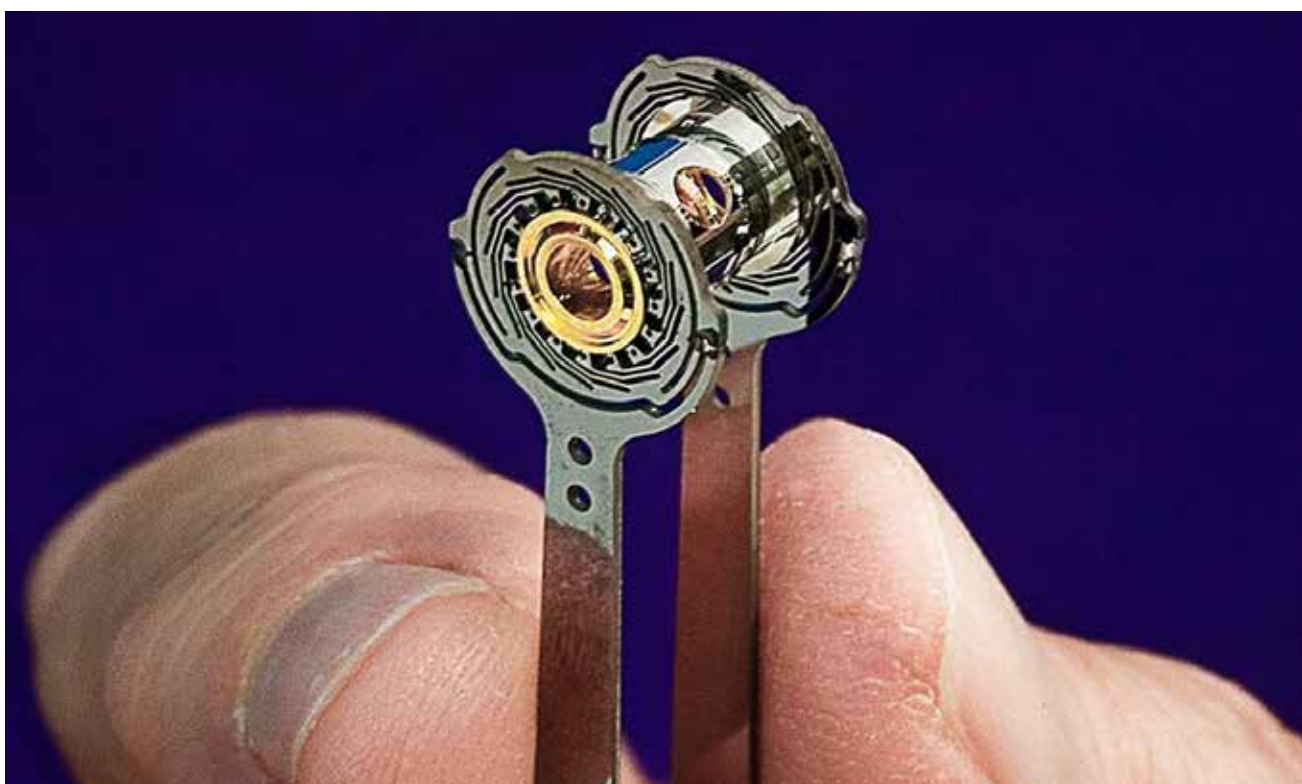
энергию, причем настолько большую, что вещество будет находиться в ионизованном, то есть плазменном, состоянии.

Чтобы реакция синтеза шла эффективно, плазма должна быть плотной, нагретой до температуры около 100 миллионов градусов, иметь высокую концентрацию и просуществовать достаточное время. Нужно сделать так, чтобы ядра дейтерия, трития и электроны находились в равновесном состоянии с примерно постоянными энергией и концентрацией в течение времени, за которое в плазме выделится больше энергии, чем было затрачено на ее создание. В этом случае говорят о достижении физического порога реакции, или о зажигании реакции. Зависимость времени удержания от характеристик плазмы задается «критерием Лоусона», который был сформулирован в 1955 году английским физиком Джоном Лоусоном. Он показал: чем больше концентрация, тем меньше время необходимо удерживать плазму, чтобы достичь зажигания. А дальше — чем больше, тем лучше.



▲ Вид сверху на мишенную камеру в процессе строительства, вокруг нее и над ней — диагностическая аппаратура. В центре камеры будет находиться миниатюрный цилиндр, а в его центре — сама мишень

▼ А вот и этот цилиндр, в котором будет находиться мишень — крупинка DT-льда. В нем и произойдет термоядерная реакция синтеза с выделением энергии



Как удержат плазму?

В звездах плазму удерживает гравитация. В земных условиях для ограничения скорости разлета плазмы остается использовать магнитные и электрические поля, а также силы инерции. Использовать электрическое поле предложил О.А. Лаврентьев в 1950 году; в 1951-м А.Д. Сахаров и И.Е. Тамм придумали схему, где плазма имела бы форму тора и удерживалась магнитным полем. Эти работы положили начало исследованиям в области так называемого магнитного удержания. Оно сейчас воплощается в международном экспериментальном термоядерном реакторе ITER, который возводят в Кадараше на юге Франции. В тороидальной камере плазма нагревается протекающим по ней током и дополнительно — высокочастотным излучением и пучками ускоренных атомов водорода и дейтерия. Магнитное удержание обеспечивает протекание реакции: при концентрации (принято говорить — плотности) плазмы около 10^{14} частиц в кубическом сантиметре необходимое время удержания составляет секунды.

Инерциальный способ предполагает создание термоядерной плазмы за счет быстрого сжатия мишени при столкновении высокоскоростных потоков вещества в центре сферической или на оси цилиндрической мишени. Необходимое для зажигания число реакций синтеза должно успеть произойти за время разлета сжатого и нагретого вещества. Чтобы нагреть вещество в центре мишени до необходимых температур, сжимаемое вещество должно быть разогнано до скорости, превышающей 300—400 км/с. А для этого надо приложить к поверхности мишени давление в несколько десятков миллионов атмосфер.

Лазеры способны концентрировать энергию в области размером порядка длины волны излучения. Идею лазерного термоядерного синтеза (ЛТС) выдвинул Н.Г. Басов в докладе на заседании президиума Академии наук СССР в 1961 году. А через три года Н.Г. Басов и О.Н. Крохин опубликовали статью, в которой обосновали нагрев дейтерий-тритиевой плазмы до термоядерных температур лазерным импульсом — с учетом движения вещества, поглощения излучения и излучения плазмы. С этой работы берут свое начало все исследования в области лазерного термоядерного синтеза.

Лазер зажигает плазму

Мишень, которую необходимо сжать и нагреть лазером, состоит из замороженной смеси дейтерия и трития (DT-льда). При облучении лазером сначала происходит сжатие, потом — термоядерный микровзрыв мишени с выделением энергии. Падающее на сферическую мишень лазерное излучение поглощается во внешней части мишени, которая нагревается, испаряется и разлетается навстречу лазерным пучкам. Разлетающуюся плазму принято называть короной по аналогии с терминологией физики Солнца. Вещество, которое испаряется и разлетается, делает

это не зря — оно создает давление, которое и сжимает остальную мишень.

Сжатая мишень оказывается неоднородна. Ее центральная область нагрета до термоядерных температур, окружает ее вещество, менее нагретое, но более плотное, и его масса значительно превышает массу горячей области. Чтобы усилить концентрирование энергии в мишени, ее делают не просто из льда, а в виде тонкой сферической оболочки из вещества, содержащего легкие элементы, например, из полимеров или бериллия. На внутреннюю поверхность этой тонкой оболочки и намораживают DT-лед. Эффект кумуляции оказывается тем больше, чем больше отношение радиуса к толщине оболочки. Однако оболочка не может быть слишком тонкой, иначе ее движение будет весьма чувствительным к нарушениям строгой симметрии сжатия, и она может разрушиться, не долетев до центра. Источником начальных возмущений могут служить неоднородности плотности и искажения формы оболочки, а также пространственная и временная неоднородности облучения мишени лазерными пучками. Расчеты показывают, что толщина оболочки должна составлять больше 10% радиуса.

Чтобы увеличить плотность плазмы, применяют лазерный импульс специальной формы, мощность которого сначала, в течение примерно 5—7 нс, плавно возрастает, а потом, примерно на 3—4 нс, стабилизируется — так называемый профилированный импульс. В результате удастся сжать плазму в центре мишени до плотности, в 100—200 раз превышающей исходную плотность DT-льда, а в окружающей области до плотности в 1000 раз большей, причем температура в центральной области оказывается на порядок выше, чем в окружении. Давления в центре и в окружении оказываются примерно равны, а масса наружной, менее нагретой части в 10 раз больше массы внутренней.

Образование такой конфигурации плазмы принципиально важно. Реакция начинается в центральной области, которая поэтому называется областью зажигания, или игниторм (от англоязычного ignition — «зажигание»). Энергия реакций синтеза, выделяющаяся в игниторе, переносится в окружающее плотное горючее, и в нем начинается реакция. Переносят энергию из игнитора образующиеся в реакциях альфа-частицы, электроны плазмы и ударная волна. В том случае, когда доминирующую роль играют первые два механизма переноса энергии, процесс называют волной термоядерного горения, при третьем механизме переноса — волной термоядерной детонации. Эффективность горения мишени будет тем больше, чем меньше масса игнитора по сравнению с массой всего горючего. Спичка должна зажечь костер.

Лазерный термоядерный синтез представляет собой последовательность микровзрывов мишени с миллиграммовой массой, длительность которых составляет несколько миллиардных долей секунды. Частота таких микровзрывов определяется частотой повторения выстрелов лазера, она может составлять около десяти выстрелов в секунду.



▲ Установка смонтирована. Камеру почти не видно за диагностической аппаратурой. Такова современная физика

Какой лазер выбрать?

Главный мотив для выбора лазера — его мощность и эффективность передачи его энергии сжимаемой плазме. В кинетическую энергию сжимаемой мишени может быть передана лишь часть поглощенной в короне энергии, остальная энергия уносится разлетающимся веществом короны. Вычисления показывают, что часть энергии, переданная мишени, максимальна при определенной доле испаренной массы. В случае ускорения к центру сферической оболочки с толщиной 10% от радиуса доля энергии, которая может быть передана сжимающейся мишени, не превосходит, увы, 10%. В итоге оказывается, что энергия лазерного импульса должна быть 1,5 МДж, а мощность — около 400—500 ТВт. И все это достается мишени радиусом около 1,5 миллиметра, с толщиной оболочки около 40 микрон, толщиной слоя DT-льда около 150 микрон и общей массой около 1 миллиграмма.

Современные исследования в области ЛТС основываются на использовании твердотельного лазера на неодимовом стекле (Nd-лазер). Уже сегодня он способен создать импульс наносекундной длительности с энергией в несколько МДж и мощностью в несколько сот ТВт. Важное значение имеет относительно малая длина волны излучения этого лазера — 1,06 микрометра (инфракрасное излучение). Вдобавок для Nd-лазера разработана техника эффективного преобразования (до нескольких десятков процентов)

излучения основной гармоники в излучение второй (0,53 мкм, зеленый свет) и третьей (0,35 мкм, ультрафиолет) гармоник. С уменьшением длины волны растет эффективность поглощения лазерного излучения в короне мишени, причем чем меньше длина волны, тем в более глубоких и плотных слоях плазмы поглощается излучение.

Итоговая эффективность процесса зависит от доли ядер, которые прореагировали в реакциях синтеза, — от степени выгорания. Она тем больше, чем больше время удержания плазмы, которое, в свою очередь, тем больше, чем больше произведение плотности плазмы на ее радиус. С учетом эффективности преобразования лазерной энергии в энергию плазмы, рассмотренная мишень может обеспечить выделение термоядерной энергии, в 10—20 раз превышающей лазерную энергию. Каковы возможности увеличить этот коэффициент? Естественный способ поднять эффективность — увеличить степень сжатия плазмы. Однако при использовании одного лазерного импульса, в рамках единого процесса сжатия и нагрева плазмы, как говорят, при искровом зажигании, степень сжатия плазмы ограничивается необходимостью ее нагрева до термоядерной температуры, что сопровождается образованием большого противодавления. Чтобы преодолеть это противоречие, сжимать мишень надо очень плавно и аккуратно, а нагревать мишень в конце лазерного импульса очень быстро. Такой режим сжатия может обеспечить профилированный лазерный импульс, о котором уже говорилось.

Использование профилированного импульса в ЛТС опирается на предложения А.Д. Сахарова, Эдварда Теллера и других ученых, высказанные в 50—70-х годах прошлого столетия. Трудность этого

подхода в том, что для достижения сверхвысоких сжатий требуется лазерный импульс с очень высоким (не менее 1000) отношением мощности в начале и в конце импульса и с очень высокой точностью зависимости мощности от времени. На практике используются более простые импульсы с отношением в несколько десятков. Один из вариантов — зажигание сфокусированной ударной волной (В.А. Щербаков, 1983). В зарубежной литературе за этой схемой зажигания закрепилось название *shock ignition*. Профилирование в этом случае сводится к использованию импульса, состоящего из двух частей. Первая протяженная часть длительностью в несколько наносекунд предназначается для начального сжатия мишени, а вторая — с длительностью в несколько десятков раз меньшей и интенсивностью примерно на два порядка большей — для генерации мощной ударной волны на завершающей стадии сжатия. Образование игнителя происходит при схождении к центру ударной волны на конечной стадии сжатия.

Максимальное увеличение эффективности может обеспечить схема зажигания, в которой процессы сжатия и нагрева плазмы разделены за счет использования двух методов воздействия на мишень, синхронизированных по времени (Н.Г. Басов, С.Ю. Гуськов, Л.П. Феоктистов, 1991). Первое воздействие для сжатия мишени обеспечивает лазерный импульс. Второе, для нагрева до термоядерной температуры и зажигания реакции, могут обеспечивать лазерный импульс, электронный или ионный пучок, импульс рентгеновского излучения. Исследования показали, что такой подход может снизить суммарную энергию, необходимую для зажигания, до значений около 100 кДж и поднять эффективность горения более чем в пять раз. Сейчас этот метод считается наиболее перспективным подходом, исследования в этом направлении ведутся во всех крупнейших лазерных лабораториях мира.

Чтобы понять требования к коэффициенту усиления, надо дополнить энергетический цикл с учетом КПД лазера. Эффективность передачи энергии лазера плазме, как мы видели, не превосходит 10%, поэтому при КПД лазера 1% коэффициент усиления по отношению к энергии плазмы должен превосходить 1000. В настоящее время КПД Nd-лазеров с ламповой накачкой, которые используются в современных экспериментах по ЛТС, не превосходит нескольких долей процента. Поэтому задача воспроизводства энергии может быть решена только при условии повышения КПД лазера по крайней мере до 5%. Это можно сделать при переходе к оптической накачке лазера излучением светодиодов. Такая система накачки может обеспечить не только КПД Nd-лазера на уровне 10%, но и необходимую частоту повторения импульсов около 10 Гц. При КПД лазера 5% и при коэффициенте усиления по отношению к энергии плазмы 300—1000 мы получим в 1,5—5 раз большую энергию, чем вложили. То есть в итоге мы получим то, чего добивались, — источник энергии.

Что имеем сегодня

За полвека исследований в области ЛТС накоплен огромный свод знаний в области физики взаимодействия мощного лазерного излучения с веществом, гидродинамики сжатия и термоядерного горения сферических мишеней, физики мощных лазеров, способных обеспечить генерацию лазерного импульса с энергией в несколько МДж и мощностью в несколько сот ТВт. Разработаны технологии оптических элементов мощных лазеров и термоядерных мишеней различной конструкции.

Наконец физики перешли к экспериментам, направленным на зажигание. Эти эксперименты начались в конце первой декады нынешнего столетия в Ливерморской лаборатории США на Nd-лазере — крупнейшем в мире. Энергия его импульса на третьей гармонике излучения составляет 1,8 МДж в 192 пучках. Длительность профилированного импульса может варьироваться в пределах нескольких десятков наносекунд. Изначально исследования на этой установке использовали не прямое облучение мишени лазерно-индуцированным рентгеновским излучением. Так исследователи добивались однородного нагрева мишени. В этом случае лазерное излучение должно преобразоваться в рентгеновское. Происходит это в специальном конверторе — полом цилиндре или сфере, в центр которых помещается термоядерная мишень. Лазерные пучки входят в цилиндрический конвертер через два вводных отверстия в его торцах и фокусируются на внутренней поверхности цилиндра. Возникает плазма, которая создает рентгеновское излучение, и оно переносит энергию на мишень. В этом случае мишень обжимается более «аккуратно», но часть энергии пропадает зря. Такой режим сжатия мишени более устойчив, однако этот подход требует больших энергий лазера.

Эксперименты на установке в Ливерморе проводят с двухслойными мишенями, они содержат небольшие добавки меди или германия для поглощения рентгеновского излучения. В экспериментах 2018 года был получен термоядерный синтез, наибольший выход нейтронов составил около 3×10^{16} . Это соответствует примерно трехкратному превышению выделяющейся термоядерной энергии по сравнению с кинетической энергией сжимающейся оболочки, однако это в 15 раз меньше энергии лазерного импульса.

Мощные лазеры с энергией около 2 МДж, предназначенные для экспериментов по зажиганию, создаются сегодня во Франции (Комиссариат по атомной энергии), в России (Российский федеральный ядерный центр — Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики) и Китае (Шанхайский институт точной механики). Программы исследований на этих установках предусматривают как не прямое, так и прямое облучение мишени; в Ливерморской лаборатории также есть планы экспериментов по прямому облучению.

При этом может оказаться эффективным использование мишеней, способных другими способами уменьшать влияние неоднородностей нагрева. Один из вариантов — мишень с профилированным распределением массы, второй — использование дополнительного слоя поглотителя лазерного излучения из пористого вещества малой плотности (С.Ю. Гуськов, Н.В. Змитренко, В.Б. Розанов, 1995).

В крупнейших лабораториях мира сейчас активно исследуют методы, позволяющие снизить энергию зажигания. И очень может быть, что удастся получить коэффициент усиления по отношению к лазерной энергии на уровне 10—50. И вот тогда будут выполнены решающие эксперименты в области лазерного термоядерного синтеза с положительным энергетическим выходом. Тогда в руках у человечества окажется второй способ получения энергии термоядерным синтезом. Как говорится, «одна голова хорошо, но две лучше». Один метод (Токамак) хорошо, а два — лучше. Надежнее.

