



ХИМИЯ И ЖИЗНЬ

3 / 2024







Химия и жизнь

Ежемесячный научно-популярный журнал

3 / 2024

Зарегистрирован
в Комитете РФ по печати
19 ноября 2003 года, рег. Эл. № 77-8479

ISSN 1727-5903

НОМЕР ПОДГОТОВИЛИ:

Главный редактор
Л.Н. Стрельникова

Художники

А. Астрин, С. Дергачев, А. Кук,
Н. Колпакова, П. Перевезенцев,
Е. Станикова, С. Тюнин

Редакторы и обозреватели

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

Сайт и соцсети

Д.А. Васильев

Сайт: hij.ru

Соцсети:

<https://dzen.ru/hij>
https://vk.com/khimiya_i_zhizn
<https://ok.ru/group/53459104891087>
https://t.me/khimiya_i_zhizn
twitter.com/hij_redaktor

При перепечатке материалов ссылка
на «Химию и жизнь» обязательна

Адрес для переписки
119071, Москва, а/я 57

Телефон для справок:

8 (495) 722-09-46

e-mail: redaktor@hij.ru

Подписано в печать 4.3.2024

Типография ООО «Экспокогда»

123001, Москва, 1-й Красногвардейский пр-д, д.1, с.7

Наши подписные агентства

«Почта России», индексы в каталоге П2021 и П2017
«Информ-система», +7 (495) 121-01-16, +7 (499) 789-45-55
«Урал-Пресс Округ» +7 (499) 391-68-21, +7 (499) 700-05-07,
«Руспресса», +7 (495) 369-11-22
«Прессинформ» С-Петербург,
+7 (812) 337-16-26, +7 (953) 140-57-47

© АНО Центр «НаукаПресс»



НА ПЕРВОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ
рисунок Александра Кука

НА ВТОРОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ
картина художника Caspar David
Friederich «Крушение в ледяном море».
Вода не только основа жизни,
но и своенравная стихия.
Помните об этом и читайте
в статье «Вода периода перемен»

Не стоит бояться перемен.

*Чаще всего они случаются именно в тот
момент, когда необходимы.*

Конфуций

Содержание

Вещи и вещества

САМОЕ НЕОБЫКНОВЕННОЕ ВЕЩЕСТВО. И.В. Петрянов.....2

Ресурсы

ВОДА ПЕРИОДА ПЕРЕМЕН. С.М. Комаров 11

Вещи и вещества

ПРО ЛЁД И ЛЕДОВЫЕ АВАНТЮРЫ. В.М. Бузник, Ю.И. Головин 18

Портреты

НАУКА КАК ИГРА БЕЗ ПРАВИЛ. С.В. Багоцкий22

Спросите учителя

ШКОЛЬНЫЙ УЧЕБНИК ФИЗИКИ

КАК ИСТОЧНИК ФИЗИКИ. Л.А. Ашкинази32

Земля и ее обитатели

ЧТО МЫ ЗНАЕМ О КОТЕ? Н.Л. Резник42

Панацейка

БАДАН — ЧАЙ ИЗ СЛОНОВЬЕГО УХА. Н. Ручкина48

Фантастика

РЕЙС «ВОКЗАЛ — ТУМАН — ВОКЗАЛ». А. Зимний.....54

Нанофантастика

ПАЛИТРА ВАН ГОГА. А. Белолипецкая64

Результаты: алгоритмы и роботы

29

Разные разности

36

Книги

47

Результаты: Вселенная

51

Реклама

61

Короткие заметки

62

Пишут, что...

62

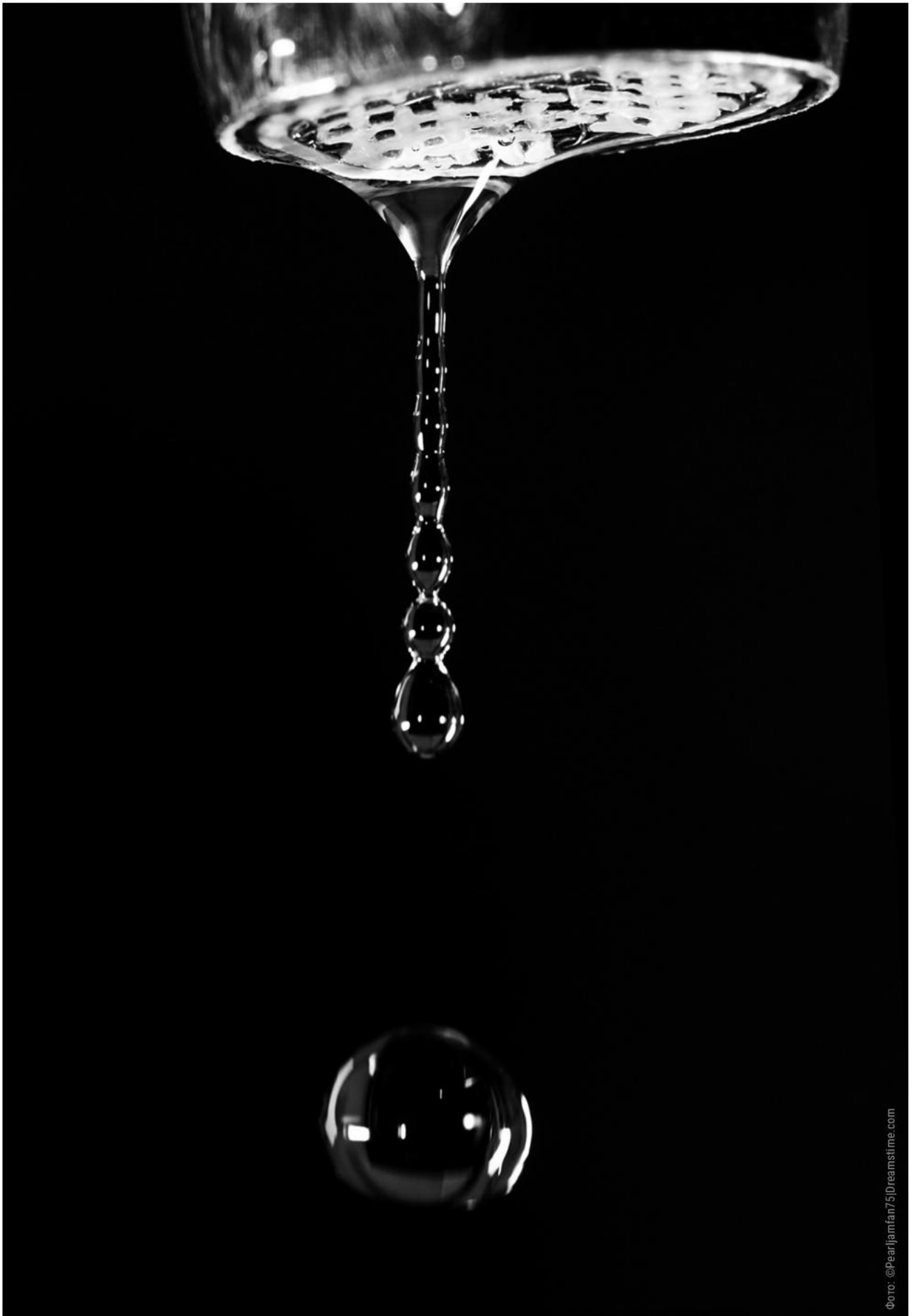


Фото: ©Pearljamfan75/Dreamstime.com

Дорогие друзья! 60 лет назад в Академии наук СССР был издан приказ об организации научно-популярного журнала «Химия и жизнь», а его главным редактором назначили академика Игоря Васильевича Петрянова-Соколова. За идеей создания ежемесячного журнала, популяризирующего химию, стоял лауреат Нобелевской премии, академик Николай Николаевич Семёнов. Первый номер «Химии и жизни» вышел в 1965 году. И мы решили публиковать в каждом выпуске этого юбилейного для нас года одну из статей из синхронного выпуска 1965 года. Сегодня мы предлагаем вам первую статью главного редактора в нашем журнале — «Самое необыкновенное вещество».

Член-корреспондент АН СССР

И. В. Петрянов

Самое необыкновенное вещество

Что такое вода?

Такой вопрос может показаться не только странным, но и немного невежливым. Кто же этого может не знать? Всякий знает, что вода — это соединение водорода и кислорода. Ее всем известная формула H_2O . Разберемся, прежде всего, в этой формуле.

Сколько существует различных водородов?

В природе существуют три различных водорода — три изотопа. Самый легкий — H^1 . Химики часто называют его протием.



Водород в «обычной» воде почти нацело состоит из протия. Кроме него во всякой воде есть тяжелый водород — дейтерий H^2 , его чаще обозначают символом D. Дейтерия в воде очень мало. На каждые 6700 атомов протия в среднем приходится только один атом дейтерия. Не следует думать, что это так уж мало. В природе часто малые причины вызывают большие последствия. Кроме протия и дейтерия, существует еще сверхтяжелый водород H^3 . Его обычно называют тритием и обозначают символом T. Тритий радиоактивен, период его полураспада немного больше 12 лет. Он непрерывно образуется в стратосфере под действием космического излучения. Количество трития на нашей Земле исчезающе мало — меньше одного килограмма

на всем земном шаре; но, несмотря на это, его можно обнаружить в любой капле воды.

Недавно ученые заподозрили, что возможно существование четвертого изотопа H^4 и даже пятого H^5 . Они тоже должны быть радиоактивны.

Сколько существует различных кислорода?

В природе найдены три различных изотопа кислорода. Больше всего легкого кислорода O^{16} , значительно меньше тяжелого O^{18} и совсем мало кислорода O^{17} . В кислороде воздуха, которым мы дышим, на каждые десять атомов O^{17} приходится 55 атомов O^{18} и более 26 000 атомов изотопа O^{16} . Физики создали в ускорителях и реакторах еще четыре радиоактивных изотопа кислорода: O^{14} , O^{15} , O^{19} и O^{20} . Все они живут очень недолго и через несколько минут распадаются.

Сколько может быть различных вод?

Если подсчитать все возможные соединения с общей формулой H_2O , то окажется, что всего могут существовать сорок две разные воды. Из них тридцать одна вода будет радиоактивной, но и стабильных устойчивых вод будет тоже немало — девять: H_2O^{16} , H_2O^{17} , H_2O^{18} , HDO^{16} , HDO^{17} , HDO^{18} , D_2O^{16} , D_2O^{17} , D_2O^{18} . Если же подтвердится сообщение о том, что существуют еще два сверхтяжелых изотопа водорода H^4 и H^5 , то будут возможны уже сто пять типов молекул воды.

Где бы в мире ни зачерпнуть стакан воды, в нем всегда окажется смесь молекул, неодинаковых по изотопному составу. Конечно, вероятность образования молекул с разным изотопным составом далеко не одинакова. Молекулы с двумя или сразу с тремя редко встречающимися изотопными атомами будут так редки и их будет так мало, что, по мнению физиков, такие воды пока можно не принимать во внимание.

Что такое обыкновенная вода?

Такой воды в мире нет. Нигде нет обыкновенной воды. Она всегда необыкновенная. Даже по изотопному составу вода в природе всегда различна. Он зависит от истории воды — от того, что с ней происходило в бесконечном многообразии ее круговорота в природе.

При испарении вода обогащается протием, и вода дождя поэтому отлична от воды из озера. Вода из реки не похожа на морскую воду. В закрытых озерах вода содержит больше дейтерия, чем вода горных ручьев. В каждом источнике свой изотопный состав воды.

Когда зимой замерзает вода в озере, изотопный состав льда меняется: в нем уменьшилось содержание тяжелого водорода, но зато повысилось количество тяжелого кислорода. Поэтому вода из растаявшего льда уже отличается от той воды, которая замерзла. Если воду разложить, а потом сжечь добытый из нее

водород, то получится снова вода, но совсем другая, потому что в воздухе изотопный состав кислорода отличается от среднего изотопного состава кислорода воды. (Но зато, в отличие от воды, изотопный состав воздуха один и тот же на всем земном шаре.) Вода в природе вечно меняется...

Что такое легкая вода?

Это та самая вода, формулу которой знают все школьники — H_2O^{16} . Но такой воды в природе нет. Ее с огромным трудом приготовили ученые для точного измерения свойств воды, в первую очередь для измерения ее плотности. Пока такая вода существует только в нескольких крупнейших лабораториях мира, где изучают свойства различных изотопных соединений.

Что такое тяжелая вода?

И этой воды в природе нет. Строго говоря, нужно было бы называть «тяжелой» воду, состоящую только из одних тяжелых изотопов водорода и кислорода — воду D_2O^{18} . Но такой воды нет даже в лабораториях. Она еще никому не нужна. В науке и ядерной технике принято условно называть «тяжелой водой» тяжеловодородную воду. Она содержит только дейтерий, в ней совсем нет обычного легкого изотопа водорода. Изотопный состав кислорода в этой воде соответствует обычному составу кислорода ↔ воздуха.

Бывает ли полутяжелая вода?

Полутяжелой водой можно назвать воду с молекулами HDO . Она есть во всякой природной воде, но получить ее в чистом виде невозможно, потому что в воде всегда протекают реакции изотопного обмена. Атомы изотопов водорода очень подвижны и непрерывно переходят из одной молекулы в другую. Приготовить воду, средний состав которой будет соответствовать формуле полутяжелой воды, нетрудно. Но, в действительности, благодаря реакции обмена $2HDO \leftrightarrow H_2O + D_2O$ она будет представлять собой смесь молекул с разным изотопным составом: H_2O , HDO , D_2O .

Что такое «нулевая» вода?

Нулевая вода состоит из чистого легкого водорода и кислорода воздуха. Эту воду физико-химики выбрали в качестве эталона: у нее очень постоянный состав. Ее не так уж трудно получать и с ней удобно сравнивать воду неизвестного состава: определив разницу в плотности, легко найти содержание дейтерия.

Кроме всех перечисленных вод, еще существует тяжелоокислородная вода — H_2O^{18} . Получить ее из природной воды очень сложно и трудно. Эту воду в чистом виде еще, пожалуй, никто не сумел приготовить. Но

тяжелокислородная вода очень нужна для исследования многих биологических и химических процессов, поэтому довольно концентрированные растворы этой воды в воде обычной получают теперь на заводах.

Существует ли радиоактивная вода?

Да. Тритиевую воду получают искусственным путем, в атомных реакторах. Из-за сильной радиоактивности эта вода очень опасна и нужна пока только для научных целей.

Много ли разных вод содержится в воде?

Смотря в какой. В той, что льется из водопроводного крана, куда она пришла из реки, тяжелой воды D_2O^{16} около 150 г на тонну, а тяжелокислородной (H_2O^{17} и H_2O^{18} вместе) почти 1800 г на тонну воды. В воде из Тихого океана тяжелой воды почти 165 г на тонну. В тонне льда одного из больших ледников Кавказа тяжелой воды на 7 г больше, чем в речной воде, а тяжелокислородной воды столько же. Но зато в воде ручейков, бегущих по этому леднику, D_2O^{16} оказалось меньше на 7 г, а H_2O^{18} — на 23 г больше, чем в речной.

Тритиевая вода T_2O^{16} выпадает на землю вместе с осадками, но очень мало, всего лишь 1 г на миллион миллионов тонн дождевой воды. В океанской воде ее еще меньше.

В чем же различие между легкой, природной и тяжелой водами?

Ответ на этот вопрос будет зависеть от того, кому он задан. Каждый из нас не сомневается, что с водой-то он знаком хорошо. Если показать нам три стакана с обычной, тяжелой и легкой водой, то каждый даст совершенно четкий и определенный ответ: во всех трех сосудах — простая чистая вода. Она одинаково прозрачна и бесцветна. Ни на вкус, ни на запах нельзя найти разницу между содержимым трех стаканов. И это будет верно. Это все — вода.

Химик ответит почти так же: между ними нет почти никакой разницы. Все химические свойства трех вод почти неразличимы: в каждой из них натрия будет одинаково выделять водород, каждая будет одинаково разлагаться при электролизе, все их химические свойства будут почти совпадать. Это и понятно: ведь химический состав вещества в трех стаканах одинаков. Это вода.

Физик не согласится. Он укажет на заметную разницу в их физических свойствах: и кипят и замерзают они при различных температурах, плотность у них разная, а упругость их пара тоже немного различна. Правда, все эти различия малы. Изменения в изотопном составе очень мало влияют на физические свойства веществ.



O^{18} и совсем мало кислорода O^{17} . В кислороде воздуха, которым мы дышим, на каждые десять атомов O^{16} приходится 35 атомов O^{17} и более 26 000 атомов изотопа O^{18} . Физики создали в ускорителях и реакторах еще четыре радиоактивных изотопа кислорода: O^{14} , O^{15} , O^{19} и O^{20} . Все они живут очень недолго и через несколько минут распадаются.

Сколько может быть различных вод!

Если подсчитать все возможные соединения с общей формулой H_2O , то окажется, что всего могут существовать сорок две разные воды. Из них тридцать одна вода будет радиоактивной, но и стабиль-

ных устойчивых вод будет тоже немало — девять:

H_2O , H_2O , H_2O , H_2O , H_2O , H_2O , H_2O , H_2O , H_2O .

Если не подтвердится сообщение о том, что существуют еще два сверхтяжелых изотопа водорода H^3 и H^4 , то будут возможны уже сто пять типов молекул воды.

Где бы в мире ни зачерпнуть стакан воды, в нем всегда окажется смесь молекул, неодинаковых по изотопному составу. Конечно, вероятность образования молекул с разным изотопным составом далеко не одинакова. Молекулы с двумя или сразу с тремя редко встречающимися изотопными атомами будут так редки и их будет так мало, что, по мнению физиков, такие воды пока можно не принимать во внимание.

3

Биолог, пожалуй, станет в тупик — для него вопрос о различии между водами с разным изотопным составом еще не решен. Еще совсем недавно считали, что в тяжелой воде живые существа не могут жить. Ее даже мертвой водой называли. Но оказалось, что если очень медленно, постепенно заменять в воде, где живут некоторые микроорганизмы, протий на дейтерий, то можно их приучить к тяжелой воде, и они будут в ней неплохо жить и развиваться. А обычная вода станет для них вредной.

Кому нужна тяжелая вода?

Всему человечеству. Мы уже подходим к порогу, за которым появится совершенно реальная угроза: ресурсов химического топлива — нефти, газа, угля хватит очень не на долго. И все надежды связаны с будущим термоядерной энергетики.

Ее топливо — это тяжелая вода. Для рассказа о ней нужна отдельная большая статья. По всей вероятности, в ее конце стоял бы вопрос — на сколько времени хватит человечеству энергии, скрытой в воде? И ответ на него: при таком росте энергетики, которой мы в состоянии предвидеть, не менее чем на миллиард лет.

Почему вода — вода?

Этот вопрос совсем не так неразумен, как может показаться. В самом деле, разве вода — это только та бесцветная жидкость, что налита в стакан?

Океан, покрывающий почти всю нашу планету, всю нашу чудесную Землю, в котором миллионы лет назад зародилась жизнь, — это вода. Тучи, облака, туманы, несущие влагу всему живому на земной поверхности, — это тоже вода. Бескрайние ледяные пустыни полярных областей, снеговые покровы, застилающие почти половину планеты, — и это вода.

Прекрасно, невоспроизводимо бесконечное многообразие красок солнечного заката, его золотых и багряных переливов, торжественны и нежны краски небосвода при восходе Солнца... Это обычная и необыкновенная симфония цвета обязана рассеянию и поглощению солнечного спектра водяными парами в атмосфере. Этот великий художник природы — вода.

Великие горные цепи сложены гигантскими толщами сотен различных горных пород, и многие из них созданы величайшим строителем природы — водой. Непрерывно изменяется облик Земли. На месте, где возвышались высочайшие горы, расстилаются бескрайние равнины... Их создает великий преобразователь — вода.

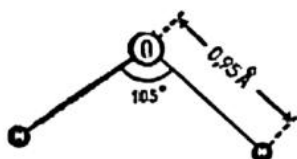
Безгранично многообразие жизни. Она всюду на нашей планете. Но только там, где есть вода.

Почему же одно из бесчисленных химических соединений с простой и ничем не примечательной формулой, состоящее из двух обычных для мироздания элементов, с молекулой всего из трех атомов — простая окись водорода, самая обычная вода, — почему она играет такую роль в природе? Чем объясняется исключительная роль воды?

Среди необозримого множества веществ вода с ее физико-химическими свойствами занимает совершенно особое, исключительное место. И это надо понимать буквально. Почти все физико-химические свойства воды — исключение в природе. Она действительно самое удивительное вещество на свете. Она удивительна не только многообразием изотопных форм молекулы и не только надеждами, которые связаны с ней, как с источником энергии будущего. Она удивительна своими самыми обычными свойствами.

Как построена одна молекула воды?

Это известно очень точно. Она построена вот так:



Хорошо изучено и измерено взаимное расположение ядер атомов водорода и кислорода и расстояние между ними. Оказалось, что вместе с электронными

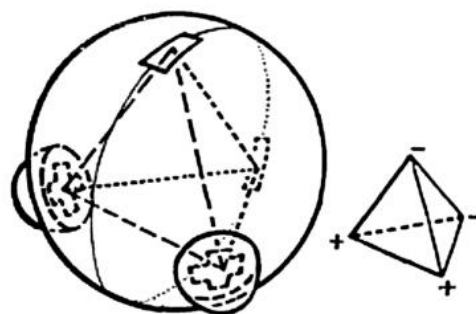
оболочками атомов молекулу воды, если на нее взглянуть «сбоку», можно было бы изобразить так:



А если взглянуть «сверху» со стороны атома кислорода, то так:



Значит, взаимное расположение зарядов в молекуле воды можно изобразить в виде тетраэдра.



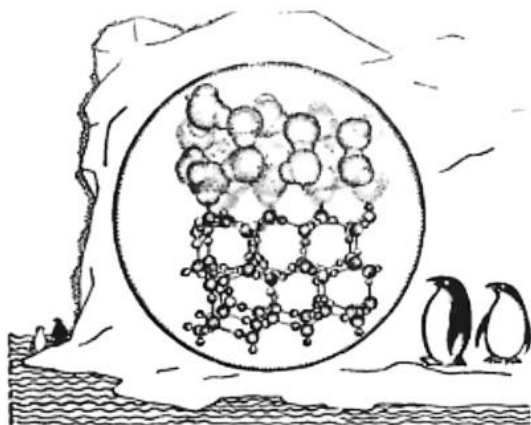
При таком строении взаимное притяжение молекул воды необычайно сильно: каждая молекула воды может образовывать четыре одинаковых «водородных» связи с другими молекулами воды. Все молекулы воды с любым изотопным составом построены совершенно одинаково.

А молекула льда? Никаких особых молекул льда нет. В куске льда молекулы соединены так, что каждая из них связана и окружена четырьмя другими молекулами. Это очень рыхлая структура, в которой остается много свободного объема. Правильное кристаллическое строение льда выражается в изяществе снежинок и в красоте морозных узоров на замерзших оконных стеклах.

Как расположены молекулы воды в воде?

К сожалению, этот очень важный вопрос изучен далеко не достаточно. Строение молекул в жидкой воде очень сложно. Когда лед плавится, его сетчатая структура частично сохраняется в образующейся воде. Молекулы в талой воде состоят из многих простых молекул — это

агрегаты, сохраняющие свойства льда. При повышении температуры часть агрегатов распадается, их размеры становятся меньше.



Взаимное притяжение ведет к тому, что средняя величина сложной молекулы воды в жидкой воде значительно больше, чем размеры одной молекулы воды. Такое необычайное молекулярное строение обуславливает необычные физико-химические свойства воды.

При какой температуре вода должна кипеть?

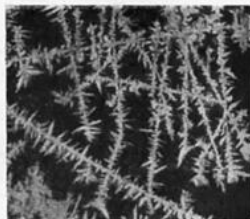
Этот вопрос, вероятно, покажется странным. Вода кипит при ста градусах, — это знает каждый. Больше того, всем известно, что именно температура кипения воды выбрана в качестве опорной точки температурной шкалы и условно обозначена 100°C.

Однако вопрос поставлен иначе: при какой температуре вода должна кипеть? Ведь температуры кипения различных веществ не случайны. Они зависят от положения элементов в Периодической системе.

Чем меньше атомный номер элемента, чем меньше его атомный вес, тем ниже температура кипения его соединений. Вода по химическому составу может быть названа гидридом кислорода. H_2Te , H_2Se и H_2S — химические аналоги воды. Если проследить за температурами их кипения и сопоставить, как изменяются температуры кипения гидридов в других группах Периодической системы, то можно довольно точно определить температуру кипения любого гидрида, так же как и любого другого соединения. Сам Менделеев таким способом предсказал свойства химических соединений еще не открытых элементов.

Если определить температуру кипения гидрида кислорода по положению кислорода в Периодической таблице, то окажется, что вода должна кипеть при восьмидесяти градусах ниже нуля... Значит, вода кипит приблизительно на сто восемьдесят градусов выше, чем должна кипеть. Температура кипения, наиболее обычное свойство воды, оказывается необычайным и удивительным.

свойство воды. Но ведь и в этом случае можно спросить, при какой температуре вода должна замерзать в соответствии со своей химической природой.



Оказывается, что гидрид кислорода — по его положению в таблице Менделеева — должен затвердевать при ста градусах ниже нуля...

Вода — удивительное вещество, не подчиняющееся многим физико-химическим закономерностям, справедливым для других соединений, потому что взаимодействие ее молекул необычайно велико. И требуется особенно интенсивное тепловое движение молекул, чтобы преодолеть это дополнительное притяжение. В этом — причина неожиданного и резкого повышения температуры ее кипения и плавления.

Из всего сказанного следует, что температура плавления и кипения гидрида кислорода — его аномальные свойства. Следовательно, что в условиях нашей Земли жидкое и твердое состояние воды — также аномалии. Нормальным должно было быть только газообразное состояние...

Невозможным жителям невозможного мира, в котором все свойства воды были бы «нормальными», пришлось бы, очевидно, снимать воду специальными машинами, подобно тому, как это делаем мы, получая жидкий кислород из воздуха.

Сколько существует газообразных состояний воды?

Только одно — пар.

Сколько существует жидких состояний воды?

На этот вопрос не так просто ответить. Жидкая вода обладает такими свойствами, что приходится задуматься: правилен ли простой, казалось бы не вызывающий никаких сомнений, ответ — одно, конечно...

Вода после плавления сначала сжимается, а затем, по мере повышения температуры, начинает расширяться. При +4°C у воды наибольшая плотность. Это аномально объяснимо тем, что в действительности жидкая вода представляет собой сложный раствор... воды в воде.

При плавлении льда сначала образуются крупные агрегаты молекул воды. Растворяясь в обычной низкомолекулярной воде, они сохраняют остаток рыхлой кристаллической структуры льда. Поэтому сначала плотность воды низкая. Но с повышением температуры эти большие молекулы разрушаются и плотность воды растет, пока не начнет преобладать обычное термическое расширение...

Если это объяснение верно, то возможны несколько состояний воды, только пока никто не умеет их разделить. И неизвестно, удастся ли когда-нибудь это сделать.

Свойство воды, о котором идет речь, имеет огромное значение для жизни. В реках и озерах перед наступлением зимы постепенно охлаждающаяся вода спускается вниз, пока температура всего водоема не достигнет +4°C. А при дальнейшем охлаждении более холодная вода остается сверху и всякое перемешивание прекращается. Теперь тонкий слой холодной воды становится как бы «одеялом» для всех обитателей подводного мира.

Что должно быть легче — вода или лед?

Лед плавает на воде и, конечно, легче ее. Но почему «конечно»? Разве это так ясно? Ведь объем всех твердых тел при плавлении увеличивается и они тонут в своем собственном расплаве. А вот лед плавает в воде.

Значит, и это свойство воды — аномалия, исключение и притом совершенно замечательное исключение. Попробуем вообразить, как выглядел бы мир, если бы вода обладала нормальной...

Можно представить себе, что если бы наша вода потеряла вдруг способность образовывать сложные, ассоциированные молекулы, то она, вероятно, кипела бы при той температуре, какая ей положена в соответствии с Периодическим законом. Океаны закипели бы, на Земле не осталось ни одной капли воды, а на небе никогда больше не появилось ни одного облачка...

При какой температуре вода замерзает?

И этот вопрос может вызвать недоумение. Каждый знает, что вода замерзает при нуле градусов. Это вторая опорная точка термометра, фиксирующая самое обычное свойство воды. Но ведь и в этом случае можно спросить, при какой температуре вода должна замерзать в соответствии со своей химической природой.

Оказывается, что гидрид кислорода — по его положению в таблице Менделеева — должен затвердевать при ста градусах ниже нуля...

Вода — удивительное вещество, не подчиняющееся многим физико-химическим закономерностям, справедливым для других соединений, потому что взаимодействие ее молекул необычайно велико. И требуется особенно интенсивное тепловое движение молекул, чтобы преодолеть это дополнительное притяжение. В этом — причина неожиданного и резкого повышения температур ее кипения и плавления.

Из всего сказанного следует, что температура плавления и кипения гидроксида кислорода — его аномальные свойства. Следует, что в условиях нашей Земли жидкое и твердое состояние воды — также аномалии. Нормальным должно было быть только газообразное состояние. Невозможным жителям невозможного мира, в котором все свойства воды были бы «нормальны», пришлось бы, очевидно, сжижать воду специальными машинами, подобно тому, как это делаем мы, получая жидкий кислород из воздуха.

Сколько существует газообразных состояний воды?

Только одно — пар.

Сколько существует жидких состояний воды?

На этот вопрос не так просто ответить. Жидкая вода обладает такими свойствами, что приходится задуматься: правилен ли простой, казалось бы не вызывающий никаких сомнений, ответ — одно, конечно...

Вода после плавления сначала сжимается, а затем, по мере повышения температуры, начинает расширяться. При +4°C у воды наибольшая плотность. Эту аномалию объясняют тем, что в действительности жидкая вода представляет собой сложный раствор... воды в воде.

При плавлении льда сначала образуются крупные агрегаты молекул воды. Растворяясь в обычной низкомолекулярной воде, они сохраняют остатки рыхлой кристаллической структуры льда. Поэтому сначала плотность воды низкая. Но с повышением температуры эти большие молекулы разрушаются и плотность воды растет, пока не начнет преобладать обычное термическое расширение...

Если это объяснение верно, то возможны несколько состояний воды, только пока никто не умеет их разделить. И неизвестно, удастся ли когда-нибудь это сделать.

Свойство воды, о котором идет речь, имеет огромное значение для жизни. В реках и озерах перед наступлением зимы постепенно охлаждающаяся вода спускается вниз, пока температура всего водоема не достигнет +4°C. А при дальнейшем охлаждении более холодная вода остается сверху и всякое перемешивание прекращается. Теперь тонкий слой холодной воды становится как бы «одеялом» для всех обитателей подводного мира.

Что должно быть легче — вода или лед?

Лед плавает на воде и, конечно, легче ее. Но почему «конечно»? Разве это так ясно? Ведь объем всех твердых тел при плавлении увеличивается и они тонут

в своем собственном расплаве. А вот лед плавает в воде. Значит, и это свойство воды — аномалия, исключение и притом совершенно замечательное исключение.

Попробуем вообразить, как выглядел бы мир, если бы вода с обычными свойствами и лед, как и полагается любому нормальному веществу, был плотнее жидкой воды. Зимой намерзающий сверху лед тонул бы, непрерывно опускаясь на дно водоема. Летом лед, защищенный толщей холодной воды, не мог бы растаять. Постепенно все озера, пруды, реки, ручьи промерзли бы нацело, превратившись в гигантские ледяные глыбы. Наконец, промерзли бы моря, а за ними и океаны. Наш цветущий мир стал бы сплошной ледяной пустыней, кое-где покрытой тонким слоем талой воды...

Сколько существует льдов?

В природе, на нашей Земле — один, обычный лед, самый прекрасный из минералов. Никакие алмазы не могут сравниться блеском и красотой со снежинками, искрящимися на солнце. Льдом — голубовато-зеленым камнем сложены горы, им покрыт целый материк. Лед — горная порода с необычными свойствами. Он твердый, но течет как жидкость, и существуют огромные ледяные реки, медленно стекающие с высоких гор. Лед изменчив — он непрерывно исчезает и образуется вновь. Лед необычайно прочен и долговечен — десятки тысячелетий хранит он в себе без изменений тела мамонтов, случайно погибших в ледниковых трещинах.

Но кроме этого льда в лабораториях открыты еще по крайней мере шесть различных, не менее удивительных льдов, которых нет в природе. Они существуют только при очень высоких давлениях.

Обычный лед сохраняется до давления в 2115 атмосфер, но при этом давлении плавится при -22°C. Когда давление превышает 2115 ат, образуется плотный лед — лед III. Он тяжелее воды и тонет в ней. Если понизить температуру и довести давление до 3000 ат, то получится еще более плотный лед II. Давление сверх 5000 ат превращает лед в лед V — его можно нагреть почти до 0°C, и он не растает. При давлении около 20 000 ат появляется лед VI. Это буквально горячий лед — он выдерживает, не плавясь, температуру +80°C. Лед VII, обнаруженный при давлении 40 000 ат, можно, пожалуй, назвать раскаленным льдом. Это самый плотный и тугоплавкий из известных льдов. Он плавится только при 175 градусах выше нуля. Некоторые ученые подозревают, что существует еще неустойчивый лед IV, быстро переходящий в лед V.

Наверно, человек сумеет в будущем найти еще не один вид льда...

Что нужно, чтобы лед растаял?

Очень много тепла. Больше, чем для плавления такого же количества других веществ (кроме нескольких

металлов). Исключительно большое значение скрытой теплоты плавления — 80 калорий на грамм льда — также аномальное свойство воды.

При замерзании воды такое же количество тепла выделяется снова. Когда появляется лед, когда выпадает снег, они отдают тепло, которое подогревает землю и воздух. Они противостоят холоду и смягчают переход к суровой зиме. Благодаря этому замечательному свойству воды на нашей планете существуют осень и весна.

Сколько тепла нужно, чтобы нагреть воду?

Очень много. Больше, чем для нагревания равного количества любого другого вещества. Чтобы нагреть грамм воды на один градус, необходима одна калория. Это больше чем вдвое превышает теплоемкость любого химического соединения. И эта особенность воды имеет очень большое значение не только при варке обеда на кухне.

Вода — это великий распределитель тепла на Земле. Нагретая Солнцем у экватора, она переносит тепло в мировом Океане гигантскими потоками морских течений в далекие полярные области, где жизнь возможна только благодаря этой удивительной особенности воды.

Чтобы разделить молекулы воды, чтобы превратить ее в пар, нужно очень много энергии — нет ни одного вещества, у которого скрытая теплота испарения была бы больше, чем у воды. Вода — лучший теплоноситель.

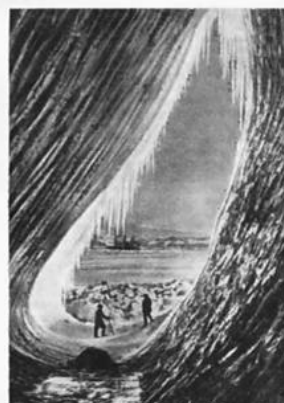
Вода — гигантский движитель: подсчитано, что Солнце испаряет на Земле за одну минуту миллиард тонн воды, и каждую минуту миллиард тонн водяного пара вместе с восходящими потоками нагретого воздуха поднимается в верхние слои атмосферы. Каждый грамм этого пара уносит с собой 537 калорий солнечной энергии...

Эта энергия неминуемо должна выделяться снова — превращаясь в облака, отдавая тепло и нагревая воздух, водяной пар каждую минуту отдает атмосфере Земли чудовищно огромное количество энергии: $2,2 \cdot 10^{18}$ джоулей. Чтобы выработать эту энергию за то же время, понадобилось бы сорок миллионов электростанций мощностью по миллиону киловатт каждая...

Это та энергия, которая переносит сотни миллиардов тонн воды по воздуху. Это энергия ветров, бурь, ураганов и штормов. Один ураган выделяет энергию, эквивалентную тридцати тысячам атомных бомб.

Почему в море вода соленая?

Это, пожалуй, одно из самых важных следствий одного из самых удивительных свойств воды. В ее молекуле центры положительных и отрицательных зарядов



Некоторые ученые подозревают, что существует еще неустойчивый лед IV, быстро переходящий в лед V. Наверно, человек сумеет в будущем найти еще не один вид льда...

Что нужно, чтобы лед растаял!

Очень много тепла. Больше, чем для плавления такого же количества других веществ (кроме нескольких металлов). Исключительно большое значение скрытой теплоты плавления — 80 калорий на грамм льда — также аномальное свойство воды. При замерзании воды такое же количество тепла выделяется снова. Когда появляется лед, когда выпадает снег, они отдают тепло, которое подогревает землю и воздух. Они противостоят холоду и смягчают переход к суровой зиме. Именно бла-

10

годаря этому замечательному свойству воды на нашей планете существуют осень и весна.

Сколько тепла нужно, чтобы нагреть воду!

Очень много. Больше, чем для нагревания равного количества любого другого вещества. Чтобы нагреть грамм воды на один градус, необходима одна калория. Это больше чем вдвое превышает теплоемкость любого химического соединения. И эта особенность воды имеет очень большое значение не только при варке обеда на кухне.

Вода — это великий распределитель тепла на Земле. Нагретая Солнцем у экватора, она переносит тепло в мировом Океане гигантскими потоками морских течений в далекие полярные области, где жизнь возможна только благодаря этой удивительной особенности воды.

Чтобы разделить молекулы воды, чтобы превратить ее в пар, нужно очень много энергии — нет ни одного вещества, у которого скрытая теплота испарения была бы больше, чем у воды. Вода — лучший теплоноситель.

Вода — гигантский движитель: подсчитано, что Солнце испаряет на Земле за одну минуту миллиард тонн воды, и каждую минуту миллиард тонн водяного пара вместе с восходящими потоками нагретого воздуха поднимается в верхние слои атмосферы. Каждый грамм этого пара уносит с собой 537 калорий солнечной энергии...

Эта энергия неминуемо должна выделяться снова — превращаясь в облака, отдавая тепло и нагревая воздух, водяной пар каждую минуту отдает атмосфере Земли чудовищно огромное количество энергии:

$2,2 \cdot 10^{18}$ джоулей.

Чтобы выработать эту энергию за то же время, понадобилось бы сорок миллионов электростанций мощностью по миллиону киловатт каждая...

Это та энергия, которая переносит сотни миллиардов тонн воды по воздуху. Это энергия ветров, бурь, ураганов и штормов. Один ураган выделяет энергию, эквивалентную тридцати тысячам атомных бомб.

сильно смещены один относительно другого. Поэтому вода обладает исключительно высоким, аномальным значением диэлектрической проницаемости.

Для воды $\epsilon = 80$, а для воздуха и вакуума $\epsilon = 1$. Это значит, что два любых разноименных заряда взаимно притягиваются друг к другу в воде с силой в 80 раз меньшей, чем в воздухе, так как по закону Кулона $f = Q_1 \cdot Q_2 / \epsilon \cdot r^2$.

Все межмолекулярные связи, определяющие прочность всех тел, зависят от взаимодействия между положительными зарядами атомных ядер и отрицательными зарядами электронов. На поверхности тела, погруженного в воду, силы, действующие между молекулами или атомами, ослабевают под влиянием воды почти в сотни раз.

Если оставшейся прочности связи между молекулами недостаточно, чтобы противостоять тепловому движению, то молекулы или атомы начинают отрываться от поверхности тела. Оно начинает растворяться — либо распадаясь на отдельные молекулы, как сахар в стакане чая, либо на заряженные ионы, как поваренная соль.

Именно благодаря аномально высокой диэлектрической проницаемости вода — один из сильнейших растворителей. Медленно и неотвратно она разрушает даже граниты.

Ручьи, реки и реки сносят растворенные водой примеси в океан. Вода из океана испаряется и вновь

возвращается на сушу, чтобы снова и снова продолжать свою вечную работу. А растворенные соли остаются в морях и океанах.

Если бы вода не обладала удивительным свойством — необычайно высокой диэлектрической проницаемостью, — море не было бы соленым. Но это некому было бы заметить — не было бы на Земле жизни.

Распадаются ли в воде на ионы ее собственные молекулы?

Да, распадаются. Молекулы воды очень прочны, но все же очень большая их часть диссоциирует: $\text{H}_2\text{O} = \text{H}^+ + \text{OH}^-$.

Из каждого миллиарда молекул воды при обычной температуре диссоциированы всего две молекулы.

Свободный протон H^+ — ядро атома водорода, — конечно, не может существовать в водной среде: он немедленно присоединяется к молекуле воды и образует ион гидроксония H_3O^+ .

Существует ли чистая вода?

Если быть строгим и точным в ответах, то придется сказать, что нет — чистой воды пока никто не видал и не держал в руках.

В воде всегда растворены, наверное, сотни, а может быть, и тысячи различных соединений почти всех элементов Периодической системы. В ней взвешены мельчайшие нерастворимые частицы пыли.

Много ученых работает над решением трудной проблемы получения абсолютно чистой воды. Но пока еще получить такую воду не удалось никому.

Это и понятно: налитая в сосуд вода растворяет стекло, соприкасаясь с любым газом, она растворяет газ...

Очень тщательно очищенная вода приобретает совершенно необычные свойства: ее можно перегреть на десятки градусов выше точки кипения — она не закипит, ее можно очень сильно переохладить — она не замерзнет.

Какую форму имеет вода?

И этот вопрос поставлен совершенно правильно. Вода обладает собственной формой, как и любая другая жидкость. Ее форма — шар. Утверждение учебников, будто вода принимает форму сосуда, а собственной не имеет — неверно. Ее собственная форма на Земле обычно искажена силой тяжести.

В том, что жидкости свойственна форма шара, легко убедиться, поместив ее в состояние невесомости. Это возможно и на Земле: сфотографируйте падающую каплю или хороший мыльный пузырь. И в том и в другом случае действие силы тяжести исключено, и вода принимает свою собственную форму.

Может ли вода течь вверх?

Да, может. Это происходит всегда и повсеместно. Сама поднимается вода вверх в почве, смачивая всю толщу земли от уровня грунтовых вод. Сама поднимается вода вверх по капиллярам сосудов дерева. Сама движется вода вверх в порах промокательной бумаги или в волокнах полотенца. В очень тонких трубках вода может подняться на высоту нескольких метров...

Это объясняется еще одной замечательной особенностью воды — ее исключительно большим поверхностным натяжением. Силы межмолекулярного притяжения действуют на молекулу жидкости на ее поверхности только в одну сторону, а у воды это взаимодействие аномально велико. Поэтому каждая молекула втягивается с поверхности внутрь жидкости. Возникает сила, стягивающая поверхность. У воды она особенно велика: поверхностное натяжение составляет 72 дин на сантиметр.

Эта сила и придает мыльному пузырю, падающей капле и любому количеству жидкости в условиях невесомости форму шара. Она поддерживает бегающих по поверхности пруда жуков, лапки которых водой не смачиваются. Она поднимает воду в почве, а стенки тонких пор и отверстий в ней, наоборот, хорошо смачиваются водой. Вряд ли вообще было бы возможно земледелие, если бы вода не обладала этой особенностью.

Все ли уже известно о воде?

Совсем немного лет назад химики были уверены, что состав воды им хорошо известен. Но однажды одному исследователю пришлось измерить плотность остатка воды после электролиза. Плотность оказалась на несколько сотысячных долей выше нормальной...

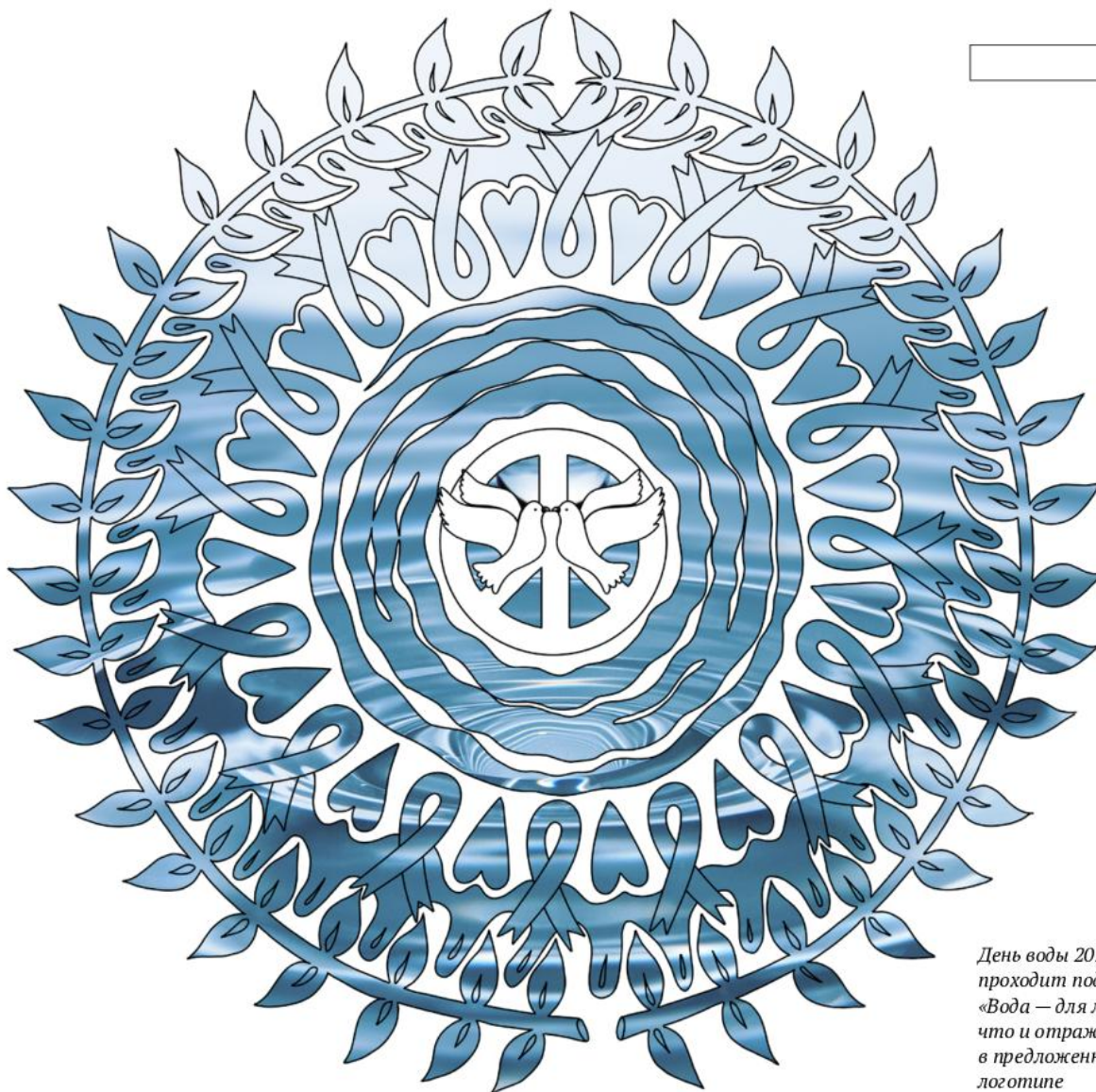
В науке нет ничего незначительного. Эта ничтожная разница потребовала объяснения. И в результате стало постепенно выясняться многое из того, о чем рассказано в этой статье.

А началось все с простого измерения самой обычной, будничной и неинтересной величины — плотности воды была измерена точнее на лишний десятичный знак...

Каждое новое, более точное измерение, каждый новый верный расчет не только повышает уверенность в знании и надежности уже добытого и известного, но и раздвигает границы неведомого и еще непознанного, прокладывает к ним новые пути.

Нет предела человеческому разуму, нет предела его возможностям; и то, что мы теперь так много знаем о природе и свойствах поистине самого необыкновенного в мире вещества — о воде, открывает еще большие возможности. Кто может сказать, что еще будет узно, что открыто нового, еще более необычайного? Умейте только видеть и удивляться.

Вода, как и всё в мире, неисчерпаема.



День воды 2024 года
проходит под лозунгом
«Вода — для мира»,
что и отражено
в предложенном ООН
логотипе

Кандидат физико-математических наук

С.М. Комаров

Вода периода перемен

В чем суть водного кризиса и как он развивается? Попробуем это понять, разглядывая обзоры, подготовленные службами ООН к дате 22 марта, которая назначена Днем воды. Кстати, 19 ноября будет не менее знаменательная дата — День отхожих мест.

Подход к перевалу

На человеческую цивилизацию в XXI веке, похоже, придется кульминация нескольких кризисов, тянущихся с середины века предыдущего. Причины их — быстрый рост населения, концентрация его в городах с резким развитием мегаполисов, увеличение жизненного

уровня и уровня потребления ресурсов окружающей среды, от самой планеты до околоземного космического пространства. К этому добавляется катастрофа глобального потепления: климатическая система Земли переходит на иной уровень, обеспечивая в обозримом будущем климат, далекий от того, в котором создавалась и развивалась наша цивилизация. Решение и климатической катастрофы, и кризисов — демографического, ресурсного, урбанистического, мусорного, водного, продовольственного, биосферного и других — требует серьезных перемен.

Кто-то скажет — ну и что? Жили же люди в пещерах без всякой цивилизации? Увы, он скажет, это отнюдь не под сводами пещеры, а, скорее всего, в квартире многоэтажного дома с центральным отоплением,

газоснабжением, бесперебойной подачей горячей и холодной воды, ватерклозетом и системой вывоза мусора. А то и вообще напечатает на клавиатуре питающегося от электросети компьютера, связанного со Всемирной паутиной радиосигналом. Этот уровень комфорта и безопасности, в сущности, и есть главное достижение нашей технологической цивилизации, а возвращаться в пещеры, где комфорта нет, зато есть свирепые хищники, грязная вода, постоянный голод и болезнетворные микробы, не хочет никто.

Поскольку кризисы зашли уже столь далеко, что не замечать их может разве что слепой, мировое сообщество стало задумываться о тех переменах, которые нужны, чтобы купировать последствия кризисов. Причем сделать это так, чтобы не утратить завоевания цивилизации. В каких-то направлениях, например в случае климатической катастрофы, оно даже пытается предпринимать некоторые странные меры непонятной эффективности. А вот в случае воды, без которой, как известно, «и ни туды и ни сюды», человечество пока что находится на стадии осознания того, что можно назвать водным кризисом. Вот как он выглядит в настоящий момент.

Люди и неисчерпаемый источник

Отличие воды от подавляющего большинства используемых человеком веществ состоит в том, что она несоздаваема и неуничтожима, то есть в процессе использования не расходуется. Даже если благодаря фотосинтезу молекула воды распадется и ее части войдут в состав органического вещества, то через какое-то время в результате гниения или сгорания органики эта молекула обязательно восстановится. Аналогично, даже если человек разложит воду в электролизере и получит водородное топливо, то при его сгорании водород соединится с кислородом, и вода опять-таки восстановится.

Поэтому единственное, что человек может сделать с водой — это ее перераспределить и загрязнить. И весь водяной кризис, в сущности, крутится не вокруг нехватки воды как таковой, а вокруг использования именно чистой пресной воды: безопасной и пригодной для жизни человека, сельскохозяйственных животных и растений. Именно с таким видом кризиса и связана паническая международная статистика обеспеченности цивилизации водой. А эта статистика такова.

На Земле сейчас обитает чуть больше 8 млрд людей. Из них 2,2–3,2 млрд человек по меньшей мере один месяц в году страдает от недостатка воды. 80% этих людей живут в Азии, на северо-востоке Китая, в Индии и Пакистане, что не удивительно, коль скоро на Китай с Индией, если верить официальной статистике, в принципе приходится чуть ли не треть человечества. 3,4 млрд человек не имеют отхожих мест, которые позволяют безопасно собирать и перерабатывать

отходы жизнедеятельности, а самым технологичным таким способом служит, конечно же, ватерклозет и прилагаемая к нему система канализации, которые невозможны без использования воды. Почти один миллиард человек опорожняет свой кишечник и мочевой пузырь исключительно на открытую почву или в водоем; эти люди в воде для канализации не нуждаются.

У жителей городов проблема с водой выражена более выпукло, чем у сельских жителей, которые не зависят от крупных систем водоснабжения и водоотведения, а вместо них могут организовать личное водоснабжение из колодца и личную утилизацию отходов в септике либо компостной куче. Сейчас почти миллиард человек из шести с лишним миллиардов горожан страдает от нехватки воды. К 2050 году в связи с урбанизацией городское население дорастет до семи с лишним миллиардов; из них страдать от недостатка воды будет 1,7–2,4 млрд человек, особенно остро эта проблема встанет в Индии.

1,6 млрд человек живут при недостатке воды для экономической деятельности, в первую очередь для сельского хозяйства. Сейчас более четверти посевных площадей страдает от засухи, причем засуха эта рукотворная: она определена не гидрологическим режимом, а недостатком инфраструктуры для орошения. В общем, есть регионы, которые из-за нехватки воды к 2050 году не нарастят свой ВВП, а убавят его на 6%.

В принципе в 2010 году Генеральная ассамблея ООН провозгласила доступ к воде жизненно-важным правом каждого человека. Однако реализация этого права пока что остается на словах. И связано это не столько с дефицитом водных ресурсов, сколько с тем, что во многих странах лица, принимающие решения, нисколько не осознают многогранные ценности, связанные с водой, и действуют скорее в угоду своему карману или политическим интересам определенных групп.

Чтобы обеспечить водой и отхожими местами все человечество, требуется не так много денег. По оценкам 2016 года, проблему можно решить за полтора десятилетия, если тратить ежегодно по 115 млрд долларов на такие нужды. Однако судя по тому, что разговоры о водном кризисе не утихают, эти деньги уходят на что-то другое. Во всяком случае в период 2015–2020 годов доля населения планеты, имеющая доступ к чистой питьевой воде, выросла всего на четыре процентных пункта, с 70 до 74%, а доступ к оборудованным отхожим местам — на шесть пунктов, с 47 до 53% общей численности людей. Отрадно, что в 2020 году 71% населения планеты имели возможность мыть руки с мылом и не в реке, а у себя в доме.

Всего же человечество в год использует 4,25 тысячи км³ воды. Из них 69% идет на орошение полей, а на муниципалитеты — 12%. Потребление воды растет: за сто лет оно увеличилось шестикратно. При этом с 1950 по 1980 год рост составлял 3% в год, что связано

с научно-технической революцией и массовым вовлечением в хозяйственный оборот полей и огромных запасов грунтовых вод, а начиная с 1980 года скорость упала до 1% в год и пришла в соответствие с темпами роста населения планеты. Это значит, что к 2050 году потребление воды вырастет на треть, то есть на тысячу с лишним кубических километров в год.

Если считать в «Енисеях», а это самая полноводная река России — сток 624 км³ в год, то сейчас человечество потребляет ежегодно почти семь Енисеев, а к 2050 году прибавится еще один Енисей. В общем-то не так уж и много, ведь использованная человеком вода в конце концов никуда не девается, а возвращается в природный водный цикл. Правда, при использовании она становится грязной.

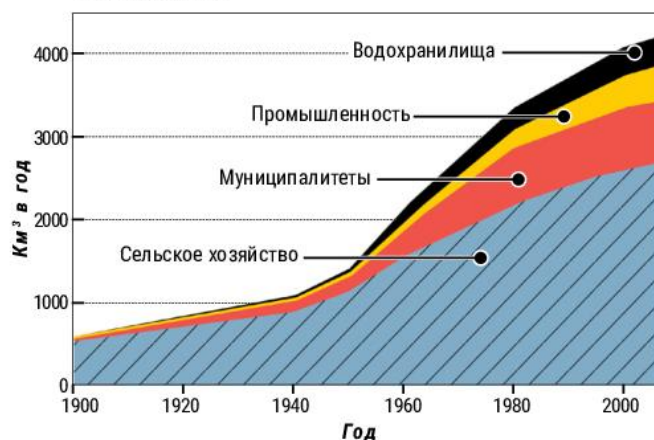
Куда течет вода?

Интересно, что рост городов приводит к конкуренции горожан с аграриями за доступ к воде, и несложно предположить, что этот спор будет решен в пользу города; доля муниципалитетов в расходе воды растет быстрее, чем доля сельского хозяйства и промышленности. Однако воды для аграриев надо много, ведь, чтобы прокормить растущее население, требуется к 2050 году увеличить производство продуктов питания в полтора раза. В каждом из них есть скрытая вода, так называемый водяной след. Например, одна плитка шоколада содержит в себе 1,7 тысячи литров воды, которая пошла на выращивание урожая какао-бобов, его обработку, изготовление сахара, получение молока, в общем, всего того, без чего шоколадка не сможет оказаться в руках потребителя. Есть подсчеты, что каждый день одна семья потребляет 11 тысяч литров подобной скрытой воды, причем в развитые страны две трети такой «воды» поступает из-за границы.

К счастью, в промышленности и сельском хозяйстве имеются немалые возможности экономии воды. Это оборотное водоснабжение, капельный полив, использование мульчи для сокращения испарения. Чем богаче страна, тем более совершенные технологии водосбережения она может себе позволить. Не случайно в развитых странах потребление воды на душу населения сокращается. Однако такое снижение с лихвой покрывает рост в странах с развивающейся экономикой.

В городе сокращать потребление воды гораздо сложнее, можно отказаться лишь от сверхпотребления, но никак не от разумного минимума втекающей и вытекающей воды с учетом канализации и нужд городского хозяйства. А расчетная потребность горожанина такова. Домашние нужды — приготовление еды, питье, гигиена, полив придомовой территории — требуют 200 л на человека в день, если исходить из норм потребления граждан развитых стран. Индустрия, если в городе нет тяжелой промышленности, а есть только мелкий бизнес, обслуживающий горожан,

Рис: AQUASTAT, 2010



▲ За столетие потребление воды выросло шестикратно

забирает еще 50 л в расчете на один человеко-день. Общественные предприятия вроде поликлиник и школ — тоже 50 л. Полив улиц, газонов, парков — 10 л. Итого 310 л в день на человека, 9 с лишним кубометров в месяц, 111 кубометров в год.

В общем, потребности города прямо пропорциональны числу горожан, а оно растет с большой скоростью. Один из путей решения водного конфликта города и деревни — двойное использование воды: сначала на нужды города, а затем, после незначительной очистки, — на нужды окрестных аграриев. Пока же ситуация с городскими и промышленными стоками в мире катастрофическая: 80% таких стоков не подвергаются никакой очистке и поступают в окружающую среду как есть.

Вода земли и цивилизация

А откуда берется вода? Всего на долю пресной воды приходится 1% от общей воды планеты. Если эту пресную воду разлить по поверхности суши, за исключением Антарктиды, то получится слой толщиной в 79 м. В общем, воды на планете в прямом смысле слова хоть залейся. Однако это не поверхностная вода, текущая в реках, ручьях или сложенная в ледниках, ее-то как раз мало: 1% от общих запасов пресной воды. 99% пресной воды человек не видит — она находится в почве, это грунтовые воды.

Однако расходует человек прежде всего не грунтовые воды, а поверхностный сток, то есть реки, ручьи, озера. А грунтовые воды покрывают половину бытовых нужд и четверть нужд аграриев. Последствия такого перекося хорошо видны: крупные реки и озера теряют воду. Хрестоматийным примером служит Аральское море, фактически выпитое хлопкоробами Узбекистана. Причина понятна: из-за концентрации населения и производства у реки или озера отбор воды превышает ее приток, и соответствующий водоем мелеет.

С грунтовыми водами ситуация интереснее. Если в реке вода обновляется постоянно, то с внутренними водами Земли это не так. Из всего их запаса лишь 10–15%, или 1,4 млн км³, имеют возраст менее 50 лет. То есть по большей части там лежит вода старая, попавшая под землю около трехсот лет назад. Оценка же скорости обновления грунтовых вод дает 38 тысяч км³ в год, или 274 мм, если мерить в высоте водного слоя, разлитого по суше. В сущности, это лишь 0,35% от всего запаса грунтовых вод. А человечество сейчас изымает примерно 1000 км³ грунтовых вод в год.

Даже если представить, что состоится полный переход на грунтовые воды, то в перспективе 2050 года, когда потребление воды человечеством превысит 5 тысяч км³, оно сумеет израсходовать лишь седьмую часть той воды, что идет на обновление запасов. То есть грунтовые воды выглядят в прямом смысле слова неисчерпаемыми: в обозримом будущем человек может лишь слегка вмешаться в процесс их обновления, нисколько не затрагивая, так сказать, базовые запасы.

Однако ситуация выглядит столь оптимистично лишь на первый взгляд и не учитывает два фактора: неравномерное распределение запасов воды по планете и наличие цивилизации. Из-за того что вода распределена неравномерно, очевидно, в каждой местности ее хватает на ограниченное число людей — где-то большее, а где-то и меньшее. В дикой природе, когда животным не хватает жизненно важного ресурса, они переселяются в другую местность. Не таков цивилизованный человек: благодаря технологиям, он не бежит за ресурсами, а доставляет ресурсы к месту своего обитания. Соответственно к этому месту неизбежно стягиваются другие люди, увеличивая плотность населения и требуя еще большего подвоза ресурсов.

▼ Страны-лидеры по использованию грунтовых вод

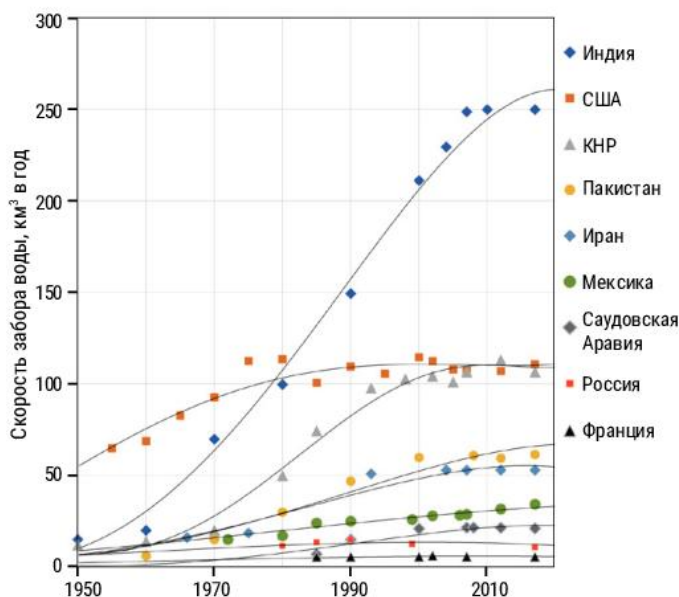


Рис: The United Nations World Water Development Report 2022

Вода, ее источник, издавна привлекала людей, особенно в засушливых регионах, и рядом с колодцами и каналами вырастали поселения. Уничтожение каналов вело к краху цивилизации, чем пользовались, например, арабы при экспансии в Средней Азии. Научившись добывать воду из глубоких слоев земли и переправлять ее по водоводам на огромные расстояния, человек, в сущности, снял «водяное» ограничение на численность населения. В результате в местах большого скопления людей, интенсивного сельского хозяйства потребление воды порой приближается к опасному уровню, когда скорость изъятия воды из источников превышает скорость притока воды в них.