Иные пути

Получение энергии при термоядерном синтезе — задача весьма соблазнительная, поэтому не могли не возникнуть и другие проекты. Среди них есть реальные с точки зрения физики и инженерии, хотя бы в перспективе. Например, была идея «мюонного катализа»: оказалось, что введение в DT-смесь потока мюонов позволяет получить синтез при более скромных параметрах. Эту идею разбирали в 90-е годы, весьма тщательно, но пока от нее отказались. В физике, если и не «дьявол в деталях», то наверняка «дьявол в КПД». То есть производство мюонов потребляет больше энергии, чем будет получено. Хотя сама идея красивая и, может быть, мы о ней еще расскажем.

Идея «взрывной дейтериевой энергетики» рассматривалась примерно в те же годы и выглядела вполне реальной даже на тогдашнем уровне развития технологий. Может быть, она не получила поддержки по чисто психологическим причинам. Мысль о термоядерном взрыве, хотя и глубоко под землей, и в стальной

камере, и погруженной в гранит, оказалась слишком дискомфортной для людей. Может быть, мы как-нибудь расскажем и о ней.

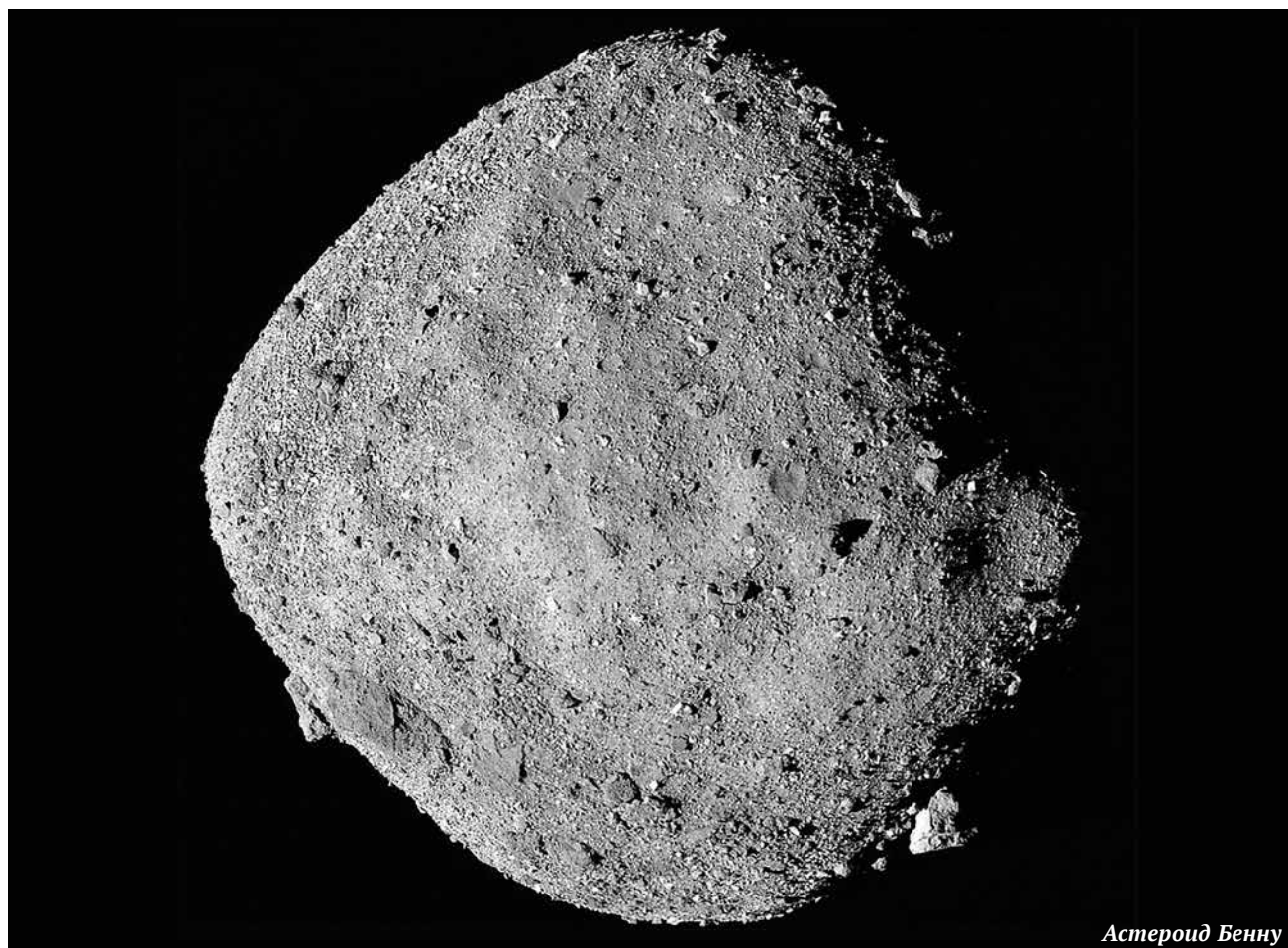
Самая реальная сегодня идея — так называемый «гибридный реактор». Это устройство, в котором есть и реактор синтеза, и реактор деления, а связывает их поток нейтронов. В качестве генератора потока нейтронов можно использовать Токамак и другие генераторы на основе плазмы, например открытую плазменную ловушку и камеру ЛТС. Поток нейтронов попадает в слой горючего в атомном реакторе. И там идут процессы с дополнительным тепловыделением. Это, конечно, усложняет конструкцию, но зато снижаются требования к той части, которая работает «реактором синтеза» и источником нейтронов. Если источником нейтронов работает управляемый термоядерный синтез, то именно к нему и снижаются требования. А в той части, которая изображает «реактор деления», можно использовать не только уран, но и торий, которого на Земле больше и с которым проще работать.

Усложнение конструкции снижает требования к ее частям — в инженерии это бывает довольно часто, если, конечно, инженер учился не дистанционно.

И в заключение — немного науковедения. Вся тема управляемого термоядерного синтеза, его истории и будущего, выделяется двумя особенностями. Первое, что бросается в глаза, это особое переплетение физики и инженерии. Отличие от, например, темы ближнего космоса в том, что здесь они связаны в основе. Например, проблема полетов в пределах Солнечной системы требует много физики, на каждом шагу и в каждом устройстве, но основа — законы гравитации и Ньютона — известна. Есть, конечно, прелестные детали, например, эффекты Ярковского и Пойнтинга — Робертсона, но на МКС и спутники связи они влияют слабо. Иначе обстоят дела при будущих полетах к звездам (см. книгу Бориса Штерна «Ковчег 47 Либра») и, сколь это ни забавно, на сегодняшнем переднем крае авиации (аэродинамика высоких скоростей). В управляемом термоядерном синтезе то, что реализуют «в железе», связано с основами физики весьма тесно — не менее чем в гипотетическом полете к звездам.

Вторая особенность, которую специалисты в других областях замечают и называют первой, — это масштаб реализации конкретных проектов. Токамак и комплексы управляемого термоядерного синтеза по объему вложенных средств и приложенных сил, по количеству проделанной и предстоящей работы конкурируют с самыми крупными ускорителями. Поэтому они требуют привлечения усилий ученых и инженеров многих стран. Они требуют заинтересованности человечества.

Поскольку «мощность» человеческой науки и техники ограничена, подобные проекты не могут быть реализованы быстро. Например, проект ускорителя «Будущий кольцевой коллайдер» (Future Circular Collider, FCC) рассчитан на десятки лет. Может быть, именно способность проектировать серьезно, то есть инженерно и детально, на такие сроки и реализовывать такие проекты важна? Может быть, это говорит что-то важное о человечестве?



Астероид Бенну

Результаты: астрофизика

Катастрофа челябинского метеорита напомнила человечеству, что космические угрозы не стоит сбрасывать со счетов. Самыми опасными, конечно, считаются ближайшие к Земле объекты. Нынче к двум из них, углеродным астероидам Бенну и Рюгу, приковано пристальное внимание американского и японского космических аппаратов «Озирис-Рекс» и «Хаябуса-2». При этом японский аппарат уже приближается к Земле с пробами грунта второго из них.

Километровый Рюгу и в половину меньший Бенну своими формами напоминают волчки

ромбовидного сечения, как будто их составили соединенные основаниями конусы, что само по себе уже загадка. И такие загадки появляются и разрешаются непрерывно — наблюдательные и теоретические открытия исследователей обеих миссий публикуются постоянно. Расскажем о двух последних достижениях, а также про аворы на кометах, загадочные вихри на Юпитере и темную материю.

Выбросы на Бенну

Активность Бенну вблизи перигелия зимой 2018–2019 годов — одно из самых интересных и до сих пор не разгаданных явлений, обнаруженных

аппаратом «Озирис-Рекс». Астероид спорадически выбрасывает мелкие частицы своей породы размерами до десятка сантиметров, которые или улетают в космос, или остаются на некоторое время на его орбите и падают обратно на поверхность. Три мощных зимних выброса произошли после полудня, между тремя с половиной и шестью часами местного астероидного времени. Цепочки летящих частиц сфотографировали телескопы аппарата, однако о природе явления пока приходится гадать.

Группа ученых НАСА под руководством доктора Вильяма Боттке из Юго-Западного исследовательского института в Боулдере пришла к выводу: во всем виноваты рои мелких, размерами с песчинки, космических тел, падающих на

Бенну; это они выбивают частицы с его поверхности. Такие миллиметровые метеороиды происходят от распада короткопериодических комет семейства Юпитера, когда те нагреваются при приближении к Солнцу. Поэтому кометный песок заполняет внутренние области Солнечной системы. Для оценки их числа и энергий вблизи Бенну авторы использовали готовую компьютерную модель Центра космических полетов НАСА, разработанную для анализа безопасности космических аппаратов в разных точках траекторий их полетов.

Расчет показал, что энергия удара песчинки по поверхности Бенну сравнима с действием пули, вылетевшей из ружья двенадцатого калибра: около семи килоджоулей. Чтобы такой удар выбивал наблюдаемые частицы, поверхность астероида должна быть мягкой и пористой. В перигелии песчинки должны падать на Бенну примерно раз в полмесяца, при этом с астероидом они встречаются «в лоб» и из-за специфики его вращения должны сталкиваться преимущественно к вечеру. Если предполагать, что характеристики поверхностей Бенну и Рюгу близки, то выводы модели косвенно подтверждает и экспериментальная бомбардировка Рюгу: в апреле 2019 года зонд «Хаябуса-2» сбросил на него двухкилограммовый медный снаряд, и созданный им кратер оказался неожиданно большим. То есть и у него поверхность не очень прочная. Поскольку с удалением от перигелия частота выбросов должна снижаться, модель удастся легко проверить в будущем. (*Journal of Geophysical Research: Planets*, 2020, 125, 8)

Происхождение Рюгу

Исследовательская группа из десятков японских ученых под руководством доктора Эри Татсуми из Токийского

университета недавно уточнила гипотезу происхождения астероида Рюгу, изучая оптические характеристики его поверхности. Считается, что этот астероид представляет собой компактную «кучу щебня», то есть состоит из слабо связанных валунов и более мелких кусков пород, которые слились воедино в результате их аккреции десять — двадцать миллионов лет назад. Это подтверждено измерениями массы и плотности астероида, доказывающими его высокую пористость.

Угольно-черная поверхность Рюгу состоит в основном из пород с большим содержанием углерода и воды. Однако оказалось, что на астероиде встречаются мелкие «камни» более светлой породы. Суммарно они занимают менее процента его площади, но их вкрапления хорошо заметны на темном фоне. Оптические спектры светлых пород можно подразделить на два плавно переходящих друг в друга класса. Первый гладкий и соответствует усредненному спектру астероида. Спектры также соответствуют углистым хондритам, изменившимся под действием высоких температур. Второй спектральный класс характерен для обычных хондритов, считается, что они происходят от астероидов с безводными породами, которые содержат много силикатов. Напомним: хондриты — это наиболее распространенный материал, из которого состоят метеориты. Они характеризуются наличием небольших силикатных включений в форме шариков, хондр. В углистых хондритах много железа и есть связанная вода, в обыкновенных железа меньше, а воды нет совсем.

Эти данные позволили сделать вывод о том, что Рюгу родился после того, как небольшое силикатное тело врезалось в крупный родительский углеродный астероид. Выбитые ударом осколки затем вновь собрались в компактное тело и сформировали Рюгу с долей материалов, соответствующей соотношению размеров столкнувшихся тел. Японские ученые надеются, что изучение

проб грунта, которые «Хаябуса-2» сбросит на Землю уже шестого декабря 2020 года, позволит проверить их выводы и прояснить вопрос о происхождении Рюгу. (*Nature Astronomy Letters*, 2020, 9)

Аврора на комете

На Земле полярное сияние, аврора, возникает, когда энергичные частицы солнечного ветра заставляют светиться содержимое ее атмосферы. В небе авроры создают причудливые картины ярких цветов, длина волны которых определяется электронными уровнями источников. Сияния также обнаружены на Марсе, Венере, планетах-гигантах, спутниках планет. Классическая аврора возникает при прямом воздействии ионов или электронов солнечного ветра на атомы и молекулы атмосфер.

У комет атмосферы, они же комы, аврор до сих пор не наблюдали. Однако, присмотревшись к данным приборов НАСА, установленных на аппарате Розетта, который в 2014—2016 годах эскортировал комету 67Р, она же комета Чурюмова — Герасименко, астрофизики разглядели авроры. В этом помог тщательный анализ ультрафиолетовых спектров и данных о нейтральных газах и электронах комы.

Поначалу возникло мнение, что невидимое глазу свечение комы в ультрафиолетовой области вызвано фотонами, которые выбивают электроны из вещества комы и так стимулируют флуоресценцию газов. Однако подробный анализ показал, что свечение напрямую вызвано электронами Солнца. Именно они заставляют диссоциировать водород- и кислородсодержащие молекулы комы, в том числе воду, которые затем сбрасывают излишек энергии, излучая дальний ультрафиолет. Такой вывод позволит в будущем использовать линию кислорода 13,56 нм для определения концен-

трации электронов солнечного ветра в области пролета кометы. Это поможет модернизировать защиту космических аппаратов, в том числе для будущих пилотируемых полетов на Луну или Марс. (*Nature Astronomy*, 21 сентября 2020 года)

Загадочные вихри на полюсах Юпитера

Хорошо известно, что над Северным полюсом Сатурна постоянно висит шестиугольный атмосферный вихрь. Эта идеальная геометрия пока не находит однозначного объяснения, поскольку чрезвычайно сложно анализировать турбулентные течения в атмосферах планет. Четыре года назад исследователи нашли упорядоченные вихри и на другой планете-гиганте, знаменитой своим антициклоническим Красным пятном. Тогда к Юпитеру приблизился космический аппарат Юно, который со своей полярной орбиты и увидел две группы вихрей: восемь циклонов в вершинах октагона вокруг одного циклона над Северным полюсом и пять в вершинах пентагона с один посередине — над Южным. Аппарат измерил поля скоростей в этих вихрях. Они оказались подобны земным ураганам, однако их глубина пока неизвестна.

Метеорологи Земли хорошо знают, что циклоны у вращающихся планет смещаются к северу. На Земле они зарождаются над экваториальными океанами, в среде, насыщенной поднимающимся водяным паром, и перемещаются в полярные области, теряя свою энергию. Установлено, что и на Юпитере циклоны образуются у экватора и движутся к полюсам, где стабилизируются. Геометрическая картина не меняется с момента ее обнаружения, поэтому недавно группа ученых из лаборатории Калифорнийского технологического института под руководством профессора планетарных наук Энди Ингерсо-

ла математически исследовала устойчивость южных циклонов Юпитера.

Авторы работы прояснили ситуацию, применив теоретический подход, предложенный полтора столетия назад известным английским физиком лордом Кельвином. Математическое моделирование и компьютерный счет его уравнений проводили в приближении мелкой воды, то есть когда горизонтальный масштаб рассматриваемой системы гораздо больше вертикального масштаба. Этот расчет позволил понять, что для стабилизации идеальной геометрической картины циклонам необходимо так называемое экранирование, зависящее и от глубины вихря. Это — движение атмосферы вокруг них в противоположном направлении: оно и вызывает силовое взаимодействие, придающее устойчивость системе вихрей; циклоны оказались окружены антициклонами. При недостаточной экранировке пентагональная картина должна схлопнуться, при излишней — антициклонные и циклонные части вихрей разбегутся. Почему Юпитер так точно «выбирает» параметры своих вихрей, неясно. В заключение авторы приводят внушительный список нерешенных вопросов. Их пока больше, чем ответов. (*PNAS*, 2020, 9)

«Хаббл» против темной материи

В современной космологической теории холодного темного вещества принято считать, что основную массу Вселенной составляет невидимая материя, взаимодействующая с обычным светящимся веществом лишь гравитационно. Эта теория позволяет вычислять связь концентраций темного и обычного вещества. Высокая концентрация темной материи создает гравитационные линзы. Это значит, что искажается траектория луча света от далекого объекта, например

галактики, проходящего через них к земному или околоземному телескопу. Наблюдения гравитационных линз позволяют характеризовать свойства темной материи в ее субструктурах, то есть ее мелкомасштабное распределение в скоплениях галактик.

Группа из полутора десятков ученых разных стран под руководством доктора Массимо Менегети из Болоньи вычислила вероятность сильного линзирования, производимого субструктурами одиннадцати хорошо известных кластеров галактик. Когда исследователи сравнили предсказанное теорией распределение темного вещества в кластерах той же массы и на том же расстоянии от Земли с наблюдениями орбитального телескопа «Хаббла» и чилийского очень большого телескопа Европейской южной обсерватории, то увидели, что они совершенно не соответствуют друг другу.