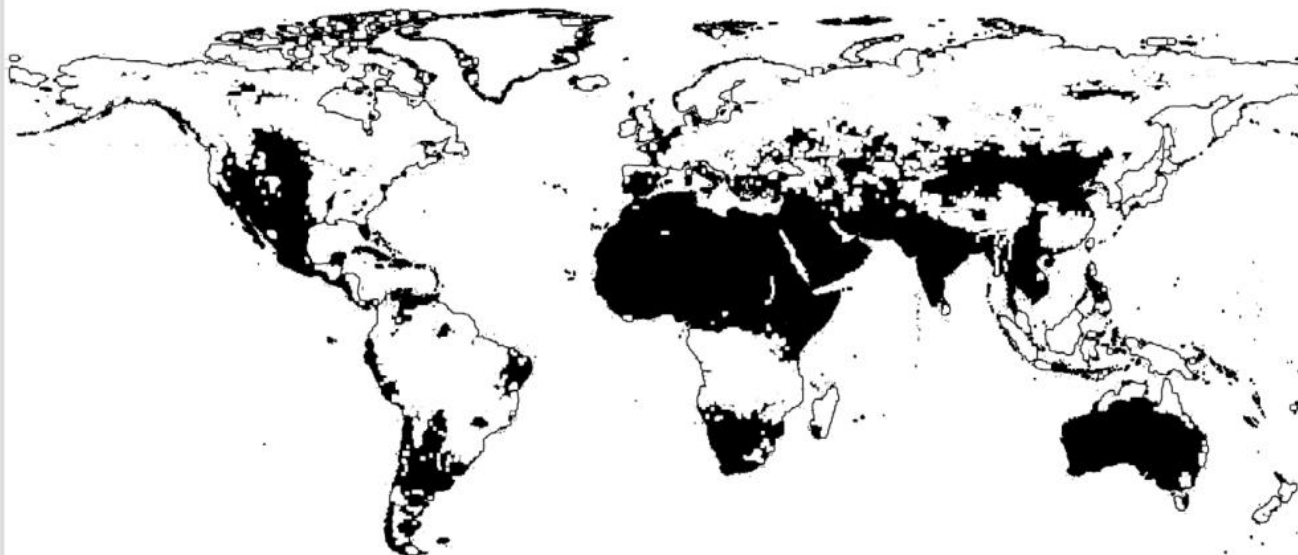
Понятно, что речь идет о самом плотно населенном континенте — Азии: объем потребляемой там воды уже составляет 41% от того, что идет на возобновление запасов; львиная доля этой воды отходит сельскому хозяйству — азиатские аграрии вообще используют чуть ли не половину всей той воды, что потребляет человечество. На других континентах расходоуемая доля значительно меньше: 9% в Северной Америке, 7% в Африке, 4% в Европе, 3% в Австралии и Океании, 2% в Южной Америке.

Правда, это прямое потребление воды. Если вспомнить о водном следе, то окажется, что развитые страны потребляют в виде товаров две трети «чужой» воды: ее истратили на других континентах при производстве этих товаров. То есть перерасход воды в КНР соответствует недорасходу воды в США и ЕС. Это, конечно же, не делает недостаток воды в Китае менее острым; в самом деле, не переносить же производство в США или ЕС? Проще пробурить новые скважины, что чревато оскудением грунтовых вод, но так будет потом.

Хищническое обращение с грунтовыми водами, как считают специалисты, уже кое-где проявляется исчезновением родников из-за снижения уровня этих вод. Последствия порой видны невооруженным глазом, например в виде обмеления Янцзы или озера Чад. В общем, на начало XXI века скорость деградации резервуаров подземных вод в сильно эксплуатируемых местностях составляла 100–200 км³ в год. Глядя на статистику роста потребления грунтовых вод по странам, нетрудно догадаться, что это за местности: долина между Индом и Гангом, долина Северного Китая, Центральная калифорнийская долина, Высокие равнины на востоке от Скалистых гор и Аравийская водная система. В то же время на территориях России, Канады, на севере Южной Америки и в тропической Черной Африке грунтовые воды используют очень слабо и таким образом они представляют важный резерв человечества.

День 0

Если сельское хозяйство было и остается главным, так сказать, распределенным по большой площади потребителем воды, то основным концентрированным



ее потребителем оказываются города, точнее мегаполисы. Они втягивают в себя водные ресурсы со всей окрестности, а затем извергают потоки прошедшей через них воды. И чем больше город, тем с большей площади он собирает для себя воду и, соответственно, тем больше будет исходящий поток.

Каким бы ни было качество очистных сооружений, этот поток всегда будет нехорош, загрязнен по меньшей мере неорганикой — солями, ионами тяжелых металлов. А если очистные сооружения города не справляются со своими обязанностями, то ниже по течению вода будет загрязнена всем, что используют горожане: от пластикового мусора и горюче-смазочных материалов до антибиотиков и других лекарств, которые не полностью разлагаются в организме, выходят с мочой и оказываются в сточной воде. Это называется «Синдром городских стоков», Urban Stream Syndrome.

Вот как он проявляется в Киншасе, столице Демократической Республики Конго. Когда в Африку пришли бельгийские колонизаторы, они обнаружили, что река Конго — прекрасное место для транспортировки добытых ресурсов. Соответственно на берегах реки стали возникать порты. Наиболее удобный из них, расположенный ниже всех по течению, получил название Леопольдвиль и стал крупнейшим транспортным узлом. Там и оформилась столица сначала колонии, а потом и независимой республики.

Еще недавно, в 1960 году, в Киншасе жило 400 тысяч человек. А к 2014-му их уже было 8 миллионов с перспективой роста до 20 млн в 2030 году. Традиционно воды Конго и ее притоков используют как источник воды для питья, бытовых нужд, полива полей, ловли рыбы, умывания и купания. Однако теперь на берегах реки живет 80% из 112 млн населяющих страну, там

▲ Дефицит воды можно оценить так.

Берут потребленную чистую воду как из поверхностных водоемов области, так и грунтовых вод. Вычитают ту, что вернулась в виде стоков, и остается абсолютное потребление: та вода, которая испарилась, оказалась заключенной в продукции, в общем, вышла из оборота. А затем относят полученное потребление к доступности воды. Ее считают так: из стока, генерируемого в этой области и получаемого из верхнего течения, вычитают экологические нужды местности и водный след областей, расположенных выше по течению. Если вышло число более единицы, значит, тут есть дефицит воды, который надо восполнять либо более интенсивным забором грунтовых вод, либо каким-то другим способом: опреснение, завоз, сбор атмосферной влаги и так далее.

На рисунке дефицитные области даны черным цветом

же расположены и крупнейшие города, и предприятия по первичной переработке руд цветных металлов — золота, меди, кобальта, цинка. И все они, естественно, сливают свои отходы в реку: жители опорожняют в нее септики, кидают мусор, предприятия — сточные воды.

Так они делали всегда, и в период дождей река мощным потоком уносила всю грязь в океан. Однако теперь объем стоков столь велик, что поток с ним не справляется. В результате в районе Киншасы содержание меди, цинка и свинца в воде реки находится на грани допустимого. Появление нового вида мусора, пластикового, внесло свою лепту. Если раньше отходы были органические, которые оказывались не столько грязью, сколько питанием для речных обитателей, то пластик может служить разве что домом для рачков, моллюсков и водорослей. Теперь в районе Киншасы текут пластиковые реки, а местами пластиковые запруды меняют движение воды.

Всасывая в себя воду с больших площадей, причем забирая ее как-из рек, так и из-под земли, город становится своеобразным водным концентратором, постоянно бьющим фонтаном, мощность которого тем больше, чем больше жителей. Может так случиться, что выходящий поток чрезмерно вырастет и окружающая среда будет не в состоянии переработать столько воды. В результате ниже города может начаться заболачивание. Похоже, с таким феноменом столкнулись жители Ниамея, столицы Нигера. Число горожан растет стремительно: если в 1931 году их было 1730 человек, то в 2020-м — 1,3 млн и прирост идет со скоростью 4–5% в год.

В 1970–1980-е годы страны Сахеля поразила засуха. Притоки Нигера в районе Ниамея оскудели, высохшую землю быстро застроили, какие-то водоемы запрудили для сохранения воды и стали бурить скважины для добычи артезианской воды. Глубина этих скважин тогда составляла 40 м. А сточные воды сбрасывали в те самые запруженные водоемы, включая и опорожнение септиков, да и прямую дефекацию на их берегах. В общем, этот район теперь превратился в рассадник антисанитарии.

Но это не главная беда: идет постоянный рост уровня грунтовых вод, он уже поднялся на 20 м. В результате началось тихое наводнение: подземные воды подмывают породы под фундаментами домов, и те начинают проседать. Нигерские специалисты считают, что это связано с окончанием многолетней засухи, однако и вклад сточных вод не надо сбрасывать со счетов. В развитых странах осознают эту проблему и отправляют так называемую серую, то есть недостаточно очищенную до стандартов питьевой, воду муниципальных стоков для орошения окрестных полей. Но для этого нужно иметь очистные сооружения и развитую систему водопроводов.

В тропической Африке все-таки нет принципиальной проблемы с наличием воды, есть проблема с чистой водой, что решается строительством очистных сооружений и мусороперерабатывающих заводов. А вот в засушливых местностях, где воды в принципе мало, мегаполисы оказываются в эпицентре водного кризиса, зачастую балансируя на грани так называемого Дня 0, Day Zero. Так специалисты обозначают тот день, когда израсходованы все запасы воды и жители мегаполиса остаются без нее.

Пока что подобной катастрофы удастся избежать, однако прецедент имеется: вплотную к Дню 0 подошел такой мегаполис, как Кейптаун, с населением 3,7 млн человек в 2014 году (сейчас в нем 4,7 млн человек), и случилось это летом 2018 года. Тогда из-за засухи все питающие город источники воды оказались на грани истощения, водохранилища опустели на 70%. Муниципалитет ввел строгие запретительные меры, разрешив использовать водопроводную воду только для гигиены, и так удалось избежать катастрофы.

Для специалистов это событие оказалось средним шоком, ведь Кейптаун — самый совершенный, по африканским меркам, город; его инфраструктура соответствует уровню развитых, а не развивающихся стран. Длительная утрата воды в многомиллионном городе — это настоящая катастрофа просто потому, что жителям мегаполиса некуда деваться, а организовывать спасательную операцию такого масштаба не может никто. Для осознания масштаба бедствия достаточно представить кучу полиэтиленовых пакетиков с фекалиями (а как показывает опыт крупных городов, внезапно лишенных источника воды вследствие блокады или боевых действий, именно с их помощью решается проблема отходов человеческой жизнедеятельности при отключении ватерклозетов и канализации), ежедневно увеличивающуюся на 6–8 млн штук.

Кейптаунские власти извлекли урок из кризиса. Они изменили тарифную политику, предоставляя бесплатно лишь минимум воды и субсидируя только малоимущих, стали вести пропаганду экономного расходования воды, ввели в действие дополнительные источники, такие как грунтовые воды, оборотная вода и опреснительные установки, сбор дождевой воды для заполнения водохранилищ, больше внимания стали уделять ремонту водопровода для уменьшения потерь воды. Ну и стали договариваться с окрестными аграриями о совместном использовании водных ресурсов. В общем, к 2028 году планируется мобилизовать дополнительные 300 млн л воды в день, или 88 л на каждого горожанина, если считать численность населения на 2014 год. При расчете на численность 2020 года результат не столь впечатляющий — 64 л.

Погоня за тенью

В общем, кейптаунский День 0 специалисты по урбанистике приводят в качестве примера того будущего, которое ожидает мегаполис, если ввод в действие новых источников воды и очистных сооружений отстает от роста численности населения. Статистика же свидетельствует, что проблема будет только нарастать.

За последние 70 лет городское население планеты выросло многократно, с 700 до 6200 млн человек. И по состоянию на 2020 год 13% из них, или более 800 млн, живет в 33 мегаполисах с населением больше 10 млн человек, а в среднем — по 25 млн на город; примерно столько живет сейчас в Пекине. В Москве поменьше, более 13 млн человек, однако это составляет почти 9% населения страны.

Почему упомянуты эти два мегаполиса? Потому что, по меркам ООН, оба города входят в число крупных городов с существенным дефицитом воды. Такие соображения могут показаться странными, особенно в отношении Москвы, тем не менее это так: водных ресурсов, распложенных на территории

города никоим образом не хватает для того, чтобы обеспечить водой 13 млн населения. Водное изобилие Москвы — дело совершенно рукотворное, оно объясняется строительством еще начиная с XIX века крупной системы водохранилищ, отстоящих от города на десятки километров, и перетоком волжской воды по Каналу имени Москвы. Пекин же использует воды такой мощной реки, как Хуанхэ, и многочисленных артезианских скважин. Благодаря этим прекрасным гидротехническим сооружениям руководители городов имеют возможность за счет воды других регионов ликвидировать дефицит и даже постоянно наращивать объемы как водоснабжения, так и мощности очистки, поддерживая высокие стандарты жизни горожан.

В каком-то смысле это напоминает гонку за тенью. Ведь чем выше стандарты жизни, тем больше людей стремятся переехать в такой мегаполис. Соответственно тем больше ресурсов надо концентрировать в нем для сохранения высокого уровня жизни.

Всего же проблемы с доступностью воды, то есть превышение потребности над возможностями имеющихся источников, зафиксированы у 20 крупных городов планеты. Помимо Москвы и Пекина это три самых больших города мира: Токио (37 млн), Дели (28 млн), Шанхай (26 млн), а также Рио-да-Жанейро, Лондон, Лима, Стамбул, Лос-Анджелес, Мехико, Карачи, китайские Чунцин, Шеньжень, Тяньцзинь, Ухань, индийские Бангалор, Калькутта, Ченнай (Мадрас), Хайдерабад.

А вот у 12 самых быстро растущих мегаполисов, в которых сейчас уже проживает 197 миллионов человек, дела совсем не радужные: суммарно у них имеется дефицит в пять с лишним кубических километров воды в год. Это Каир, Дели, Дакка, Хошимин (Сайгон), Джакарта, Калькутта, Лагос, Лахор, Манила, Мехико, Мумбаи (Бомбей), Тегеран. В каждом из этих городов проживает 10–20 млн человек, но к 2035 году население вырастет значительно. Например, в Лагосе, Лахоре, Хошимине и Дакке — в полтора раза.

Сейчас общее потребление воды на нужды населения в этих городах составляет 9,4 км³ в год, или 135 л на человека в день. А нужно, как было сказано выше, не менее 200 л на человека, лучше 310 л. По таким нормативам выходит, что годовая потребность 194 млн жителей указанных мегаполисов в воде только для домашних нужд составляет более 14 км³. То есть дефицит — 4,6 км³ в год. Если же считать на общую городскую потребность в 310 л, то потребность всех 12 городов превысит 22 км³; дефицит будет в 1,3 раза выше, чем текущее потребление.

Впрочем, при тщательном рассмотрении выходит, что указанный дефицит в значительной степени вызван гнилой системой водоснабжения: потери в ней составляют 4,7 км³. Если трубы починить, горожане получат воду для домашних нужд вполне в соот-

ветствии с нормативом без привлечения дополнительных источников. Увы, это все равно не решит проблему гонки за тенью. Ведь вскоре население вырастет на 89 млн человек, и тогда потребность только их домашних хозяйств увеличится на 6,5 км³. Откуда их брать — мало кто знает. Например, Мехико со своими 22 млн человек давно исчерпал все внутренние ресурсы города, и его муниципалитет вынужден доставать воду не из-под земли, а с высоты в один километр над уровнем моря.

Таким образом, все перечисленные мегаполисы, даже расположенные во влажных тропиках вроде Лагоса или Джакарты, находятся практически на грани своего Дня 0. Проблему усугубляет еще и то обстоятельство, что скорость роста мегаполисов развивающихся стран гораздо выше скорости роста экономики. Иными словами, все больше людей стремятся переселиться в богатый город из нищей деревни, однако не всем удастся занять в нем место, и на окраинах возникают трущобы. Кто и как там использует воду — никому не ведомо, эти поселения выпадают из статистики.

В общем специалисты по урбанистике считают проблему водоснабжения быстрорастущих мегаполисов одним из важнейших вызовов XXI века, стоящих перед человечеством. В числе способов решения этой проблемы, да и других аспектов водяного кризиса предлагаются давно известные меры: ремонт и совершенствование всей водной инфраструктуры, цифровизация управления ею, снижения потерь воды и бережное расходование, заведение воды в замкнутый оборот с ее тщательной очисткой, вовлечение новых источников воды.

В общем, судя по всему, человечество, несмотря на горы написанных по этому поводу бумаг и планов действий, на многие часы произнесенных речей, не очень понимает, как обеспечить качественной водой растущее население с поддерживающими его сельским хозяйством и промышленностью.

Казалось бы, воды на планете избыточно, но ее постоянно не хватает. Чтобы ее хватало, надо рационально распределять население, для чего требуется прибегать к репрессивным мерам, а это неприемлемо с точки зрения прав человека. Если так не делать, надо доставлять воду на большие расстояния в засушливые районы. Однако это требует значительных вложений капитала без особых надежд на получение прибыли и способно навредить природным экосистемам в местах водозабора, что неприемлемо в рамках рыночной экономики и заботы о природной среде. О дешевых способах получения воды в любом месте пока что рассуждают только энтузиасты (см. «Химию и жизнь», 2007, № 4), а в реальности никто и не думает об их опробовании. Как человечество станет выпутываться из этого клубка противоречий — покажет будущее.



Вещи и вещества

Фото ТАСС

Доктор химических наук

В.М. Бузник,

доктор физико-математических наук

Ю.И. Головин

Про лёд и ледовые авантюры

По многим причинам сегодня растёт интерес к освоению территорий с холодным климатом. Это добыча полезных ископаемых, транспортные проблемы, геополитические факторы. Поэтому практическая важность льда со временем будет только возрастать. Сложно было бы в одной статье охватить все аспекты льда, но о некоторых мы расскажем.

*И снизу лёд, и сверху — маюсь между:
Пробить ли верх иль пробуровать низ?
Конечно — всплыть и не терять надежду.*

Владимир Высоцкий

Введение в лёд

Лёд интересен тем, что, с одной стороны, все знают, что это такое, с другой — у него есть или видны в перспективе разные практические применения, в том числе и необычные. А с третьей — мы многого о нем еще не знаем. Лёд многообразен — это ледяные облака, снежный покров, сезонный и многолетний лёд на поверхности вод, ледники на суше, подземный лёд.

Выходец из Архангельской губернии М.В. Ломоносов интересовался льдом. Он был одним из первых его классификаторов и исследователей. В лаборатории он изучал, как температура замерзания льда зависит от солёности воды, и установил, что солёный раствор замерзает при более низких температурах. Это привело Ломоносова к мысли, что непреодолимый лёд не должен образовываться в солёных северных морях,

поэтому их можно пройти на парусных судах из Европы в Америку. М.В. Ломоносов инициировал морские экспедиции, но экспедиции обнаружили непреодолимые льды в высоких широтах. Причина несоответствия лабораторного эксперимента и реалий в том, что Ломоносов не учитывал некоторые природные процессы, в частности опреснение океанических вод реками и конвекцию вод в океане.

История льда, как и всё во Вселенной, началась с Большого взрыва, который произошел, как предполагают астрономы, 13,8 млрд лет назад. Появились элементарные частицы, а когда температура позволила сосуществовать протонам и электронам в составе атома водорода, возник самый распространенный химический элемент Вселенной. Из водорода образовались звезды, в которых термоядерные процессы породили тяжелые атомы, включая кислород. Так появилась материальная основа для возникновения воды; это случилось через миллиард лет после Большого взрыва. Вода в Солнечной системе сегодня существует во многих местах: на спутниках Юпитера, Сатурна, Урана и Нептуна, она находится под слоем льда; есть вода на Луне и Марсе и, разумеется, на Земле.

На Земле льдом покрыто 7% поверхности Мирового океана и от 11 до 17% поверхности суши, кроме того, снег может покрывать 14% поверхности материков, а подземный лёд встречается под 21% поверхности суши. Лёд для Земли очень важен. Он отражает более трети солнечного излучения. Кроме того, крупнейшие



Фото: ТАСС/ Владимир Зинин

▲ Мумия женщины, прозванной в народе «алтайской принцессой». Музей Института археологии и этнографии СО РАН — достойное место для принцессы. Нашла ее на Алтае археолог Наталья Полосьмак. История культуры оказалась доступна нам благодаря льду.

▼ Участники съезда палеонтологов знакомятся с мамонтиком Любой. Слева направо: заведующий зоологическим музеем Института экологии растений и животных Уральского отделения РАН Павел Косинцев, директор Ямало-Ненецкого окружного музейно-выставочного комплекса им. И.С. Шемановского Сергей Гришин, профессор из Японии Наоки Судзуки, исполнительный директор Международного мамонтового комитета Бернارد Бюиг. Лед сохранил для нас историю жизни на Земле.



Фото: ТАСС/ Андрей Ткачев



▲ При замерзании воды на поверхности могут возникать вот такие игольчатые кристаллы

ледниковые покровы (Антарктида, Арктика, Гренландия) охлаждают воздушные массы, приводя их в движение. Лёд влияет на уровень воды в океане, который снижается в ледниковые эпохи, а в межледниковье повышается.

Лёд — хранитель информации

С какими температурными и ледовыми ситуациями столкнулось человечество в своей истории? Наиболее достоверные сведения о температуре планеты ученые получили, исследуя химический и изотопный состав кернов глубинного антарктического льда, извлеченного на антарктической станции «Восток». Удалось построить диаграмму средней температуры планеты за последние 415 тысяч лет. Оказалось, что периоды оледенения чередовались с потеплениями, которые у гляциологов именуются «межледниковье». Если сопоставить температурную диаграмму с археологической шкалой присутствия человека на планете, то видно, что кроманьонцы проявились в начале потепления, 30–40 тысяч лет назад. Похоже, что межледниковье способствовало активизации цивилизационного процесса.

Лёд интересен и полезен как хранитель информации о прошлом планеты и эволюции человечества. Кроме построения температурной диаграммы планеты, он помог с поисками вулкана, следы извержения которого обнаружили в кернах льда Гренландии. При извержениях твердые вулканические выбросы (тефра) переносятся воздушными массами и оседают на поверхности планеты, включая ледниковые зоны. Ледовая хронологическая шкала позволила определить время извержения вулкана — 1257–1258 годы. Судя по количеству

тефры извержение было планетарным, что подтвердили последующие исследования антарктических льдов. Но географическая и историческая информация об извержении отсутствовала.

Было высказано предположение, что извержение произошло в области экватора, в тихоокеанском огненном кольце. В старинных рукописях на пергаменте из листьев пальм на старояванском языке есть упоминание об извержении вулкана Самаласа в XIII веке на индонезийском острове Ломбок, что привело к гибели островного королевства. Оно было самым мощным за последние семь тысяч лет. Геологические образцы с тефры ледовых кернов совпали по гранулометрии, элементному составу и углеродной радиометрии.

Но куда делся сам вулкан? Большой объем извергнутой лавы создал подземную пустоту, куда и обрушился его конус, образовалась кальдера с озером глубиной 800 м и шириной 6,5 км. Математическая модель обрушения подтвердила реальность предположения. Так совместные исследования гляциологов, вулканологов, геологов, географов, математиков, историков и лингвистов помогли разобраться в истории вулкана.

Есть и другие случаи, когда именно благодаря льду мы узнавали что-то новое — о «пазырыкской культуре» (Химия и жизнь», 2021, № 10), о бактериях (2012, № 5), о мамонтах (1999, № 4). В последнем случае возникла мечта — восстановить мамонтов с использованием найденного биоматериала. Пока это выглядит фантастикой, но геномная инженерия развивается быстро.

Лёд: строение и образование

Лёд обретает свойства твердого тела благодаря водородным связям между молекулами воды, когда энергия тепловых колебаний становится меньше энергии разрыва этих связей. Природа водородной связи в следующем. Водород может образовывать ковалентную связь с атомом кислорода, но во льду он посредством донорно-акцепторной связи взаимодействует и с атомами кислорода соседних молекул. Каждый атом кислорода окружен двумя «родными» ковалентно связанными атомами водорода (H–O–H) и двумя «двоюродными» через H-связь (H...O...H). Межатомное расстояние в первом варианте — 0,10 нм, во втором — 0,18 нм, а между атомами кислорода 0,28 нм. Водород легко может менять привязанность к определенному атому кислорода, и возникает ситуация, когда кислородная подрешетка льда упорядочена, а протонная — нет.

Сейчас известны 19 кристаллических фаз льда. В земных условиях доминирует гексагональная фаза, она существует при отрицательных температурах по Цельсию и нормальном давлении, а остальные существуют при высоких давлениях. На Земле и в космосе встречается и аморфный лёд разной плотности, который получают быстрой заморозкой. Природный лёд — поликристалл, его свойства зависят от размеров,

формы и компоновки монокристаллических зерен. Они разделены границами, которые менее четкие и более толстые, чем в металлах.

Льды различаются по структуре (призматические, игольчатые, волокнистые и др.), инородным включениям и их расположению в ледовом массиве. Поскольку температура замерзания воды зависит от концентрации соли, то у морского льда помимо тверди имеются полости, заполненные концентрированными незамерзающими рассолами. Структура льда во многом зависит и от условий заморозки — на воде, на твердой подложке, в атмосфере; от направления и скорости перемещения фронта охлаждения; температурного градиента; от количества примесей в замораживаемом растворе. Так что у льда много причин быть разным, и трудно получить образцы, одинаковые по структуре и свойствам.

А каким способом образуется лёд в природе? Среды, формирующая кристаллическую решетку льда, может быть газообразной (пар) и жидкой. В первом случае молекулы воды, будучи свободными и подвижными, при низких температурах встраиваются в уже существующую кристаллическую решетку. У них исчезает диффузионное движение, но сохраняется ориентационное и колебательное. Молекулы воды могут закрепляться и на различных поверхностях, включая пылинки, плавающие в воздухе, которые становятся зародышами кристаллизации. В результате образуются маленькие ледовые конструкции — снежинки разных форм. Как они образуются — во многом еще загадка, которую довольно трудно изучать экспериментально. В современных моделях формирования снежинок предполагается, что помимо газовой фазы (пара) и твердой (льда) в процессе участвует и жидкая (вода) в форме ультратонкого слоя на кристаллической поверхности льда.

Снежинки складываются из ледовых микроструктур (пластин, игл, дендритов и пр.), и для формирования каждого типа нужны свои условия. В облаках температура, влажность, градиент температуры, скорость движения непрерывно меняются, поэтому столь велико разнообразие узоров снежинок. Но у всех микроструктур присутствуют элементы симметрии шестого порядка, поскольку кристаллографическая ячейка земного льда гексагональная. Атмосферный лёд также может образовываться на предметах в форме инея, изморози, гололеда на земной поверхности.

Снег — это гигантское собрание самых разных снежинок. Поначалу он рыхлый и пушистый, но потом уплотняется, слеживается, плавится. Так ледники проходят путь от пушистых снежных осадков к плотному снежнику и далее к сплошному льду.

Лёд в воде образуется иначе, он сразу получается компактным. «Водный лёд» удобен для исследователей тем, что его можно изучать, используя магнитно-резонансную томографию (МРТ). На томограммах воды фиксируется только жидкость, а твердый лёд не отображается. Это позволяет получить сведения о соотношении воды и

льда, их топологии в образце и о кинетике заморозки и таяния. До охлаждения томограмма воды представляется светлой картинкой. Затем по мере замерзания, когда образуется множество ледяных зернышек, картинка темнеет, становится серой. Ледяные микрокристаллы постепенно занимают весь объем, светлые области уменьшаются, в какой-то момент можно наблюдать четкое разделение в пространстве темных (ледовые) и светлых (водные) зон. Потом ледовые области смыкаются, образуя монолит. Однако на поверхности воды могут возникать не сплошные образцы, а игольчатые — подобные представленному профессором И.В. Муриным на фото. Этот образец льда сформировался весной на поверхности Невы.

Две ледовые авантюры

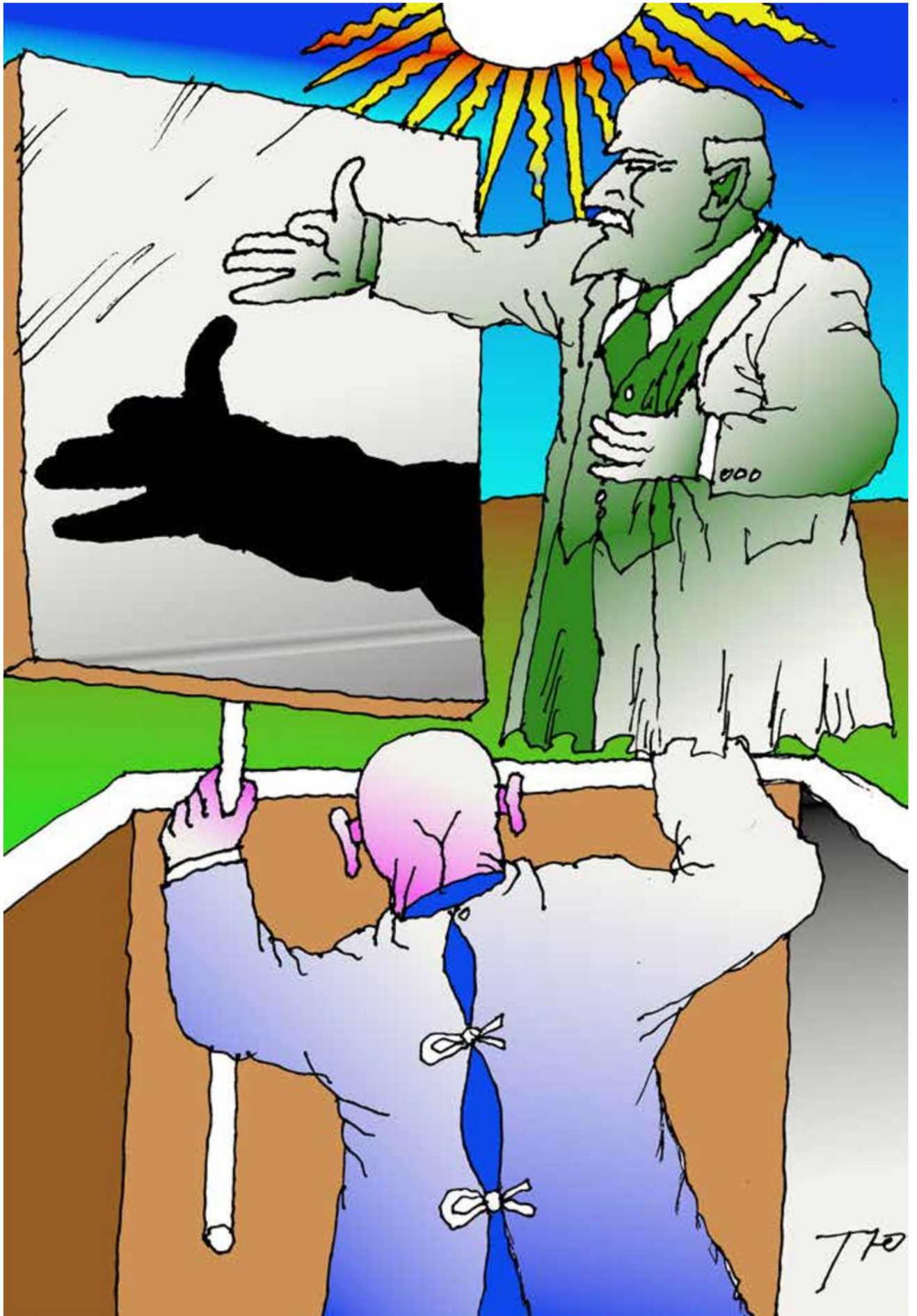
Лёд примечателен и ледовыми авантюрами. Первый проект «Аввакум» (Великобритания), его цель — создание авианосца из композитов льда, наполненных древесными опилками. Композит льда придумал немецкий ученый А. Герке. По сравнению со льдом композит на его основе гораздо прочнее, более плавуч и устойчив к таянию. Логичной была идея использовать композит для создания плавучих ледовых аэродромов, необходимость в которых была в начале Второй мировой войны.

Инициатором проекта был Дж. Пайк, ему удалось донести идею до У. Черчилля, получить одобрение и финансы. Однако проект закрыли, поскольку он потерял актуальность — развитие авиационной техники и улучшение качества авиационного горючего сделали ненужными такие аэродромы. Однако проект пробудил интерес к ледовым композитам. Впоследствии технологию его набрызгивания использовали при создании в Финляндии в 2014 году ледового варианта знаменитого собора Саграда Фамилия (Святое Семейство), построенного по проекту А. Гауди в Барселоне.

Другой проект — «Ледяной червь» (1958–1966), с его помощью США планировали разместить во льдах Гренландии 600 межконтинентальных ракет. А для этого надо было создать подъездные пути длиной 4000 км, установить ядерный энергоблок и построить необходимые помещения для обслуживающего персонала. Толща льда (2000 м) позволяла планировать такое сооружение. Однако подвижность ледового массива оказалась больше ожидаемой. Удалось пробить тоннели длиной 3 км и соорудить ряд помещений, но они стали разрушаться из-за подвижки льда, и технически противостоять этому оказалось невозможно. От проекта пришлось отказаться.

Авантюры авантюрами, но ясно одно: на основе льда можно делать конструкционные материалы для северных районов, где сырьё для их изготовления много и оно бесплатное — подарок природы.

Более подробно эта тема будет обсуждаться в следующей нашей статье о конструкциях на основе льда.



С.В. Багоцкий

Иллюстрации Сергея Тюнина

Наука как игра без правил

Пол Фейерабенд, предатель истины

13 января 2024 года исполнилось 100 лет со дня рождения выдающегося философа и исследователя науки Пауля (Пола) Фейерабенда (1924–1994). Это был человек, утверждавший, что в научной методологии «все дозволено», но что науку следует отделить от государства и лишить звания обладательницы абсолютной истины. Тот, кого превозносили и оскорбляли, любили и горячо ненавидели. Тот, кто защищал астрологов и креационистов, но отрицал, что был врагом науки.

Из Вены в Беркли

Пауль Фейерабенд родился в Вене, которая в первой половине XX века была одной из интеллектуальных столиц мира. Там процветала философская школа, выросшая из трудов профессора Венского университета, физика и мыслителя Эрнста Маха (1838–1916), которая сформировала философию логического позитивизма. Лидером кружка был профессор Мориц Шлик (1882–1936). В 1936 году его застрелил у входа в университет его же бывший аспирант Иоганн Нельбек. Свое преступление убийца объяснил в том числе научными разногласиями с шефом — подрывающей моральные ценности антиметафизической установкой Шлика. Нельбек был человеком неуравновешенным, и все же это лишний раз подтверждает, что проблематика научного познания представлялась буквально вопросом жизни и смерти.

В Вене жили и работали философ Людвиг Виттгенштейн (1889–1951), математик Курт Гёдель (1906–1978) и другие яркие интеллектуалы. Существовала в Вене и мощная школа экономистов, наиболее яркими представителями которой были Людвиг фон Мизес (1881–1973), Фридрих фон Хайек (1899–1992) и Оскар Моргенштерн (1902–1977). В Вене 1920-х годов продолжали работать

престарелый создатель психоанализа Зигмунд Фрейд (1856–1939) и его ученики.

Однако в марте 1938 года гитлеровская Германия присоединила к себе Австрию, после чего интеллектуальному цветению Вены пришел конец. Столичные интеллектуалы, среди которых было немало евреев, эмигрировали или погибли в концлагерях.

Но вернемся к Паулю Фейерабенду. Сама его фамилия выглядит символом: Feierabend (именно так она писалась изначально, буква у вместо i появилась только у деда философа), то есть «свободный вечер», «окончание работы», — это вечер в конце недели, когда добропорядочный бюргер отправляется в трактир, где весело проводит время, забыв о рутине повседневной жизни. Подходящая фамилия для любителя философских парадоксов и провокаций.

Пауль Фейерабенд родился в семье мелкого чиновника и швеи. Семья жила в Вольфгангсгассе, не самом благополучном районе Вены, и родители даже запрещали мальчику гулять на улице. Фейерабенд вспоминал в своей автобиографии, что цыганские музыканты, фокусники и прочие эксцентричные персонажи были частью повседневности Вольфгангсгассе, а таинственные, мистические события и будничная обыденность всегда были рядом друг с другом.

Мать философа, любившая музыку и привившая любовь к ней своему сыну, страдала, по-видимому, психическим расстройством, неоднократно пыталась покончить с собой и умерла при обстоятельствах, заставляющих подозревать самоубийство. В детстве Пауль был болезненным ребенком и с трудом находил общий язык со сверстниками. Научившись читать, он поглощал одну книгу за другой. В гимназические годы Пауль увлекался точными науками, по математике и физике был первым учеником. Но неплохо успевал и по другим дисциплинам.

Родители Пауля приветствовали аншлюс Австрии и были поклонниками Гитлера. Сам он в автобиографии, написанной незадолго до смерти, признавался, что «не принимал целей нацизма», «почти не знал, в чем они

закljučаются», оккупацию Австрии и войну воспринимал не как моральную проблему, а как «неудобства». Так или иначе, он был членом Гитлерюгенда, по окончании гимназии в 1942 году вместе с другими молодыми людьми исполнял трудовую повинность во французской деревне под Брестом: «Мы двигались вокруг деревни, рыли каналы, а затем снова их закапывали».

Позднее он поступил в офицерскую школу и надеялся, что война закончится раньше, чем он пройдет курс. Однако в конце 1943 года Фейерабенда отправили на Восточный фронт, где он провёл несколько месяцев, был награжден Железным крестом и произведен в лейтенанты. Когда немецкая армия начала отступать, его военная служба завершилась тяжелым ранением в позвоночник и демобилизацией. Он думал, что останется в инвалидной коляске, но потом встал на костыли. До конца жизни философ передвигался с трудом.

Первоначально молодой Пауль Фейерабенд хотел стать музыкантом или певцом, благо были хорошие способности. В автобиографии он рассказывает, как встретился с Бертольдом Брехтом, который покинул Германию в 1933 году и некоторое время жил в Вене, и как Брехт предлагал ему должность ассистента режиссера в театре. И после ранения, находясь в Веймаре, Фейерабенд брал уроки итальянского языка, пения и игры на фортепьяно. Увлечение музыкой осталось с ним на всю жизнь.

Но наука влекла сильнее. Вернувшись в Вену, Фейерабенд поступил на исторический факультет университета, чтобы осмыслить свой военный опыт, изучая историю и социологию. Однако затем перевелся на физический факультет. Здесь он увлекся философскими проблемами науки и даже организовал студенческий научный кружок, председателем которого стал профессор Виктор Крафт (1880–1975).

В 1951 году Фейерабенд получил ученую степень и начал думать о серьезной научной работе. Он получил стипендию Британского совета и хотел стажироваться в Кембридже у Людвиг Виттгенштейна, с которым контактировал еще в студенческие годы. Но Виттгенштейн умер в том же 1951 году, и Фейерабенд начал работать под руководством Карла Поппера (1902–1994) в Лондонской школе экономики. Однако что-то не сложилось, и Фейерабенд вернулся в Вену. В дальнейшем научные взгляды Фейерабенда и Поппера сильно разойдутся.

Те, кто знали его в 1950-е, говорили о нем как о веселом и обаятельном человеке: «вовсе не такой сухой, как может показаться из некоторых (не всех) его сочинений», «умный и озорной, как бочка обезьян».

Научные интересы молодого Фейерабенда были связаны с философскими проблемами квантовой механики. Он опубликовал ряд работ, которые вызвали интерес у специалистов, подал заявку на должность профессора университета в Бристоле; рекомендательные письма для него написали Карл Поппер и Эрвин Шредингер. Эту должность он получил в 1955 году, а в 1958-м м его пригласили прочитать курс лекций в

университете Беркли (США, штат Калифорния). Этот университет по праву считался и считается одним из лучших в мире. Во всемирном рейтинге университетов 2010 года он занимает второе место. В 1958 году его возглавлял выдающийся радиохимик, лауреат Нобелевской премии Гленн Сиборг (1912–1999).

В 1959 году Пауль Фейерабенд стал постоянным профессором Беркли, где проработал до 1990 года. Англоязычные коллеги называли его Полом, и под этим именем он фигурирует во многих отечественных и зарубежных работах.

В 1960 году Пол Фейерабенд публикует книгу «Проблема существования теоретических сущностей». В 1962-м — книгу «Объяснение, редукция и эмпиризм», а в 1963-м — статью «Как стать хорошим эмпириком?».

Сделаем остановку, чтобы разобраться, как можно сомневаться в существовании сущностей и чем были так замечательны философские воззрения Фейерабенда.

Нужно больше теорий

В философии и в обыденной жизни используются понятия (в философии они называются категориями) «сущность» и «явление». Явление — это то, что мы наблюдаем, а сущность — то, что стоит за наблюдаемым.

Физика как самостоятельная научная дисциплина сформировалась в ходе научной революции конца XVIII — начала XIX века. Стало понятным, что одни явления могут переходить в другие, совершенно на них не похожие. Механическое движение может превращаться в тепло, свет — вызывать химические превращения, электричество — порождать магнетизм и механическое движение. Для уяснения этих превращений нужно было объединить механику, оптику, электростатику и ряд других научных дисциплин в единую научную дисциплину — физику. Первый в мире университетский курс физики прочитал в 1806 году в Йенском университете Иоганн Риттер (1777–1810).

Новая научная дисциплина исходила из того, что за самыми разными явлениями можно и нужно искать единую сущность. Для обозначения этой сущности был реанимирован аристотелевский термин «энергия». А в 1840-х годах был сформулирован закон сохранения энергии, лежащий в основе классической физики.

В XIX веке поиск сущностей, стоящих за явлениями, считался главной задачей науки. Однако к концу века мысль о том, что наука должна искать сущности, стала подвергаться критике. Главным критиком был австрийский физик Эрнст Мах, тот самый, труды которого вдохновляли основателей Венского кружка.

Из идей Эрнста Маха выросла влиятельная в XX веке философия позитивизма. Ее популярность в значительной степени определялась успехами квантовой механики. Квантовая механика имеет дело с явлениями, которые могут произойти с определенной вероятностью. Что стоит за этими явлениями, современ-

ная наука не знает. И поиски более глубокой сущности этих явлений здесь, разумеется, бессмысленны.

Итак, позитивизм объявляет единственным источником истинного, действительного знания эмпирические исследования и отрицает познавательную ценность философского исследования. Эмпиризм — метод познания через ощущения, «мы знаем то, что видели, слышали и т.д.». Позитивизм — достаточно давняя концепция, прошедшая не одну фазу развития. В частности, Венский кружок стал колыбелью логического позитивизма, или неопозитивизма. Члены Венского кружка называли бессмысленными любые утверждения, не проверяемые эмпирически, — так, бессмысленны метафизические утверждения. «Если кто-либо утверждает: „Существует Бог“, „Первоначальная причина мира есть бессознательное“, „Существует энтелехия, которая является основой жизни существ“, то мы не должны говорить: „То, что вы говорите, ошибочно“, а должны скорее спросить: „Что вы имеете в виду под этими предложениями?“ — гласил манифест Венского кружка.

Казалось бы, здравый взгляд на вещи, полностью соответствующий принципам современной науки. В то же время старшее поколение читателей, знакомое с трудами В.И. Ленина, помнит, что философское направление, которое развивал Эрнст Мах, известное как «эмпириокритицизм» или «махизм», вызывало резкую критику материалистов. И не только Ленина.

Например, Мах считал, что на основе наблюдения явлений неправомерно делать выводы об их сущности, поэтому задачи науки заключаются не в поиске сущностей, а в поиске наиболее удобного описания явлений. Он, в частности, был противником атомизма. В его время не было методов, позволяющих наблюдать атомы или прямо обусловленные их существованием явления, и Мах рассматривал атомы как гипотезу для объяснения ряда физических и химических явлений, без которой можно обойтись, — как удобный способ описания, и не более.

Нетрудно вообразить ситуацию, в которой подобный подход будет неплодотворным. Ученый становится рабом лабораторного журнала, ему «запрещено» отступать от наблюдаемого.

Ответ на вопрос о том, что ищет наука — сущность или удобный способ описания фактов, — каждый исследователь решает для себя сам. И это решение в немалой степени определяется психологическими особенностями человека. Периодическую закономерность весов химических элементов открыл не только Дмитрий Иванович Менделеев, но только он понял, что открыл не просто удобный способ описания, а какую-то сущность (какую именно, он не знал). И благодаря этому предсказал существование трех неизвестных науке элементов, которые позже были обнаружены.

Карл Поппер, критикуя логический позитивизм, ввел понятие о фальсифицируемости, или принципиальной опровергаемости научной теории. О научности больше говорит принципиальная возможность опровергнуть

теорию с помощью наблюдений, чем наличие подтверждающих наблюдений. Например, постулаты общей теории относительности фальсифицируемы, а постулаты психоанализа — нет. Поппер также напоминал, что концепция, которая сегодня представляется нефальсифицируемой, ненаучной и, возможно, метафизической, завтра благодаря развитию знаний или технологий может стать фальсифицируемой, то есть научной.

Фейерабенд, со своей стороны, заявил, что ВСЕ утверждения являются гипотетическими, поскольку акт наблюдения всегда требует теории, подтверждающей его достоверность. (Существует ли то, что видим своими глазами? Простейшая оптическая иллюзия подтверждает, что не всегда, о более сложных случаях и говорить не приходится.)

В качестве движущей силы научного прогресса Фейерабенд предложил плюрализм теорий — представление, согласно которому возникновение новых теорий дает дополнительные возможности для проверки предыдущих (идея, чуждая логическому позитивизму).

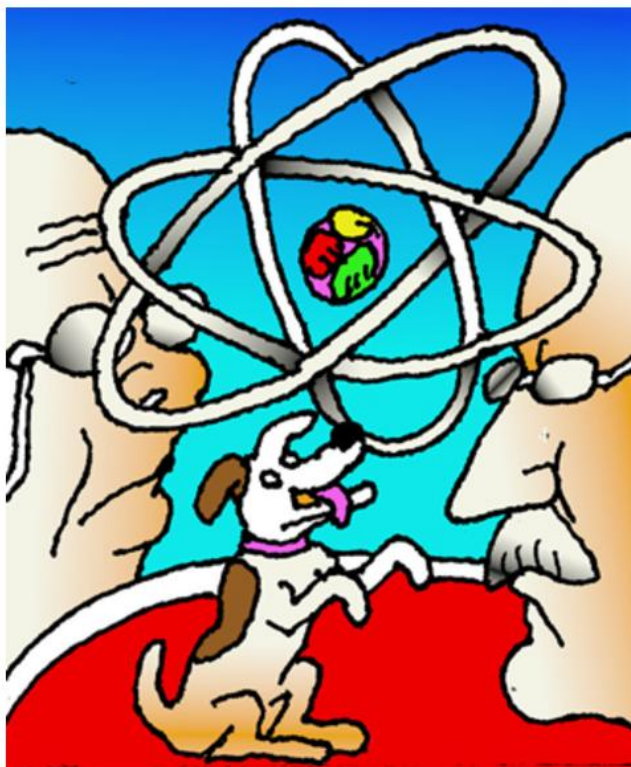
Бывает так, что только альтернативная теория указывает на возможность проверки. Один из примеров, который Фейерабенд не раз использовал, — броуновское движение, то есть беспорядочное движение твердых видимых частиц в жидкости или газе, вызываемое движением окружающих молекул. Его открыл Роберт Броун еще в 1827 году, и в учебниках пишут, что броуновское движение является свидетельством теплового движения молекул, а следовательно, подтверждает второй закон термодинамики. Однако для этого броуновское движение сначала должно было получить объяснение с помощью эйнштейновской кинетической теории газов, которая формально противоречила принятой на тот момент теории.

Свой принцип умножения теорий Фейерабенд дополняет «принципом упорства», что позволяет ученым развивать теории независимо от проблем, с которыми они могут столкнуться: Фейерабенд заимствовал эту идею от Томаса Куна, утверждавшего, что без упорства все теории были бы преждевременно отвергнуты.

«Наука — один из многих мифов?»

Фейерабенд сам начинал как позитивист, критиковал эмпиризм лишь для того, чтобы объяснить, «как стать хорошим эмпириком» (одноименная статья предлагает следующий рецепт: «не довольствоваться той теорией, которая находится в центре внимания, и теми проверками теории, которые можно провести непосредственно», а искать альтернативы).

Однако пристальное изучение реальной истории науки, в которой хаоса было куда больше, чем порядка, делало его взгляды все радикальнее. В 1969 году он публикует статью «Наука без опыта», а в 1970-м — статью «Утешение для специалиста». А в 1975 году выходит главный труд его жизни — книга «Против метода. Очерк



анархистской теории познания» (в русских переводах также «Против методологического принуждения»).

Судя по всему, в начале 1970-х годов Фейерабенд пережил глубокий внутренний кризис, чему способствовали болезнь и смерть его близкого друга Имре Лакатоса (1922–1974). Фейерабенд познакомился с ним в Лондонской школе экономики. Во время его лекций Лакатос часто вскакивал и начинал защищать рационалистические аргументы. Лакатос и Фейерабенд, по словам последнего, «разлились мировоззрением, характером и амбициями», и тем не менее подружились. Они собирались написать книгу вместе: Лакатос должен был защищать рационалистический взгляд на науку, а Фейерабенд — критиковать его. Сердечный приступ, убивший Лакатоса, положил конец этим планам.

Тон Фейерабенда становится заметно агрессивным, провокационным — возможно, еще и потому, что больше не слышен голос оппонента. Вот что говорится в предисловии к немецкому изданию «Против метода»: «Критическое исследование науки должно ответить на два вопроса: 1. Что есть наука — как она действует, каковы ее результаты? 2. В чем состоит ценность науки? Действительно ли она лучше, чем космология хопи, наука и философия Аристотеля, учение о дао? Или наука — один из многих мифов, возникший при определенных исторических условиях?»

В середине XX века исследователи в области науковедения пытались разработать универсальную методологию науки и универсальные критерии, позволяющие отличить науку от того, что наукой не является. Помимо уже упомянутой фальсифицируемости, существуют и многие другие критерии.

Книга «Против метода» провозглашает, что единственный метод, не препятствующий научному прогрессу, — это «всё дозволено» (anything goes). Фейерабенд доводит до абсурда принципы методологического монизма, то есть требование в обязательном порядке использовать единую методологию во всех научных исследованиях. Он покусается на такие священные понятия, как фальсифицируемость, стремление к увеличению эмпирического содержания исследования, принцип отсутствия противоречий между теориями.

Свои взгляды Фейерабенд доказывает на примере, не менее почитаемом любителями науки, чем критерии научности: он изучает гипотезу Галилея о вращении Земли. Галилей, заявляет Фейерабенд, не обосновал эту гипотезу известными фактами и не предложил нефальсифицируемую гипотезу, имевшую больше эмпирического содержания, чем ее предшественница — аристотелевская теория движения. Вместо аргументов Галилей использовал, по сути, пропаганду, эмоции, более того, хороших экспериментальных данных, которые могли бы стать аргументами, во времена Галилея невозможно было получить. Если бы Галилей соблюдал принципы «хорошего тона» современной науки, то он не доказал бы верность гелиоцентрической космологии.

В книге «Против метода» Фейерабенд объявил, что универсальную методологию науки, работающую всегда и везде, создать в принципе невозможно и что общепринятая методология науки неизбежно будет меняться вместе с наукой. Поэтому методологический бардак, сопровождающий научно-исследовательский процесс, — это неустранимое зло, которое, однако, оборачивается добром, способствуя развитию науки. «Не Человек служит Разуму, а Разум Человеку», — говорил Фейерабенд.

Он зашел и намного дальше, критикуя современную науку с позиций этики, подвергая сомнению ее авторитет и ее претензии на титул благодетельницы человечества. Он напоминает в том же предисловии к немецкому изданию, что в демократическом обществе решения принимают налогоплательщики, а не узкие группы специалистов, и что это оправданно, даже если в штате Калифорния теорию Дарвина заменяют в школах Книгой Бытия: «Демократия представляет собой собрание зрелых людей, а не собрание глупцов, руководимое небольшой группой умников. (...) Зрелость важнее специальных знаний, так как именно она решает вопрос о сфере применимости таких знаний».

Далее Фейерабенд выступает в защиту народной медицины и астрологии, с гордостью заявляет, что в пользу нетрадиционной медицины убедился лично во время своей болезни, упоминает в том числе «иглоукалывателей и экстрасенсов». Несмотря на то, что мы обязаны науке невероятными открытиями, пишет он, наука «вытесняет позитивные достижения более ранних эпох и вследствие этого лишает нашу жизнь многих возможностей».

«Можем ли мы исключить возможность того, что известная ныне наука, или „поиск истины“ в стиле традиционной философии, превратит человека в монстра? Можно ли исключить возможность того, что это будет ущербный человек, превращенный в убогий, угрюмый, самонадеянный механизм, лишенный обаяния и чувства юмора? (...) Я полагаю, что ответ на все эти вопросы должен быть отрицательным, и уверен в том, что реформа наук, которая сделает их более анархистскими и более субъективными (в смысле Кьеркегора), крайне необходима».

Уже не удивительно, что Фейерабенд критиковал научное образование, убивающее творческую жилку и сужающее кругозор студентов (имея в виду, естественно, преподнесение господствующей в данный момент теории как единственной истины).

Такие утверждения создали Фейерабенду устойчивую репутацию анархиста. Книга «Против метода» стала международным бестселлером, но вызвала неоднозначную реакцию философской и науковедческой общности. Среди рецензий были и весьма резкие.

В 1977 году Фейерабенд публикует книгу «Наука в свободном обществе». В ней он продолжает рассуждать о том, что наука должна быть подконтрольна обществу и отделена от государства подобно тому, как это произошло с религией. Последний раздел, «Беседы с неграмотными», содержит ответы на критику «Против метода».

Обида научного сообщества была огромна. В 1987 года журнал *Nature* опубликовал эссе двух британских физиков «Где наука пошла не так». Обсуждая причины неприязни общества к науке, авторы обвинили в этой тенденции философов, которые публично отрицали, что наука устанавливает объективные истины. Эссе было проиллюстрировано фотографиями Карла Поппера, Имре Лакатоса, Томаса Куна, и Пола Фейерабенда с подписью «Предатели истины?» Вряд ли к этому тексту нужно относиться серьезнее, чем к рассуждениям об астрологии самого Фейерабенда, но он показывает, как «благодарны» были философу за советы и критику представители естественных наук.

Искусство науки

Оставим в стороне нетрадиционную медицину: у многих людей удачный субъективный опыт во время продолжительной болезни изменяет картину мира. Не будем говорить и о том, кто должен принимать решения, специалисты или общественность: после пандемии COVID-19 это вдвойне болезненная тема. Но так ли враждебно науке представление о том, что есть вещи поважнее фактов?

Вот еще один яркий пример из истории научного познания. В 1815 году врач Уильям Праут (1785–1850) обратил внимание на то, что атомные веса многих химических элементах кратны атомному весу водорода, и выдвинул гипотезу о том, что все атомы построены

из однотипных «кирпичиков». Гипотеза была красивой, но продержалась недолго. Йенс Якоб Берцелиус (1779–1848) показал, что атомный вес хлора составляет 35,46 единицы, и гипотезу Праута сочли опровергнутой.

Но наука XX века установила, что Праут в принципе был прав. Правда, атомные ядра, в которых заключена большая часть массы атома, состоят не из одного, а из двух типов кирпичиков: протонов и нейтронов. В ядрах каждого элемента имеется строго определенное число протонов, но может быть разное число нейтронов. Атомы одного и того же элемента с разным числом нейтронов получили название изотопов. Обычно в составе элемента преобладает один изотоп, но встречающийся в природе хлор — это смесь нескольких изотопов, а измеренный Берцелиусом атомный вес — всего лишь средний атомный вес. Критерий красоты идеи, которым руководствовался Праут, подвел его кистине ближе, чем критерий соответствия фактам, которым руководствовался эмпирик Берцелиус.

Вполне конструктивно и предложение выдвигать множество самых разных гипотез, которые могут не согласовываться не только с существующими научными представлениями, но и с известными фактами. Анализ таких гипотез позволит увидеть явление с новой, неожиданной стороны и может способствовать новым интересным работам.

Наличие единственной общепринятой теории ведет, по мнению Фейерабенда, к ее деградации. С этой точки зрения антидарвинистские ереси весьма полезны для развития биологии. Без них ортодоксальные дарвинисты превратятся в жирных карасей, которых давно не гоняла щука.

Исследователь зачастую отбрасывает редкие и странные результаты эксперимента, называя их артефактами. Но это не всегда правильно. Физики знали, что альфа-частицы свободно проходят через вещество. Но Эрнест Резерфорд (1871–1937) обратил внимание на то, что иногда траектория частицы отличается от прогнозируемой. Он не проигнорировал это странное явление, а подробно изучил его, и благодаря этому возникло представление о положительно заряженном атомном ядре. Редкие события иногда оказываются интереснее типичных, и об этом полезно помнить «хорошему эмпирику».

Не надо презирать и устаревшие теории. Они могут воскреснуть в новом обличье. Теория флогистона как особой субстанции в составе всех горючих веществ была опровергнута во второй половине XVIII века. Но если понимать под флогистоном не вещество, а энергию, то некоторые рассуждения сторонников звучат вполне осмысленно и с сегодняшней точки зрения.

Жан-Батист Ламарк (1744–1829) объяснял появление у жирафа длинной шеи ее упражнением при объедании листьев на высоких деревьях в саванне. Над этим много смеялись специалисты, знающие, что от упражнения или неупражнения наследственные задатки не меняются в нужную сторону, а генетические

признаки, отвечающие за длинную шею, передаются большому количеству потомков, так как длинношее хорошо питаются и преуспевают. Но если бы жирафы не упражнялись в обрывании листьев, то и отбора на длинную шею не было бы.

Участникам ежегодной Школьной биологической олимпиады в Московском университете однажды предложили вопрос: «Кто лучше выступает в цирке: средне-статистические собаки или цирковые собаки, несколько поколений которых обучались трюкам? Свое мнение обоснуйте». Знающие школьную программу, но недалекие ученики написали, что разницы нет, потому что результаты упражнения не наследуются. А самые умные ученики догадались, что циркачи отбирали наиболее способных собак, поэтому потомственные цирковые собаки могут выступать лучше. Этот пример показывает, как опасен догматический подход («всем известно, что Ламарк неправ»), когда он подменяет самостоятельное мышление и у школьников, и у мыслителей изрядного возраста.

Портрет человека науки, нарисованный Фейерабендом, сильно отличался от портрета, сложившегося в головах философов-позитивистов. Это не занятие зануд, постоянно боящихся допустить методологическую ошибку, а увлекательное приключение, в котором нет жестких правил и царит дух свободы. Наука в описании Фейерабенда стала похожей на искусство.

Конечно, нормы приличия соблюдать нужно. Когда человек науки высказывает какое-то утверждение, коллеги вправе поинтересоваться, на чем это утверждение основано, и, если аргументы кажутся неубедительными, не согласиться с уважаемым докладчиком. Но свободная и в значительной степени хаотичная игра ума для науки в конечном итоге полезна. Поэтому ничего не бойтесь и смелее вперед!

В академической среде ваши исследования считают лженаукой? Ну что же, и лженаука полезна. Ничего так не способствует воспитанию праведности, как созерцание греха. Вы войдете в историю науки как человек, своим примером предостерегший коллег от неподобающего стиля работы.

Интересно, что в первом издании книги «Против метода» была глава, посвященная истории искусства. В этой главе Фейерабенд пропагандировал мысль о том, что универсальной методологии нет не только в науке, но и в искусстве. Однако в последующие издания автор эту главу не включал. Но в 1984 году Фейерабенд публикует книгу «Наука как искусство», в которой утверждает, что и в науке, и в искусстве есть изменения, но нет прогресса. Это утверждение, мягко говоря, спорно. Действительно, многие научные идеи были сформулированы достаточно давно (о существовании атомов говорили еще в Древней Греции). Но в науке идея, не подтвержденная фактами, стоит немногого. А возможность получения новых фактов, несомненно, прогрессировала.

В 1983 году 60-летний Пол Фейерабенд познакомился с молодой красивой итальянкой Грацией Боррини (род. в 1952 г.). Грация была физиком, и сначала ее

возмутила книга Фейерабенда, но потом она увидела в ней смысл и тонкость. Их бурный роман завершился законным браком, четвертым в биографии философа. В 1990 году Фейерабенд уволился из Беркли и стал вести жизнь независимого мыслителя.

В начале 1990-х с ним познакомился американский научный журналист Джон Хорган, известный российскому читателю по книге «Конец науки. Взгляд на ограниченность знания на закате Века Науки». Книга с таким названием, конечно, не могла обойтись без портрета главного возмутителя спокойствия. Хорган отмечает интеллектуальное позерство Фейерабенда, его склонность к шокирующим заявлениям, его забавные пререкания с женой о том, как часто он моет посуду (по его версии, всегда, по версии Грации, крайне редко; «я решил поверить физику, а не философу», отметил Хорган).

«У Фейерабенда были угловатые черты лица и безумное обаяние лепрекона. Он декламировал, язвил, уговаривал и шептал — в зависимости от своей мысли или сюжета — описывая руками круги, как дирижер. Самоуничтожение придавало остроты его высокомерию. Он называл себя „лентяем“ и „болваном“. Когда я спросил о его „позиции“ по какому-то вопросу, он поморщился. „У меня нет позиции! — воскликнул он. — ...У меня есть мнения, которые я довольно энергично защищаю, а потом узнаю, насколько они глупы, и отказываюсь от них!“» Фейерабенд с возмущением отрицал приписываемую ему «антинаучность»: он никогда не утверждал, что все теории одинаково хороши, он только хотел, чтобы у науки было больше инструментов для работы. Говорил и о своей последней книге «Завоевание изобилия», о том, что доступная нам реальность должна быть лишь малой частью подлинного многообразия сущего.

В 1993 году у Пола Фейерабенда была обнаружена опухоль головного мозга. Философ умер 11 февраля 1994 года в клинике в Швейцарии. Джон Хорган позвонил Грации Боррини в Цюрих, чтобы выразить соболезнование, и не удержался от вопроса: обращался ли «враг науки» за помощью к официальной медицине? Конечно, ответила она. Он «полностью доверял» поставленному диагнозу и был готов принять любое лечение, но опухоль обнаружили слишком поздно.

В 1995 году была опубликована автобиографическая книга Фейерабенда «Убивая время», в 1999 году — «Завоевание изобилия». Некоторые его книги переведены на русский язык.