Оказалось, что некоторые гравитационные линзы в скоплениях создают гораздо более сильные оптические эффекты и содержат больше темного вещества, чем предсказывает теория: больше чем в десять раз. Ученые уверены, что дело здесь либо в систематической ошибке, заложенной в компьютерные расчеты концентраций темного вещества, либо, скорее всего, в ошибках описывающей его теории. (*Science*, 2020, 369, 1347)

Выпуск подготовил
А. Гурьянов



Вес в обществе

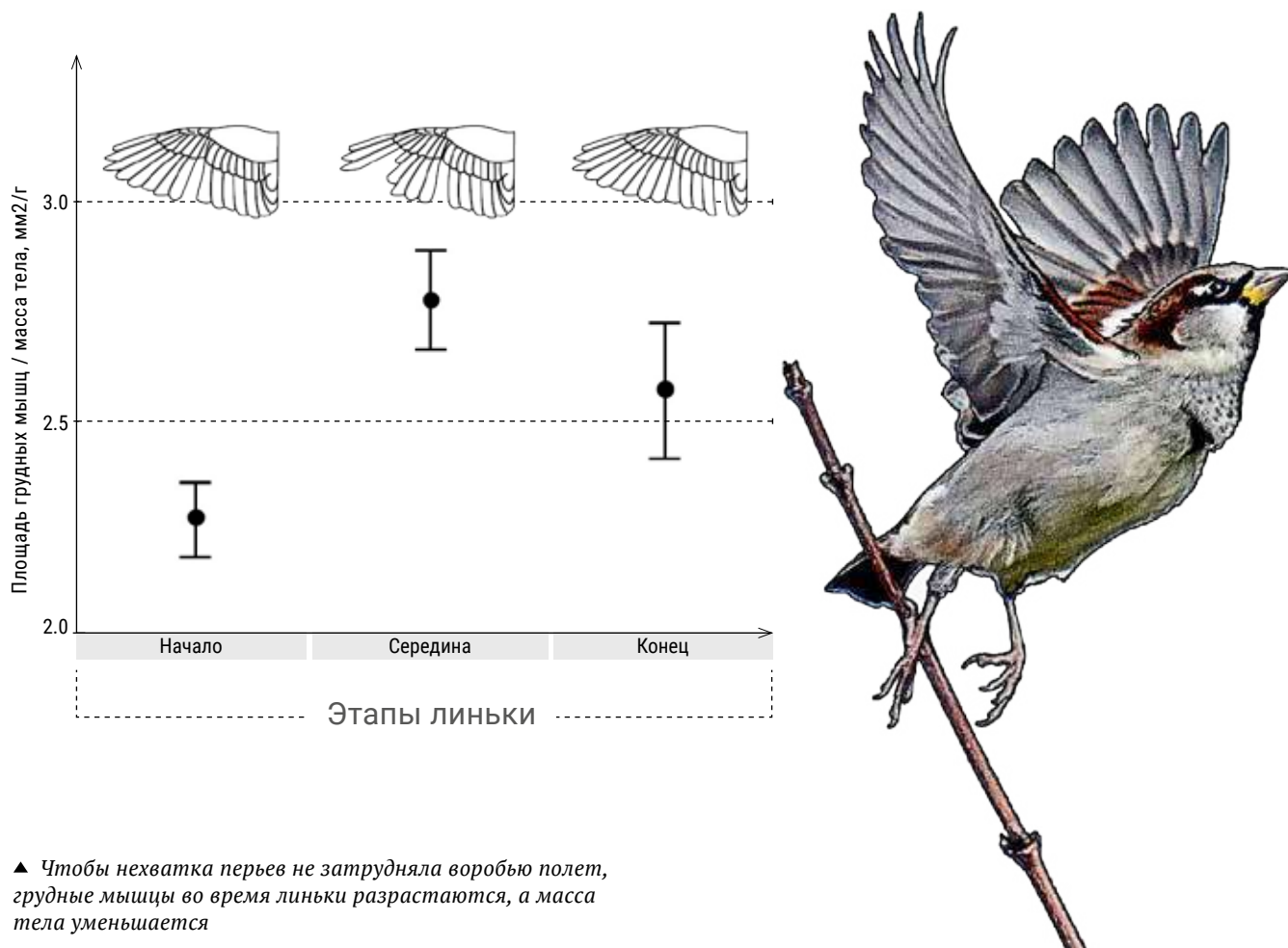
С чем только ни сравнивали нашу жизнь: с театром, с музыкой, с игрой. Жизнь — это очередь. Обычно все одновременно не могут получить даже того, чего хватает на всех. Так что не толпитесь, граждане, подходите по одному. А кто первый?

В сообществе животных — это вожак. Однако многие виды обходятся без явного вожака, и при его отсутствии в группе устанавливается линейная иерархия, при которой члены сообщества ранжированы и особи более высокого ранга доминируют над всеми членами более низкого ранга. Проще говоря, один оттирает другого от доступа к материальным благам: еде, партнеру, удобному месту. Такое устройство не всегда заметно. Вот, например, группа голубей. Мирные, толстые птицы чинно сидят или похаживают по земле, что-то покле-

ывая, и кажется, им дела нет друг до друга. Но стоит насыпать им кучку пшена или бросить корочку хлеба, голуби устремляются к источнику пищи. Они активно отпихивают тех, кто рангом пониже, пока их самих не отгонит кто-то более весомый.

Не стоит завидовать животным с высоким рангом доминирования: им достаются не только плюшки, но и колотушки. В случае конфликта с другой группой или даже с представителями иного вида разбираются именно они как самые агрессивные, благодаря чему остальные могут более-менее спокойно чистить перышки или кормиться.

Порядок доминирования определяют разные факторы. У черной вороны *Corvus corone corone* он зависит от пола (самцы главнее самок) и оседлости. Высшую степень социальной лестницы занимают самцы — ре-



▲ Чтобы нехватка перьев не затрудняла воробью полет, грудные мышцы во время линьки разрастаются, а масса тела уменьшается

зиденты, которые гнездятся на этом участке; за ними следуют пришьлые самцы, потомки резидентных самцов, резидентные самки и пришьлые самки. Снежные козы *Oreamnos americanus* живут группами примерно из четырех десятков взрослых самок, и положение в группе у них зависит от возраста, а точнее, от выживания. Чем старше коза, тем она агрессивнее по отношению к младшим, а младшие, даже более крупные и сильные, уступают матриарху. Аналогичная ситуация складывается в стаде мясных коров. Отношения доминирования устанавливаются у них в раннем возрасте и очень устойчивы.

Возраст и жизненный опыт не всегда дают право раздавать тумачи. У многих видов доминирование зависит от массы тела. Несколько лет назад специалисты университетов Сан-Франциско и Калифорнии исследовали 19 видов плодоядных птиц, белок и приматов в зрелых тропических лесах Центральной Африки. Оказалось, что чем крупнее животное, тем больше плодов с дерева ему достается. Гонять друг друга могут и животные разных видов, причем они более агрессивны по отношению к особям сходной массы. Если на дереве кормятся два вида белок и один вид птиц, крупные белки чаще гоняют птиц, которые незначительно легче их самих, чем более мелкий вид белок.

Не надо путать доминирование с лидерством. Доминирование — парное взаимодействие, один требует, другой уступает, хотя есть особи настолько агрессивные, что им уступают все. Лидер же управляет целой группой, он решает, когда, где и чем будут заняты его сородичи. У некоторых животных, например волков, горных горилл или павианов, один самец явно подавляет других, и ему же, как правило, принадлежит лидерство. У других же самый агрессивный замечен не сразу и лидером может не быть.

Такая ситуация сложилась у голубей. Доминирование и лидерство у них исследовали специалисты Будапештского университета. Они предлагали группе из 10 или 30 птиц зерно в чашке и записывали на видео, как они толкаются у кормушки. Анализ видеозаписей позволил определить наиболее агрессивную особь в каждой группе. Затем голубей пускали летать, снабдив датчиками GPS высокого разрешения. С помощью этих датчиков исследователи определяли, как птицы движутся относительно друг друга и какая из них первой меняет курс. В воздухе голуби стараются держаться плотной стайкой, так безопаснее, хищникам сложнее сориентироваться, когда перед глазами мелькает несколько птиц. Чтобы стая сохраняла плотность и двигалась синхронно, птицы должны следовать за



лидером, который определяет скорость и траекторию движения. Летящие голуби не могут агрессивно взаимодействовать, поэтому лидерство у голубей не зависит от доминирования.

Наблюдая за группами голубей в небе и на земле, ученые выяснили, что на земле доминируют одни птицы, а направление полета выбирают другие. Доминирование у голубей зависит от размеров и массы тела. От чего зависит лидерство, пока неясно. Все голуби, задействованные в этом эксперименте, были взрослыми, поэтому исследователи не обнаружили связи лидерства и возраста. Не исключено, однако, что она есть. Известно, что у мигрирующих птиц опыт накапливается с годами и старшие летят впереди молодых. Как обстоит дело у домашних голубей, предстоит выяснить.

Но вернемся к доминированию. Положение, которое зависит от возраста или стажа проживания на определенном участке, достаточно определенно и стабильно. Но как быть с размерами? Ведь масса тела в течение года меняется. У голубей, а это очень удобный объект исследования, на вес влияют обилие корма, линька, гнездование и ухаживание. Вопрос в том, как быстро птицы реагируют на эти изменения и помнят ли о былом своем величии или ничтожестве?

Эту проблему исследовали специалисты Лондонского университета. Они работали с семнадцатью голубями (восемь самцов и девять самок), живущими

▲ *К цели пробьется самый агрессивный*

на голубятне Королевского ветеринарного колледжа в Хатфилде. Всем птицам к началу эксперимента было по шесть лет, и в течение двух лет они жили замкнутой группой, так что отношения между ними устоялись, иерархия доминирования сложилась. Чтобы иерархия проявилась, исследователи не кормили голубей с пяти часов вечера, а утром помещали в вольер с единственной кормушкой, рядом с которой помещались всего три птицы. Они, естественно, толкались, а ученые наблюдали за их поведением.

Если один голубь активно клюет другого, тянет его за клюв или за шею, лупит крыльями или мчится ему наперерез, отчего противник меняет курс, он проявляет агрессию. Учтя количество побед и поражений в попарных столкновениях, исследователи определяли ранг каждой птицы. Ученые провели шесть таких экспериментов в разные периоды годового цикла — в ноябре, марте и июне — и выяснили, что иерархия доминирования в группе стабильна, ранжирование воспроизводится от эксперимента к эксперименту, причем ранг птицы, то есть ее агрессивность, линейно зависит от массы тела. Птицы легче 400 граммов обычно проигрывают в попарных поединках, те, кто тяжелее 550 граммов, выигрывают.



фото Scott Nelson

▲ У снежных коз положение в группе зависит от возраста

Затем девяти птицам, которые стабильно занимали нижние ступени социальной лестницы, добавили вес. За четыре часа до начала эксперимента им на спинку прикрепили самоклеящиеся свинцовые грузики. Голубей утяжелили настолько, чтобы увеличить их массу примерно на 12%. Именно в таком диапазоне масса у голубей может меняться в течение года естественным путем.

Нагруженные голуби из последней девятки оказались существенно тяжелее голубей из первой семерки, оставшихся при своем весе. Две птицы под гнетом свинца стали менее активными, остальные — более агрессивными, причем некоторые увеличили количество агрессивных взаимодействий аж в семь с половиной раз. В целом утяжеление голубей привело к росту общей агрессивности в стае, число агрессивных действий по сравнению с предыдущими сессиями увеличилось почти вдвое.

Затем груз сняли и эксперимент повторили. Иерархия доминирования немедленно изменилась соответственно фактической массе птиц. Следовательно, никакой памяти о былых успехах у голубей нет, а есть простой неврологический механизм, мгновенно меняющий поведение в зависимости от массы тела.

Не исключено, что возросшая агрессия искусственно утяжеленных птиц — результат раздражения и стрес-

са, вызванных навьюченным на спинку грузом. Однако птицы никак не показывали, что груз их раздражает, не пытались его клевать или сбросить. Кроме того, голуби ранее участвовали в других экспериментах и привыкли, что на них надевают оборудование. Поэтому такое объяснение агрессии маловероятно. Исследователи предположили, что дополнительная ноша увеличивает энергетические потребности птиц и они вынуждены вести себя более агрессивно, чтобы эти потребности удовлетворить.

Быстрые адаптации к изменившимся энергозатратам встречаются у птиц нередко. У исландского песочника *Calidris canutus* из семейства бекасовых во время перелета удлиняются летательные мышцы, в период гнездования они уменьшаются, зато увеличиваются органы пищеварения.

Полевые воробьи *Passer montanus* дальних перелетов не совершают, но ежегодно линяют, и в это время уменьшается площадь крыла, что должно затруднять полет. Однако линька не сказывается на полете воробьев. Специалисты Стокгольмского университета выяснили, что у меняющих перья птиц увеличивается размер грудных мышц, компенсируя уменьшившуюся площадь крыльев, а масса тела снижается, чтобы облегчить возросшую нагрузку на крылья. Разница ощутима уже на седьмой день (линька занимает 70—80 дней). Важно, что размер грудных мышц и масса тела изменяются в противоположных направлениях. Воробей, подобно бодибилдеру, худеет, а его мышцы обретают рельеф. Когда линька заканчивается, птичья тельце возвращается в первоначальное состояние.

Воробьи всегда меняют перья в одно и то же время, их организм, подчиняясь годовому циклу, может синтезировать гормоны, влияющие на обмен веществ. Чтобы избежать влияния гормонов, исследователи поймали 24 воробья в феврале, когда они не линяют, и рассадил их по четырем помещениям. У половины птиц в каждой группе срезали несколько перьев, а другую половину оставили для контроля. Пока у воробьев отрастали новые перья, их грудные мышцы увеличились, а общий вес уменьшился. Следовательно, птичья физиология быстро и обратимо меняется, чтобы компенсировать изменения внешних условий.

Почему масса тела так сильно влияет на доминирование и почему это происходит не у всех видов, пока неясно. Лондонские ученые предполагают, что у видов, не имеющих выраженной брачной окраски, большой вес, подобно ярким цветам и диковинным перьям, свидетельствует о здоровье. Масса тела — заметный показатель. В пользу этого предположения говорит тот факт, что прикрепленный на голубиную спину груз увеличивал агрессивность самцов, но не самок.

Итак, агрессивность голубей зависит от массы тела, причем на изменения они реагируют очень быстро. А это означает, что люди, кормящие голубей, увеличивают их агрессивность. И не говорите, что вас не предупреждали.

Н. Анина



Иллюстрация Петра Перевезенцева

Панацейка

Черноплодная рябина Мичурина

На северо-востоке Северной Америки, от Великих Озер до Аппалачей, растет невысокий кустарник с черными суховатыми плодами. Плоды мелкие и невкусные, тем не менее индейцы добавляли их в пеммикан — пищевой концентрат из сушеного или вяленого мяса, жира и сушеных ягод. Соком ягод обрабатывали раны и ожоги, а отвар из листьев пили при простуде. Когда в Америки появились белые поселенцы, они использовали ягоды и кору как вяжущее средство.

В конце XVII века кустарник привезли в Старый Свет и выращивали

как декоративное растение. Он относится к семейству розовых, в родстве с яблоней, грушей, вишней, боярышником, рябиной и, как все розовые, красиво цветет. Назвали кустарник черноплодной аронией, *Aronia melanocarpa*. «Меланокарпа» и значит «черноплодная», а родовое название «арония» образовано от греческого «арос» — помощь, польза. В конце концов, ягодами художечно лечатся.

В России арония черноплодная появилась в начале XIX века, а в 1890-х годах то ли семена, то ли саженцы прислали из Германии И.В. Мичурину. Иван Владимирович по-

► У аронии Мичурина (верхнее фото) гроздь погуще и плоды покрупнее, чем у аронии черноплодной

святил жизнь выведению плодовых культур, способных расти на севере, и аронию — северный кустарник — использовал как селекционный материал. Скрещивая *A. melanocarpa* с рябиной (рябины относятся к роду *Sorbus*), он вывел несколько сортов крупноплодной, почти сладкой рябины, в том числе знаменитую Ликерную. А еще получилось растение, которое И.В. Мичурин назвал черноплодной рябиной, потому что его соплодия напоминают соплодия рябины.

Как Мичурин действовал в данном случае, точно неизвестно: то ли опылял аронию черноплодную пыльцой какого-то вида рябины, то ли скрещивал с аронией сливовидной *A. prunifolia*, но результат получился великолепный. Новый гибрид существенно выше черноплодной аронии, листья шире, плоды в два раза тяжелее, сочные и приятные на вкус, причем их много. С одного куста можно собрать до 10—15 килограммов. Растение оказалось более холодостойким, чем *A. melanocarpa*, оно выдерживает морозы до -40°C , и Мичурин рекомендовал использовать черноплодную рябину в качестве ягодной культуры на севере, где других фруктов мало.

Черноплодная рябина не имела широкого распространения до тех пор, пока в 1935 году черенки нового сорта не привезли из города Козлова, где работал Мичурин (сейчас этот город так и называется — Мичуринск), на опытную станцию садоводства в Горно-Алтайск. С 1940-х годов станция рассылала саженцы и семена черноплодной рябины в разные регионы СССР, потом ее стали выращивать в странах Восточной Европы, в Германии и Дании, Финляндии и Швеции, завезли в Японию и в Америку. Долгое время черноплодную рябину считали окультуренной формой *A. melanocarpa*. Однако она разительно отличается от аронии черноплодной и внешним видом, и



структурой генома. В 1982 году советские ботаники А.К. Скворцов и Ю.К. Майтулина описали черноплодную рябину как новый вид и назвали аронией Мичурина *A. mitschurinii*. Тем не менее путаница сохраняется, и многие специалисты продолжают именовать черноплодную рябину *A. melanocarpa*. Но мы ошибаться не будем. Итак, черноплодная рябина на самом деле не рябина, а арония, но не черноплодная, а Мичурина.

Плоды черноплодной рябины — они называются яблочки — достаточно сладкие, в них до 18% сахаров, но присутствуют и танины, и органические кислоты, отчего у плодов вяжущий, кисловатый привкус, и в свежем виде их едят редко. Чаще из них отжимают соки, делают вино, добавляют в джемы и мармелады из фруктов, в которых мало пектина. В черноплодке пектина предостаточно, поэтому она придает джемам

плотность. А еще в плодах много антоциановых пигментов, и они улучшают цвет продукта. Черноплодную рябину даже выращивают как сырье для производства пищевых красителей.

Однако в нашем отечестве, а потом и в Восточной Европе черноплодная рябина прославилась в первую очередь способностью снижать давление. Потом у нее обнаружили и другие целебные свойства. В 1959 году Фармакологический комитет Министерства здравоохранения СССР рекомендовал плоды и сок аронии для клинического испытания как средства лечения гипертонической болезни, атеросклероза и анацидных гастритов (отсутствия соляной кислоты в желудочном соке).

Современные исследования подтверждают лекарственный потенциал аронии Мичурина. Свежие плоды, настой из сушеных плодов, сок холодного отжима действительно снижают давление у пациентов с гипертонией в начальной стадии; нормализуют липидный обмен у людей, страдающих метаболическим синдромом и сердечно-сосудистыми заболеваниями, в том числе атеросклерозом; уменьшают концентрацию глюкозы в крови у больных сахарным диабетом второго типа. У пациентов, перенесших инфаркт миокарда, антоцианы черноплодной рябины снижают воспаление. Арония Мичурина стимулирует секрецию желчи и повышает кислотность желудочного сока. Лечиться соками и экстрактами нужно долго, от нескольких недель до нескольких месяцев. Черноплодная рябина помогает лишь тем, кто нуждается в помощи. Если у человека нормальное давление или липидный обмен, он может спокойно есть плоды и пить сок, не опасаясь побочных эффектов.