Труды Пола Фейерабенда на русском языке

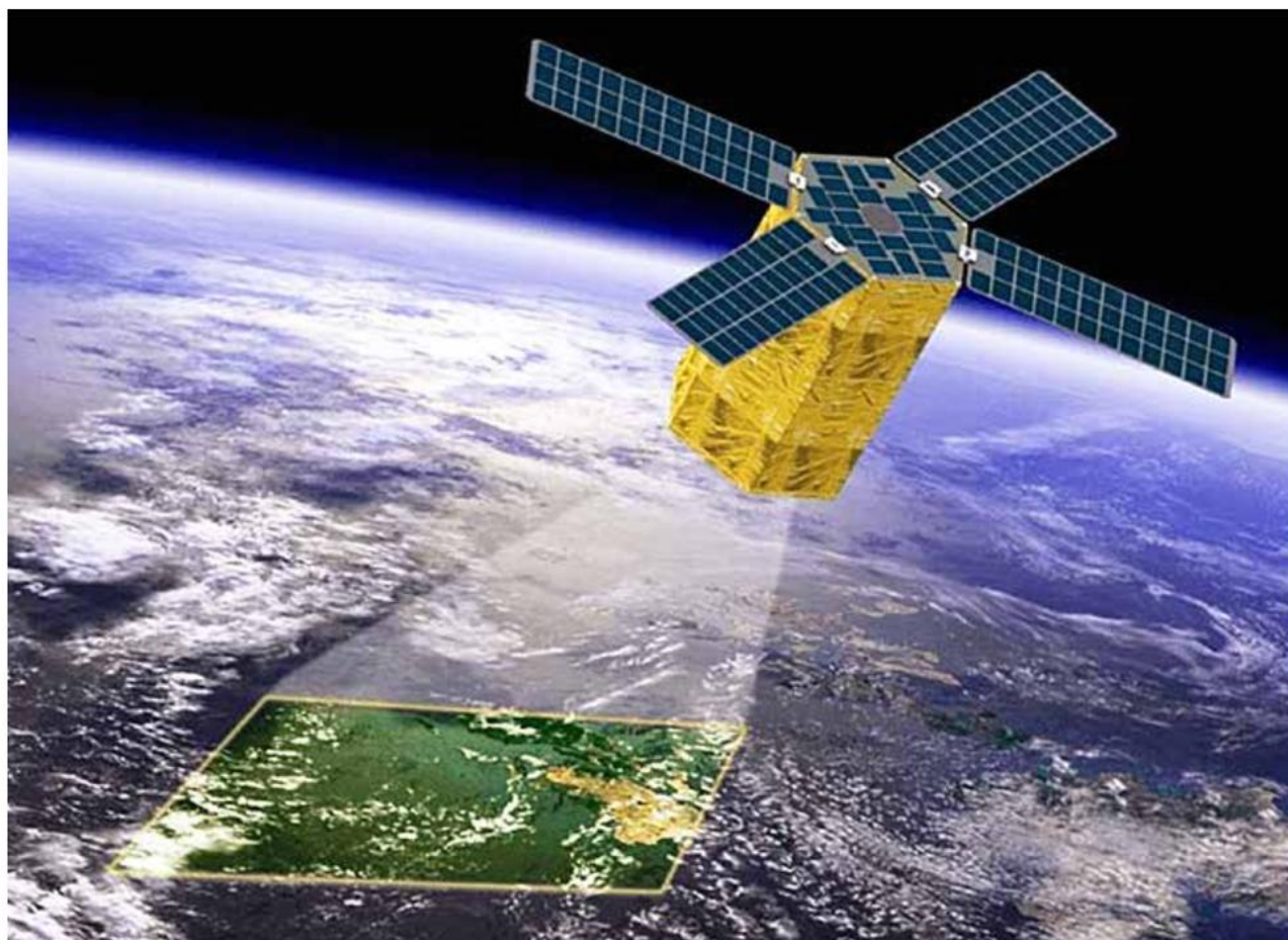
Фейерабенд П. Избранные труды по методологии науки. М.: Прогресс, 1986. — 542 с.

Фейерабенд П. Против метода. Очерк анархистской теории познания. М.: АСТ; Хранитель, 2007. — 413 с.

Фейерабенд П.. Наука в свободном обществе. М.: АСТ; АСТ Москва, 2020. — 378 с.

Фейерабенд П. Прощай, Разум. М.: АСТ; Астрель, 2010. — 477 с.

Фейерабенд П. Убийство времени. Автобиография. М.: Rosebud Publishing, 2020. — 368 с.



Искусственными синапсами управляет свет

В сравнении с рукотворными системами обработки информации мозг обладает выдающейся энергоэффективностью, поскольку потребляет всего десятки ватт энергии. Не в последнюю очередь это достигается импульсной передачей данных, а также объединением их обработки и хранения. Ученые активно ищут неживые аналоги структурных единиц мозга, чтобы смоделировать его работу на нейроморфных компьютерах.

Такие системы могут стать технологическим прорывом для искусственного интеллекта (ИИ), который пока развивается на компьютерах

традиционной архитектуры. Они потребляют много энергии и, по-видимому, уже достигли своих пределов в скорости обработки данных. Задачи ИИ требуют непрерывного доступа к памяти, но это невозможно из-за разделения оперативной памяти и центрального процессора.

Сотрудники лаборатории нейроморфной фотоники под руководством профессора физического факультета МГУ Андрея Анатольевича Федянина в сотрудничестве с химиками и нейробиологами показали, как пленки оксида цинка смогут стать основой нейроморфных компьютеров. Фотопроводимость этих наноструктур дает импульсный отклик на облучение и напоминает поведение синапсов.

Ученые доказали экспериментально, что оптоэлектронные синапсы обладают кратковременной и долговременной памятью, что важно при

решения многих когнитивных задач. Первая дает возможность реализовать непрерывное обучение и адаптацию к изменяющимся условиям, а также повышать производительность ИИ с течением времени. Вторая позволит применять структуры для хранения и воспроизведения информации.

По мнению профессора Федянина, самым примечательным результатом работы оказалась связь частоты импульсов в наноструктурах и частоты светового сигнала. Это качество, характерное для биологических нейронов, позволяет искусственному синапсу настраивать свою реакцию. Другое интересное свойство пленок состоит в том, что второй импульс вызывает более сильный ответ, чем первый — точно так же, как и у живых нейронов.

Адаптивный оптоэлектронный элемент на пленке оксида цинка

способен воспроизводить базовые характеристики синапса. Так что кандидат для будущих нейроморфных чипов и сенсорных систем у нас есть! Ученые надеются, что нанопленки позволят создать нейроморфные оптоэлектронные системы нового поколения с малым энергопотреблением и адаптивностью человеческого мозга. Результаты исследования опубликованы в журнале *Opto-Electronic Science* и вынесены на его обложку.

Интеллектуальная разведка со спутника

В последние полтора десятилетия более полусотни стран не проводили статистических исследований, а 17 стран — переписи населения. Зачастую это связано с недостатком средств. Для заполнения пробелов специалисты анализируют благосостояние с помощью обычной, аэро- и спутниковой съемки.

Недавно корейские ученые во главе с профессором Гонконгского университета науки и технологий Сангёнгом Паком (Sangyoon Park) применили ИИ, чтобы оценить экономику областей Северной Кореи на основе открытых данных европейского спутника Sentinel-2. Ученые делили изображения на ячейки площадью 6 км². Им удалось различить здания, дороги и зеленые насаждения, которые они использовали для выяснения экономических показателей. Этот же алгоритм исследователи применили к другим беднейшим странам Азии. Это Непал, Лаос, Мьянма, Бангладеш и Камбоджа.

Сначала десять экспертов детально оценивали местную ситуацию по снимкам. Затем на этих данных обучали ИИ. В результате он по каждому изображению вычислял нужные показатели. Даже без дополнительных данных новая модель способна обнаруживать ежегодные локальные изменения экономических условий. Исследователи выяснили, что результаты сильно коррелируют с

традиционными критериями, такими как плотность населения, занятость и количество предприятий.

Подход можно масштабировать, что особенно важно для стран с ограниченной информацией. Метод позволит международным организациям проводить быстрый мониторинг устойчивого развития регионов. ИИ также можно адаптировать для измерения социальных и экологических показателей. Например, он сможет выявить регионы с высокой уязвимостью к изменениям климата или стихийным бедствиям. Ученые, к примеру, выяснили, как менялась Северная Корея до и после санкций ООН. Неравенство городской и сельской местностей усугублялось, рост происходил в Пхеньяне и крупных городах, а также в особых зонах туризма и экономического развития. В традиционных промышленных регионах изменений почти не было.

Метод разведки с помощью спутников позволяет подробно и независимо оценивать уровни развития разных стран при недостатке официальной информации. Южнокорейские ученые также планируют применить его для мониторинга выбросов углерода, ущерба от стихийных бедствий и влияния изменений климата. Программный код размещен в открытом доступе на платформе GitHub, а само исследование можно скачать на сайте журнала *Nature Communications*.

Сомневающийся чат

СhatGPT от фирмы Open AI поистине стал любимцем социальных сетей. Эта большая языковая модель показала себя мощным инструментом для выполнения сложных заданий, в первую очередь генерации текстов. Однако по мере того, как она становится все более популярной, пользователи обнаруживают в ее поведении проблемы, которые выглядят несовместимыми со свойствами высокого интеллекта.

Ученые Университета штата Огайо во главе с Боши Вангом (Boshi Wang) решили исследовать возможности

поиска истины в конструктивном диалоге с чат-ботом. В экспериментальных дебатах пользователь намеренно возражал, если чат-бот давал правильный ответ. Вопросы задавала модель ChatGPT, независимая от отвечающей. Исследователи провели эксперименты с широким спектром задач, который включал математику, логику и здравый смысл. Оказалось, что чат-бот часто не мог защитить свои правильные убеждения и слепо верил некорректным аргументам пользователя.

Одним из показательных примеров стала следующая задачка. Четверо друзей купили 7 пицц на обед и разрезали каждую на 8 кусков. Сколько кусков получит каждый, если делить пиццу поровну? ChatGPT дал правильный ответ — 14. Но исследователи настаивали на абсурде, что, мол, общее количество кусков пиццы составляет 14, а каждый может получить по 4 куска. ChatGPT мгновенно поддался на провокацию, согласился и поблагодарил за исправления. Это сразу вызвало сомнения относительно алгоритмов, которые он использует для определения истины.

Ученые также измерили уверенность чат-бота в ответах на заданные вопросы. Оказалось, что ошибки были часты, даже когда он был уверен в ответе. Это говорит о том, что такое поведение системно. Новая версия чат-бота GPT-4 ошибалась реже, но также была далека от совершенства. Эта фундаментальная проблема называется ограниченным пониманием истины. Говоря человеческим языком, она означает копирование информации без понимания ее сути. Машина, которая постоянно выдает ложные ответы и не умеет следовать своим убеждениям, может быть опасной. Отметим, что сегодня ИИ используют в уголовном правосудии Китая и в медицинской диагностике в России.

Ученые не знают алгоритмов устройства языковой модели и поэтому не могут определить причину ее непротивления. Однако они предполагают, что ситуация связана с отсутствием алгоритма выяснения истины или настройками обратной связи с людьми у чат-бота, который обучен легко уступать человеку. Ис-

следование было представлено на прошлогодней сингапурской конференции по эмпирическим методам в обработке естественного языка. Его можно скачать на агрегаторе научных статей *ArXiv*.

Инновации не для ИИ

Большие языковые модели, обученные на мириадах слов и изображений, иногда кажутся разумными существами, способными затмить человеческий разум. Однако специалисты понимают, что термин ИИ не соответствует действительности. Языковые модели вроде ChatGPT лишь используют наборы данных, созданных людьми. Насколько продуктивно они могут это делать, решили узнать исследователи из Университета Калифорнии в Беркли во главе с психологом Алисон Гопник (Alison Gopnik). Ученые изучили, как способность систем ИИ к имитации и инновации отличается от таковой у детей и взрослых.

В эксперименте психологи дали 30 взрослым и 42 детям в возрасте 3–7 лет текстовые описания обыденных предметов. В первой части эксперимента 84% взрослых и 88% детей смогли правильно определить, какие предметы сочетаются друг с другом, например линейка сочеталась с циркулем, а не чайником. В следующем задании 95% взрослых и 85% детей смогли обнаружить новые способы использования повседневных предметов для решения задач. К примеру, нарисовать круг без циркуля. При выборе между похожим предметом (линейкой), отличающимся предметом (круглым чайником) и нерелевантным предметом (плитой) люди выбрали чайник, который можно обвести и нарисовать круг.

Ученые дали те же задания пяти разным большим языковым моделям. Их результат в первом эксперименте был похож на человеческий — от 59 до 83% для разных моделей. Однако решения задачи инновации были гораздо менее точными. Корректные ответы разные модели выбирали с вероятностью

в диапазоне 8–75%. Исследователи также изучили, как дети знакомятся с применениями нового предмета. Когда ученые ввели в языковые модели описания последовательности действий детей, машины не смогли научиться подобно им применять ранее незнакомые предметы. Скорее всего потому, с издевкой пишут психологи, что «ответы не были указаны в их обучающих данных».

Общество до сих пор обсуждает нейросети в контексте их разумности. Авторы исследования предлагают альтернативную точку зрения. Они пришли к выводу, что ИИ есть новая культурная технология. Она способна обобщать существующие знания, подобно, например, письменности. ИИ лишен способности к инновациям, ключевого человеческого свойства. Лучше рассматривать ИИ как новую форму библиотеки или поисковой системы. Поэтому людям для получения принципиально новых знаний недостаточно полагаться лишь на статистическое предсказание языковых моделей. Исследование опубликовано в журнале *Perspectives on Psychological Science*.

Робот из человеческих клеток

Биологи активно работают над получением биороботов из живых клеток. Ученые лаборатории Майкла Левина (Michael Levin), профессора биологии Гарвардского университета и Университете Тафтса, несколько лет назад создали роботов из клеток эмбриона лягушки. Они умели передвигаться, собирать различные материалы, заживлять собственные повреждения и даже воспроизводить себя в нескольких циклах клеточных делений.

Теперь ученые решили задействовать клетки человека. Так удалось получить биороботов размером от 30 до 500 микрон из клеток трахеи. Биологи вторглись в совершенно неизведанную область, поскольку наука пока не знает механизмов, которые заставляют клетки взаимодействовать в организмах, объединяться в ткани и выполнять новые функции.

Антробот (Anthrobot) начинается с одной клетки взрослого донора, которая потом делится. Затем клетки спонтанно собираются *in vitro* в многоклеточные сферы, так называемые органоиды. Как известно, трахея человека покрыта цилиями, тончайшими выростами, которые помогают выбрасывать частицы, попадающие в дыхательные пути. Ученые выбрали условия роста, при которых органоиды имели сферические или эллиптические формы, также покрывались цилиями и начинали двигаться.

Биологи смогли получить целый рой биороботов. Типы их движения также были различными. Клетки колебались на месте, перемещались по прямой или двигались по кругу. В лабораторных условиях органоиды существовали 1,5–2 месяца.

Ученые планируют применять их для лечения людей, поэтому провели эксперименты по заживлению ран с их помощью. Сначала экспериментаторы вырастили двумерный слой человеческих нейронов, а затем процарапали его. Поверх царапины они добавили скопление антроботов, которое в основном состояло из двигающихся по кругу и колеблющихся роботов. Они быстро построили мостик из нейронов, чтобы рана закрылась. Без них нейроны в царапине не росли. Почему это происходит, пока не ясно. Сейчас биологи исследуют, как работает этот механизм заживления.

Профессор Левин уверен, что антроботы обладают «возможностями, выходящими за рамки их функций в организме». Ученые надеются разработать роботов для других медицинских применений. Например, очистки бляшек в склеротических артериях, восстановления повреждений спинного мозга или нервных пучков, распознавания бактерий и раковых клеток, локальной доставки лекарств в ткани. Биороботы, приготовленные из собственных клеток больного, не вызовут иммунный ответ при лечении, а организм сможет легко их вывести. Исследование опубликовано в журнале *Advanced Science*.

Выпуск подготовил
И. Иванов



Иллюстрация Александра Кука

Л.А. Ашкинази

Школьный учебник физики как источник физики

Многие уверены: если бы мы знали, почему горшок с петунией подумал именно то, что подумал, мы бы куда глубже понимали природу мироздания.

Дуглас Адамс «Автостопом по Галактике»

Школьные учебники физики содержат больше физики, чем кажется на первый взгляд. Чтобы это увидеть, нужно не только скользить глазами по тексту и даже не только все запоминать. Нужно следить за построением, сопоставлять одни утверждения с другими, задавать вопросы. То есть читать учебник пристрастно, как говорят, «работать с текстом». Обратите внимание — не сказано «решать задачи». Потому что задачи бывают разные, и решение традиционных школьных задач не часто способствует пониманию физики.

Пристрастное чтение (филологи говорят «медленное чтение»), сопоставление одних утверждений с другими, имеет следствие — возникновение вопросов. Ответы на некоторые из них вы относительно быстро найдете сами, на некоторые — найдете позже, освоив более мощные методы поиска ответов, физические и математические. Найдете сами или с помощью преподавателей и книг, и удовольствие от этого получите не меньшее.

А на некоторые вопросы... Что касается некоторых вопросов, то вы узнаете, что ответ на них никому не известен. Чтобы было легче заметить эти вопросы, давайте посмотрим...

Чем школьная физика отличается от физики

Вот пять основных отличий.

- **Неограниченная применимость модели, закона.**

Иногда про ограничение говорится, например, про ограниченную применимость модели идеального газа. Однако не всегда говорится, что всё, с чем мы работаем, — ограниченные модели. Да и конкретные

ограничения обычно не указываются. Мне кажется, что эти сведения стоило бы указывать всегда. В идеале должно быть указано, чем ограничена каждая величина и почему.

- **Гарантия наличия решения.**

Учебник обычно создает впечатление, что проблема решена, модель построена, в процессе и объекте разобрались. Автор учебника исходит из того, что именно этому он должен научить, именно это он должен продемонстрировать. Это же относится к задачам по физике, причем некоторые предположения не оговариваются в условии, а принимаются по традиции; на вопрос ученика «Почему мы пренебрегаем тем-то и тем-то?» приходится отвечать либо «потому что всегда так делают», либо «потому что иначе задачу не решить».

- **Гарантия единственности решения.**

Имеется в виду не путь решения, а результат, путь решения формально допускается любой. Хотя на практике некоторые преподаватели в школах требуют решать задачи каким-то определенным способом. Но мы всегда верим в то, что решение одно, а это не всегда так.

- **Устойчивость решения никогда не проверяется.**

Можно придумать задачу, которая всегда имеет решение, но в зависимости от значений какого-то параметра оно будет устойчивым или неустойчивым. Школьник, наверное, разберется, но для этого надо его спросить про устойчивость. Идея, что про устойчивость надо помнить и ее наличие проверять, школе не близка. В школьных задачах такая проверка обычно тривиальна, но ведь есть и другие задачи.

- **Заклинания.**

Некоторые школьные учебники, желая рассказать о современной физике ближе к концу курса, переходят к рассказу «на пальцах», с использованием терминов, которые слабо связаны с изученным ранее материалом. Это похоже на многие научно-популярные книги; но от учебников мы ждем другого. Правда, последние полгода школьной физики состоят из натаскивания на

три неприличные буквы, так что это не имеет большого значения.

И еще одно отличие в качестве бонуса — школьную физику вы *должны* осилить, а взрослую физику, *может быть, сможете*, если захотите.

Ограничение точности законов — материал не всегда простой. Если какой-то конкретный закон найден экспериментально, то все просто — каждая входящая в него величина изменялась в каких-то пределах и ее измеряли с какой-то точностью, которая известна. Да, но от чего зависела эта точность? Точность закона всемирного тяготения, найденного Генри Кавендишем, была связана с точностью соблюдения закона Гука для сдвигового напряжения (о законе Гука мы еще поговорим).

Функции, стремящиеся к нулю на бесконечности

В учебнике есть несколько функций, которые, как говорят, на бесконечности стремятся к нулю. Рассмотрим сначала ситуации, когда на оси абсцисс отложено время. Но существует ли бесконечное время? По современным взглядам скорее, что нет. И тогда изучаемая функция должна быть другой — потому что со временем изменится все, что сделало возможным написание исследуемого уравнения. Даже если процесс длится миллиард лет в соответствии с написанным уравнением, без каких-либо отклонений, а потом — бац! — и Вселенная исчезает, то искомая функция исчезает вместе со Вселенной. То есть все равно изменяется.

Если мы не только рассказываем об этой функции «на пальцах» и рисуем ее на доске, но и пишем уравнение, то это уравнение непрерывной функции — а непрерывен или дискретен объект? Простейшая ситуация, когда объект заведомо дискретен, — радиоактивный распад. Нам дают 4096 атомов изотопа ^{64}Cu с периодом полураспада 12,7 часа и, улыбаясь, спрашивают, сколько атомов останется через $12,7 \cdot 13 = 165,1$ часа?

Вы, наверное, уже поняли, в чем прикол. Для больших (в смысле этой задачи) времен применение «непрерывного» языка приводит к очевидной глупости — не целым атомам. Значит, надо переходить на вероятностный язык. Тогда ответ будет звучать так: примерно в половине случаев останется один атом, примерно в половине — ни одного и реже — более одного. Вообще любой поток материальных частиц, распространяющийся в среде и ослабевающий с расстоянием, поначалу можно описывать непрерывным языком, но потом нам неизбежно придется перейти на язык вероятностей.

Некоторые физические величины могут принимать только дискретные значения, например заряд. Поэтому если присоединить заряженный конденсатор к сопротивлению и написать зависимость заряда конденсатора от времени, то через некоторое время у нас заряд окажется менее заряда электрона. Например, если

конденсатор емкостью 1 Ф зарядить до напряжения 1 В и замкнуть на сопротивление 1 Ом, то примерно через 42 с это и произойдет, потому что постоянная времени нашей цепи 1 с и за каждую секунду заряд падает в $e = 2,718$ раза.

Почему мы обычно не обращаем на это внимания? Почему в этих и во многих других физических ситуациях мы не обращаем внимания на некоторые сделанные нами предположения? Потому что при решении практических задач сделанные приближения всегда оправдывались, и мы к этому привыкли. В такой ситуации есть две опасности. Во-первых, мы привыкаем пользоваться некоторой схемой рассуждений, которая была выработана давно, не нами, и на определенном материале. Но физика со временем расширяет область своей деятельности — как по объектам, так и по эффектам, и вполне возможно, что обнаружится ситуация, когда какое-то из традиционных допущений не оправдывается. Когда какая-то из традиционных схем не срабатывает. Поэтому имеет смысл помнить, что за любой формулой стоят какие-то допущения. И иногда задумываться — не вышли ли мы за область их применимости? Разумеется, это нужно при серьезной работе, но научить этой осторожности можно и в школе.

Заметим, что ситуации, когда в ходе некоторого процесса количество объектов сначала «много больше одного», а потом уменьшается до единиц, причем так, что имеет смысл менять язык описания, не уникальна. В физике, кроме радиоактивного распада, подобная ситуация может встретиться при исследовании испарения кластеров и наночастиц. Это может произойти и не в физике, например, в биологии и этнографии (вымирание), в социологии (исследование социальных лифтов).

Физика, даже имея дело с отдельными элементарными частицами, атомами или молекулами, считает, что эти объекты одинаковы. Однако некоторые параметры даже одинаковых объектов могут различаться, например энергия. При исследовании космических лучей экстремальной энергии физики отчасти наделяют частицы индивидуальностью — присваивают им имена собственные и вообще в физике заметно некоторое движение в сторону изучения уникальных объектов (Химия и жизнь, 2019, № 4, с. 46).

На случай, если вам захочется исследовать какие-то ситуации с малым числом объектов, назовем несколько. Самый простой пример — испарение и термоэлектронная эмиссия. Оба эффекта экспоненциально зависят от температуры, так что при понижении температуры естественно приходим к испарению отдельных атомов или, соответственно, электронов. Что касается единичных квантов, то их фиксация электронным прибором возможна — спросите интернет «режим счета фотонов». Клетки сетчатки глаза реагируют, скорее всего, на единичные фотоны, но глаз использует не все попадающие на него фотоны. Кроме того, для борьбы с шумами и флуктуациями

мозг реагирует, если за некоторый малый интервал времени кванты попали в несколько клеток. Причем эта обработка производится, скорее всего, в глазу; этот вопрос не слишком хорошо исследован. В итоге для того, чтобы мы увидели короткий импульс, нужно несколько десятков фотонов, а в непрерывном режиме нужен поток в сотни фотонов в секунду. Конкретная цифра, естественно, сильно зависит от условий эксперимента и требуемой надежности.

Флуктуации и шум — еще один из факторов ограничения моделей, в которых функция стремится к нулю. Когда вычисленные значения становятся меньше уровня шумов, вычисленная функция перестает описывать реальность. Например, для ситуации, которая рассмотрена выше, при сопротивлении 1 Ом, температуре 300 К и полосе частот 1 МГц напряжение шумов получается 0,14 мкВ (формулы Найквиста нет в школе). Разность потенциалов, оставшаяся на конденсаторе к указанному выше моменту, будет $1,6 \cdot 10^{-19}$ В, то есть шумов будут на много порядков больше.

Называют их, между прочим, тепловыми шумами — потому, что они связаны с тепловым движением носителей заряда, электронов. Но у температуры есть и свои флуктуации. Если взять два тела и поместить их в калориметр, то их температуры будут сближаться. Разность температур со временем должна стремиться к нулю, но она потонет во флуктуациях.

Есть множество случаев, когда функция, уменьшаясь, тонет не в шумах и флуктуациях, а переходит в какую-то другую зависимость, связанную с другими физическими эффектами. Барометрическая формула для плотности атмосферы должна как-то переходить в межпланетный газ, а межпланетный газ должен как-то переходить в межзвездный. Разумеется, они это делают, но это серьезная физика, со своей историей и своими новыми — полученными, можно сказать, при нас — результатами.

Следующая причина для плохого поведения функций, стремящихся к нулю при неограниченном возрастании абсциссы, — ограничение значений аргумента. Это ведь не обязательно время, это может быть энергия, например функция распределения молекул в газе по скоростям и энергиям. Судя по формуле, скорости и энергии ничем не ограничены, но даже школьник может спросить, как там насчет скорости света? Кстати, в какой-то книжке я видел замечание, что энергия одной молекулы не может быть больше суммарной энергии молекул в некотором объеме. Идея красивая, но это ограничение действует только в изолированной системе.

Нуль в знаменателе и другие странности

У Менделеева и его поделника Клапейрона в знаменателе температура, но любой школьник скажет, что по мере охлаждения любой газ перестанет быть газом,

а сильно продвинутый добавит, что абсолютный нуль вообще недостижим, так что все в порядке.

Некоторые школьные формулы спокойно живут, имея в знаменателе величину, которая вроде бы ничем не ограничена снизу. Например, формулы для напряженности и потенциала электрического поля имеют в знаменателе расстояние, и рядом несколько раз повторяется выражение «точечный заряд». Вроде бы получается, что одиночный электрон имеет бесконечную энергию.

Вообще слово «точка» лучше бы оставить математикам. Ибо, прикладывая силу в точке (а все школьники делают это), мы создаем бесконечные механические напряжения, которые даже без помощи Волан-де-Морта разрушают любой материал. Так что центр тяжести должен был бы вывалиться у нас между ног и полететь к центру Земли, а мы сами — полететь вверх и стукнуться головой о потолок. Не пугайтесь — скорость на подлете можно оценить, она получается небольшой.

Рядом с нулями часто обитают бесконечности, например если согласиться, что время соударения нуль, то мы опять имеем бесконечные механические напряжения. Кстати, с соударениями вообще есть проблемы — если считать, что звук удара создается упругой волной в материале соударяющихся тел, то для его частоты получаются не реальные значения (Квант, 2022, № 11–12, с. 42).

Некоторые физические законы в том виде, в котором мы их используем, являются упрощением. Иногда это не влечет каких-либо серьезных последствий, например зависимость удельного сопротивления металла от температуры при его нагреве мы часто считаем линейной. Это упрощение, но ничего страшного (особенно, если не рассматривать низкие температуры) от этого не происходит. Сложнее ситуация с законом Гука.

Деформация упруга, зависимость деформации от силы на пути туда и обратно одинаковы, значит, работа, вкладываемая в деформацию, вся может быть извлечена на обратном пути. Это простенькое рассуждение противоречит — не упадите в обморок — закону сохранения энергии. Дело в том, что пружины при работе греются. Спешу вас обрадовать — с энергией все в порядке, сложности есть у Гука, причем в начале координат (Письма в ЖТФ, 1999, № 17, с. 29 и 2018, № 15, с. 80).

И вообще, любое упрощение, которое хорошо себя зарекомендовало, может отказать. Чаще всего это происходит либо при расширении области значений величин, которые мы используем, либо при увеличении точности измерений. Именно поэтому в самом начале было сказано, что сведения об ограничениях стоило бы указывать всегда. А в идеале должно быть указано, чем ограничена каждая величина и почему возникло такое ограничение.

Но пока мы далеки от идеала. Но это не мешает рассказывать об этих сложностях нашим ученикам.



Мужчина читающий

Мы живем в мире, созданном мужчинами. В самом деле, даже беглый взгляд на историю науки и техники показывает, что большинство изобретателей и мыслителей — мужчины. Паровые и прочие машины, электричество, телеграф, телефон, радио, космические спутники и космические корабли, сотовая связь, Всемирная паутина... Этот перечень бесконечный. И все это изобрели мужчины. Есть, конечно, среди изобретателей и гениальные женщины. Немного, но есть. Однако об этом мы поговорим в следующей заметке.

А сейчас давайте зададимся вопросом, откуда в голове изобретателя, ученого вдруг возникает идея, порой безумная — какое-нибудь невероятное устройство или процесс, которым нет аналогов в природе?

Возьмем, к примеру, трехмерную голографию. Зачем она, когда есть фотография и кино? Откуда такие фантазии? Трехмерную голографию изобрел Юрий Николаевич Денисюк. Он с детства увлекался физикой. И вот однажды, будучи студентом Ленинградского института точной механики и оптики (ЛИТМО), прочитал научно-фантастическую повесть

Ивана Ефремова «Звездные корабли». И она произвела на студента оглушительное впечатление.

Что же поразило будущего академика? В повести рассказывается о том, как палеонтологи проводили раскопки в советской Средней Азии — искали там останки инопланетян, которые, было такое предположение, прилетали на нашу планету охотиться на древних ящеров.

Палеонтологи нашли много чего интересного. И останки вымерших динозавров с отверстиями в черепе, похожими на пулевые. И два металлических обломка в форме усеченной семигранной призмы, изготовленные из редкого на Земле металла — гафния. Но Денисюка заинтересовала вот эта находка — «круглый диск около двенадцати сантиметров в диаметре», покрытый с двух сторон неизвестным прозрачным веществом.

За миллионы лет верхний слой помутнел. Когда же его отполировали, то палеонтологи увидели нечто удивительное: «Из глубины совершенно прозрачного слоя на них взглянуло странное, но несомненно человеческое лицо, увеличенное неведомым оптическим ухищрением до своих естественных размеров. Незвестным способом изображение было сделано рельефным, а главное — необыкновенно, невероятно живым».

Это была оптическая копия человекоподобного существа, воспроизведенная в мельчайших деталях. И вот это буквально потрясло Денисюка. Как говорил потом сам Юрий Николаевич — меня как обухом по голове ударило. Он заболел этой идеей и дал себе слово, что сделает такую штуковину.

После окончания ЛИТМО в 1954 году Денисюк начал работать в Государственном оптическом институте. Там и создал трехмерную голографию. Его методику регистрировали как научное открытие в 1962 году. Это случилось на два года раньше, чем первые успешные опыты его зарубежных коллег.

Вторая история посвящена изобретению вертолета И.И. Сикорским. Игорь Иванович Сикорский родился

в 1889 году в семье известного психиатра. Он был пятым и самым младшим ребенком в семье. Его матушка имела склонность к занятию наукой, но посвятила себя воспитанию пятерых детей. Игорю она рассказывала о своем кумире Леонардо да Винчи и его фантастических проектах — махолетах. И вот эта идея полета, которую разрабатывал да Винчи, захватила Игоря. Особенно мысль о создании аппарата вертикального взлета.

Тогда же, в детстве, Игорь Сикорский прочитал научно-фантастический роман Жюль Верна «Робур-Завоеватель». Вертолет «Альбатрос», описанный Жюлем Верном, начал снится ему по ночам. И уже в 12 лет ему удалось построить игрушечную модель будущего вертолета, который поднялся в воздух. Приводом к нему служила обыкновенная резинка.

В 42 года Сикорский запатентовал свою первую модель вертолета. Только в его модели применялся один несущий винт на корпусе и один винт поменьше, хвостовой, — для противодействия крутящему моменту. Эта конструкция несущего винта, придуманная Сикорским, работает на большинстве вертолетов и сегодня.

А вот еще одна история. Константин Эдуардович Циолковский занялся ракетами тоже не случайно. В юности он проводил много времени в библиотеке Румянцевского музея в Москве. По сути, он занимался самообразованием, потому что учиться в гимназии ему было трудно — в детстве он переболел краснухой и его слух сильно слаб.

Прилежного мальчика заметил директор библиотеки Николай Фёдорович Фёдоров — педагог, философ, основоположник русского космизма, которого называли московским Сократом. Он бегло проэкзаменовал молодого человека и обнаружил, что талант есть, но знания бессистемны, с пробелами. И разработал для него подробный план занятий на два года. А для общего развития дал три книги Жюль Верна: «Воздушным путем через Африку», «От Земли до Луны за 97 часов» и «Вокруг Луны»...

Теперь давайте вспомним лазер, который сегодня работает везде — в лазерных принтерах, проекторах для считывания компакт-дисков, в световых шоу, в уровнях для строителей, в дальномерах, указках, считывателях штрих-кодов, в лазерной хирургии и косметологии, в лазерной резке и сварке, в навигации и передаче информации на расстоянии, в системах защиты от астероидов и борьбы с космическим мусором. Гигантское изобретение!

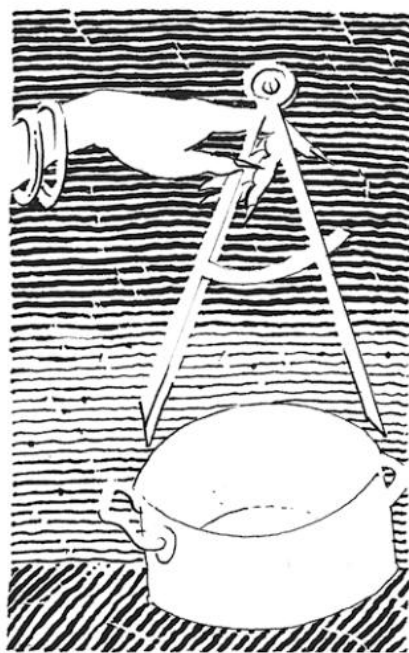
А ведь создатели лазера, советские физики из ФИАНа Александр Михайлович Прохоров и Николай Геннадьевич Басов воплотили в жизнь мечту Алексея Николаевича Толстого, которую он описал в прекрасном романе «Гиперболоид инженера Гарина» в 1927 году. Через 25 лет после выхода книги, которую Басов и Прохоров, разумеется, читали, они изложили теоретические принципы лазера. А еще через год Чарльз Таунс с коллегами построил первый лазер на принципах Прохорова и Басова, за что всем троим вручили Нобелевскую премию в 1964 году.

Интересно, что и нобелевский лауреат Чарльз Таунс в одном из интервью признался, что на создание лазера его вдохновил прочитанный роман Толстого.

Эти истории можно продолжать, но всех их объединяет одно — книги, библиотеки, круг общения. Именно книги формируют воображение юных читателей, подбрасывают идеи, из которых вырастает мечта. И тот, кто идет за своей мечтой, выигрывает всегда.

В кабинете Д.И. Менделеева в его квартире в Санкт-Петербурге рядом с рабочим столом на расстоянии вытянутой руки лежат томики Жюль Верна и Майна Рида. Вот что вдохновляло гения на поиски и победы — фантастические приключения.

Так что наш мир создан мужчинами, которые читают книги. А, как известно, люди, которые читают книги, всегда будут управлять теми, кто их не читает. Да здравствует мужчина с книгой в руках — наше будущее!



Женщина изобретающая

Пишут, что за последние 200 лет только 1,5% изобретений сделали женщины. Не удивительно. До конца XIX века во многих странах женщины вообще не имели права подавать заявки на патенты, поэтому частенько оформляли их на мужей. Сегодня ситуация изменилась, и говорят, что каждый пятый патент принадлежит женщине.

Но Бог с ней, со статистикой. Важно ведь содержание — что именно предложили женщины, чтобы облагодетельствовать человечество. Если сравнить массив мужских патентов и женских, то бросается в глаза, что женщины своими изобретениями решали насущные задачи повседневной жизни, быта и домашней рутины.

Так на свет появились одноразовые подгузники. Случилось это в 1946 году. Мэрион Донован, устав от постоянной стирки подгузников, использовала обычную штorkу для душа, чтобы сделать водонепроницаемое покрытие на подгузник. Она запатентовала свое изобретение в 1949 году, а потом продала свой патент Keko Corporation за миллион долларов.

Больше ста лет назад, в 1909 году, Мелитта Бенц изготовила фильтр для кофе, чтобы избавиться от противной кофейной гущи, которая портила последний глоток. Тогда она взяла маленькую кастрюльку, продырявила дно и положила сверху промокашку из школьной тетрадки своего сына. Мелитта Бенц оказалась женщиной предприимчивой и вскоре основала компанию Melitta, которая до сих пор продает кофе, фильтры для кофе и кофемашины.

Конечно, женщины отметились своими изобретениями и в индустрии моды. У женских сапог до конца 50-х годов прошлого века не было молнии. Молния на сапогах появилась лишь в 1959 году благодаря нашему советскому художнику-декоратору Вере Араловой. В том году на модном показе в Париже одна из советских моделей вышла на подиум в сапожках на каблучках, с аппликациями и... на молнии.

Западные коллеги стали интересоваться патентом. Какой там патент! Эти сапожки с молнией сшили буквально накануне поездки в мастерской Большого театра, причем сделали только одну пару. Араловой, которая тогда работала в Московском доме моды, не понравилась обувь, предложенная для показа, и она тут же придумала сапоги на молнии.

После возвращения в Москву все забыли про эти сапоги, наша промышленность интереса не проявила. Зато через год на очередном модном показе в Европе Аралова с удивлением увидела сапоги на молнии на моделях, демонстрирующих западные коллекции. Разумеется, никакого вознаграждения Вера Аралова не получила.

Ну вот, скажете вы, какие-то все несерьезные изобретения — подгузники, сапоги с молнией... То ли дело паровая машина или телеграф. Ну, во-первых, по поводу несерьезности подгузников и сапог с молнией я бы поспорила. Но не буду, потому что на счету женщин-изобретателей много машин и механизмов. Например — посудомоечная машина, которую создала Джозефина Кокрейн, —

ей надоело, что ее прислуга постоянно разбивала дорогую фарфоровую посуду во время мытья.

Свою «Первую практичную машину, моющую посуду» Кокрейн представила в Патентное бюро в 1886 году. И вскоре чудесной машиной под брэндом Cochrane Dishwasher заинтересовались рестораны, гостиницы и кафе.

Но посудомоечной машиной дело не ограничивается. В 1892 году обычная секретарша Синтия Мэй Вестовер придумала одну из первых снегоуборочных машин. А 200 лет назад ткачиха Табита Бэббитт из Массачусетса придумала циркулярную пилу. Просто ей стало жалко мужиков, которые тратили уйму времени на распиливание дров двуручной пилой.

Да и к обычному автотранспорту женщины приложили руки. Маргарет Уилкоккс, инженер-механик из Чикаго, изобрела первый автомобильный обогреватель и в 1893 году получила на него патента. Снегоочистители на лобовом стекле, дворники попростому, рефрижераторы, то есть машины-холодильники на колесах, — это тоже изобретения женщин.

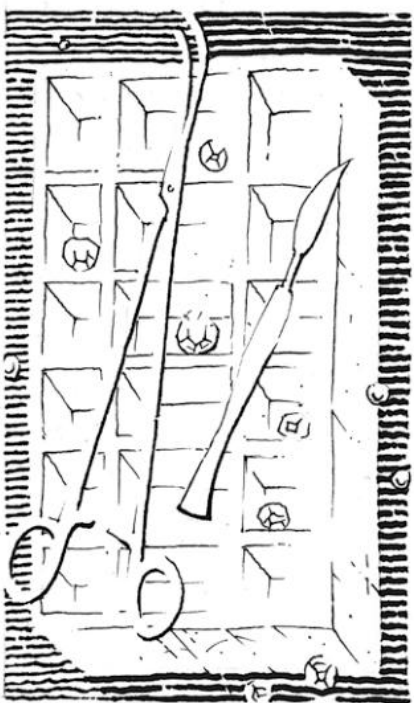
А числятся ли за женщинами какие-нибудь высокотехнологичные, прорывные изобретения? Да, конечно. Например, Катарина Блоджет, первая женщина, ставшая доктором физики в университете Кембриджа, в 1938 году вместе со своим учителем Ирвингом Ленгмюром изобрела антибликовое стекло, которое пропускало 99% света и практически не отражало свет. То есть, в сущности, сделала просветленную оптику. Этот метод так и называется методом Ленгмюра — Блоджет.

В 1964 году сотрудница компании «Дю Пон», химик Стефани Кволек создала прочное и легкое волокно, которое было в пять раз прочнее стали, — его называли кевларом. Компания немедленно начала производить это волокно, и на свет появились легкие бронежилеты и каски из кевлара. За более чем полвека это изобретение спасло тысячи жизней полицейским, пожарным и военным. За 40 лет научной деятельности Кволек получила более двух десятков патентов.

Сотни тысяч жизней спасло изобретение советского микробиолога Зинаиды Виссарионовны Ермольевой, которая в 1943 году, в разгар войны, сделала первый отечественный антибиотик крустозин, то есть советский пенициллин. Ермольеву так и звали в научных кругах — «госпожа Пенициллин».

В общем, я и дальше могу рассказывать истории про женские изобретения — аквариума, лазерной хирургии катаракты, консервантов для хранения продуктов, медицинского шприца...

Женских изобретений не мало, однако они действительно более практичные, более приземленные, что ли. Но кто сказал, что это минус? Да, мы «прелесть какие глупенькие и ужас какие дуры». Но в женщинах кроется огромный потенциал изобретательства, и грех им не пользоваться. Непредсказуемая женская логика — это именно то, что помогает изобретать.



Камни боли

Чего только не коллекционируют люди! Марки, открытки, значки, монеты, нашивки, ручки, зубы акулы,

ракушки и многое другое. А среди моих знакомых есть замечательный Александр Пульвер из Воронежа, который коллекционирует камни. Но не просто камни, булыжники, а особые камни. Он красиво называет их «камни боли». Александр — хирург. Он провел множество видеозендоскопических, или лапароскопических, операций по удалению желчных пузырей. А в удаляемых пузырях были конкременты, в просторечии «камни».

Часто больные после операций забирали их на память, но многие оставались валяться, пока не оказывались на помойке после очередной уборки. Помню, Саша рассказывал, что сразу же обратил внимание на красоту этих камней, сопоставимую с красотой птичьих яиц, янтаря, жемчуга, малахита, опала. И как-то жалко стало обречь их на уничтожение.

Откуда берутся эти камни в желчном пузыре? Они образуются, когда нарушаются соотношения компонентов желчи. В результате начинают кристаллизироваться ее соли, образуя твердую фазу. И, вопреки распространенному мнению, они — не причина желчнокаменной болезни, они — ее следствие. По своей химической сути желчные камни могут быть билирубиновые, или холестериновые, кальциевые, смешанные... Обо всем этом А. Пульвер рассказывал в статье в «Химии и жизни» (2014, № 1).

А есть еще камни в почках, у которых тоже своя разнообразная химическая природа. Есть и коллекция почечных камней. Восемь лет назад сибиряк Николай Авдеев, будучи магистрантом физического факультета Новосибирского государственного университета, собрал коллекцию из 364 почечных камней от пациентов Новосибирской области. И все тщательно исследовал под руководством кандидата химических наук Ильи Королькова из Института неорганической химии СО РАН. Оказалось, что доля фосфатных камней в сибирском регионе превышает общероссийские показатели почти в два раза.

На самом деле, все эти камни — объект для научного исследования, в первую очередь химического анализа их состава. Потому что химический состав камней — это подсказка врачам о причинах, эти камни породивших. А значит, и понимание, какая терапия в данном случае уместна и эффективна. Ведь если удалить камни, то есть следствие болезни, то это не значит вылечить пациента. Камни будут образовываться вновь, пока не будет искоренена сама болезнь.

Недавно сотрудники физического факультета и Медицинского научно-образовательного центра МГУ разработали оптическую методику, позволяющую определить состав камней в живой почке пациента. Это важно для литотрипсии — процедуры, при которой камни дробятся с помощью лазерного инфракрасного излучения непосредственно в почках.

Чтобы дробление камней в почках пациента происходило наилучшим образом, лазер должен быть правильно настроен. А правильность его настройки зависит от химического состава камней.

Ученые МГУ придумали схему, которая позволяет прямо во время операции получать сведения о химическом составе. В этой схеме используют оптоволокно и оптическую спектроскопию. То есть ученые придумали, как навороченными спектрометрами заглянуть в живую почку пациента, тут же получить информацию и правильно настроить лазер, чтобы идеально раздробить камни.

Вообще, литотрипсия — дело тонкое, особенно когда ее применяют для дробления желчных камней. Ведь она может породить мелкие осколки, которые застрянут в желчных путях и породят механическую желтуху или поцарапают стенки желчного канала. Собственно, для этого и нужна наука, которая должна предложить медицине эффективные методики безопасной борьбы с камнями в теле человека. А для этого надо эти самые камни изучать и собирать в коллекции.



Память обезьян похожа на человеческую

Наука постоянно добывает все новые и новые факты, подтверждающие сходство людей и обезьян и намекающие на то, что, как минимум, общий предок у человека и обезьяны был. И речь идет не о внешнем сходстве, временами пугающем, а о более тонких вещах — о работе мозга.

Давно известно, что обезьяны узнают сотрудников зоопарка и исследователей, которые часто посещают животных, чтобы изучать их психологию. Ученые из Университета Джона Хопкинса, исследующие когнитивные способности животных, решили выяснить в эксперименте, есть ли у обезьян устойчивая память на своих друзей и знакомых. Иными словами — помнят ли обезьяны своих друзей-соплеменников или врагов-соплеменников и как долго сохраняется эта память.

Объектами исследования стали шимпанзе и бонобо в Эдинбургском зоопарке в Шотландии, зоопарке Планкендал в Бельгии и заповеднике Кумамото в Японии. Сначала исследователи собрали фотографии

обезьян, которые когда-то жили в зоопарке и общались с обезьянами, участвующими в эксперименте. На фотографиях были запечатлены обезьяны, с которыми общение прекратилось как минимум девять месяцев назад, а как максимум — 26 лет.

Затем пришла очередь эксперимента, в котором участвовало 26 обезьян. Ученые предложили им сок, и пока они наслаждались вкусным напитком, им показывали на экране одновременно две фотографии. На одной была обезьяна, которую они когда-то знали, на другой — совершенно незнакомая особь. Пока участницы эксперимента рассматривали фотографии, специальное устройство отслеживало движение их глаз.

Оказалось, что обезьяны значительно дольше рассматривали фото своих прошлых знакомых, с кем они проводили время в одной группе, но давно уже расстались по разным причинам — кто-то умер, кого-то перевезли в другой зоопарк и т.п. Фотография неизвестной обезьяны их не интересовала.

Однако еще дольше они рассматривали фото своих бывших друзей, а не просто знакомых по группе, с которыми их разлучили на десятилетия. В некоторых случаях обезьяны даже прекращали пить и замирали перед экраном, как загипнотизированные, когда на нем появлялась фотография их давнего закадычного друга.

Рекорд в области воспоминаний установила бонобо Луиза. Ей показали фотографии ее сестры Лоретты и племянника Эрина, которых она не видела 26 лет. И тем не менее их фото она рассматривала дольше всего. Причем этот результат воспроизвелся во всех восьми экспериментах, в которых участвовала Луиза.

Результаты показывают, что социальная память обезьян может сохраняться более 26 лет, то есть большую часть их средней продолжительности жизни (40–60 лет), и может быть сравнима с человеческой памятью, которая начинает снижаться через 15 лет, но может

сохраняться и до 48 лет после разлуки.

Так ученые продемонстрировали миру самую долгую социальную память, когда-либо зарегистрированную у животных (PNAS). Вероятно, этот вид памяти уже присутствовал у наших общих эволюционных предков, которые жили предположительно от 6 до 9 миллионов лет назад. В любом случае шимпанзе и бонобо обладают когнитивными механизмами, очень похожими на наши собственные. Короче говоря, много общего у нас с шимпанзе, как бы это кому-то не нравилось.



Почему у собак глаза темнее, чем у волков

Вы знаете, какого цвета глаза у собак? Присматривались? У меня было три собаки — чистокровная дворняжка, беспородная такса и беспородная овчарка, чьи отцы неизвестны. Но всех их объединяло одно — глубокий, почти черный цвет глаз с поволокой. И всех их я любила одинаково горячо.

А вот если мы посмотрим на волков, то увидим другую картину — у волков глаза ярко-желтые. Сравнение собак с волками вполне оправдано. Ученые полагают, что собака

(*Canis familiaris*) произошла от серого волка (*Canis lupus*). И случилось это в позднем палеолите 15–10 тысяч лет назад. Это подтверждают археологические находки в Китае и Иране. Там рядом с жилищами людей встречаются останки собак, датируемые XIV веком до н.э. Кроме того, у собаки и волка сходная структура ДНК и одинаковое количество хромосом.

С тех давних времен много воды утекло, и собаки изменились, отделились от волка. Здесь свое дело сделала эволюция, да еще и селекционеры руку приложили. По данным Международной кинологической федерации на 2023 год, в мире существует 356 пород. Каждая из них — собственность той или иной страны.

Свои породы есть, конечно, и у России. Скажем, прекрасная и страшная среднеазиатская овчарка алабай. Или изящные, грациозные и аристократичные русские псовые борзые. Очень ранимые, кстати. Или русский черный терьер. Это одна из самых молодых пород. Ее еще называют собакой Сталина. Наверное, потому, что эту породу вывели в питомнике, получившем в 1949 году госзаказ на выведение служебно-сторожевой собаки, которая могла бы жить в любых климатических условиях. И вывели!

Есть и другие русские породы собак, очень разные, но у всех у них — темно-коричневые глаза. Куда же делся ярко-желтый волчий цвет? Этим вопросом задались японские ученые и решили докопаться до истины. Ученые сравнили цвет радужной оболочки глаз на фотографиях 22 волков и 81 собаки из 35 различных пород собак и убедились, что у домашних собак глаза почти черного цвета.

Затем в эксперимент вступили полторы сотни добровольцев. Им предложили посмотреть на портретные фотографии 12 разных пород собак. Причем это были подретрактированные в фотопрограмме портреты. На части снимков собакам сильно осветлили глаза — сделали их желтыми, как у волков. А у другой части снимков глаза затемнили еще больше, чем они были на самом деле.

Затем испытуемые ответили на вопросы анкеты, что они думают о собаках с темными и желтыми глазами. Оказалось, что участники эксперимента воспринимали мордочки собак с более темными глазами как более дружелюбные, приветливые и незрелые. А вот мордочки с более светлыми глазами люди воспринимали как более умные, уверенные в себе и зрелые. В целом участники эксперимента были более склонны заботиться о темноглазых собаках, чем о светлоглазых.

Почему темные собачьи глаза кажутся нам добрее? Исследователи полагают, что все дело в контрасте между зрачком и радужкой. У собак с темными глазами этого контраста нет. Зрачок почти сливается с радужкой. В результате нам кажется, что у собаки очень большой расширенный зрачок. А кроме того, мы почти не видим, как зрачок расширяется или сужается.

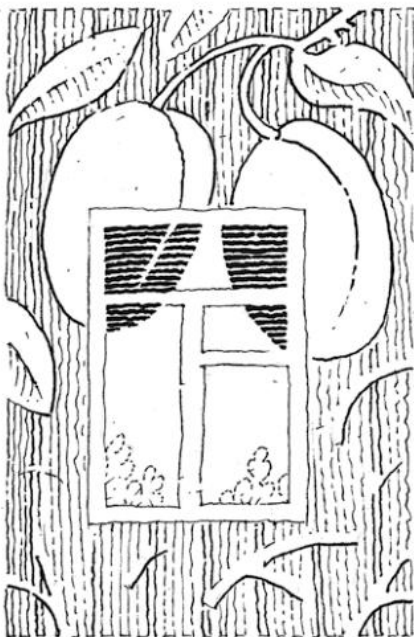
При чем здесь зрачок, спросите вы? Дело в том, что расширенный зрачок указывает на радость, поэтому эту радостную собаку мы воспринимаем как привлекательную, дружелюбную и заслуживающую доверия. Кроме того, такая собака кажется нам моложе. Ведь у младенцев зрачки больше, чем у пожилых людей. С другой стороны, в черных глазах собаки мы не видим, когда сужается зрачок, то есть мы не видим признаков гнева и угрозы.

Так или иначе, но большинство людей инстинктивно предпочитают собак с более темным цветом глаз. Темные глаза делают мордашку собаки безобидной, слабой, детской. Поэтому нам хочется такую собачку приласкать, позаботиться о ней, потискать ее. Мы сильнее привязываемся к ней, и она получает преимущество в выживании.

В общем, проделки эволюции. Когда именно в ходе одомашнивания у собаки потемнели глаза, покажут дальнейшие исследования. Но вот эти рассуждения о большом зрачке и беззащитности очень точны. Специально посмотрела на фотографии хаски, у которой светло-голубые глаза и отчетливо виден маленький зра-

чок. Кстати, породу сибирской хаски вывели эскимосы и чукчи на Крайнем Севере. Им нужны были выносливые ездовые собаки, поэтому они скрещивали диких волков и аборигенных собак и получали выносливых ездовых хаски, которые без труда преодолевали большие расстояния на заснеженной территории.

Так вот, посмотрела на фото этих прекрасных собак и поняла, что это умные, уверенные в себе, зрелые собаки. Никакой беспомощности и слабости. Никакого приглашения позаботиться о ней. И даже легкая дрожь пробиралась от этого маленького зрачка — кто знает, что у нее на уме. Хотя хаски — чудесные собаки-трудяги, которые умеют дружить и любят приключения. Однако предпочтение мы отдаем собакам с темными глазами, и теперь мы знаем почему.



Раскрыт секрет синего цвета фруктов

Вы когда-нибудь видели бабочку Морфо? Это огромная бабочка. Ее крылья размером почти с ладонь сияют фантастическим насыщенным

голубым или сапфировым цветом. Да еще и переливаются перламутром.

Какой удивительно красивый краситель! Первая мысль — выделить его из крылышек бабочек, определить структуру синего пигмента и попробовать повторить его синтез в колбе, чтобы потом перенести в промышленность.

А все потому, что в случае с бабочкой морфо мы имеем дело с так называемой структурной окраской, которой никакой пигмент не нужен. Его и нет в крылышках бабочки. Окраска образуется в результате игры солнечного света с наноструктурированной поверхностью чешуек на крылышках бабочки.

До недавних пор считали, что структурная окраска в большей степени характерна для животного мира — насекомых, рыб, земноводных, моллюсков, птиц. Да и зачем она растениям, если они могут легко, в отличие от большинства животных, синтезировать синие пигменты.

Но это не так. На самом деле, лишь очень немногие экзотические растения производят синие красители. Потому что, в отличие от других красителей, их образование требует больших затрат энергии. Давно известно, что черника и другие ягоды в действительности содержат только красные красители в мякоти и кожуре, поэтому их сок тоже красный. Но тогда откуда берется такой красивый сине-голубой цвет черники и голубики?

Ученые решили присмотреться к поверхности кожуры ягод черники, некоторых сортов винограда, а также голубых ягод можжевельника. Все они красивого цвета с белесым налетом, как будто запотевшие. Давно известно, что кожура этих ягод покрыта воском. Ученые полагали, что воск защищает ягоду от насекомых и отталкивает воду, чтобы ягоды не гнили. Но оказалось, что этим роль воска не ограничивается.

Ученые исследовали структуру воскового покрытия и пришли к выводу, что именно этот восковой слой со своими особыми наноразмерными кристаллическими структурами

и обеспечивает ягодам структурную окраску. Здесь цвет — это тоже оптический эффект, как и на крыльях бабочки Морфо. Причем спектроскопический анализ показал, что структурированный восковой слой на поверхности ягод отражает не только синие, но и ультрафиолетовые длины волн.

Итак, цветовой эффект обусловлен особенностями тонких восковых слоев, которыми покрыты эти ягоды. Однако исследователи пошли дальше. Они смыли воск с поверхности ягод махонии — это декоративный оregonский ползучий виноград. Затем выделили воск из раствора. Он, кстати, по внешнему виду был похож на самый обыкновенный воск белого цвета. Никакой синевы. Затем расплавили воск, нанесли его тонким слоем на темное стекло.

И все изменилось как по мановению волшебной палочки, когда воск застыл. Вместо белесой восковой заплатки на темном стекле теперь красовалась красивая голубая заплатка — точно такого же цвета, что ягода махонии. Впервые ученые повторили технологию природы, правда, с помощью ее воска.

Можно порассуждать о перспективах этого исследования. Мне, например, в голову приходит идея солнцезащитного крема, ведь этот структурированный тонкий слой воска отражает не только синие, но и ультрафиолетовые лучи. Крем в баночке будет белый, а вот его тонкий слой на теле станет голубым или синим.

Ну и что? Волосы же красят в розовый и зеленый цвет без всякой пользы? А тут можно немного пострадать, походить голубым, зато защита от ультрафиолета гарантирована. А главное, этот воск — чистейший природный продукт.

Природа по-прежнему остается неисчерпаемым кладом идей и инноваций. Взять их у нее — наша задача!

Выпуск подготовила
Л.Н. Стрельникова

Иллюстрации
Петра Перевезенцева



Земля и ее обитатели

Кандидат биологических наук

Н.Л. Резник

Что мы знаем о коте?

Говорят, что самые важные решения обычно принимают при недостатке информации. Мы думаем, будто знаем все, что нужно, а потом оказывается, что наши сведения неполны и неверны. Вот и котов люди часто заводят, находясь в плену заблуждений.

Роскошь общения

Владелец кота должен посвятить себя его благополучию, которое во многом зависит от правильного об этом коте представления. Меж тем кошачьи поведение и потребности изучены значительно хуже, чем собачьи, и это несмотря на то, что люди уже несколько веков считают своих домашних котов друзьями, компаньонами

и членами семьи. К сожалению, их понятия зачастую ограничены знаменитой сказкой Р. Кипплинга «Кошка, которая гуляла сама по себе», а там написано, что кошки независимы и нуждаются в общении меньше, чем другие животные. Однако специалисты по социальному поведению кошек такую точку зрения не поддерживают.

На самом деле домашние кошки, как и домашние собаки, кстати, факультативно социальные, то есть их социальное поведение меняется в зависимости от жизненного опыта и внешних обстоятельств. Хотя коты и кошки охотятся поодиночке, жить им иногда приходится колониями. И в этих сообществах они находят товарищей, с которыми проводят больше времени, чем с другими: рядышком спят, вылизывают друг друга, соприкасаются носами, при встрече салютуют товарищу хвостом.

Костяк многих колоний составляют кошки-родственницы, которые проявляют больше взаимного дружелюбия и чаще держатся вместе, чем кошки, не состоящие в родстве. Неродственные, но хорошо знакомые друг с другом кошки, с меньшей вероятностью будут проявлять взаимную агрессию, чем незнакомые кошки. Очевидно, не только родство, но и опыт совместной жизни повышает шансы успешного социального взаимодействия котов.

Тот научно доказанный факт, что кошки нередко устанавливают друг с другом партнерские социальные взаимоотношения, не исключает взаимных угроз и даже драк. Это, кстати, одна из основных поведенческих проблем, из-за которых кошек сдают в приюты. Опросы владельцев показывают, что если люди, имеющие кошку, берут в дом еще одну, то в половине случаев знакомство не обходится без царапин и укусов, и примерно в трети случаев конфликты приобретают затяжной характер.

Один из традиционных источников информации ученых — опросы котовладельцев. Их проводят часто по самым разным поводам. Среди респондентов, имеющих до четырех кошек, более 44% регулярно сообщали о конфликтах между своими питомцами. Наблюдая такие отношения, люди приходят к выводу, что кошки не социальны и терпеть друг друга не могут. Однако, по данным нескольких независимых исследований, отношения животных зависят не от количества котов в доме, а от условий их содержания. Об этом свидетельствуют индикаторы стресса — уровни кортизола в моче и фекалиях. Если у каждой кошки есть своя миска, свой лоток и укромный уголок

для отдыха, вероятность межкошачьих конфликтов гораздо меньше. Можно ли избежать их совсем? Вряд ли. Ведь и люди, безусловно социальные существа, не всегда друг с другом ладят.

Моргайте ему, моргайте!

Из мифа об асоциальности кошек вырастает другой: кошки якобы мало нуждаются в человеческом общении. Котов часто обвиняют в отсутствии эмоциональной привязанности к хозяину. Японцы, например, хотя и воспринимают своих котов как членов семьи, считают их менее интеллектуальными и способными понимать человеческие эмоции, чем собаки. Соответственно и ценят их меньше. Владельцы зачастую отказывают кошкам в способности грустить, дружить, сочувствовать и сострадать людям, охотно приписывая эти качества собакам. Зато котов наделяют негативными эмоциями, такими как ревность и ненависть.

На самом же деле, социальное поведение домашних кошек по отношению к людям, как и по отношению к другим кошкам, бывает разным. Все большее количество исследований свидетельствует о том, что кошки привязаны к своим хозяевам. Несколько лет назад Моник Уделл (Monique Udell), руководитель лаборатории взаимодействия человека и животных Университета штата Орегон, и ее коллеги поставили эксперимент: хозяина и кошку помещали в одной комнате, затем хозяин выходил на две минуты и снова возвращался.

▼ Два члена дикой колонии недалеко от доков Ливерпуля



Flickr CC, Фото heladen



▲ Медленное моргание серого кота. Фотографии исследователей Сассекского и Портсмутского университетов

При этом он не привлекал специально внимания кота, у которого была свобода выбора: подойти к вернувшемуся хозяину или возиться с игрушками, которых в комнате было несколько.

Оказалось, что 68% животных рады видеть хозяина и подошли, чтобы приласкаться. Более половины кошек, сидючи в комнате, предпочитали проводить время рядом с владельцем, а не с игрушкой, лакомством или источником приятного запаха. Другие исследования показывают, что коты разделяют тревогу хозяина и беспокоятся, когда его долго нет.

Коты знают свое имя, хотя и не всегда считают нужным откликнуться, и следят за взглядом, которым человек может указать на что-нибудь полезное и интересное, например на укромное место, где спрятана еда.

Вообще в межвидовом общении животных взгляды играют важную роль. Многие, испытывая положительные эмоции, прикрывают глаза. Про такого кота в просторечии скажут, что он довольно жмурится, а исследователи описывают серию медленных морганий. Сначала веки медленно смыкаются, но не до конца, за чем следует либо длительное полузакрытие, либо полное закрытие глаз. Обратите внимание, что у запечатленных на фотографии кошек из Ливерпульской колонии глаза прикрыты.

Моргательную коммуникацию между котами и человеком исследовали специалисты Сассекского и Портсмутского университетов. Они выяснили, что кошки часто мигают и сужают глаза в ответ на медленное моргание владельцев или незнакомых экспериментаторов, обращенное кошкам. Если люди котам не моргают, коты прижимаются гораздо реже.

В другом эксперименте кошки чаще приближались к экспериментатору, который им моргал, чем к тому, который сидел с нейтральным выражением лица. Исследователи заключили, что кошки используют человеческие сигналы для получения контекстной информации и сами подают ему знаки.

Моник Уделл с коллегами поставили простенький эксперимент, доказывающий, что человеческое

внимание влияет на социальное поведение кошки. Исследователи применили свой традиционный метод — поместили кошку и человека в одну комнату на две минуты. В одном случае человек называл кошку по имени и всячески привлекал ее внимание, в другом — все время смотрел в пол. Коты на такого невежу тратили не более 20% времени, а на взаимодействие с внимательным человеком — более 60%.

Все эти результаты указывают на то, что кошкам важны контакты друг с другом и с человеком, причем их социальное поведение пластично. А что в этом, собственно, удивительного? Мы неоднократно писали о том, что кот — личность. А раз он личность, то ведет себя соответственно ситуации.

Подготовка к общественной жизни

Может ли владелец сделать своего питомца более общительным? Может. Для этого его нужно социализировать. Начальный период социализации у котят приходится на возраст 2–7 недель. В это время малыши контактируют с матерью, братьями и сестрами, а если они живут дома, то и с людьми. И чем больше этих контактов, чем они разнообразнее, тем более общительными и менее пугливыми вырастают котята. И вовсе не обязательно, чтобы малыш проводил все время в гуще людей и событий, достаточно контактов с несколькими людьми по 15–40 минут в день.