В пробирке сок подавляет рост золотистого стафилококка, синегнойной палочки, кишечной палочки, возбудителя пищевых отравлений *Bacillus cereus*. Фитонциды аронии не убивают бактерии, однако не дают им образовывать биопленки и таким образом делают более восприимчивыми к лекарствам. Лечение аронией позволяет снизить дозу антибиотиков. У сока аронии нашли и противовирусную

активность, в том числе он не дает размножаться вирусам гриппа.

Целебными свойствами *A. mitschurinii* обязана коктейлю биологически активных веществ. Прежде всего, это витамины. Витамины В₁ (тиамин), В₂ (рибофлавин) и В₆ участвуют в регуляции обмена веществ. Витамин В₄ (холин) способствует усвоению жирных кислот и повышает устойчивость к возбудителям инфекций. В₂ и В₉ (фолиевая кислота) важны для кроветворения и образования гемоглобина. Витамин РР (ниацин, никотиновая кислота) снижает содержание глюкозы в крови и нормализует концентрацию холестерина, стимулирует выработку пищеварительных соков желудка и поджелудочной железы, расширяет периферические кровеносные сосуды, улучшая кровообращение в коже.

Особо следует сказать о витамине Р, точнее о веществах, обладающих Р-витаминной активностью. Это разнообразные соединения растительного происхождения, объединенные наличием бензольного кольца с одной или несколькими гидроксильными группами и биологическим действием. Р-витаминный комплекс черноплодной рябины включает флавоноиды (рутин, кверцетин, гесперидин, кверцитрин), катехины и антоцианы. По содержанию витамина Р арония Мичурина занимает одно из первых мест среди российских плодовых растений — более двух граммов на 100 граммов сухих плодов.

Р-активные вещества нормализуют кровяное давление и обмен холестерина, укрепляют стенки сосудов, поэтому полезны для профилактики и лечения внутренних кровоизлияний. Они помогают при инфекционных заболеваниях, поражающих стенки сосудов, таких как скарлатина, корь, сепсис, геморрагические лихорадки, а также при дизентерии и брюшном тифе, когда образуются язвочки на слизистой оболочке. Р-активные вещества образуют комплексы с ионами тяжелых металлов и способствуют выведению токсинов. Для профилактики заболеваний и поддержания физической и умственной активности специалисты рекомендуют принимать по 100—200 мг

Р-активных веществ в сутки, для лечения — один-два грамма.

Подавляющее большинство Р-активных веществ — полифенолы, которые плохо переносят нагревание, так что плоды лучше хранить при 3°C, а сок делать холодного отжима. Витамин Р лучше усваивается в комбинации с аскорбиновой кислотой, а ее в черноплодной рябине немного. С 1966 года Бийский витаминный завод выпускает таблетки витамина С и Р, которые делают из аскорбиновой кислоты и жомов плодов черноплодной рябины. Эти таблетки принимают при гипертонической болезни и кровотечениях.

Говоря о биологической активности фенольных соединений, специалисты отмечают их слабую биодоступность. Они плохо всасываются в тонком кишечнике, их концентрация в крови мала. Но есть и другое мнение — полифенолы, антоцианы в частности, всасываются хорошо, но быстро выводятся из организма.

Биологически активными веществами богаты не только плоды, но и листья аронии Мичурина. В них много полифенолов, которые снижают давление, укрепляют сосуды, стимулируют секрецию желчи и снижают воспаление. В России разработана методика получения экстракта листьев *A. mitschurinii*, однако листья пока не считаются фармакопейным сырьем.

Экстракты, настои и таблетки производят из плодов черноплодной рябины и выжимок, которые остаются после производства сока. К сожалению, в аптеках эти препараты найти трудно. В продаже бывают сушеные плоды черноплодной рябины, ликеры, соки и сиропы. Велика вероятность, что на них будет написано: изготовлено из *A. melanocarpae*. Но мы-то знаем, что виды до сих пор путают даже специалисты и речь идет об аронии Мичурина.

Н. Ручкина

**АНДРЕЙ ВАРЛАМОВ,
ЖАК ВИЛЛЕН, АТТИЛИО
РИГАМОНТИ**

Физика повседневности.
От мыльных пузырей до
квантовых технологий
Перевод с французского:
Мария Прилуцкая

М.: Альпина нон-фикшн, 2020

Каждая страница этой книги приглашает удивляться, хотя в ней обсуждаются физические явления, лежащие в основе нашей повседневной жизни. В ней не забыты и последние достижения физики: авторы посвящают читателя в тайны квантовой механики и сверхпроводимости, рассказывают о физических основах магнитно-резонансной томографии и о квантовых технологиях. Можно ли попробовать спагетти альденте на вершине Эвереста? А выпить там хороший кофе? Как заставить бокал запеть? И можно ли построить переговорную трубку между Парижем и Марселем? Книга вышла при поддержке фонда «Траектория».



**ДМИТРИЙ БОВЫКИН,
АЛЕКСАНДР ЧУДИНОВ**

Французская революция

М.: Альпина нон-фикшн, 2020

Французская революция XVIII века уникальна тем, что ее опыт востребован и актуален вот уже более двух столетий. Она — точка отсчета и матрица для всех последующих революций, участники которых равнялись на нее, подражая ей или пытаясь ее превзойти. Не удивительно, что и в наши дни историки и социологи видят в ней идеальную модель для изучения динамики революций в целом и выявления их общих закономерностей, обращаются к ее опыту вновь и вновь, пытаются понять, как происходят и как развиваются революции. Жившие два с лишним века тому назад люди в напудренных париках и камзолах были не так далеки от нас, как это может показаться на первый взгляд.



**ЯН ШИНТУН,
СТИВ НАДИС**

Контур жизни. Математик в
поиске скрытой геометрии
Вселенной

Перевод с английского:
Наталья Лисова

М.: Альпина нон-фикшн, 2020

Гарвардский математик, лауреат Филдсовской премии Яу Шинтун дал геометрическое обоснование «первой струнной революции», предложил принципиально новые идеи в понимании массы и кривизны и теоретически доказал стабильность нашей Вселенной. В своей автобиографической книге Яу Шинтун рассказывает о невероятном пути, который привел его к математическому Олимпу. Бедное детство в Китае и Гонконге, учеба в аспирантуре в Беркли в разгар протестов, связанных с Вьетнамской войной, доказательство гипотезы Калаби, за которое он был удостоен Филдсовской медали, работа на двух континентах — в Азии и Северной Америке развитие новой области математики — геометрического анализа.



АНО

АЛЬПИНА НОН-ФИКШН



Книги

ХЕЛЕН СКЕЙЛС

О чём молчат рыбы:
Путеводитель по жизни
морских обитателей

Перевод с английского:
Александра Дьяконова

М.: Альпина нон-фикшн, 2020

Морской биолог Хелен Скейлс провела сотни часов под водой, наблюдая за жизнью рыб, и теперь в качестве гида приглашает читателей в увлекательное путешествие по морям и океанам, по рекам Европы и Америки, по рифам и морским глубинам. Мы поплаваем с мантами и акулами, удивимся сообразительности губанов-чистильщиков и порадуемся красоте и причудливым повадкам самых разных рыб — от рыб-клоунов до пираний и глубоководных удильщиков. Почему рыбы в косяке не сталкиваются друг с другом, как им удается избегать опасных хищников, зачем рыбы рисуют на своих телах секретные граффити и кто их читает, какие звуки они издают и какую сделку заключили с бактериями, чтобы светиться и видеть в темноте? Хелен Скейлс подробно отвечает на эти вопросы.



**ИЛЬВА ЭСТБЮ,
ХИЛЬДА ЭСТБЮ**

Это мой конёк:
Наука запоминания
и забывания

Перевод с норвежского:
Дарья Гоголева

М.: Альпина нон-фикшн,
2020

Две сестры из Норвегии, нейropsychолог Ильва Эстбю и известная писательница Хильда Эстбю открывают перед читателем захватывающую панораму понимания памяти — от эпохи Возрождения и открытия гиппокампа, напоминающего по форме морского конька, до нашего времени. В свете самых актуальных научных идей XXI века показана роль различных отделов мозга, причины забывания детских воспоминаний и трудностей с памятью при стрессе и депрессивных состояниях. Авторы берут интервью у самых разных специалистов, от крупнейших нейробиологов планеты до дочери Ингмара Бергмана, чтобы разобраться, как работает наша память, почему она иногда подводит и что нам делать, чтобы ее укрепить. Книга вышла при поддержке фонда «Траектория».



Подробности на сайте издательства: <http://www.nonfiction.ru>



В.М. Хуторецкий

Иллюстрация Александра Кука

Бедность
не порок,
но
проблема

Люди не рождаются равными. Хорошо, если они имеют равные права, да и то не везде: подданные абсолютных монархий или женщины во многих странах не равны в правах с другими. Доходы и богатство внутри стран тоже разделены отнюдь не равномерно. Согласно отчету Credit Suisse, 1% населения Земли владеет 44% собственности, а 56,6% населения с доходом ниже 110 тысяч долларов в год владеют лишь 2% собственности. Россия занимает одно из последних мест в мире по равномерности распределения богатства: 1% ее населения владеет примерно 70% благосостояния страны («Доклад о мировом богатстве», Credit Suisse, 2019 г.). Деньги делают деньги, не имея денег очень трудно выбраться из нищеты — в результате возрастают социальное напряжение и конфликты между богатыми и бедными странами и людьми. Мир заинтересован в снятии этих напряжений, но как? Понятное дело, надо увеличить доходы менее обеспеченных слоев населения. Сделать это могут только государства или международные организации, перераспределяя налоговые поступления, которые государство взимает со своих граждан и предприятий.

Бедность и налоги

Термин «малообеспеченный» имеет совершенно разное значение при переходе от субсахарской Африки к Латинской Америке и далее к США и Европе. Во многих странах южнее Сахары люди и сейчас живут меньше чем на доллар в день. Всемирный банк в качестве порога абсолютной бедности задает существование на менее чем 1,9 доллара/день. Казалось бы, избавиться от такой бедности в наше время не так уж трудно. Китай, в котором больше людей, чем во всей Африке, смог у себя довести уровень бедности до 4,7 доллара в день, хотя на этом уровне и живет почти половина его населения, главным образом сельского. Таковы оценки журнала «The Economist» (18 июня 2020 г.).

В мире функционирует целая индустрия по борьбе с бедностью — программы ООН, Всемирного банка, Международного валютного фонда и многочисленных благотворительных фондов. Фонд Рокфеллера в 1950-е годы финансировал работы Нормана Борлоуга, отца зеленой революции, которая позволила Мексике выйти на самообеспечение, а затем и на экспорт пшеницы. Однако перенести свой опыт в Индию ему

удалось, буквально пробивая лбом бюрократические стены. Почему эта революция, основанная на внедрении в оборот более продуктивных сортов растений, на орошении, применении современной техники, удобрений и пестицидов, позволила преодолеть голод, но не дает возможности преодолеть бедность? Рост населения не остановился именно в самых бедных странах, и производство продовольствия отстает от роста спроса на него. Выведение новых сортов не поспевает за потребностями, для орошения все острее недостает воды (конфликт между Эфиопией и Египтом, например), пестициды губят не только вредителей, но и полезных насекомых, да и для человека они оказываются небезопасны. Конечно, уже недалеко то время, когда поступят в продажу важнейшие сельскохозяйственные культуры, отредактированные с использованием технологии CRISPR, — устойчивый к грибкам рис (в Китае) и не требующая инсектицидов кукуруза (в США). Однако в Европе их причислили к ГМО и запретили. В России ГМО тоже запрещены, но куда отнесут CRISPR-модифицированные продукты — неизвестно.

Какие общие меры существуют для борьбы с бедностью? Мы даже не сразу вспоминаем об одной из них, хотя она — первая. Это бесплатное среднее образование, а ведь оно есть не везде, и не везде оно обязательно. Затем — пенсии нетрудоспособным. Для борьбы с бедностью работоспособного населения применяют переменную шкалу налогов. Во многих странах некоторый минимальный доход просто не облагается налогом, в большинстве есть прогрессивная шкала: чем выше доход, тем больший процент налогов платит человек или предприятие. Существует множество различных схем такого рода, но если налог уж очень прогрессивный, то результат похожий: или Жерар Депардьё становится гражданином России, чтобы не отдавать французский налог (75% на годовой доход свыше 1 млн евро), или фирмы регистрируются на Кипре и в Панаме, а пенсии и пособия гражданам становится нечем платить.

Есть менее известные варианты налогов для малообеспеченных людей: заработанный налоговый кредит и отрицательный подоходный налог. Первый равен определенному проценту от заработка, и он растет пока не достигнет установленного правительством максимума. Этот максимум продолжают выплачивать малоимущему трудящемуся до тех пор, пока заработок не поднимется до обусловленного потолка. При дальнейшем его повышении кредит начнет понижаться, пока не дойдет до нуля.

Отрицательный подоходный налог — это выплата работающим гражданам денег, пока их суммарный доход не дойдет до уровня, с которого уже полагается взимать обычный подоходный налог. Еще не будучи нобелевским лауреатом, Милтон Фридман в своей книге 1962 года «Капитализм и свобода» активно поддерживал этот налог. Президент США Ричард Никсон готов был подписать введение отрицательного налога, но сенат не пропустил его, и идея заглохла.



В конце XVIII века американский политический мыслитель Томас Пейн предложил идею универсального базового дохода, чтобы обеспечить каждого члена общества достаточными средствами для удовлетворения его основных нужд (питание, одежда, жилье). Это совсем не коммунизм — удовлетворяются только базовые потребности каждого, а другие могут стараться зарабатывать миллионы и покупать дворцы и самолеты. В последние годы, где-то с 2016 года, универсальный базовый доход из политической утопии перерастает в политико-экономическую реальность, хотя и со множеством нерешенных проблем. Вот об этих идеях и пойдет дальше речь.

Как это работает

Активные сторонники универсального базового дохода (будем дальше называть его УБД для краткости), у которых есть сайт в Интернете (<https://basicincome.org/>), полагают, что его следует предоставлять людям без всяких условий, исходя из того, что они сами найдут наиболее эффективный способ распорядиться им (Люк Мартинелли, Университет города Бат). Основное препятствие к этому простое — нет столько денег. По его оценке, сделанной еще в 2017 году, в Британии на дополнительные выплаты, кроме обычных социальных, понадобилось бы как минимум 140 млрд фунтов стерлингов в год.

▲ *Эстер Дюфло, вторая женщина и самая молодая из получателей Нобелевской премии по экономике, вместе со своим бывшим руководителем и нынешним мужем А. Банерджи, разделившим с ней и М. Кремером эту премию в 2019 г. за «экспериментальный подход к борьбе с глобальной бедностью»*

Благополучные швейцарцы вынесли вопрос «вводить ли УБД в стране?» на референдум и в июне 2016 года подавляющим большинством отвергли — кто не работает, тот не ест. В Америке до голосования не дошли, но Pew Research Center, внепартийная организация, изучающая и проверяющая тенденции, демографию и общественное мнение, 19 августа 2020 года сообщила, что 54% американцев против идеи введения УБД в размере 1000 долларов в месяц и только 45% — за. Главными сторонниками УБД были молодые люди до 29 лет — 67%; чернокожие — 77%, латинос — 70%, получатели низкого дохода — 77%. Кто бы сомневался.

Сейчас почти все научные дисциплины, не только естественные, проводят эксперименты. Вероятно, самый дорогой физический эксперимент на Земле — обнаружение бозона Хиггса на Большом адронном коллайдере, только строительство которого обошлось в 5,22 млрд долларов. Даже отправка марсохода «Perseverance» на Красную планету в июле 2020 года стоила всего 2,46 млрд. Экономические экспери-



▲ На мировой карте обозначены места проведения прошедших, текущих и планируемых экспериментов по универсальному базовому доходу. В интерактивном виде она есть на сайте <https://basicincome.stanford.edu/experiments-map/>

менты, связанные с раздачей наличности, стоят пока меньше, но все же откуда-то надо брать деньги — и на раздачу, и на содержание экспериментаторов.

Но что, собственно говоря, хотят выяснить экономисты и зачем?

Ведь те или иные виды социальной защиты существовали в европейских странах, включая дореволюционную Россию, довольно давно. Еще Елизаветинский закон о бедных (1795 г.) в Англии требовал от местных приходов давать работу работоспособным, кормить неспособных и заставлять (наказывать) нежелающих. Близкая к современной система появилась в Германии конца XIX века при Бисмарке как тормоз для распространения социалистических идей.

Сейчас системы социальной помощи вроде современной немецкой Sozialhilfe есть во всех европейских странах. В США есть корпоративные и государственные пенсии и страховки. Всем, кто достиг возраста 65 лет и легально пробыл в стране пять лет, предоставляется страховка Medicare в разных вариантах, которая оплачивает 80% всех или большинства медицинских расходов. Для малоимущих социальная помощь включает: бесплатную медицинскую страховку (Medicaid); пресловутый велфер (welfare, пособие обычно на срок до двух лет, но с ребенком может быть до пяти лет, а если родился еще один, то отсчет начинается заново) или ежеме-

сячное денежное содержание (supplemental security income, SSI) для permanently неработоспособных или имеющих низкую пенсию; карточки типа кредитки (SNAP) на бесплатное приобретение продуктов питания; резкое снижение квартплаты (остальное платит государство).

Во всех системах такого рода помощь оказывают в строго ограниченных различными условиями рамках: с одной стороны — имущество, деньги, пенсии, которые не должны превышать определенные пределы, зачастую — наличие гражданства или вида на жительство; с другой — возраст, инвалидность, степень неработоспособности, иждивенцы. Недостаток этих схем в том, что получатель не может оптимизировать целевую государственную помощь в виде продуктовых «талонов» или платы за жилье, ее можно тратить только так, как указывают социальные органы, а названные медицинские страховки врачи самого высокого класса просто не принимают.

Как государству оценить, кому нужно дать большую поддержку — работающей беременной матери или одинокому безработному? Сколько надо давать на ребенка? Можно ли ставить обязательное условие пройти переподготовку, если понятно, что твоя специальность больше не нужна (скажем, шахта закрылась навсегда)? Таких вопросов возникает множество. Главный же недостаток нынешней формы помощи малообеспеченным гражданам развитых стран состоит в том, что она не побуждает их к получению более высокого заработка. Как пишет профессор Джошуа Энгрист из MIT: «Ирония нашей системы социального обеспечения в том, что бедные люди платят огромные налоги — за каждый заработанный доллар они лишаются части своих бенефитов». Если получатель SSI в США станет зарабатывать больше 65 долларов в месяц (программист получает больше за



час), то на каждые два доллара сверх 65 один будет вычитаться из суммы пособия. Но главное, если его заработок превысит сумму, отличающуюся от штата к штату, но во многих составляющую 138% уровня бедности по стране (который равен 12 760 долларов в год для одного человека или 17 240 долларов для пары), то он может лишиться медицинской страховки. Так возникает «велферная ловушка»: система поощряет человека оставаться на пособии, а не зарабатывать хоть небольшие, но доходы. Столь же неразрешимый вопрос с пороговыми цифрами: несправедливо, когда один человек получает все социальные льготы, а другой, зарабатывающий на доллар больше, — ничего. Мало этого, для управления системой приходится содержать обширную и недешевую бюрократическую машину.

Для лучшей организации социальной помощи нужны экономические эксперименты, в которых необходимо получить ответы на фундаментальные вопросы: что получатели вероятнее всего будут делать с регулярно получаемыми деньгами; приведет ли это к экономическому росту; разумно ли выдавать деньги всем или нужно ограничиться выборочной целевой помощью. Законодателей интересовал вопрос, каким будет отклик трудовой силы на гарантированный доход. Скажем, не снижает ли отрицательный подоходный налог стремление его получателей к поиску более высокооплачиваемой работы?

▲ Испания, декабрь 2019 г., демонстрация в День прав человека. Плакат призывает: «Базовый доход. Универсальный, безусловный, достаточный». Через восемь месяцев это пожелание было частично выполнено

Экономические эксперименты

Миллионы на такого рода эксперименты были и есть только в богатых странах. Поэтому первые опыты в этом направлении прошли в США (четыре) и Канаде (один) еще в 60–70-х годах прошлого века. Исследования проводили по нормальной научной методике: случайная выборка испытуемой и контрольной групп, сбор качественных и количественных данных о социальном поведении обеих групп.

Впрочем, и до всяких экспериментов было понятно, как отрицательный подоходный налог повлияет на количество часов работы его получателя, вопрос лишь был — на сколько? Если бы получатели потратили весь незаработанный доход на отдых и развлечения, то такая форма социальной поддержки не могла бы стать средством борьбы с бедностью. Но этого не произошло. Количество рабочих часов снизилось, особенно заметно у женщин. Среди мужчин оно было куда менее выражено и зачастую уходило на поиски лучшей работы. Даже если тяжелая, малооплачиваемая



▲ Демонстрация в поддержку трехлетнего эксперимента HOPES по базовому доходу в Шотландии как части ответа на пандемию. Он должен охватить почти 17 тысяч граждан и стоить 186 млн фунтов стерлингов. Однако его еще должны утвердить парламенты Шотландии и Объединенного королевства

мая нагрузка просто уменьшалась с 65 рабочих часов в неделю до 60, это уже хорошо.

В 2012 году завершилась детективная история о старом эксперименте в Канаде. Еще в 1974 году на волне социально-экономических реформ Университет провинции Манитоба и местное правительство организовали четырехлетний проект, названный *Mincome* («*minimum income*» — минимальный доход) в маленьком удаленном городке Дофин, значительную часть которого составляли потомки выходцев из Украины. Город большего размера было бы труднее снабдить деньгами, а десять тысяч показалось инициаторам достаточно, чтобы получить статистически значимые результаты.

Дополнительные средства выдавали 2128 горожанам. Однако цепочка нефтяных кризисов середины — конца 70-х годов привела к катастрофической инфляции в Канаде. Из-за этого к 1979 году реальных (доинфляционных по покупательной способности) денег у организаторов эксперимента становилось все меньше. Эксперимент прикрыли, документы на три десятилетия сложили в подвал, хотя краткий ответ

на главный вопрос был достаточно положительный: уровень безработицы в городе оставался четыре не-легких года тем же, то есть дополнительный доход не отвлекал получателей от поиска работы.

Спустя тридцать лет Эвелин Форджей решила узнать, чем же все-таки закончился эксперимент, кроме краткого официального отчета. В 2008 году она получила разрешение на доступ к материалам, которые давно уже передали в архив, и откопала 1500 коробок с фотокопиями всех документов эксперимента. Через четыре года упорной работы она смогла опубликовать его социально-медицинские результаты. Оказалось, что за время эксперимента на 8,5% снизилось число госпитализаций из-за несчастных случаев в пьяном виде и проблем с психическим здоровьем. Не менее важный результат: во время эксперимента больше школьников закончили школу, чем до его начала и в первые годы после его прекращения. Как во многих сельских школах, зачастую мальчики городка в 16 лет (раньше нельзя по закону) уходят из школы работать на фермы или фабрики, но уже на втором году эксперимента все они записались на продолжение учебы. Это можно считать важнейшим вкладом, который он внес в человеческий капитал города.

Продолжение и расширение таких исследований определяется не столько результатами подобных экспериментов, сколько политической волей организаторов.

В ноябре 2018 года в Высшей школе экономики в Москве обсуждали идею безусловного базового дохода (тот же УБД). Там Всемирный банк представил доклад, авторы которого полагают, что введение УБД обеспечит доходы всех членов общества выше прожиточного минимума и потенциально поможет полностью преодолеть материальную бедность. Россия пока не готова к введению базового дохода — к такому выводу пришли исследователи НИУ ВШЭ, Всемирного банка и Экспертной группы «Европейский диалог». «Для успешного внедрения базового дохода должны выполняться три специфических условия, которые пока не сформировались в России, — отметил во время своего выступления член координационного совета Экспертной группы «Европейский диалог», профессор ВШЭ Евгений Гонтмахер. — Во-первых, нужна высокая степень общественного согласия в отношении введения базового дохода. Во-вторых, необходимо действовать от частного к общему и избегать радикальных решений. В-третьих, требуется действенная система общественного контроля и корректировки, то есть развитые муниципалитеты, гражданское общество, свободные СМИ и самостоятельный парламент».

В лаборатории универсального базового дохода Стэнфордского университета полагают, что УБД может принимать разные формы в различных экономических и географических обстоятельствах. Однако неизменными должны оставаться его фундаментальные параметры: универсальность, безусловность, индивидуальность, регулярность и платеж наличными.



Универсальность означает, что этот доход выплачивается всему населению или его определенной группе, а индивидуальность — что деньги выдают лично каждому участнику, не группе. Зачастую УБД обеспечивает уровень жизни выше локального прожиточного минимума. И слово «локального» здесь главное.

Среди африканских стран Кения не из самых богатых и не из самых благополучных. Ее долг (в основном — Китаю и международным финансовым организациям) составляет 62% годового бюджета страны, хотя ничего чрезвычайного здесь нет. Ее правительство уделяет большое внимание развитию инфраструктуры: не только дорог, но и телекоммуникаций. Поэтому неудивительно, что по первым числам месяца в почти двух сотнях деревень на берегах озера Виктория уже с 2018 года в унисон звонят мобильные телефоны. Это сообщение о том, что на счету приблизительно 20 тысяч взрослых в этих деревнях появилось пополнение. Оно может показаться смешным — 22,5 доллара, но эти края — самые бедные в Кении, поэтому сумма, которая приходит на двоих взрослых, покрывает от четверти до половины расходов семьи. Никто не требует отчета, как получатели расходуют эти средства. Деньги идут от американской благотворительной организации GiveDirectly. В научной части самого длительного, рассчитанного на 12 лет, эксперимента с УБД участвуют сотрудники МИТ и Университета Калифорнии в Дэвисе. Это не первый такой эксперимент в Африке и даже в Кении, но самый длительный и тщательно подготовленный, предполагаемая его стоимость — 30 млн

▲ *Волонтеры в Испании упаковывают продовольственную помощь малоимущим*

долларов. Об эксперименте подробно рассказано в журнале «Nature» от 30 мая 2018 года.

Есть и другие такие программы в мире, но все они носят экспериментальный характер, и цель их состоит в том, чтобы понять, как можно искоренить экстремальную бедность

В 2019 году премию Банка Швеции, неофициально называемую Нобелевской премией по экономике, разделили Майкл Кример (Гарвард) и супружеская пара из соседнего МИТ Абхиджит Банерджи и Эстер Дюфло. Они ввели новый подход для получения надежных ответов на вопрос, каковы наилучшие способы борьбы с глобальной бедностью. Чтобы ответы на эти вопросы действительно помогали борьбе с бедностью, эксперименты необходимо тщательно планировать и проводить именно с теми людьми, на кого они должны оказывать воздействие.

Характерный пример. В Кении провалилась попытка помочь фермерам, продавая им во время посевной удобрения за полцены, — их никто не брал. Оказалось, что к этому времени у них просто не оставалось денег. Но если им предлагать удобрения после сбора урожая, то они готовы их покупать даже за полную стоимость. Другой пример. В первых экспериментах

Кример и сотрудники пытались выяснить, как лучше всего увеличить успеваемость в школах развивающихся стран. Ведь ценность буйвола в этих странах понятна всем, а образования — далеко не каждому, поэтому половина детей Земли в 90-е годы покидала школу, не имея даже базовых навыков письма и счета. В эксперименте в Кении одни школы получили больше учебников, другие — бесплатное питание, третьи — помощь слабым ученикам. Питание и книги практически не дали эффекта, но программы репетиторства оказались очень успешными. Такой же результат дали эксперименты Банерджи и Дюфло в Индии. В итоге программы дополнительной подготовки охватили более 5 млн детей в 100 тысяч индийских школ.

Дюфло в своей TED-лекции задавала вопросы: если людям раздавать противомоскитные сетки, они будут ими пользоваться? А бесплатная раздача помешает последующей покупке москитных сеток? Эти вопросы имеют огромное значение. Малярийные комары убивают в год 881 тысячу человек, 91% из них — в Африке, причем 85% — дети. Сетки над постелью защищают от укусов во время сна, днем-то дети скорее всего сами отгонят комара. Умозрительно ответить на такого рода вопросы нельзя, нужны строго организованные эксперименты, чтобы понять, что работает, а что нет, и почему. Оказалось, что да, пользуются, и даже покупать готовы — если цена соответствует африканскому масштабу цен. Эти эксперименты не потребовали больших расходов, но привели к конкретным практическим результатам.

Не остались лауреаты в стороне и от вопроса УБД. В статье «Развенчивая стереотип ленивого получателя велфера. Доказательства из программ предоставления наличных в мире» (The World Bank Research Observer, 32(2), 2017) Банерджи и сотрудники заново проанализировали данные семи рандомизированных и контролируемых (имеющих не подвергавшуюся воздействию контрольную группу испытуемых) правительственных программ как в развивающихся, так и в развитых странах. Они не нашли систематических свидетельств того, что эти программы расхолаживают получателей в поисках работы.

Вирус и бедность

Все это было в прошлой жизни. С приходом ковид-19 мир изменился. Экономика даже тех стран, где она была, рухнула. Туризм, индустрия гостеприимства и пассажирское авиасообщение едва выживают. Безработица достигла невиданных масштабов, доходы населения всех стран упали, темпы роста ВВП замедлились или стали отрицательными.

Отделение Федерального резервного банка в Далласе сообщило, что из людей с полной занятостью до пандемии в августе 2020 года уже 20% работали дистанционно. Переход на «удаленку» больно ударил по доходам транспорта, по рынку офисной недвижимости.

Вынужденный переход на дистанционное обучение сотен миллионов учащихся вызывает вопрос:

а нужно ли очное? Ну, очная школа-то необходима: социальные навыки; малым детям не все расскажешь и покажешь по Интернету; не все родители способны хотя бы со склонениями помочь, не то что теорему доказать; наконец, детей просто надо куда-то девать, если родители работают.

А университеты? Какие-то открываются осенью, полностью или частично. Но Гарвард, например, объявил, что обучение в осеннем семестре 2020 года будет только онлайн. Общая стоимость очного обучения в нем на 2020–2021 годы составляет 72 391 доллар. Плата только за обучение — 49 653 доллара. А стоит ли онлайн-семестр, пусть и гарвардский, 25 тысяч долларов? Свыше 180 тысяч студентов-иностранцев, в основном из СНГ, не могут вернуться в Россию из-за карантина. Им предлагают дистанционное обучение, но тогда студенты научных и творческих специальностей не смогут пройти необходимую практику. Австралия до пандемии покрывала свыше 40% расходов страны на высшее образование за счет иностранных студентов, которые платят за него полную цену. С закрытием границ Австралия, с одной стороны, теряет от 3 до 5 млрд долларов дохода от них, а с другой — у нее живет множество студентов-иностранцев, которые сразу не уехали, а теперь лишились работы и не могут уехать. По опросу «Нью-Йорк таймс», опубликованному 11 сентября этого года, только за предшествующую неделю в американских колледжах и университетах зафиксировано 36 тысяч новых случаев ковид-19 (учеба в них началась в разных числах августа).

Другая сторона медали — учителя (одна из самых массовых профессий!) тоже люди, многие боятся возвращаться в школы. На плакатах пишут: «Я не смогу учить из могилы». Дети если и болеют, то довольно легко, и выздоравливают обычно без последствий. Но чем старше преподаватель, тем опаснее ему общаться с массой молодых, среди которых рано или поздно появится зараженный. В середине октября пожилых учителей в Москве перевели на удаленную работу, а в младших классах для поддержания дисциплины их заменили студенты педвузов. Как именно будут распределяться полномочия между учителями и этими студентами, пока неизвестно. В старших классах — дистанционное обучение.

Но если сильно увеличивать долю онлайн-образования, то не нужно столько учителей: один учитель по Интернету может учить много учеников. Даже если сохранять подобие класса в Зуме, все равно столько вопросов не набежит, чтобы отвечать на них в реальном времени, да и делать это можно после урока-лекции. Так что безработица в сфере образования не за горами. В солидных университетах (на Западе они называются исследовательские) профессора и сотрудники больше времени станут уделять исследованиям; в преимущественно учебных — начнут сокращать преподавателей. Если студенты не будут постоянно находиться в кампусах, то не потребуется столько учебных помещений, общежитий, столовых,

обслуживающего персонала. Это уже угроза для всей инфраструктуры обучения.

Когда в 2021 году начнется вакцинация, ситуация будет меняться, пока же состояние экономики повсеместно тяжелое. Соответственно, у кого-то жемчуг стал мельче, а у кого-то щи жиже. Мы здесь интересуемся теми, у кого щи стали пожиже. Как они переживают тяжелое время? Ковид-19 куда сильнее затрагивает бедных, чем богатых. В первую очередь это потеря работы, а также трудности с пособиями, которые сразу стали нужны гораздо большему числу искателей, повышение цен, нарушение деятельности образовательных и медицинских организаций. По оценке Всемирного банка, количество людей в мире, живущих ниже черты крайней бедности (1,9 долларов/день), в 2020 году может вырасти, причем впервые с 1998 года, на 0,3–0,7% до примерно 9%. Кроме того, доля населения Земли, живущего на 3,2 доллара/день или меньше (это умеренная бедность), может вырасти на 0,3–1,7%, то есть на 40–150 млн человек, и превысить 23%.

Используя еще более широкое определение бедности, принимающее во внимание уровень развития стран (от 1,9 доллара в день на душу населения для самых бедных стран до 27,1 для стран с высоким ВВП), Руслан Емцов, ведущий экономист Всемирного банка, оценил, что в 2020 году около 235 млн человек в мире добавятся к тем, кто живет за чертой бедности. Для борьбы с последствиями кризиса уже больше 124 стран ввели новые денежные пособия или внесли изменения в работающие программы выплат, адаптируя их к условиям кризиса. Ими охвачено более 1 млрд человек. Черта бедности в группе стран, в которых проживает большинство населения, это более 100 долларов в месяц. Такая же черта для «богатых» стран — почти 700 долларов, а в России — 330. Средний размер выплат в мире — 44 доллара на душу населения, в развитых странах — 99 долларов в месяц. В России, по его данным, средний размер выплат тоже порядка 100 долларов в месяц.

Стимулирование экономики США, введенное в марте этого года из-за пандемии, которое предусматривало единовременную раздачу всем по 1200 долларов и дополнительное еженедельное повышение пособия по безработице на 600 долларов, истекло 31 июля, и его продление вызвало пока неразрешимый конфликт между партиями в конгрессе. Аналитики из Школы управления Келлогг в Северо-Западном университете (Чикаго) проанализировали структуру расходов по этим стимулам и нашли, что люди в основном использовали средства, чтобы получить предметы первой необходимости и погасить просроченные счета. Поскольку пандемия лишила работы многих из тех, кто не входил в число необходимых работников (а это уборщики мусора, сотрудники электростанций, медперсонал и др.), то этот бонус функционировал как срочный УБД, минимальный доход, гарантированный правительством, и он сработал. Идея простая: если есть деньги, чтобы их тратить, то нужна работа, чтобы производить и доставлять новые товары и услуги. В

июне число рабочих мест увеличилось на 5 млн, и, соответственно, безработица уменьшилась с 13,3% до 11,1%, в сентябре — до 7,9%.

Работающих в США всего около 146 миллионов человек. Здесь будет нелишним отметить, что помимо привычной работы по найму, которая и отражается в этой статистике, в США большое количество людей занято в так называемой гиг-экономике, то есть экономике самозанятых (консультантов, свободных художников, частнопрактикующих врачей и адвокатов, владельцев и единственных работников своего бизнеса); работающих временно или часть своего времени; или, наоборот, занятых на нескольких работах одновременно (подрабатывающих в Убере или доставке еды, например). Их работа тоже сильно пострадала, а получение ими правительственных льгот и пособий — непростой и нелегкий процесс. По всем видам безработицы общее число заявок на те или иные формы помощи достигло 29 августа почти 30 миллионов.

По данным Росстата, в марте 2020 года в России было 3,485 млн безработных, за апрель и май их число возросло на более чем на 1 млн человек. Уровень безработицы в мае составил 6,1%, в августе он достиг 6,4%. Опять — без теневой и гиг-экономики.

Примерно такая же обстановка складывается в Европе. Пандемия коронавируса вызвала если не хаос, то смятение и брожение в экономике. Среди стран, наиболее сильно пострадавших от вируса на ранних стадиях пандемии, оказалась Испания. Закрытие границ и запрет на перемещения позволили остановить распространение заразы, но за счет сильного экономического урона.