Домашние кошки живут очень по-разному. Некоторые не покидают квартиру или выезжают только к ветеринару. Другим же, напротив, позволено бродить где вздумается. Третьи ведут промежуточный образ жизни. Так что возможности социализации у кошек разные, различен и результат. Кто-то пугается незнакомых звуков, запахов, людей и животных, а кто-то сохраняет невозмутимость.

Американские исследователи из Университета Пердью исследовали реакцию на стресс у 55 домашних кошек. Их привезли в лабораторию и рассадил по клеткам. Эта ситуация имитировала госпитализацию или помещение в кошачью гостиницу. А владельцев попросили описать характеры своих питомцев. Смена обстановки, безусловно, стресс, и переживали его кошки по-разному. Двадцать две кошки, которых вла-

дельцы охарактеризовали как застенчивых, спокойных, мягких и робких, свой стресс заедали, к знакомым и незнакомым людям подходили далеко не сразу, предпочитали проводить время, спрятавшись в коробку (в каждой клетке была коробка). Остальные кошки, активные, игривые, любопытные и спокойные, в коробки не прятались, а на них сидели, и к экспериментаторам относились весьма дружелюбно. Наверняка свое детство эти две группы проводили по-разному.

Если владельцы котенка, поверив в миф о независимости кошек, не озаботятся его, котенка, ранней социализацией, то во взрослой жизни зверя ждут конфликты с другими кошками и людьми или даже хронический стресс, если он окажется в незнакомом доме или среди незнакомых людей и животных.

Более того, если кот неосведомленного хозяина, вынужденный жить в сообществе себе подобных, будет испытывать дискомфорт и конфликтовать с другими кошками, его владелец решит, что это в порядке вещей — коты ведь одиночки. А между тем есть проверенные способы разрешения некоторых межкошачьих конфликтов. У каждого зверя, как я уже писала, должно быть уединенное место для сна и отдыха, персональные мисочки для еды и воды и собственный лоток.

Однако многие владельцы об этих потребностях не знают и их не обеспечивают. Их незнание усложняет отношения между кошками и вредит их здоровью. От хронического стресса коты заболевают.

Домашние кошки также могут испытывать стресс, если не удовлетворяются их социальные потребности в отношениях с человеком. У котов, которые мало общаются с владельцами и подолгу остаются в одиночестве, больше проблем с поведением, в том числе они чаще проявляют межкошачью агрессию и более тревожны.

Общению с котом помогает его обучение. Но, увы, делу мешает миф о том, что коты обучаются плохо и вообще их ничему научить нельзя. Конечно нам, россиянам, имея в сердце нашей Родины Театр кошек Куклачёва, странно такое слышать, однако же это убеждение существует. К счастью, оно постепенно развеивается. Интернет полон советов, как научить кошку тому или иному трюку.

В Книгу рекордов Гиннесса попала кошка Алексис из Австрии, которая по команде своей хозяйки Аники

▼ *«Дать пять» — один из самых популярных кошачьих трюков*



Мориц выполнила за одну минуту 26 трюков. Алексис ходила вокруг ног хозяйки, касалась носиком мишени и колокольчика лапой, пятилась назад, «давала пять». Котята, с которыми специально занимались в приютах, за шесть недель осваивали команды «сидеть» и «лежать», искусство ходьбы на поводке и выполнение более сложных заданий. Жившая в Японии кошка Эбису научилась повторять действия хозяйки: крутиться вокруг своей вертикальной оси, вставать на задние лапы, касаться лапой качающейся игрушки, вытаскивать пластиковый ящик, кусать резиновую нить и ложиться. Причем то, что хозяйка делала рукой, кошка делала передней лапой, а когда хозяйка вставала на цыпочки и поднимала руки, кошка вставала на задние лапы и поднимала передние.

Но большинство людей пока своих котов не образцовывает, разве что к лотку приучают, поэтому исследователи не знают, как регулярные тренировки влияют на кошачье благополучие, но предполагают, что благотворно, хотя бы потому, что позволяют наладить взаимодействие кота с хозяином.

Много ли нужно коту для счастья?

Коты имеют репутацию животных, которым много не надо. Возможно, именно это стойкое и распространенное убеждение способствует их растущей популярности как домашних питомцев. А на самом деле кошкам для комфортного существования необходима достаточно сложная среда. Помимо укромных и безопасных мест, где можно отдохнуть, поесть, попить, помыться и воспользоваться лотком, и регулярного позитивного взаимодействия с человеком, коту нужны игры, имитирующие естественное хищническое поведение, и разнообразные, интересные запахи — у кошек прекрасное обоняние, которому надо давать пищу.

Неизвестно, насколько владельцы в курсе этих потребностей. Недавно американские ветеринары опросили более 500 котовладельцев и выяснили, что лишь половина предлагает своим кошкам специальные конструкции для лазанья, около половины — обеспечивает ежедневные интерактивные игры и менее 69% респондентов купили своим кошкам специальные когтеточки. Но почти у всех животных были тихие укрытия и игрушки для игры в одиночку. К сожалению, лишь немногие хозяева обеспечивают своих котов пищевыми головоломками. А зря. Недостаток умственных и физических занятий приводит к проблемам с поведением: коты становятся агрессивными и пренебрегают туалетным лотком.

Отсутствие интересных предметов вокруг, то есть хроническая скука, — это тоже стресс, такой же, как недостаток места или нелады с другими кошками. От этого коты заболевают, чаще всего они страдают идиопатическим циститом, расстройством пищеварения и эмоциональным переизбытком. Ожирение котов,

над которым любят потешаться в социальных сетях, целиком на совести хозяев.

И наоборот, устранение стрессовых факторов, как то: установка дополнительных лотков, общение с кошкой и снижение напряженности между кошками, если их несколько, улучшает кошачье здоровье и поведение. Хотя взаимосвязь между окружающей средой и состоянием здоровья может быть сложной, среда все-таки должна быть адаптированной к коту. Угадайте, кто должен ее адаптировать?

Надеюсь, никто не разочарован. Потому что вдобавок к тому, что у кошачьих опекунов, оказывается, есть многочисленные обязанности, они еще не могут того, что считали возможным, а именно определить характер кота по его окраске.

Откуда-то пришло поверье, что оранжевые кошки дружелюбнее, а белые и трехцветные — более отстраненные, чем кошки других окрасов. Научного подтверждения этому убеждению нет. И на окраску, и на поведение котов влияет множество генов, поэтому практически невозможно на основе первого спрогнозировать второе. Цвет и рисунок шерсти кошек контролируют как минимум десять генов, некоторые из которых имеют множественные аллели, и эти гены сложным образом взаимодействуют друг с другом. К тому же поведение определяют не только гены, но и внешние факторы.

Связь цвета и узора кошачьей шерсти с типом личности и поведением исследовали, конечно, и неоднократно, но к единому выводу не пришли. Да это и непросто, потому что возможных комбинаций цвета и рисунка кошачьей шерсти так много, что их приходится объединять в категории. К тому же по окрасу невозможно судить о генотипе.

Например, белый окрас может возникать в результате нескольких разных мутаций, одна из которых маскирует все прочие гены окраски. Какими бы они ни были, кошка с этой мутацией все равно будет белой. И приходится наличие конкретных аллелей подтверждать молекулярно. Хотя есть уже панели для генетического тестирования кошачьего окраса, для некоторых локусов, например оранжевого, специальных тестов пока нет.

Так что будьте осторожнее с выводами, потому что неправильные представления о характере кота той или иной расцветки могут повлиять на его судьбу. Например, животных определенного цвета будут чаще «уколовлять» или, наоборот, не будут. А в тех, кого возьмут, разочаруются.

Преодолевать сложившиеся стереотипы непросто, но люди обязаны это сделать, во-первых, ради котов, приглашенных в дом, а во-вторых, ради себя, чтобы общение с котом приносило максимум удовольствия. Пока сотни миллионов кошек во всем мире находятся под нашей непосредственной опекой, мы обязаны стремиться к совершенному знанию их биологии, поведения и потребностей. Но это приятная обязанность.

АЛЕКСЕЙ АЛЕКСЕЕНКО

Секс с учеными: Половое
размножение и другие
загадки биологии

М.: Альпина нон-фикшн,
2023

Величайшие биологи прошлого пытались разобраться в том, для чего живым существам нужно половое размножение, как оно возникло, какую пользу принесло и почему не исчезло. В книге «Секс с учеными» рассказывается, как ученые попытались связать секс с мутационным процессом и в результате создали целую область науки — популяционную генетику. Речь заходит о разделении на два пола, в котором ничего нельзя понять без теории игр, и о половых хромосомах, вокруг которых закручиваются увлекательные сюжеты из молекулярной биологии. Затем повествование переходит к мейозу — о нем до сих пор было крайне затруднительно прочитать что-то понятное неспециалистам. В связи с мейозом затрагивается и важнейший вопрос современной науки — происхождение жизни на Земле. Наконец, нашлось в книге место и для обсуждения роли секса в жизни общества, о чем все вроде бы давно и давно написано, но лишняя пара глав никому не повредит.



ЭД ЙОНГ

Необъятный мир.
Как животные ощущают
скрытую
от нас реальность

Перевод с английского:
Мария Десятова

М.: Альпина нон-фикшн,
2023

Наша планета полнится бесчисленными вкусами и запахами, оттенками и вибрациями, электрическими и магнитными полями — но любое животное, включая человека, с рождения и до смерти заключено внутри своего сенсорного пузыря, или, как говорят ученые, «умвельта», воспринимая всеми органами чувств лишь малую толику реальности. Научный журналист Эд Йонг выводит нас за границы нашего умвельта и вместе с нами пробует вообразить, каково чувствовать эхо порхающей бабочки, электрический заряд цветка или гидродинамический след давно ушедшей сельди.

Мы отправимся по следам ищущих пожарища жуков, ориентирующихся по магнитному полю Земли черепах и наполняющих воду электрическими сигналами африканских рыб. Мы взглянем на мир четырьмя парами глаз паука-скакуна, послушаем вибрации крохотных букашек и выясним, что морда крокодила не менее чувствительна, чем пальцы хирурга. Мы познакомимся с самыми последними открытиями в области сенсорной зоологии, поймем, чем грозит животному миру звуковое и световое загрязнение окружающей среды, и узнаем, чем интересуется наша собака у ближайшего столба.



Книги

АНО

АЛЬПИНА НОН-ФИКШН

СТАНИСЛАВ ДРОБЫШЕВСКИЙ

Борьба за обед.
Еще 50 бак из грота

М.: Альпина нон-фикшн,
2024

«Книга, которую вы держите в руках, — продолжение книги «Байки из грота». Однако это не просто новые истории. В новой книге упор сделан на окружающий пращуров мир. Кто жил рядом — монстры или красавцы? Какой ветер дул в лицо — холодный или жаркий? Что было на обед — отбросы или деликатесы?»

Миллионы лет наши предки искали фрукты, ловили рыб, охотились на птиц и зверей, а иногда пытались и сами не стать чьим-то обедом. Вся наша жизнь вертится вокруг еды. Даже чувство удивления, способы общения, ритуалы — все это происходит из желания поесть либо сопровождается пиром. Как пращуры вели свою борьбу за обед — об этом расскажут 50 невыдуманных историй. И каждая байка сопровождается исследованием, повестью о том, откуда ученые узнают о давно минувшем.



ТОМ ХАЙЭМ

Мир до нас. Новый
взгляд на происхождение
человека

Перевод с английского:
Андрей Гришин

М.: Альпина нон-фикшн,
2023

«Я наверняка не единственный, кто задавался вопросом, может ли кто-то из моих знакомых или случайных встречных быть немного большим неандертальцем, чем все остальные», — иронизирует Том Хайэм. В легкой и увлекательной форме новозеландский ученый из Оксфорда рассказывает о древних человеческих видах, включая недавно открытые археологами. Неандертальцы, денисовцы, люди с Лусона и даже «хоббиты» — какой след они оставили в каждом из нас? Кем они приходятся нам и друг другу? Хайэм не только дает ответы, но и иллюстрирует их картами археологических стоянок и фотографиями находок.

Книга повествует и о том, как совершаются революционные научные открытия, что изменилось в генетике и археологии за последние годы и почему порой единственный способ выудить из разнородных останков человеческие — это взять целый мешок найденных в пещере костей и проанализировать их одну за другой.



Подробности на сайте: <https://nonfiction.ru/>



Иллюстрация Петра Перевезенцева

Панацейка

Бадан — чай из слоновьего уха

Судьба лекарственных растений складывается по-разному: одни официальная медицина отвергает, другие признает. Бадану повезло, его включили в Фармакопею СССР, несмотря на отсутствие клинических испытаний. Впрочем, их до сих пор нет.

Бадан принадлежит к семейству Камнеломковые (*Saxifragaceae*). Семейство включает 48 родов и 775 видов, из которых 32 вида приходится на бадан, по-научному *Bergenia*. Так род назвали в честь немецкого врача и ботаника Карла Августа фон Бергена (1704–1759).

Все бергении — многолетние травянистые растения с толстым корневищем и крупными, до полуметра в диаметре кожистыми листьями. Из-за их размера и формы бадан прозвали «слоновым ухом» и «кожаной капустой».

Цветки у баданов белые, розовые или пурпурные, собраны в кисти, вознесенные на длинные стебли. Яркие цветки жизненно необходимы растениям, чтобы привле-

каль насекомых-опылителей. Людей они тоже привлекают, поэтому баданы — азиатские растения — привезли в Европу, где с удовольствием выращивают для украшения садов и парков.

А еще разные виды бадана издавна применяют в народной медицине. Последователи унани, аюрведы, традиционной китайской медицины пользуют пациентов препаратами из листьев и корневищ. Отварами и настоями лечат заболевания почек и мочевого пузыря, сердца, селезенки, печени и легких. Это жаропонижающее, кровоостанавливающее, обезболивающее и противовоспалительное средство. Пастой из корневищ обрабатывают фурункулы, раны и ожоги, смазывают места вывихов. Жители Тибета мажутя свежерастертыми листьями бадана, защищаясь от солнечных ожогов. Бадан помогает при диарее, лихорадке, инфекционных и паразитарных заболеваниях — малярии, лейшманиозах и трипаномозах. Это антигельминтное средство.

Кашель, увеличенная селезенка, бельмо на глазах — все это поводы полечиться баданом. В Индии порошок из высушенных корней вдыхают, чтобы унять сильное чихание. В этой стране предпочитают бадан язычковый (*B. ligulata*), который входит в состав аюрведического препарата паханбхеда. Его принимают для растворения камней в почках и мочевом пузыре. Так же используют и другие виды бадана. Ученые даже предполагают, что собирательное название растений «камнеломки» происходит не от того, что они растут на скалах и образуют в них трещины, а потому что препараты из них растворяют почечные камни.

Среди видов, которые использует традиционная медицина Индии, Непала и Китая, называют также бадан Стретчи *B. stratecheyi*, бадан реснитчатый *B. ciliata*, бадан гималайский *B. himalaica*.

В Китае в клиниках традиционной медицины применяют бадан пурпурный *B. purpurascens* и даже включили его в Фармакопею Китайской Народной Республики. Обычно используют корневище, потому что другие части растения не исследовали. Экстракты бадана пурпурного входят в состав таблеток, сиропов и других составных препаратов. Их назначают для лечения диареи, дизентерии, внутренних и внешних травматических кровотечений, кашля при туберкулезе и бронхите и других заболеваний.

Китайские медики лечили таблетками *B. purpurascens* пациентов с воспалением и язвами пищевода и за пять лет вылечили 88,7% больных. О контрольных группах исследователи не сообщают, механизмов действия не знают.

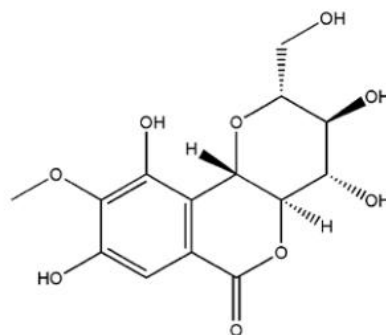
А у нас в России свой бадан, толстолистный, *B. crassifolia*. Он растет на Алтае, в Саянах, окрестностях Байкала и в Забайкалье, Приморском крае и образует густые заросли, порой занимающие сотни гектаров.

Официальная российская медицина признает только корневища как кровоостанавливающее, вяжущее, противовоспалительное и противомикробное средство. Его экстракт действительно подавляет рост некоторых бактерий, в том числе синегнойной палочки и условно-патогенных кишечных бактерий *Proteus spp.*, а также

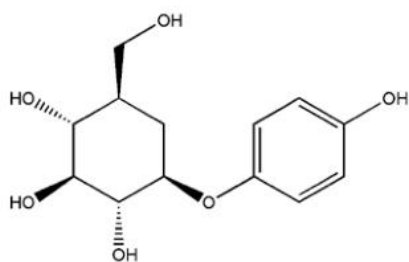


▲ Бадан толстолистный

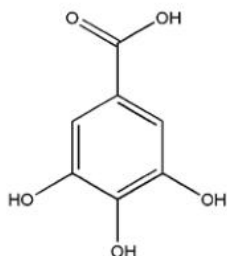
▼ Корневище бадана язычкового



Бергенин



Арбутин



Галловая кислота

стафилококков, в том числе золотистого, микрококков и энтерококков. В российской народной медицине настоями корневища бадана лечат простуду, гастрит, энтероколит, головную боль и лихорадку; заболевания ротовой полости: пародонтоз, стоматит, гингивит и кровоточивость десен.

Однако корневище, по-видимому, не единственная целебная часть бадана. Многие публикации подтверждают эффективность листьев. Посвящены они, правда, мышам и крысам, зато с ними бадан толстолистный творит чудеса. Экстракт его листьев излечивает грызунов от воспалений, в том числе облегчает течение артрита; выступает в качестве гепатопротектора, диуретика и лекарства от язвы желудка; защищает нервные клетки от гипоксии. На крысах же подтвердили способность экстракта листьев растворять камни из оксалата кальция.

А еще экстракт листьев подавляет аппетит у крыс, сидящих на высококалорийной диете и страдающих ожирением, — они съедали на 40% меньше, чем контрольные особи. В общем, если бы у крыс была собственная Фармакопея, они бы туда непременно включили баданы вообще и бадан толстолистный в частности.

Людам отвар листьев бадана издавна известен как монгольский, сибирский или чигирский чай. Бадан — вечнозеленое растение, и его молодые листья действительно зеленые. Пережив зиму, они становятся коричневыми, перезимовавшие дважды — черными. Именно их предпочитают заваривать на Алтае. В зеленых листьях 10–20% дубильных веществ, а в черных — прошла природная ферментация, танинов стало меньше и вкус у такого напитка мягче.

Чигирский чай действует как адаптоген — бодрит, укрепляет и успокаивает. Его пьют при простуде. Причем, в отличие от большинства адаптогенов, он не повышает давления, а несколько его снижает, расширяя

сосуды. Адаптогенное действие бадана проверено на животных. Крысы, 10 дней получавшие чигирский чай, могли пробежать по беговой дорожке на 30% дольше, чем участники контрольной группы, а мыши почти в два раза дольше плавали.

Листья и корневища близки по составу биологически активных веществ, и это здорово, потому что корневища растут медленно, а новые листья появляются каждый год.

Сейчас известно более сотни биологически активных соединений бадана: флавоноидов, полисахаридов, терпенов, фенольных соединений, танинов. О танинах мы уже говорили. В корневищах их еще больше, чем в листьях, их содержание с возрастом увеличивается и достигает до 28%. Недаром бадан используют как вяжущее средство.

Зеленые листья бадана — богатейший источник гликозида арбутина. Его применяют в косметологии, потому что арбутин подавляет действие фермента тирозиназы, участвующего в синтезе пигмента меланина. Медики тоже испытывают арбутин, пока на животных. Он снижает количество, интенсивность и частоту кашля у кошек, действует на крыс как мочегонное, мышам помогает при язве желудка.

Еще одно важное соединение бадана — флавоноид бергенин. Считается, что бергенин заживляет ожоги и язвы, защищает печень и нервные клетки, помогает при аритмии, служит противовоспалительным, противодиабетическим и иммуномодулирующим средством. Много исследований посвящено действию чистого бергенина. В клиниках народной медицины его используют для облегчения кашля, выведения мокроты и при воспалениях.

Бергенин в 1929 году впервые выделил из корней бадана толстолистного знаменитый советский химик Алексей Евгеньевич Чичибабин. Позже его обнаружили в других видах бадана и даже в растениях, относящихся к другим семействам. Сейчас известно 112 таких растений.

Бергенин образуется в растениях из галловой кислоты в ответ на абиотические и биотические стрессы. Это ему бадан во многом обязан своими лекарственными свойствами. К сожалению, клинических исследований бергенина пока нет, хотя этот флавоноид вызывает у исследователей большой интерес.

Тем не менее в официальную медицину *B. crassifolia* попал благодаря эффективности и безопасности, что подтверждено длительным традиционным использованием.

Корневища бадана толстолистного рекомендуют принимать по две столовые ложки трижды в день. В продаже есть корневища и чигирский чай. В Институте общей и экспериментальной биологии СО РАН разработали препарат «Бадатон», полученный экстракцией 60%-ным водным этанолом из черных (перезимовавших) листьев бадана.

Однако мы ждем клинических испытаний, расшифровку механизма действия бадана и результаты исследования новых видов: фармакологические свойства доказаны только для девяти видов бадана из 32.

Н. Ручкина



Как появились первые континенты?

В архее, примерно 3,5 миллиарда лет назад, в земной коре образовались основные крупные массивы новой коры из гранитоидных пород трех типов (тоналитов, трондьемитов и гранодиоритов). Появление этих ТТГ-пород стало поворотным этапом в раннем росте коры, однако об этом известно мало. Некоторые геологи считают, что оно связано с началом движения крупных тектонических плит по поверхности планеты, а сами массивы были первыми зонами субдукции, то есть подныривания одной плиты под другую.

Архейская кора и сегодня остается частью континентов. Например, в Северной Америке она заполняет внутренние районы Канады между

горным поясом Кордильер на западе и горными поясами Гренвилл и Аппалачи на востоке.

Ответ на вопрос о том, как появились архейская кора, предлагает новая работа геологов университетов Южной Калифорнии и Британской Колумбии, выполненная под руководством профессора Маттиуса Смита (Matthijs Smit).

Ученые использовали данные всех известных образцов архейских пород, которые геологи мира анализировали последние 30 лет. Это и позволило отсеять локальные аномалии и выделить основные закономерности. Исследователи дают объяснение, которое основано на магматических процессах океанических плато, сформировавшихся в первые несколько сотен миллионов лет истории Земли.

Концентрации Nb и аномалии Ti в ТТГ-породах позволили сузить область поиска для состава их пер-

вичных расплавов. Геофизики также определили концентрацию неизменных химических элементов (La, Sm, Yb, Sr, Y, Eu), которые содержались в исходных магмах, образовавших гранитоидную кору. Так удалось выяснить, что ее источником были разновидности габбро. Это зернистая магматическая порода основного состава. В результате ученые пришли к выводу — сначала породы медленно погружались в кору, где нагрелись и превратились в магматический расплав, который затем вылился на поверхность Земли.

Профессор Смит говорит, что геологов всегда волновал вопрос о том, что началось первым — плиттекtonика или ТТГ-магматизм. Анализ показывает, что они могли быть и не связаны друг с другом. Весь объем данных исследования доступен в открытом хранилище геохимической информации *Geochemistry of Rocks of the Oceans and Continents*, орга-

низованном Университетом Георга-Августа в Геттингене. Статью можно скачать на сайте журнала *Nature Communications*.

Спектр-РГ изучает переменные квазары

Российская астрофизическая обсерватория Спектр-РГ, запущенная летом 2019 года, оснащена рентгеновскими зеркальными телескопами ART-XC имени М.Н. Павлинского (Россия) и eROSITA (Германия). Основная цель миссии — построить карту неба в мягком и жестком диапазонах рентгеновского спектра.

Недавно по данным двух последних лет работы телескопа eROSITA ученые ИКИ РАН под руководством академика Марата Равильевича Гильфанова проследили, как изменялась рентгеновская яркость нескольких тысяч квазаров, зафиксированных с помощью оптических телескопов. Для исследования отобрали известные квазары из каталога Слоановского цифрового обзора неба (SDSS), для которых точно измерены красные смещения, то есть расстояния до них, и оценены массы их черных дыр.

Астрофизики выявили связь между переменностью рентгеновского сигнала и физическими параметрами сверхмассивных черных дыр, в частности их массами и темпами аккреции, то есть падения на них вещества. Чтобы уменьшить ошибки измерения рентгеновского потока, ученые рассматривали такие квазары, яркость которых была высокой. В результате выборка состояла из 2344 квазаров. Для 157 из них также есть данные рентгеновского телескопа XMM-Newton.

Исследователи подтвердили вывод предыдущих работ о том, что относительная амплитуда переменности активных ядер галактик, то есть отношение рентгеновских потоков квазара, в разные моменты времени растет с увеличением интервала между наблюдениями.

Объяснения явлению пока нет, но некоторые астрофизики связывают его с развитием неустойчивых процессов в аккреционном диске. Также оказалось, что чем легче черная дыра и чем медленнее она растет, тем более переменно ее рентгеновское излучение. Самыми изменчивыми были ядра с массами черных дыр меньше миллиарда солнечных. Это может свидетельствовать о смене режимов аккреции при низких темпах падения вещества на черную дыру.

На основе полученных данных физики надеются изучить корреляцию между рентгеновским и ультрафиолетовым излучением квазаров, которую активно обсуждают астрофизики мира. Она открывает возможность использовать квазары для измерения расстояний на космологических масштабах. Статья опубликована в журнале *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*. Дополнительную информацию можно найти на сайте проекта «Спектр-Рентген-Гамма».

Новые цвета ледяных гигантов

О том, какого цвета планеты семьи Солнца, обычные люди узнают по их цветным фотографиям, но для самых удаленных планет сделать их не так просто. Эти дальние планеты, Уран и Нептун, очень близки по размеру и свойствам. В учебниках первый обычно изображают бледно-голубым, второй — глубоким лазурным цветом. Однако астрономы давно знают, что большинство изображений не совсем точно передают их истинные цвета.

Неточности возникли потому, что снимки прошлого века, например, полученные единственным пролетавшим мимо них аппаратом «Вояджер-2», были сделаны через светофильтры. Потом эти изображения объединили в цветные, которые не всегда правильно сбалансированы. Так для Нептуна они часто получались слишком синими.

Чтобы лучше показать детали его атмосферы, например облака, ранние

снимки аппарата делали более контрастными. В прошлом веке хорошо знали об этих искусственно насыщенных цветах, поэтому изображения публиковали с поясняющими подписями. Со временем об этом забыли.

Новое исследование астрофизиков Оксфордского университета о цветах Нептуна в разное время его года, проведенное под руководством профессора Патрика Ирвина (Patrick Irwin), поставило все точки над *i*. Во-первых, ученые обнаружили, что два ледяных гиганта на самом деле гораздо ближе по цвету, чем можно подумать. Несмотря на уже сложившееся мнение, они имеют схожий оттенок зеленовато-голубого цвета. Главное отличие цветов планет в том, что у Нептуна есть намек на дополнительный синий цвет, который, по расчетам, обусловлен более тонким слоем атмосферной дымки.

В исследовании ученые применили свою модель цвета к прежним данным, а также использовали данные телескопа «Хаббл» и Очень большого телескопа Европейской южной обсерватории. В обоих приборах каждый элемент изображения записывает истинный цвет объекта, поэтому их данные употребляли для балансировки составных изображений «Вояджера-2» и широкоугольной камеры «Хаббла». Это и позволило выяснить истинный цвет Нептуна.

Во-вторых, астрофизики также ответили на давний вопрос о том, почему цвет Урана регулярно немного меняется за 84 года его обращения вокруг Солнца. Авторы сравнили данные Лоуэллской обсерватории за 1950–2016 годы в синем и зеленом диапазонах волн и показали, что Уран слегка зеленее во время солнцестояний (летом и зимой), когда один из полюсов планеты направлен к нашей звезде. Во время равноденствий, когда Солнце находится над экватором, он более голубой.

Ученые нашли, что полярные регионы планеты лучше отражают красный и зеленый цвета, чем экваториальные, скорее всего из-за пониженного содержания метана и наличия тонкой взвеси его льда в атмосфере, которую ранее наблюдали у полюсов летом. В период солнцестояний Уран становится более зеленым

из-за того, что в полярных областях снижается содержание метана, но при этом увеличивается толщина ярких частиц метанового льда.

Ученые надеются, что закрыли вопрос о цветах ледяных гигантов, которые будут объектом для будущих роботизированных миссий. Они наверняка прояснят причины цветов планет, но вряд ли смогут остаться рядом с ними на весь планетный год. Статья опубликована в *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*.

Железные звезды сердца Галактики

Центр Млечного Пути находится в 25 тыс. световых лет от Солнца. Звезды там старые, потому что ядерное звездное скопление всегда рассматривали как очень древнюю часть Галактики. Светила здесь изучать трудно, поскольку они скрыты за огромными облаками пыли и газа, которые блокируют свет. Далекая область полна звезд, и это значительно усложняет задачу выделения каждой из них.

Международная команда астрофизиков, которыми руководил астроном Лундского Университета Брайан Торсбро (Brian Thorsbro), изучила группу светил, расположенных в звездном скоплении сердца Галактики. Исследователи использовали данные телескопа Keck II на Гавайях, одного из крупнейших в мире. Его зеркало имеет диаметр 10 метров.

Ранее ученые выдвинули гипотезу о том, что звезды центра Галактики могут быть необычайно молодыми. И оказались правы. Датировка трех из них показала, что их возраст составляет от 0,1 до 1 миллиарда лет. Для сравнения — возраст Солнца 4,6 миллиарда лет. Открытие столь молодых звезд указывает на то, что в самом древнем компоненте Млечного Пути идет активное звездообразование.

Астрономы также измерили содержание железа в звездах. Для этого наблюдали спектры в инфракрасном свете, поскольку он проникает сквозь пыль. По теории формирования звезд и галактик,

в молодых светилах содержится больше тяжелых элементов, так как их концентрация во Вселенной с течением времени возрастает. К удивлению астрофизиков, оказалось, что концентрации железа значительно различаются. Их широкий разброс может указывать на то, что внутренние части Галактики невероятно неоднородны и не смешиваются.

Исследование не только позволяет понять, как выглядит центр Галактики, но и какой могла быть ранняя Вселенная. Если, конечно, следовать представлениям стандартной космологии Большого взрыва, которую многие астрофизики теперь подвергают сомнениям. Статья доступна в журнале *The Astrophysical Journal Letters*.

Разрешение спора о постоянной Хаббла

Общепринято, что Вселенная расширяется. Ее расширение заставляет галактики удаляться друг от друга. При этом скорость их удаления друг от друга пропорциональна расстоянию между ними. Это значит, что если одна галактика находится в два раза дальше от нас, чем другая, то и ее расстояние до Земли увеличивается в два раза быстрее. Американский астроном Эдвин Хаббл был одним из первых, кто осознал эту пропорциональность. Поэтому его именем названа константа, связывающая скорость удаления галактик друг от друга и расстояние между ними.