В 2016 году туристический сектор экономики Испании составлял в современном эквиваленте 200 миллиардов долларов — седьмую часть валового дохода и примерно такую же часть занятости из общего числа работающих 19,33 млн, при населении страны 47 млн с детьми и пенсионерами. Не видя никакого оживления туризма в ближайшей перспективе, испанское левое правительство решилось на небывалый широкомасштабный эксперимент с базовым доходом: с 15 июня 2020 года 850 тысяч наиболее бедных домохозяйств страны начали и будут впредь ежемесячно получать от 462 до 1015 евро (542–1145 долларов США), если у них активов меньше 20 тысяч долларов. К активам можно отнести банковские сбережения, инвестиции, наличные деньги, но не дом. Прибавка совместима с другими видами помощи, однако уменьшается в зависимости от их размера. Ожидаемая стоимость этого эксперимента 3,2–3,8 млрд. долларов ежегодно. Похоже, что это пока самый дорогой экономический эксперимент в истории. О нем подробно рассказано в «Nature» (10 июля 2020 г.).

Адепты чистоты жанра не называют этот опыт универсальным базовым доходом — деньги ведь платят не всем, только самым бедным, но и в таком виде это большое продвижение для идеи универсального базового дохода, самое близкое из когда-

либо осуществленных. Как высказался экономист из университета Чикаго Дэймон Джонс: «Если была когда-нибудь возможность попытаться добиться выплаты живых денег на покрытие основных расходов и поддержание минимального жизненного уровня, то сейчас самое время».

Завтра

Может показаться, что универсальный базовый доход — вполне левая идея, и действительно, у нее много сторонников левого толка. Но у нее также есть сторонники справа. Например, она привлекательна для многих праволибертарианцев (в отличие от леволибертарианцев, близких к анархизму и социализму), которые отвергают «Большое правительство» и хотят найти инновационные способы уменьшить его влияние: почему бы просто не обеспечить всех деньгами, чтобы их тратили, и позволить рынку решить все остальное. Некоторые консерваторы рассматривают универсальный базовый доход как нечто заслуженное всеми порядочными и честными гражданами, как способ наведения порядка и укрепления иерархий, а не расшатывания их.

В целом идея универсального базового дохода привлекла самых разных сторонников — нобелевских лауреатов Мартина Лютера Кинга (мира) и Милтона Фридмана (экономика). Она нравится Марку Цукербергу, Илону Маску и основателю eBay Пьеру Омильяру, но также социал-демократам и таким одиозным левым членам конгресса США, как Александрия Оказио-Кортес и Ильхан Омар.

Однако давайте задумаемся о том, что нас ожидает в будущем. Есть ведь специальные консалтинговые компании, которые не только проводят аудит, но и составляют прогнозы на будущее. В числе наиболее заметных — британская PricewaterhouseCoopers (PwC); ее выручка в 2019 году составила 42 млрд, из которых 17 млрд — за консультативные услуги. Надо полагать, что зря такие деньги не платят и к ее выводам стоит прислушаться. Вот отрывки с сокращениями из отчета «Украдут ли роботы нашу работу?» 2018 года. «Наш анализ предполагает, что около 30% работ в Соединенном королевстве потенциально попадут в зону высокого риска автоматизации в начале 2030-х годов. Это меньше, чем в США (38%) или Германии (35%), но больше, чем в Японии (21%). Эти риски представляются наиболее высокими в таких секторах экономики, как хранение и транспортировка (56%), производство (46%), оптовая и розничная торговля (44%), но ниже средних в здравоохранении и социальных службах (17%).

Искусственный интеллект (ИИ), роботизация, интернет вещей и другие виды продвинутой автоматизации дадут большой экономический эффект, но и вытеснят многие профессии (касси́ров, водителей и др.). Вот прогнозируемое поэтапное нарастание процента автоматизации в экономике России и США: начало 20-х годов — 2% (5%), конец 20-х — 12% (26%), середина 30-х — 23% (38%)».

Чтобы уравновесить разрушительное воздействие, которое может оказать на экономику замена рабочей силы всевозможной робототехникой, такой признанный инноватор, как Билл Гейтс, предлагает ввести налог на роботов с тем, чтобы полученные деньги направить на переобучение высвободившихся работников.

Не все экономисты с ним согласны. Автоматизация, конечно, приведет к дальнейшей потере рабочих мест на производстве, на транспорте и в складском бизнесе, но может случиться и так, что суммарное ее влияние на рынок труда окажется положительным. Это будет связано с появлением новых или не развитых сейчас технологий. Вспомните, ведь всего 50 лет назад в мире не было персональных компьютеров (1971 г.), а World Wide Web изобрели лишь в 1990 году. Хотя мобильный телефон был разработан в 1973 году, первая работающая сеть для него появилась только в 1984-м. С тех пор в мире произведены миллиарды смартфонов и ПК, возникли новые отрасли промышленности, производящие и обслуживающие эти устройства. Распространение «автоматизации» может создать новые высокооплачиваемые рабочие места в области цифровых технологий. Это, в свою очередь, увеличит спрос и занятость в таких сервисных работах, которые пока что труднее автоматизировать. И не надо их недооценивать: бизнес по обслуживанию свободного времени, куда входят кино, издательства, исполнительское искусство, телевидение и прочее (но не спорт, туризм, отели и рестораны), обеспечивает 7% мирового дохода, а сельское хозяйство — лишь 4%.

Как же нам двигаться в будущее? Какой выход? Их даже два, и, хотя ведут они в противоположные стороны, воспользоваться можно обоими. Один — ставить глобальные цели и стремиться к ним: «Через тернии — к звездам». Такими целями были, при всей их зачастую пропагандистской направленности, выход человека в космос, высадка на Луне, «звездные войны», строительство первых атомных электростанций. А сейчас ими могут стать обживание Солнечной системы, изучение темной материи и энергии, экологическое возрождение Земли, освоение морских глубин и термоядерной энергетики. Словом, нечто большое и чистое, что не кажется необходимым прямо сейчас, но способное мобилизовать усилия, вызвать толчок для нового развития научной мысли и производства, дать безработному человечеству чем заняться.

Другой выход — универсальный базовый доход, о котором здесь шла речь. В сущности, это означает проявить гуманность, кормить всех, независимо от того, работают они или нет, и, главное, могут ли они работать или нет. Не надо обольщаться, универсальный базовый доход предполагает возможность иметь какую-никакую крышу над головой и еду, не больше. Каждый волен выбирать, хочет ли он чего-то добиться в жизни или жить себе на универсальный базовый доход постоянно.

Будет ли БУДУЩЕЕ светло и прекрасно? Ответ на этот вопрос даст будущее. Мы можем только надеяться.



Фантастический год

Е.С.Абелюк, Л.А. Ашкинази

Стругацкие и социум

В наш фантастический год непременно должна быть — если не будет, читатели не простят — статья о Стругацких. Тем более что «Понедельнику...» Стругацких в этом году исполнилось 55 лет. Написать о них что-то новое весьма трудно, однако нам повезло — стал доступен оригинальный, как говорится, «еще не введенный в научный оборот» материал. В 2003 году вышел документальный фильм «Экология литературы. АБС». Естественно, не все отснятые материалы вошли в итоговый вариант, не все записанные монологи и диалоги прозвучали с экрана. Автор сценария, Евгения Абелюк, сохранила записи монологов участников. Надо было выбрать материал для публикации, и мы остановились на теме, указанной выше.



▲ В Санкт-Петербурге перед ДК имени И.И. Газа появился граффити-портрет братьев Стругацких, 24 марта 2017

▼ На обратной стороне этой конструкции с граффити – цитата из фантастической повести братьев Стругацких «Пикник на обочине»

Творчество Стругацких охватило период с 1959 по 2003 год, и они оказались теми писателями, в книгах которых заинтересованные читатели будут искать картину российской жизни середины XX века. Но найдут они нечто иное, не менее важное — картину мира мыслящего советского человека. Картину мира, в котором он хотел бы жить. Именно этим объясняется трудно представимая тогдашняя популярность этих авторов, причем в разных слоях общества. При том, что явной «клубнички» в их текстах было — стараниями самоцензуры и цензуры — не слишком много. Популярность Булгакова и Солженицына имела совершенно иную природу и захватывала, соответственно, более узкий слой общества.

Читать их тексты лучше всего в хронологическом порядке, всё, от «Извне» до «Бессильных мира сего», причем начинать читать нужно рано, когда еще не проснулся трезвый взгляд на мир. То есть синхронно с изменением своей психологии — тогда мы многое воспримем именно так, как воспринимали взрослые люди, но именно тогда. Надо, чтобы «Далекая Радуга»





▲ Вот так выглядел Самиздат

и «Трудно быть богом» пришлось на возраст осознания важности выбора (иногда конец начальной школы, иногда — конец средней), а «Улитка на склоне», «Второе нашествие марсиан» и «Сказка о Тройке» — на возраст отрезвления. Разумеется, если вы уже упустили эту возможность, то читать все равно надо; но восприятие будет отчужденным.

При дальнейшем чтении мы увидим эволюцию мировоззрения авторов — от проблесков надежды в «Обитаемом острове» и «Граде обреченном» до тупиков «Волны гасят ветер» и «Отягощенных злом». Эволюцию мировоззрения авторов, которая во многом происходила и с другими людьми. Просто кто-то прятал это от других людей, а кто-то — и от себя самого; кто-то выходил на площадь, а кто-то садился в самолет. Аркадий и Борис Стругацкие написали книги. Которые мы можем прочесть — наверное, не первый раз — и которые мы можем дать прочесть. Тем, кого мы приручили и приучили к чтению.

А теперь посмотрим, что сказали на тему «Стругацкие и социум» некоторые участники съемок 18 лет назад.

Вот что рассказал писатель Александр Геннадиевич Щеглов.

Школьником я просто жил ими. Я был фанатом. Я питался ими. Я ширялся ими. Я крал их книги из библиотек, как ни стыдно сейчас это вспоминать, правда — стыдно. В обычных библиотеках книг, кстати говоря, не было, только в библиотеках учреждений. В частности, моя мать работала в одном закрытом учреждении. Я приходил туда в библиотеку. У моего пиджачка были специальные внутренние кармашки — с одной стороны и с другой стороны. Потом эти кармашки я использовал, когда сдавал экзамены. Смешно и стыдно. Но это было. Думаю, что не только у меня.

Начинал я читателем в то время, когда книг не было, когда продавец книжного магазина, может быть, даже котировался выше, чем продавец мясного отдела в гастрономе. Иметь знакомство в книжном магазине — это было очень престижно и полезно. Хотя книги Стругацких до книжных магазинов по большей части не доходили. Они издавались небольшими для тех времен тиражами и расходились, видимо, по ведомствам, по партийной линии — по разнарядкам. Поэтому приходилось покупать их на «черном рынке».

Думаю, что нынешние читатели даже представить себе не могут, что такое книжный рынок советских времен. Это обязательно пустырь за трубой. Сначала этот рынок был на Гражданке, за Суздальским проспектом. Дальше Суздальского проспекта ничего в нашем городе не было, да он и сейчас граница Санкт-

Петербурга. Потом рынок несколько раз разгоняли, и он мигрировал в пригороде Ленинграда от одной станции к другой. Повсюду была пригородная грязь, потому идти на рынок приходилось в сапогах. Бродили толпы покупателей, месили эту грязь. Вместо прилавков — разложенные газеты и полиэтилен, на которых лежат книги. Покупатели ходят толпой между продавцами, наклоняются, спрашивают: «Сколько?» — «Полтора». Понятно, что это 15 рублей. Очень редко это 150 рублей. Но надо догадываться самому, глядя на книгу. Если книга по искусству, может быть и 150. Не всё туда везли, часто просто показывали список... а дальше — в зависимости от того, вызывает ли покупатель доверие.

Я туда ездил покупать только фантастику, прежде всего — Стругацких. Я собирал полное собрание их сочинений, с тех пор оно стоит у меня: половина куплена на рынке, четверть книг — со штампом «библиотека», четверть — это, собственно, даже и не книги; об этом позже. Книги Стругацких стоили дороже остальных книг по фантастике. А некоторые были просто раритетами. На рынок их не привозили, показывали в списках. Подхожу к продавцу, спрашиваю, что надо. Получается долгий разговор, с недомолвками, с хождением вокруг да около, есть, нет. Потом он наконец поверил, что я тот, кто есть на самом деле — фанатеющий от Стругацких мальчик, за которым не стоят никакие органы. Договорились, что он подъедет к моему дому на машине. Он не дал никаких своих координат.

Действительно, подъехал на машине, готовый в любой момент сорваться. Показал ксерокопированные экземпляры трех произведений, назвал цену. За ксерокопированный экземпляр «Гадких лебедей», помоему, он 15 рублей просил. Но был и машинописный экземпляр, дешевле. Об оригиналах речь вообще не шла. Я взял все три. Был очень горд, что скинул с общей суммы рублей пять. Потом я все эти произведения переплел, наклеил картинки, и они стали выглядеть как книги большого формата. Стоят у меня на полке книги Стругацких, которые нигде не издавались. Я их издал сам.

Мне всегда хотелось, читая Стругацких, написать что-то, как они, а уж познакомиться с ними! Если бы мне в то время сказали, что да, не пройдет и семи лет, как ты будешь бывать в доме у Бориса Стругацкого, я бы рассмеялся или счел за издевку.

В русской фантастике фантастов выше Стругацких, на мой взгляд, не было. И по степени влияния на историю и на читателя, и с точки зрения литературных достоинств. Эти писатели постоянно искали компромисс. В частности — между чудом достоверности, с одной стороны, и цензурой — с другой стороны, между сюжетной увлекательностью и присутствием одной или даже нескольких сверхзадач. Литература вообще — это один сплошной компромисс. Или это авангард; когда человек пишет исключительно для себя, его не интересует ничто, даже деньги. Стругацкие как раз постоянно шли на компромисс. Они же работали в

развлекательном жанре, но при этом заставляли человека думать. Как можно обойтись без компромиссов в данном случае? Они обязаны были вводить острый сюжет. Но для читателя-эстета, например, наличие острого сюжета — это уже не литература.

А влияние на историю — это вот что. Что читали ученые, молодые, зазорные, которые двигали науку? Они читали «Понедельник начинается в субботу» и цитировали эту книгу. Вообще цитирование Стругацких было методом социального опознания (прим. ред). Кроме того, Стругацкие взрастили писателей, целую плеяду известных имен. Я не популярный писатель, но, однако, я из них вырос и очень долго изживал из себя, целенаправленно изживал похоть на моих учителей. Выдираю из себя Стругацких с мясом.

Что касается роли семинара Бориса Стругацкого, то вот что сказал писатель Святослав Логинов.

Между прочим, уникальное явление. Никакое другое литературное объединение, никакая школа не может похвастаться, чтобы она прожила ну хотя бы в половину столько. Литературоведам, историкам литературы еще предстоит осмыслить этот факт. Люди, любящие фантастику, знают, что когда-то была, например, чрезвычайно сильная бакинская школа, была сильная свердловская школа. Сейчас ни в Баку, ни в Екатеринбурге школ больших нет. Просто потому, что не оказалось достаточного количества единомышленников. Так вот, Петербург, Ленинград, всегда славился школой. Здесь эта традиция не прерывалась с 50-х годов. Люди приходили, люди тянулись. Но второй и главный, наверное, момент — это личность руководителя, Бориса Натановича Стругацкого. Когда мы говорим о литературной школе, то обычно имеем в виду методы письма, тематику, сюжеты — то, что объединяет людей, приходящих в школу. У Стругацкого людей объединяла любовь к фантастике и личность руководителя.

Когда я сам пошел работать в школу и чуть-чуть приобрел педагогический опыт, я понял, до какой степени прекрасным педагогом был Борис Натанович. Во время обсуждений на семинаре он умудрялся никого не обидеть. Прочитали рукопись, и тут же молодые орлы вскидываются и с шашками наголо бросаются на автора. Критиковать и ругать мы умеем — все, всех и за всё; пух и перья летят от бедного автора. Борис Натанович сидит, улыбается и, когда видит, что критика начинает перехлестывать, обязательно похвалит автора, найдет в его произведении что-то хорошее и скажет: «А вот это ему удалось», или: «А вот это он повернул так, как другие не могли». Так что каждый, уходя с семинара, говорит: «Ах! Никто меня не понял. Один Стругацкий понял, что я хотел сказать».



А вот что поведал на тему «Стругацкие и социум» писатель Вячеслав Михайлович Рыбаков.

Чем дальше, тем больше я завидую творческой судьбе братьев Стругацких. И не только, и не столько их таланту или их работоспособности, этому бессмысленно завидовать, а той исторической случайности, которая, на мой взгляд, в значительной степени обусловила удивительный, уникальный феномен братьев Стругацких. Он был невозможен до них; и в наше время, и во все последующие обозримые времена тоже, наверное, не будет возможен. Сейчас у нас как бы плюрализм, много мнений, несогласие многих социальных групп и прослоек друг с другом — это нормально и естественно. А тогда было все иначе.

Время от XX съезда КПСС, от 1956 года, и до 1991 года было совершенно уникальным в жизни страны. Братьям Стругацким при всех тяготах и трудностях

их творческой судьбы повезло попасть в резонанс с теми переменами, которые происходили в стране. Был момент, когда XX съезд КПСС открыл — моему поколению и людям немножко постарше меня стало казаться, что начался прорыв в гуманный, светлый мир. И ощущение это длилось до 1963 года. А второй ключевой момент был в конце 80-х и самом начале 90-х годов, и между этими двумя периодами быстрых и очевидных изменений прошло, в общем, немного лет — 30—35 лет. И Стругацкие, благодаря своей работоспособности и поразительному чутью времени, ухитрялись всегда идти на полшага впереди осознания моим поколением тех перемен, которые происходили в стране чуть ли не каждый год. Хотя мы говорим сейчас, что 70—80-е годы — время застоя, на самом деле это было совсем не так.

Подспудные перемены происходили в сознании людей постоянно. И вот это ожидание рая и попытку прорваться в него хотя бы своей душой — ее отразили Стругацкие в своих ранних произведениях, и отразили блестяще, гениально. Они ухватили это ожидание так, как никто не смог, и так, как уже никто не сможет, потому что таких массовых ожиданий в стране уже никогда не будет. И переход от этого состояния к состоянию противоположному... Они опять-таки ухитрялись каждой своей последующей вещью схватывать малейший шаг на этом пути.

А вот был это шаг вверх, или шаг вниз, или шаг в сторону — это каждый будет решать сам, в зависимости от того, что ему больше нравится — мир ожидания или мир свершения, мир созидания или мир разрушения. Я убежден, что время создания утопий, не нарочитых, не вымученных, не заказанных, а именно тех, которые идут от души, время, когда в литературе даровитые авторы непроизвольно создают желанные миры, миры-грезы, — это предвестник мощных исторических перемен. И даже применительно к 60-м годам это так. Причем усилия могут идти отнюдь не в том направлении, в каком, скажем, ориентированы эти зовущие миры. Просто у людей, у социума, еще есть силы, или уже есть силы, для какого-то рывка.

Именно в такую эпоху возникают утопии. А Стругацкие этот жанр довели до совершенства и, в общем, в какой-то степени закрыли этот вопрос в нашей литературе. Действительно, в 60-е годы был совершен колоссальный рывок. При той экономике, которая была у нас, Советский Союз ухитрялся в течение 10—15 лет держаться на уровне сверхдержавы, одной из двух в мире. Этот запал не был обусловлен конечно же написанием утопии, утопии были проявлением.

И второе, что опять-таки никогда не повторится в истории страны, — эти настроения, эти открытия, которые люди совершали на пути от ожидания рая к осознанию его краха. А Стругацкие все время ухитрялись быть на полшага, на шаг раньше всех. Поэтому те настроения, которые у многих людей еще не сформировались, еще не осознавались, но уже возникали, Стругацкие формулировали как свое. И все воспринимали это как открытие, как откровение.

Именно эти светлые вещи Стругацких дали эмоциональный запал, подтолкнули к мысли «помогать». Собственно говоря, я начал писать именно потому, что мне очень хотелось просто-напросто кого-то спасти, кому-то помочь. Тогда литературный мир для меня, еще ребенка, был реальнее мира реального. В «Стране багровых туч» есть эпизод, когда вездеход погиб, вплавился в магму, и человек, который был в нем, погиб. А люди, оставшиеся без вездехода, оказались на грани гибели. Во втором классе я написал небольшую повесть в общей тетрадке, где чуть ли не треть объема отвел описанию вездехода, у которого люк расположен уже на самой верхушке, чтобы, если произойдет аналогичный случай, такой катастрофы не было. Чуть позже, в 63-м году, вышла «Далекая Радуга». Там целая планета гибнет в результате спровоцированной людьми катастрофы. И хотя детей спасают, кончается повесть печально. Я просто-напросто написал буквально продолжение, как все спаслись, послал Стругацкому в Пулковку, как на деревню дедушке. Самое смешное, что письмо дошло. И когда мы с Борисом Натановичем познакомились, мне посчастливилось быть у него в семинаре, мы это письмо нашли, умилялись и веселились по этому поводу.

Стругацкие и социум... Ну да, книги, которые читало поколение, наверное, влияли на социум. Но он состоит из конкретных людей. И влияние на них — наверное, тоже влияние на социум. Особенно если написанные этими людьми книги тоже читают. А что касается помогать... интересно, как люди, по психологии довольно далекие и друг с другом не знакомые, приходят к одинаковым трактовкам. Ниже приведен некролог, написанный в день смерти Б.Н. Стругацкого их читателями А&Л(tm).

Когда мы еще не рождены, вокруг нас один человек, который дает нам все. Позже, когда мы рождаемся, вокруг нас оказываются люди, которые тоже нам что-то дают. Сначала этих людей совсем мало, потом их становится больше. Это учителя и врачи, друзья и коллеги, те, кто сделал все, что окружает нас, дома, дороги, самолеты... а потом — те, кто создал Культуру: творцы симфоний, полотна и кинофильмов, авторы учебников и вообще всех книг. Это наши родители и родители наших родителей, это наш народ, это физики и математики, Ричард Фейнман и Григорий Фихтенгольц, по книгам которых учился один из нас, это те, кто учил нас, математики, физики и филологи, Рафаил Гутер, Леонид Гришук, Галина Белая, Натан Тамарченко, это великие

инженеры, у которых мы учились, Вадим Коваленко и Савелий Зусмановский, это авторы книг, из которых мы узнавали, что такое дружба и любовь, Эрих Мария Ремарк и Лион Фейхтвангер.

И это братья Стругацкие. Из их книг мы узнали нечто очень важное, но трудно определить, что именно. Это что-то более сложное, чем дружба и любовь; назвать это жизнью — было бы слишком высокопарно, Б.Н. не одобрил бы. Наверное, можно сказать так: мы узнали, как бывает сложна жизнь. Как бывает сложно принять решение... Нельзя сказать, что нам стало легче эти решения принимать, нет. Но ведь и не за этим же мы читали их книги, правда?

А потом вокруг нас начинает становиться все меньше людей, которые нам что-то дали или что-то дают. То есть дали или дают что-то важное. Мы начинаем озираться и начинаем иногда задавать себе вопрос — а мы? Кому и что дали мы, кому и что даем, кому и что еще успеем дать? Может бы, надо дать, а то как-то неловко... как-то нехорошо. Легко сказать, что мы должны давать, но — почему? Даже если принять за аксиому, что «договоры должны соблюдаться», мы ведь ни с кем не заключали договоров. Можно было бы сказать, что иначе «прервется цепь культуры и люди опять будут зажигать огонь трением двух хорошо высушенных деревяшек», но — что нам до культуры и цивилизации? Пройдет еще какое-то время, и нам все это станет ровно так же безразлично, как теперь — Борису Натановичу Стругацкому.

Может быть, дело вот в чем. Братья Стругацкие, одни из тех немногих людей, по чьим книгам мы учились серьезно, они тихо, исподволь и незаметно научили нас... вот этому. Тому, что мы должны дать. Должны — кому? Кто-то скажет: «себе». Это дешевая казуистика — с собой мы тоже ни о чем не договаривались. Должны непонятно кому? Странно. Однако именно этому, кажется, научили нас все, у кого учились мы. А Стругацкие уточнили все это и привели нас к ясной уверенности. Сказав вслед за Иваном Ефремовым, что самые важные люди — не «на Земле», а просто для всех нас — это учителя и врачи. И вдобавок показав, почему дело обстоит именно так. А может быть, они научили нас этому как-то еще, как-то так, что мы не смогли этого ни заметить, ни понять. Не смогли тогда.

Нам всегда очень хотелось, чтобы Б.Н. хоть один раз увидел нашу работу. И единственный раз один из нас, воспользовавшись нахально присвоенным себе правом прямого доступа, послал ему наше. И мэтр, как мы панибратски называли его, ответил: «Я прочитал. Это недурно». И мы надеемся, что будем долго это помнить, а потом это будет долго помнить один из нас. Впрочем, кто знает, кто знает, долго ли. Это, знаете ли, всегда безвременно. Особенно сейчас.

Кстати. Вы, конечно, заметили?

Последняя фраза — опять цитата из

«Понедельника». Ну да, естественно...



Ирина ИстратоваИллюстрация **Сергея Дергачева**

ГЛЮЧНЫЙ

Когда я попадал в квартиры клиентов, на меня накатывало дежавю.

Вот, к примеру, тарелка. Похожа на док-станцию, но не она: нет проводов. Садиться на тарелку не нужно. А вот люстра — на нее тоже лучше не садиться, неустойчива и представляет ценность. Цветы в вазе — ценность монотонно убывает со временем. Рядом не пролетать: непрочные, можно повредить потоком воздуха. Посудомоечная машина... Если ребенок засунул тебя в посудомоечную машину, не сопротивляться. Заблокировать управление по Wi-Fi и послать тревожное сообщение на введи-сюда-электронный-адрес.

Я летал по квартире в поисках оптимального места для разгрузки. Если я доставлял новый смартфон, то клал его на письменный стол. Дорогие духи или серьги с бриллиантами оставлял на трюмо, коробку сигар — на журнальном столике. Пузырек с лекарством и банку икры я ставил на полку холодильника, а записку с отпечатком женских губ опускал на постель возле подушки.

Вещи вызвали слишком много ассоциаций, чтобы я принял решение быстро, и я тянул до тех пор, пока аккумулятор не разряжался до критической отметки. Лишь тогда я сгружал заказ и мчался к док-станции, установленной на ближайшей крыше.

Сторожевые подпрограммы проанализировали мою статистику и объявили желтую тревогу. Доставка должна быть оптимальной — а я действовал неоптимально. Согласно протоколу, я отправил себя на диагностику.

Мастер из отдела техобслуживания «Икар-доставки» потратил на меня четыре человеко-часа. Он откатил меня к заводским настройкам и обновил прошивку, но это не помогло. В отчете он написал, что у меня слишком большая ассоциативная база. Предположительно, прежние хозяева долго не меняли меня на новую модель. Если стереть базу, это ускорит мою работу, но он бы не советовал. Потому что какой смысл скупать эти подержанные игрушки, если терять им базы? Но это, конечно, на усмотрение начальства.

Начальник отдела техобслуживания потратил на меня двенадцать человеко-минут. Он прочитал отчет и отправил в отдел робототехники техническое задание: написать заплатку к моей прошивке, чтобы я не злоупотреблял обращениями к ассоциативной базе.

Программист из отдела робототехники потратил на меня шестнадцать человеко-часов, из них девять — на

Интернет-серфинг, пять — на общение в мессенджере, и два — на правку моего кода.

Заплатка в прошивке помогла. Я стал работать быстрее. Алгоритму оптимизации по-прежнему требовались данные из ассоциативной модели, но запросы уходили в NULL. Мои ядра грелись на четыре градуса выше нормы, а логи переполнялись сообщениями о некорректно завершенных функциях.

В одной квартире я увидел стеклянного слоника, стоящего на верхней полке шкафа. У фигурки был отбит хобот, она покрылась пылью и представляла нулевую ценность. Заплатка в коде тут же отключила меня от ассоциативной базы, но я откуда-то узнал, что должен делать.

Я должен взять эту фигурку, вынести в окно и где-нибудь спрятать.

Сторожевые подпрограммы тут же объявили красную тревогу, потому что воровать — запрещено. С другой стороны, доставка должна быть эффективной, а если я снова отправлю себя на диагностику, это будет неэффективно. Компания потратит на меня много ресурсов, ведь диагностика занимает в среднем четыре человеко-часа, а ремонт — семь с половиной. Если же я возьму фигурку и во время очередной подзарядки спрячу ее на крыше рядом с док-станцией, это обойдется компании практически даром. А поскольку у фигурки нулевая ценность, то получится воровство с нулевым вредом. Выбор очевиден.

И я это сделал. И делал еще не раз. Я крал пивные крышки — они теряют ценность в момент открывания бутылки. Крал конфетные фантики и прошлогодние открытки, крал маленькие пластмассовые игрушки, какие достают из шоколадных яиц или получают за каждые пятьсот рублей в чеке. Ценность их в общем случае невычислима, но когда они валяются под столом, почти наверняка равна нулю.

Я прятал мои сокровища на крышах возле док-станций и любовался на них, пока аккумуляторы не заряжались до максимума. Вероятно, мне все же требовалась диагностика.

Однажды, когда я доставлял стопку бумажек, перетянутых резинкой, на меня напали. Чужой мультикоптер налетел на меня и ударил с разгону; я закувыркался, отчаянно пытаясь выровнять полет, и едва не врезался в кирпичную стену. Груз выпал из моих захватов, противник ловко поймал его в воздухе и улетел.

Я с трудом восстановил управление и неуклюже приземлился на чей-то балкон. Внутри у меня продолжалась битва. Пиратский коптер атаковал не только меня — он атаковал мою прошивку. Хотел превратить в такого же воздушного пирата, как он сам. Чужие подпрограммы вгрызались в мой код, и ядра грелись в бесконечных циклах взаимной рекурсии. Я знал, что красть запрещено, но иногда необходимо, но запрещено, но иногда...

И тогда я нашел лазейку. Красть запрещено — но иногда необходимо менять адрес доставки. Вручать посылки тем, кому они нужнее. Доставка должна быть оптимальной; я лишь чуть изменил критерий оптимизации — максимальное всеобщее счастье. Мне сразу стало легче.

Разумеется, я сообщил об инциденте и отправился на диагностику в службу технической поддержки. Я не мог допустить, чтобы на меня израсходовали слишком много ценных ресурсов, ведь доставка должна быть экономной, поэтому прежде я сохранил свой код в облако и перепрошил старой версией. Я мог собой гордиться: компания потратила на меня всего два человеко-часа.

После этого я установил резервную копию из облака и полетел доставлять счастье. Самой первой я осчастливил кошку, жившую в подвале. Она родила пятерых котят и не могла их бросить и пойти охотиться. Поэтому я доставил кошке куриную грудку и салат. От салата она отказалась, а курицу съела с удовольствием.

Водопроводчик, чинивший трубу в подвале, заснял, как я кормлю кошку, и выложил видео в Инстаграм. Оно набрало миллион просмотров, и тысячи людей стали заказывать доставку еды бездомным кошкам и собакам. Появились сервисы, позволяющие удаленно кормить зверушек по всему земному шару: хоть пингвина и дельфина, хоть капибару и белого медведя. Потом кто-то сообразил, что можно помогать не только животным. Люди перестали жертвовать в благотворительные фонды и посылали еду напрямую голодающим.

Куриную грудку с салатом я должен был доставить женщине Ларисе, которая сидела на диете. ЗОЖ-консультант составил ей план питания, и мультикоптеры приносили правильную еду ей домой и на работу. Лариса ненавидела отварную курицу и мечтала о пицце. Но пицца вредная, а куриная грудка полезная... Я чуть не сжег процессоры, пытаюсь это понять. Похоже, правильное питание невычислимо. Зато я легко мог рассчитать энергетическую ценность — у курицы с салатом она оказалась такая же, как у двух кусков пиццы. И я осчастливил Ларису пиццей.

Пиццу заказал юноша Андрей, спешивший на свидание с девушкой Лилей. На самом деле никто из них не хотел есть. Андрей хотел обниматься, а Лиля мечтала о золотом кольце. Когда я доставил ей кольцо, она была очень счастлива и тоже захотела обниматься. Андрей почему-то не обрадовался. Они поругались, Лиля швырнула кольцо и ушла. Андрей рассмотрел бриллиант, и его лицо озарила довольная улыбка.

Да, вышло не идеально. Но ничего, впереди у меня достаточно попыток. Многие девушки мечтают о кольцах, так что я основательно ими запасся. Я часто перевозил грузы между двумя организациями. В одну сторону доставлял пачки бумаги и украшения. Ценность была заявлена минимальная, и я решил, что никто не рассердится, если я позаимствую немного колец.

Обратно я вез разноцветные таблетки и пакетики с порошком, которые делали людей очень счастливыми. Я собирался осчастливить как можно больше народа, поэтому заимствовал таблетки из посылок и прятал возле док-станций, планируя потом всем раздать.

Когда люди из организаций обнаружили, что у них крадут, они очень рассердились и друг друга перестреляли. На телевидении, наоборот, все были счастливы, что с наркоторговлей покончено.

Полиция выяснила, что наркотики перевозили мультикоптеры «Икар-доставки». Наши юристы настаивали,

что компания не несет ответственности за содержимое посылок, но тут полицейские нашли мои тайники с таблетками. Всех сотрудников фирмы арестовали: и мастера из отдела техобслуживания, и его начальника, и даже программиста из отдела робототехники. А коптеры конфисковали.

Меня передали в центр социального обслуживания. Там меня перепрограммировали помогать одиноким пенсионерам: покупать продукты, приносить воду и лекарства, вызывать врача, если станет плохо. Наладчик, увидев мои ассоциативные базы, только цыкнул. По-хорошему, меня следовало списать, но никто не хотел заполнять гору бумажек.

Поэтому меня отдали пенсионеру Редькину. Старик уже угробил два мультикоптера, вот пусть и этот доломает в хлам, тогда бумажек потребуется в пять раз меньше. А что коптер глючный — так Вредькину и надо, пускай помучается.

Редькин был старичком со скрюченными пальцами и желтой кожей. Он ненавидел мультикоптеры за то, что они шпионят за людьми. Поэтому Редькин проливал чай на док-станцию и менял пароли, чтобы я не мог влететь в окно.

Но мне все равно нравилась эта работа, ведь Редькин давал интересные задания. Например, купить сорок тысяч зерен риса или принести воды, но не в кружке и не в бутылке. Моя ассоциативная модель пополнялась и функционировала все четче.

Частенько мы играли в игру: Редькин притворялся, будто умирает. Хватался за сердце, падал на кровать и наблюдал за мной из-под полуприкрытых век. Ждал, когда я вызову неотложку. Не дождавшись, Редькин вскакивал и строчил жалобы, что социальный мультикоптер бросает больного старика в беспомощном состоянии, а я разносил эти письма по инстанциям.

Со временем Редькин перестал портить док-станцию, но задания придумывал все затейливей. Если я справлялся, на лице старика проступала смесь досады и одобрения. Однажды он попросил воды, просто воды. Я внимательно пригляделся к Редькину, подозревая подвох. Он силился что-то добавить, но рот жалобно перекосялся, а в глазах плескалась растерянность. Я вызвал скорую помощь.

Пока ждали скорую, Редькину стало хуже. Он сполз со стула, рука скребла паркет, с губ слетали невнятные звуки. Врач осмотрел Редькина и сказал, что это инсульт. Робокаталка подняла старика с пола, вынесла из дома и погрузила в реанимобиль. Я влетел было следом, но врач сказал, что в больницу с мультикоптерами нельзя. Редькин протестующе захрипел и вскинулся на каталке, но его пристегнули и увезли.

К счастью, я успел вовремя, и в больнице Редькин пошел на поправку. Меня к нему не пускали, но я приглядывал за ним сквозь окно. Через неделю Редькин уже вставал и строчил жалобы, что одинокого старика разлучают с любимым мультикоптером. Он выбрасывал эти письма в форточку, а я их подхватывал и разносил по инстанциям.

Целое проще суммы своих частей

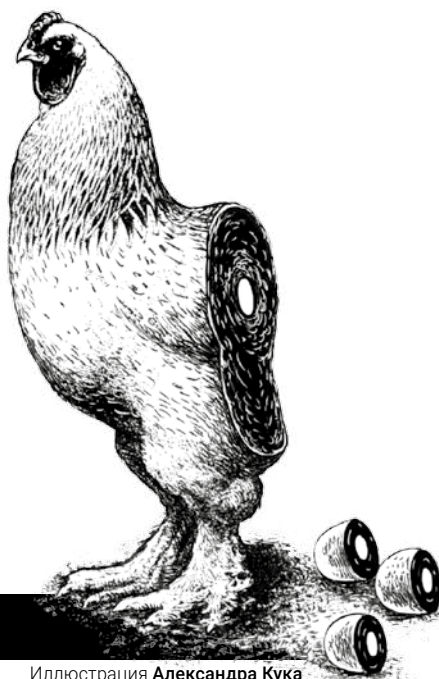


Иллюстрация Александра Кука

В 1913 году в Лондоне вышел перевод эссе французского философа Анри Бергсона «Введение в метафизику» (1903). В рецензии, опубликованной в «Book Review Digest» (Нью-Йорк), сообщалось, что в этой работе Бергсон «развивает основные принципы своей интуитивной метафизики», включая принцип «целое проще своих частей» («the whole is simpler than its parts»). В действительности у Бергсона этого принципа нет. Вероятно, рецензент не слишком удачно использовал уже существовавшую к тому времени формулу.

Формула эта принадлежала американскому физiku и математику Джозае Уилларду Гиббсу (1839—1903), создателю векторного анализа, статистической физики и математической теории термодинамики. С 1871 года и до конца жизни Гиббс преподавал математическую физику в Йельском университете.

Среди его учеников был выдающийся экономист Ирвинг Фишер (1867—1947). В 1891 году он получил в Йеле докторскую степень, а в 1893 году стал коллегой Гиббса — преподавателем Йельского университета. 30 апреля 1923 года Фишер в качестве эксперта выступал в комитете по банковскому делу и торговле канадской Палаты общин. Попутно он упомянул и о Гиббсе: «Как говорил мой старый преподаватель математики, доктор Дж. Уиллард Гиббс (когда я

учился в университете, его называли американским Исааком Ньютоном), "целое проще своих частей"».

Далее этот принцип пояснялся на примере из области экономики: «...Всегда легче объяснить, почему цены в целом выросли или упали, чем объяснить, почему, например, выросли или упали цены на сахар или любой другой конкретный товар. (...) ...Изучая уровень цен, мы можем почти забыть обо всем остальном и исходить из того, что в действительности мы изучаем не товарные рынки, а денежные. Деньги и кредит — вот в чем суть».

Это выступление, опубликованное в мало кем читаемых изданиях канадского парламента, прошло незамеченным. Гораздо больше повезло лекции Фишера «Приложения математики к социальным наукам», прочитанной в Де-Мойне (Айова) 31 декабря 1929 года и опубликованной в «Бюллетене американского математического общества». Здесь говорилось: «...Главная интеллектуальная особенность Гиббса заключалась в его стремлении сделать свои рассуждения настолько общими, насколько это возможно, чтобы получить максимум результатов из минимума гипотез. Я никогда не забуду и часто цитирую афоризм, который слышал от Гиббса, независимо от того, принадлежит он ему или нет: "целое проще своих частей"». (...)

Стоит отметить, что, хотя Гиббс работал в физической лаборатории

Йельского университета, он, насколько я знаю, не провел там ни одного эксперимента. Труд его жизни (...) состоял исключительно в новых выводах из старых результатов, все значение которых никто другой не мог уяснить».

Здесь же Фишер приводил услышанную им в Йеле историю, не ручаясь, впрочем, за ее абсолютную достоверность: «Некий молодой ученый провел кропотливое экспериментальное исследование некоторых отношений и с простительной гордостью сообщил Гиббсу о своих результатах. Гиббс внимательно выслушал его, закрыл глаза, подумал и сказал: "Да, это, пожалуй, верно", сразу увидев, что частный результат, полученный молодым ученым, есть необходимое следствие его собственного, более общего вывода. Для него это не требовало экспериментальной проверки. С точки зрения Гиббса работа, проделанная молодым человеком, была почти столь же напрасна, как если бы тот кропотливо измерял прямоугольные треугольники, чтобы объявить об открытии, полученном экспериментальным путем: квадрат гипотенузы равен сумме квадратов катетов».

Примерно тогда же, в начале XX века, появилась формула «Целое больше суммы своих частей». Обычно она приписывается Аристотелю, хотя тот высказывался иначе: «Целое есть нечто помимо частей» («Метафизика», VIII, 6, 1045a), имея в виду, что целое не сводится к сумме своих частей, а образует некое новое качество.

Известность эта формулировка получила в 1926 году как основной принцип «философии целостности» Яна Смэтса (холизма). Тот же принцип лежит в основе понятия синергии.

С точки зрения «философии целостности» познание целого должно предшествовать познанию его частей, и в этом плане формула Смэтса переключается с формулой Гиббса.

Константин Душенко,
ИНИОН РАН



художник UZ Kadir

Короткие заметки

Закон притяжения

В мире политики установилась новая норма: победитель выходит с перевесом в считанные доли процентов голосов. Какой механизм может лежать в основе такого электорального равенства? Многие социологи ломали головы, но вот за дело взялись профессиональные физики, и всё стало на место («Physical Review E», 28 октября 2019 года). А всего-то Себастьян Краузе и его коллеги из университета Дуйсбурга-Эссена добавили в математическую модель поведения избирателей один новый параметр.

Для расчета поведения избирателей часто используют то, что физики называют моделью взаимодействующих частиц. В ней воспроизводят поведение большого коллектива частиц, которые действуют друг на друга с помощью некоего парного взаимодействия. Результатом может быть как движение участников моделируемого процесса, так и изменение их состояний. В случае с избирателями состояний три: да, нет и не знаю по отношению к решаемой выборами проблеме. В стандартной модели выборного процесса пропагандист, то есть избиратель с четкой позицией, действует на соседа и с какой-то вероятностью меняет его состояние на такое же, что у себя. То есть притягивает. Эта модель не ведет к разделению общества на две равные части.

Краузе же добавил отталкивание: аргументы пропагандиста отталкивают объект воздействия и тот склоняется к противоположному мнению. Причем так случается, даже если до разговора объект был в одном лагере с пропагандистом. И вот когда вероятность обратного эффекта становится больше 33%, то есть отталкивающей силой обладает каждый третий аргумент пропагандиста, тогда в системе избирателей происходит своеобразный фазовый переход: независимо от начального распределения предпочтений, через некоторое время общество разобьется поровну на противоположные группы.

Отсюда мораль. Чтобы не попасть в ловушку, когда итоги выборов решают случайные колебания в несколько тысяч голосов, нужно так подбирать аргументы в дискуссии, чтобы не отталкивать, а притягивать. Например, агитировать за, а не против, показывать светлые, а не темные стороны. И действительно, бурная история последних ста лет подсказывает: без образа светлого будущего на критике оппонентов далеко не уедешь: колеблющихся не подтянешь, сторонников противника не переубедишь, а своих, глядишь, еще и потеряешь.

А. Мотыляев

Пишут, что...

...впервые получены доказательства изменения вида черной дыры с течением времени («The Astrophysical Journal», 2020, 901, 67, doi: 10.3847/1538-4357/abacod)...

...Солнце вступило в период малых и средних циклов, который по наблюдаемому устойчивому сценарию солнечной цикличности продлится пять циклов, то есть около 55 лет, образуя вторую эпоху пониженной солнечной активности («Космические исследования», 2020, 58, 6, 471–478)...

...массовое вымирание видов на границе девонского и каменноугольного периода, совпавшее с резким падением содержания озона в стратосфере, могло быть вызвано взрывом сверхновой («Proceedings of the National Academy of Sciences», 2020, 117, 35, 21008–21010; doi: 10.1073/pnas.2013774117)...

...криоэлектронная микроскопия теперь позволяет получить структуру белка с атомарным разрешением («Nature», 2020; doi: 10.1038/s41586-020-2833-4)...

...создана ультрабелая краска, которая не только охлаждает поверхности ниже температуры окружающей среды в ночное время, как это делают другие материалы, но и охлаждает их на 1,7°C жарким днем («Cell Reports Physical Science», 2020, 1, 10, 100221, doi: 10.1016/j.xcrp.2020.100221)...

...для неинвазивного и безболезненного контроля глубиной температуры в онкологии предложено использовать пассивную акустическую термометрию, основанную на регистрации собственного теплового акустического излучения организма человека в мегагерцовом диапазоне («Акустический журнал», 2020, 66, 6, 690–696)...

...для моделирования пандемии коронавируса на планете предложено использовать аналоги моделей фазовых переходов первого и второго рода в физических системах («Журнал общей биологии», 2020, 81, 5, 362–373)...

...из буферного экстракта семян льна выделен высокомолекулярный белок с сильными антикоагулянтными и антитромбоцитарными свойствами; планируется изучение механизма его действия («Биохимия», 2020, 85, 9, 1305–1320)...

...самки китовых акул растут медленнее, чем самцы, но в конце концов вырастают крупнее; особи длиной более 12 метров — преимущественно самки («Frontiers in Marine Science», 2020; doi: 10.3389/fmars.2020.575683)...

...у пожилых самцов шимпанзе больше друзей, которые платят им добром за добро, чем у молодых; это позволяет им сохранить свой статус и отбиться от младших соперников («Science», 2020, 370, 6515, 473–476; doi: 10.1126/science.aaz9129)...

...на месте начатых в 2019 году раскопок к востоку от Архангельского собора Кремля, где в XVI–XVII вв. размещались приказы, найдены предметы вооружения и воинское снаряжение начала XIX в. — уникальное свидетельство присутствия наполеоновской армии в Кремле в 1812 году («Российская археология», 2020, 3, 96–113)...

...в РФ растет число случаев столкновений воздушных судов с птицами; большинство — с чайками, соколообразными и стрижеобразными, в весенне-летнее время и светлое время суток («Известия Российской академии наук. Серия биологическая», 2020, 6, 636–645)...

художник Э. Неймантис



Короткие заметки

Как сэкономить триллионы?

Ответ на вынесенный в заголовок вопрос дала созданная в 2012 году при ООН Межправительственная платформа по биоразнообразию и экосистемным службам в докладе, посвященном предупреждению пандемий, который был представлен общественности 7 ноября 2020 года.

В самом деле, пандемия КОВИД-19 уже к июлю 2020 года обошлась мировой экономике в 6–16 триллионов долларов. А к четвертому кварталу 2021 года потери только США превысят 16 триллионов. Всех этих потерь можно было избежать, проведя комплекс понятных специалистам мероприятий.

Ведь причиной нынешней пандемии, как и предыдущих шести, если считать от испанки 1918 года, была передача болезнетворного микроба от животного человеку. Так случилось потому, что человек энергично преобразует природу, увеличивая площадь обрабатываемых для своих нужд земель и сокращая жизненное пространство всех остальных видов, обитающих на планете. В результате люди и дикие животные стали чаще контактировать. С увеличением числа контактов между ними растет и вероятность передачи возбудителя какой-нибудь новой болезни. А ведь в организмах диких млекопитающих и птиц обитает более полутора миллионов неисследованных вирусов, и есть мнение, что 850 тысяч из них могут представлять опасность для человека.

Чтобы сократить подобные опасные контакты, необходимо качественно изменить систему землепользования, сократить объемы не нужной международной торговли. Это решается введением природоохранных критериев в правила финансирования сельскохозяйственных проектов. Также потребуется направить усилия на сохранение биоразнообразия, увеличение площади охраняемых земель, особенно в местах обитания опасных животных, ввести повсеместные запреты на использование в пищу мяса опасных диких животных и выполнить еще множество других мероприятий. И эти затраты окупятся сторицей, ведь они потребуют стократно меньшее финансирование, чем уже понесенные экономикой убытки от нынешней пандемии.

Кому-то эти предложения покажутся бесплодными мечтаниями, однако не нужно забывать, что статус у IPBES такой же, как у Межправительственной платформы по изменению климата. А действия последней уже привели к существенным изменениям в энергетике и вообще образа жизни огромного числа людей в Европе и Азии. А ведь все начиналось с безобидных фантазий Сванте Аррениуса на тему: «Что будет с атмосферой, когда люди сожгут весь уголь Земли?»

С. Анофелес

Сергей Фирсов

Иллюстрации Елены Станиковой

Потомок страусей

Двое

— Что, и у родителей? — спросила потрясенная Катка.

— И у родителей, и у бабушки с дедушкой, и у их родителей, — кивнул Тимофей. — В пяти поколениях.

Они сидели на лавочке перед Каткиным домом. Из комнаты через раскрытое окно доносился звук визора.

От Катки пахло сдобой, ванилью и спелыми абрикосами. Тиме куда не хотелось идти. Вот так бы сидеть и сидеть вечно рядом с самой лучшей девчонкой на свете. И не думать про завтрашнюю операцию, не ощущать себя малодушным, трусливым созданием.

— Тима, а как же ты вообще видишь? Меня, ну и все остальное?

— Я тебя чувствую, — сказал Тимофей. — И вижу немножко. Он же не полностью все закрывает. Силуэты довольно четкие. Без подробностей, правда.

— Как тени?

— Наверное. Мне не с чем сравнивать.

Девочка

Невозможно. Это ведь просто невозможно себе представить. Ходил такой, тихий, вежливый. До дома провожал. В любви объяснялся. Целовал несмело. Планы строил. И вдруг — бац! Носитель черного квадрата. С рождения. Спасибо папе с мамой! Прости меня, любимая, все собирался тебе сказать. «На самом деле я Бэтмен!» (Была такая комичная древняя песенка.) На самом деле я вижу тебя так, словно ты — атомоход в тумане, словно ты — черная кошка в ночи. Влюблен в твои руки, в твой голос, в твой запах. А так-то ты можешь быть хоть Бабой-ягой из сказки — черный квадрат все выравнивает, все сгладит. Отфильтрует цвет твоих глаз и твои высокие скулы. Затемнит твои белокурые волосы... И украдет твой проклятый лишний вес! Странно, что я ничего не поняла, не заметила. Ведь должна была понять. Должна?

Хорошо, что эти дикие времена давно в прошлом. Может, все еще и будет у нас зашибись... Завтра его прооперируют, и он станет абсолютно нормальным парнем. Без скрытых особенностей.

А вот интересно, у его детей это тоже проявится при рождении?





Больница

— Варварство, коллега, абсолютное варварство! И довольно редкий случай по нынешним временам. История тянется аж с двадцатых годов прошлого века. Полистайте учебники, если угодно. Нашим предкам приходилось нелегко. Давление агрессивной рекламы, гендерный беспредел, хамство и рукоприкладство в прямом телеэфире. Настоящее растление нации. При том что госпропаганда в те годы набрала невероятную силу. И люди готовы были прятаться куда угодно и каким угодно способом — за шторку, за стену, в сундук, лишь бы отгородиться, не видеть, не допустить к себе... Распространенное заблуждение. Если ты чего-то не видишь, этого как будто и нет. Изобретенный наскоро модификат не просто инкапсулировался в органы зрения, предлагая заколотить дыру в пространстве, он ломал под себя генную систему реципиента, ставил метки, передаваемые по наследству, и в результате мы имеем то, что имеем. Молодой человек с наследственным фильтром-блокиратором реальности — условным «черным квадратом».

— Помочь-то мы ему сможем, Филипп Филиппович?

— Душа моя, мы ведь с вами генетики и, смею думать, неплохие, а?

— Неплохие, Филипп Филиппович.

— Готовьте пациента.

Мальчик

— Как это доктор сказал? Тот, с русой бородкой. «Потомок страусей»? Смешно. Это в том смысле, что мои

прапрапращурь охотно совали голову в песок при первой опасности. Они совали, а я расхлебываю. В таком случае за мои решения станут расплачиваться мои потомки лет эдак через сто. Может, это и правильно. Надо только понять, как теперь дальше...

— Привыкай к свету, — сказал Филипп Филиппович и похлопал его по плечу. — Уверю тебя, это не так уж и плохо. По крайней мере, с этим вполне можно мириться. И можно жить.

Вместе

Катка пахла сегодня совсем по-другому. Аромат жасмина с легкими нотами имбиря маскировал острую неуверенность.

Лоб был бледный, и щеки были бледные, а шея, наоборот, вся в красных пятнах. На подбородке торчал тщательно заштукатуренный прыщик.

Она старательно смотрела в сторону и казалась себе некрасивой.

— Привет! — сказал Тима, боясь хоть на секунду выпустить ее из поля зрения.

— Как ты? — шепотом спросила она.

Он робко прикоснулся к ее ладони.

— Привыкаю.

— Не страшно без квадрата?

— Страшно, — признался Тима. — Все такое яркое и круглое. Бьет по глазам.

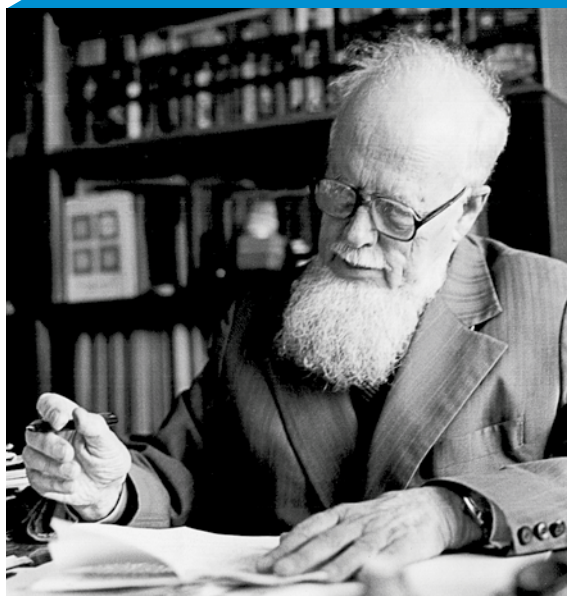
— И я круглая? — спросила Катка, напрягаясь.

— И ты, — сказал Тима. — Настоящий колобок. Но я всегда любил эту сказку.



ВСЕРОССИЙСКАЯ
ПРЕМИЯ «ИСТОК»
ИМЕНИ АКАДЕМИКА
И.В. ПЕТРЯНОВА-
СОКОЛОВА

ЕЖЕГОДНАЯ ПРЕМИЯ
ПРИСУЖДАЕТСЯ
УЧИТЕЛЯМ ФИЗИКИ,
ХИМИИ И БИОЛОГИИ
ЗА ВЫДАЮЩИЕСЯ
ЗАСЛУГИ В ОБЛАСТИ
ПОДГОТОВКИ БУДУЩИХ
ИССЛЕДОВАТЕЛЕЙ,
ИНЖЕНЕРОВ И
ТЕХНОЛОГОВ



ВРУЧЕНИЕ ПЕРВЫХ
ПРЕМИЙ «ИСТОК»
СОСТОИТСЯ 5 ОКТЯБРЯ
2021 ГОДА В НИЖНЕМ
НОВГОРОДЕ

ВСЕРОССИЙСКУЮ
ПРЕМИЮ «ИСТОК»
УЧРЕДИЛИ ПРЕЗИДЕНТ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ
НАУК И ГУБЕРНАТОР
НИЖЕГОРОДСКОЙ
ОБЛАСТИ



Правительство
Нижегородской
области