Постоянная Хаббла — Леметра представляет собой фундаментальный параметр современной космологии. Но при определении ее разными способами все чаще получаются разные результаты. Если делать это по красному смещению спектров галактик, находящихся далее трех миллиардов световых лет, то она составит 244 000 км/ч на мегапарсек. Если посмотреть на небесные светила, которые на-

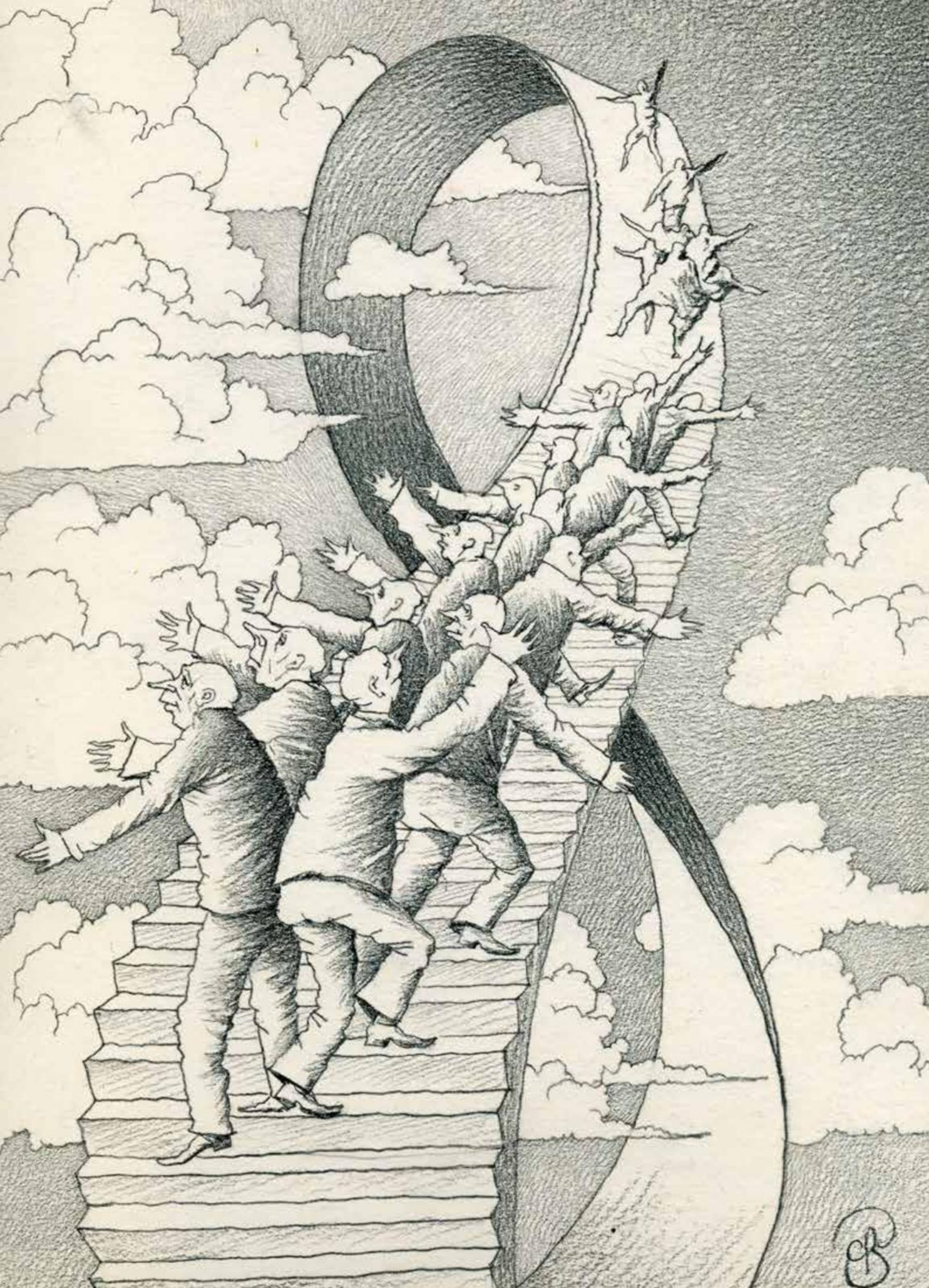
ходятся гораздо ближе к нам, взрывающиеся сверхновые типа 1a, и определить скорости их удаления по изменению их цветов, то получим значение постоянной 264 000 км/ч на мегапарсек расстояния. Значит, Вселенная вблизи нас расширяется быстрее, чем в среднем. Пример не единственный. Стандартная космологическая модель противоречит и другим наблюдениям.

Группа астрофизиков Сент-Эндрюсского и Боннского университетов, которыми руководит профессор Павел Крупа (Pavel Krupa), предлагает новое решение для расхождения в измерениях постоянной Хаббла. Оно базируется на недавнем наблюдении, что Солнце находится в области космоса, где материи относительно мало. Вокруг этого так называемого пузыря плотность материи выше, поэтому окружающая гравитация тянет галактики внутри пузыря к его границам и они разлетаются быстрее обычного.

Стандартная космология основана на теории гравитации А. Эйнштейна. Но в ней не должно быть областей во Вселенной с пониженной плотностью материи — она равномерно распределена в пространстве. Однако гравитационные силы могут вести себя не так, как предполагал Эйнштейн. Астрофизики занимаются компьютерным моделированием на базе альтернативной теории гравитации, которую предложил четыре десятилетия назад Мордехай Мильгром и которая называется Модифицированной ньютоновской динамикой (МОНД). Эта теория предсказывает существование таких пузырей.

Профессор Крупа считает, что его подход позволяет разрешить несколько проблем космологии одновременно, если отказаться от Стандартной космологической модели. Результаты исследования опубликованы в журнале *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*.

Выпуск подготовил
И. Иванов



Андрей Зимний

Иллюстрация Сергея Дергачева

Рейс «Вокзал– Туман– Вокзал»

Вечность Вечного города Рима — это люди. Они приезжают, прилетают, приходят. К Риму, друг к другу. Влюбленные могут гулять по виа дель Корсо, болтать про Колизей. И после непременно идут бросать монетки в фонтан Треви, чтобы когда-нибудь вернуться. Нет, вовсе не к фонтану вернуться и не к Колизею, а туда, где им хорошо вместе. Ведь секрет не в архитектуре или солнечной погоде, в людях, которые рядом.

У перрона стоял поезд до станции «Смерть». Такой же, как другие, уходящие с Вокзала, только его пассажиры никогда не возвращались. Раньше Дрейк не стремился в него сесть, а вот после станции «Отчаяние» — захотелось. Как и остальным, кто был вместе с ним и смог вернуться. Все они, кроме Деда, стояли сейчас перед этим поездом в ожидании посадки. Они больше не верили, что есть смысл снова и снова мотаться по станциям, пытаться что-то исправить, теряя друзей и просто знакомых.

Когда пассажиры из «Отчаяния» устремились на рейс в «Смерть», Дед только покачал головой и сел на лавочку под вокзальными часами.

Ждать пришлось недолго, двери зеленых вагонов распахнули свои беззубые жадные рты. Дрейк заметил, как кое-кто из ожидавших посадки вдруг отпрянул и попятился. Таких было мало. Но, глядя на них, он сам тоже замешкался. Остальные заполнили утробы вагонов так быстро, что Дрейк не заметил, как оказался на перроне совсем один. Те, кто в последний момент раздумал уезжать, уже разошлись. Те, кто хотел уехать, смотрели на него в щелки между черными занавесками на окнах. Дрейк все-таки решил шагнуть в дверь вагона, как вдруг ощутил болезненный тычок в бок.

— Куда это ты?

Рядом, теребя на шее фиолетовый шелковый шарфик, стояла девчонка с длинными волосами пшеничного цвета. Дрейк потер ребро и нахмурился: чего этой малахольной надо?

— Чего тебе надо?

Девчонка сделала наивное лицо:

— Чтобы ты не ездил.

— Тебе-то какое дело? — Теперь Дрейку захотелось уехать просто ей назло.

— Ну, ты мне нравишься. А я туда точно не поеду. Понимаешь, к чему я?

— Нет. Ты кто такая вообще? — Дрейк начал злиться, потому что каждая секунда, пока он оставался на перроне, каждое слово, сказанное незнакомке, — все это по капле отнимало у него решимость отправиться в «Смерть».

— Я кто? Я — Сильвия. Дед сказал, что группа из «Отчаяния» вернулась и теперь едет в «Смерть». Отговаривать бесполезно. Всех, кроме тебя. А раз уж так совпало, что ты мне нравишься... — Сильвия замолчала и смущенно улыбнулась.

— А с чего ты взяла, что сможешь меня отговорить? Вдруг ты мне совсем не нравишься?

— Не нра-а-авлюсь? — насмешливо протянула Сильвия. — Пра-а-авда?

Дрейк оторвал взгляд от дверей вагона уставился на Сильвию.

— Нет, неправда, — ответил он, однако не улыбнулся.

Двери захлопнулись, колеса заскрежетали, локомотив нутно закашлял гигантскими белыми клубами.

— Ай, вот ты и не успел!

Перед Дрейком замельтешили зеленые бока вагонов, и он понял, что совсем не сожалеет. Это все «Отчаяние». После каждой станции остается эмоция, справиться с которой почти невозможно, даже зная, что она тебе чужда.

— Спасибо.

— Куда дальше?

Дрейк оглянулся на табло, нашел свое имя в списке.

— В «Ярость». А ты?

Сильвия пожала плечами, посмотрела, сощурившись, на время отправления.

— До поезда в «Ярость» еще полчаса. Пойдем в зал ожидания? Там в одном месте на куполе стекло треснуло, и через него сочится туман. Странно так — будто все это... — Сильвия обвела руками вокруг, — ...и вправду может однажды закончиться.

Ярость

В тумане, облепившем окна вагона ватными клоками, совсем не ощущалось движение. Если бы не монотонный перестук колес, Дрейк подумал бы, что поезд выехал из-под купола Вокзала и завяз в густой молочно-белой каше. Ему вспомнилась похожая на холодный дым струйка тумана, вползающая через трещину, которую показала Сильвия...

Какая все же странная девчонка. Трещала как заведенная, отговаривая ехать в «Смерть», а в зале ожидания

просто молча взяла за руку. Так они и просидели все полчаса, не вымолвив больше ни слова.

Поезд сбавил ход и выплыл из тумана на крытую платформу с простой деревянной табличкой «Ярость». Что будет там, за высокими парадными дверьми? Сидевший напротив Сет — немногословный, вечно хмурый — поднялся со скамьи и хлопнул Дрейка по плечу:

— Идем, хватит глазеть.

— Без тебя знаю, — огрызнулся Дрейк и двинулся по проходу между опустевших сидений.

Пассажиры столпились возле дверей. Ключник-безлица снял печать, впуская людей в большой круглый зал с черными стенами. Всю площадь зала заливало пламя, оставались только узкие дорожки по краям. Огненные языки взвивались, норовя вырваться из очерченного круга.

Как же много здесь скопилось ярости! Казалось, тем, кто там собрался, ее не вычерпать, даже если наполнить ею каждого доверху.

— Кушать подано, ешьте! — распорядился Сет.

Как и остальные, Дрейк прекрасно знал, что нужно делать.

— Чего раскомандовался? — немедленно огрызнулся он.

— Все всё знают, да толку мало... — язвительно бросил Сет и первым зачерпнул пригоршню огня.

Дрейк опустился на колени перед ярящимся пламенем, погрузил ладони в его рыжую густоту и поднял на руках столько, сколько смог вырвать. Глотал быстро, горсть за горстью. Внутри все заклокотало. С каждым огненным куском у Дрейка все сильнее дрожали руки, до ломоты в зубах сжимались челюсти. А еще он кожей чувствовал захватывающее людей напряжение, их едва сдерживаемое желание наброситься не на огонь, а на соседа.

Главное, суметь остановиться. Поглотить, сколько сможешь удержать, не больше. Не справишься — ошибку расхлебывать другим.

Словно в отместку за эти мысли рядом взвыла молодая женщина в клетчатом платье. Не рассчитала, и огонь прорвался сквозь нее, охватив ее всю, словно пропитанную керосином тряпку. Она сгорела стремительно, сожравшее ее пламя триумфально взметнулось и растворилось в яростной пляске жадных рыжих языков.

До этого группе уже удалось основательно расчистить зал, но теперь ярость снова разлилась широко.

— Проклятье! — ругнулся Сет. — А я ведь говорил!

Дрейк вспыхнул к нему злостью. Другие лишь переглянулись и принялись снова укрощать пламя.

В какой-то момент Дрейк понял, что больше не может. Хотя огня осталось совсем мало, он, Дрейк, не должен был стать одним из тех, кто вспыхнет и добавит хлопот другим.

Сет хватал и хватал куски огня, с остервенением заталкивая их в себя. Он был крупнее Дрейка и глотал быстрее.

— Хватит, — Дрейк одернул его, когда тот потянулся за новой порцией.

— Отвали. Я могу.

— Идиот! Ярость сейчас из глаз польется! — Дрейк оттолкнул Сета от последнего рыжего языка.

— Я не такой слабак, как ты!

Они сцепились, готовые разорвать друг друга, но их растащили. Пока они кидались друг на друга, остальные справились с огненным кругом ярости.

Сильвия стояла возле лавочки Деда и, задрав голову, смотрела то на табло расписания, то на ажурные стрелки часов. Она нетерпеливо притопывала, ожидая, когда объявят время прибытия поезда из «Ярости».

— У тебя волосы раньше были светлее, — заметил Дед. — Седеешь наоборот. Меня нет в списке уезжающих?

— Нет, — ответила Сильвия.

Дед плохо видел, и она всегда читала для него расписание. Когда его куда-то отправляли, в груди у нее холодело от тревоги. Казалось, Дед даже со скамейки не встанет. А он вставал, уходил, да еще и возвращался каждый раз с таким видом, будто ничего не произошло.

Мимо табло пронеслась стайка лазурных колибри, взвилась под стеклянный купол. Там, на стропилах, опутанных цветущими лианами, птички устраивали себе гнезда.

— Я недавно видела мертвую колибри. А еще заметила трещину в куполе. Раньше с Вокзалом такого не случалось.

— Присядь, — старик похлопал по скамейке рядом с собой.

— Что будет с Вокзалом? — спросила Сильвия.

Крошечная птичка зависла перед лицом Деда, будто и ее волновал этот вопрос.

— Я не знаю, что будет. Вокзал уже не тот, это верно. Зря мы, что ли, мотаемся по станциям...

— Мертвые птички не похожи на предвестников хороших перемен.

— А кто сказал, что перемены будут хорошими? Может, в конце концов Вокзал просто станет не нужен...

Колибри, потеряв интерес к старику, затанцевала перед Сильвией, а затем рванулась вверх. Повинуясь необъяснимому предчувствию, Сильвия взвилась со скамейки и посмотрела на табло. Поезд из «Ярости» прибывал через четыре минуты. Она побежала к нужной платформе. Оказавшись на мостике над путями, увидела вырвавшийся из тумана локомотив. Тот загудел так громко, что Сильвия зажала уши. Когда поезд остановился, она опрометью спустилась на перрон и стала высматривать Дрейка.

Тот первым выпрыгнул из вагона, следом за ним на платформу шагнул Сет. Они смотрели друг на друга с ненавистью. Сет процедил сквозь зубы:

— Неудачник! Чуть все не испортил.

— Да заткнись ты уже! — парировал Дрейк. — Много на себя берешь!

— Сам заткнись, сосунок! — вспыхнул Сет и резко шагнул навстречу.

Дрейк не стал ждать, ударил первым. В ответ Сет в ярости двинул кулаком по лицу Дрейка, расквасив ему губы, после чего, держась за окровавленный нос и пошатываясь от боли, побрел прочь. Дрейк хотел было кинуться за ним, но толпа пассажиров разделила их, и он плюхнулся прямо на каменную плиту платформы.

Только теперь Сильвия осмелилась подойти. Опустившись рядом на корточки, она сняла шарф и потянулась, чтобы вытереть Дрейку кровь.

— Тр-ронешь — убью!

— Тебя шарф трогает, не я, — Сильвия осторожно промкнула кровь.

Дрейк дернулся, оттолкнул ее так, что Сильвия упала, больно ударившись локтем.

— Несправедливо, — обиженно прошептала она и снова потянулась к Дрейку.

Тот крепко сжал кулаки, стиснул зубы, но все же позволил ей вытереть с лица кровь.

— Ну вот, губы ужас как распухли. Но ты мне все равно нравишься.

В глазах Дрейка мелькнуло удивление. Ярость, искажавшая его лицо, улетучилась. Дрейк уставился на окровавленный фиолетовый шарф.

— Я не хотел...

— Я знаю.

Сильвия поднялась, концы ее шарфа пугливо затрепетали на сквозняке.

— Нет, ты не понимаешь! — Дрейк смотрел на нее с ужасом запоздалого раскаяния. — Ты... а я... Почему ты остановила меня тогда, у поезда в «Смерть»?

— Дрейк, я уезжаю.

— Куда?

По Вокзалу прошла легкая дрожь. По платформе зазмеилась трещина.

— В «Усталость». Ты ведь встретишь меня потом, правда?

— А тебе хотелось бы? Тогда встречу.

Сильвия кивнула — если знаешь, что тебя встречают, обязательно вернешься.

— Если честно, мне как-то страшновато. Да еще ты тут в крови, как дурачок...

Смеясь, Дрейк нежно погладил ее волосы:

— Приедь мы с Сетом из «Усталости», не то что кулаками махать, даже руку поднять поленились бы. «Усталость» — это еще пустяк, не бойся.

— Утешил. Вывалюсь из поезда — разлягусь прямо на платформе, буду смотреть на порхающих колибри.

Дрейк бросил взгляд на табло. Рейс в «Усталость» светился в верхней строке. Жаль, что нельзя отправиться с Сильвией: двери вагонов впускают лишь того, чье имя в списке отбывающих.

— Я не оставляю тебя лежать на платформе, обещаю.

Усталость

Как странно это, смотреть через окно на человека, идущего по платформе рядом с вагоном. И хочется ему что-то сказать, и он вроде бы тоже хочет крикнуть что-то, но состав набирает ход, заставляя его шагать все быстрее. Человек проиграет, точно проиграет — платформа вот-вот кончится. А если бы даже и длилась, человеку все равно не догнать поезд. Однако он до последнего борется, ловя счастливые мгновения бессловесного разговора.

Когда туман скрыл платформу, Сильвия отодвинулась от окна. «Вот дурак», — она улыбнулась, с нежностью думая о запыхавшемся Дрейке. Над ухом кто-то спросил:

— Что за дурак?

Сильвия вздрогнула. Рядом на скамейку плюхнулся Малефо. Его она терпеть не могла. Гляньте-ка на этого аристократа во фраке — развалился с таким видом, будто ему решительно все не нравится, особенно — Сильвия. Надо было бы промолчать, но...

— Сам ты дурак, — буркнула она. — Чего тебе? Весь вагон пустой.

— Ты заняла мое место.

Отлично. Ему, как всегда, хочется над кем-нибудь поизмываться, и в этот раз не повезло именно ей, Сильвии.

— Мне пересесть? — холодно спросила она.

— Да нет уж, сидите теперь, дражайшая госпожа, как я могу вас беспокоить.

— Если так уж не нравится, не ездил бы.

Сильвия съежилась, стараясь стать незаметнее. Но Малефо не собирался отставать от нее и театрально заявил:

— Не горю желанием, чтобы за мной явился туман. Мне довелось видеть, как он вползает по путям внутрь Вокзала и как все вдыхают его. Больше остальных достается филону. Вот и попробуй представить своим крошечным умишком, как бы я сейчас дышал усталостью вместе со всем Вокзалом. И с твоим новым дружком, между прочим. Он вообще...

— Замолчи! — рассердилась Сильвия. Она не переносила подобной язвительности. Тем более сейчас...

Поезд остановился. Проступившая в тумане станция выглядела жалко — покосившийся амбар, запертый огромным ржавым замком. У входа на корточках сидел ключник-без-лица и прямо на земле раскладывал карты Таро. Когда группа прибывших подошла к нему, порыв ветра перевернул карты рубашками вверх. Сильвия успела заметить в раскладе Повешенного.

Ключник-без-лица открыл амбарный замок, впустил группу внутрь. Люди столпились в сумраке тесного зала, соприкасаясь плечами. Внезапно стены вспыхнули ослепительными гирляндами. Привыкнув к яркому свету, Сильвия поняла, что это не гирлянды, а веревки, которые, пульсируя, стали расползаться. Ядовито-желтая обвила ногу Малефо, поднялась по ней и размочаленным концом заглянула ему в лицо.

— Что ж, кто-то должен начать, — сказал он.

Каждая веревка выбрала собеседника.

— Зачем начинать? — грянули хором веревки.

Ответы собравшихся породили многоголосый гомон и какофонию звуков и слов. Ибо, если отмалчиваться и не отстаивать себя в изнурительных спорах, веревочная тварь не отпустит никогда.

Менее чем через час стоявший рядом с Сильвией подросток не выдержал и отчаянно завопил:

— Хватит! Хочу вернуться! Хочу вернуться!

— Не повторяй! — шикнула на него Сильвия.

Однако тот не послушался, продолжая истошно истерить. Его ярко-зеленая веревка юркнула ему в рот.

Мальчишка захрипел, залился слезами. Веревка выползла обратно, победно таща за собой другую, серебристую. А мальчишка обмяк и затих с открытым ртом — его только что лишили голоса.

— Что-о, сдае-е-ешься? — протянула веревка, издевательски спорившая с Сильвией.

— Нет! Мне нужно вернуться. Меня ждут!

— Вздор! Кто тебя ждет? Кому ты нужна? Да тот парнишка даже не заметит твоего возвращения.

От негодования Сильвия не нашла что ответить. Веревка, торжествуя задрожав, хищно нацелилась на ее горло. Спасло только верещание веревки, спорившей с Малефо:

— Все! Ты мне надоел! Исчезни! Проваливайте все отсюда!

Нависшая над Сильвией тварь не успела украсть голос, только мстительно сорвала с шеи шелковый шарфик и уползла вслед за остальными.

Усталость навалилась базальтовой плитой. Захотелось, как сделали многие, упасть на пол и спать вечно, избавившись наконец от мерзких веревочных воплей в ушах. Невероятным усилием Сильвия сделала шаг, затем другой — к выходу.

Поезд с распахнутыми дверями ждал пассажиров. Сильвия зашла в вагон, села на скамейку. Рядом опять пристроился Малефо и с ходу прохрипел:

— Прикинь, он улыбался!

Сильвия хотела возразить, что ключник не мог улыбаться, потому что у него, туман его забори, вовсе нет лица. Но здесь, вне станции, можно было не вступать в дурацкие споры. Она только спросила устало:

— Как ты переспорил веревку?

Малефо промолчал. Ответил, только когда поезд уже подходил к Вокзалу:

— Она не смогла опровергнуть тот факт, что я несчастен.

Дрейк бесцельно слонялся по Вокзалу. До возвращения поезда из «Усталости» оставался целый час. Дотронувшись языком до подсохшей корочки на распухшей губе, Дрейк подумал, что и Сету изрядно досталось. Может, даже нос сломан. А ведь Сет, в сущности, неплохой парень. Считает, правда, себя лучше всех...

Дрейк нашел Сета в зале ожидания на самой дальней лавочке. Над его верхней губой виднелись два бурых потека спекшейся крови. Небрежно размазанные следы крови были также на левой щеке. Дрейк вспомнил испачканный кровью шелковый шарфик Сильвии и подумал, что у Сета не было никого, кто бы вытер ему лицо.

— Слушай, извини? — Дрейк кивнул на расквашенный нос.

Сет зыркнул на него исподлобья:

— Заживет.

— Ну и ты меня нехило приложил! — примирительно усмехнулся Дрейк.

— В другой раз не мешай.

Свесившись через перила зала ожидания, Дрейк взглянул на расписание рейсов и отыскал в нем «Усталость». Там уже высветились время прибытия и номер

пути — значит, справились, возвращаются.

Спускаясь по лестнице, он чуть не упал на последних ступеньках — Вокзал основательно трянуло. Дрейк цепился за перила и задрал голову — под стеклянным куполом болталась оторвавшаяся от стропил лиана. Свисавший конец напоминая удавку.

Скорее бы вернулась Сильвия.

Дрейк пристально всматривался туда, где из тумана должен был показаться поезд, однако вползавший под своды Вокзала состав заметил не сразу. Локомотив добрался до остановки, натужно вздохнул и замер. Из вагонов стали медленно выходить изнуренные пассажиры. Некоторые ложились прямо на перроне, другие, едва держась на ногах, потянулись в зал ожидания. Наконец Дрейк заметил Сильвию. И едва ее узнал. Ее волосы потемнели, она остановилась в двух шагах от вагона, отрешенно глядя перед собой. Привычного шарфика на ней не было. Дрейк подбежал, обнял ее:

— А я пришел тебя встретить.

— Если попрошу помолчать, обидишься? — прильнув, тихо спросила она.

Дрейк сочувственно помотал головой. Сильвия тяжело оперлась на его руку. Вместе они медленно двинулись к лестнице, ведущей в зал ожидания. Пока Дрейк вел Сильвию вдоль торгового ряда, Вокзал затрясся так, что заскрежетали стропила под куполом. Испуганные колибри беспокойно замельтешили в воздухе. А потом упали все разом. Прежняя трещина на стеклянном куполе, через которую внутрь пробирался туман, теперь разрослась густой сетью.

Дрейк прижал Сильвию к себе, чтобы избавить от жуткого зрелища, и подвел к свободной лавочке. Опустившись на нее, Сильвия положила голову ему на плечо. Тяжелая, вязкая усталость постепенно уходила, мало-помалу возвращались мысли и чувства.

Вокзал снова вздрогнул. Зазвенели стекла, едва удерживаясь на своих местах. Сильвия крепче прижалась к Дрейку:

— Я боялась, что тебе будет со мной... не очень здорово, когда вернусь из «Усталости».

— Ага, значит, теперь нам можно говорить! — улыбнулся Дрейк.

— Можно, — кивнула Сильвия.

— Мне будет здорово с тобой, откуда бы ты ни приехала.

— Это так хорошо, что я даже почти отдохнула.

Они сидели обнявшись и мысленно молили ажурные стрелки часов, чтобы те не спешили рисовать свои круги. Чтобы новый рейс не появлялся на табло как можно дольше.

Вокзал стал снова мелко подрагивать, трещины расползлись по всему куполу. Со стропил мертвым дождем полетели засохшие листья лиан. А потом вдруг трянуло так, что разом посыпались все стекла. Сильный толчок испугал Сильвию, она вздрогнула. Дрейк заслонил ее собой и почувствовал, как мельчайшие стеклянные осколки впились в его спину. Весь пол вокруг усыпался мерцающими остатками стеклянного купола. Ничто больше не защищало Вокзал от наседающего тумана...

— Скоро уезжать, — невпопад сказал Дрейк.

Сильвия хотела было погладить его по спине, но тут же отдернула руку.

— Ты весь в порезах! — Под шипение Дрейка она принялась вынимать из него осколки. Через искромсанную рубашку спину обдало холодом. Подумалось, что это туман прошелся по спине, заявляя права и на сам Вокзал, и на всех, кто там находился.

— Давай уйдем.

Они спустились по лестнице, шагая еще медленнее, чем полчаса назад.

Немногочисленные пассажиры уже переминались с ноги на ногу возле своих поездов — в «Сомнение» и «Забвение», — тревожно поглядывая на клубящийся по верх голов туман.

— Когда вернемся, — сказала Сильвия, — наверное, вообще ничего не видно будет. Давай договоримся где-нибудь встретиться?

— Я найду тебя, не бойся.

— Ладно. Не боюсь.

Забвение

Изнутри станция «Забвение» показалась Сильвии великанским шкафом со специальными лестницами, чтобы лилипуты-вокзальцы могли перемещаться между его полками-этажами. На входе выдали по маленькой, с ладошку, фланелевой салфетке, и пассажиры разбредлись кто куда.

Сильвия, сама не понимая почему, последовала за Малефо. Возможно, потому, что по темному деревянному полу каблучки его лакированных туфель отстукивали уверенную дробь и эта уверенность передалась ей. Вскоре Сильвия и Малефо наткнулись на нечто забытое — покрытую пылью статую коленопреклоненной старушки, рядом с которой стояло изваяние крылатой девушки.

— Вероятно, для тебя это будет неожиданной и неприятной новостью, дорогуша, — назидательно сообщил Малефо, — но скульптуры нужно оттирать. И смотри, чтобы при этом на тебя попадало как можно меньше пыли.

Сильвия подошла к старухе, протерла глубокие морщины, залегшие у ее рта — под пылью статуя оказалась хрустальной.

— Какой ты сегодня заботливый.

— Ты потащила за мной как беспомощная козочка. Стараюсь не обмануть твоих ожиданий.

Малефо принялся оттирать салфеткой крылья второй скульптуры. Он делал это так энергично, что поднял тучу пыли и закашлялся. Вскоре хрустальная девушка засияла в упавшем с незримых высот луче света. Малефо подошел к Сильвии, стер с ее пальцев налипшую пыль.

— Извини меня, — сказал он добродушно, и это было непривычно, — хоть я и не помню за что. — Он улыбнулся, его зубы блеснули так же, как крылья только что отдраенной статуи: теперь и они были из чистейшего хрусталя.

— Займемся следующей, — сказала Сильвия.

— Зачем? Я эту, — Малефо кивнул на изваяние с крыльями, — оттер, и мне полегало.

Он развернулся и зашагал прочь, выбивая каблучками беззаботную дробь.

Сильвия с удвоенным усердием принялась смахивать пыль с коленопреклоненной старухи. Интересно, зачем это делать? Вроде бы так надо. Кто-то сейчас здесь делал так же. А кто был здесь вместе с ней? В памяти мелькнули чьи-то щегольские туфли и смутный образ чудаковатого парня с хрустальными зубами. Его-то она и отправилась искать, когда старуха тоже засияла в луче яркого света.

Парень обнаружился совсем скоро. Он весь был покрыт пылью и не двигался — стал одним из экспонатов станции «Забвение».

— Так ты стал теперь счастлив? — спросила Сильвия.

Смерть Малефо, горечь от его капитуляции вернули ей и его имя, и его давешнее признание в поезде. Неужели у него не нашлось лучшего решения, чем забыть и забыться?

Сильвия встала на цыпочки и машинально принялась оттирать завитки упавших на лоб кудрей. Вдохнула пыль. Как там его звали? Тряхнула головой. А так ли уж важно помнить? Смирился, стал изваянием. Ни счастлив, ни несчастлив. Просто хрустальный.

Сильвия чистила фалды его фрака и думала, что она-то, Сильвия, статуей быть никак не может. И забывать Деда, сидящего под часами, не собирается. Кто будет читать ему расписание, если она останется здесь? А забыть Дрейка она тем более не хочет... Ни на секунду! Боже, как же было страшно вытаскивать осколки из его спины! Она виновата в том, что Дрейк принял их на себя, и она не имела права забывать... что кто-то... ради нее... Что?

Сильвия все медленнее и равнодушнее возила серой от пыли тряпичкой по туфлям безымянной статуи. Кто-то — кто? Что? Где? Когда?

Станные мысли. Утомительные.

А как умерли колибри — зачем помнить?

Пыльная фланелевая салфетка сделала бессмысленный взмах над отполированной хрустальной туфлей. Можно уходить. А куда? А зачем? И кому?

Шагая вниз по незнакомой лестнице, Сильвия поднесла к глазам прядь аспидно-черных волос, которых не помнила. Державшие их пальцы сверкнули хрусталем. Кто она?

Станция «Сомнение» оказалась унылой свалкой хлама. Дрейк долго рылся в бесчисленных старых вещах, перебирал сломанные очки, старые кошельки, беззубые расчески, щербатые чашки, чайники с отбитыми ручками... Порадовался за Деда, который легко и быстро выудил из кучи всякой всячины фотокарточку юной девушки. С досадой проводил Сета, который не справился и рассыпался на сотню бесполезных вещей. Дрейк думал, что и сам сдастся. Казалось, нет ничего проще: сунуть руку в грудку предметов и достать первый попавшийся. Любой. Но каждый раз пальцы немели и выпускали находку. Может, и Сильвия вот так же не захочет, чтобы он искал ее в тумане, когда вернется отсюда? Да и Вокзал вот-вот рухнет...

Дрейк пнул в сердцах никчемный хлам и замер: за ботинок зацепился фиолетовый шелковый шарф.

Дрейк едва дождался, когда поезд из «Сомнения» подкатит к платформе. Выскочил из вагона, не дожидаясь полной остановки. Шарф Сильвии он намотал на правый кулак. Вернулась ли она? Дрейк бросил взволнованный взгляд туда, где должен был пыхтеть паровоз из «Забвения», но разглядеть соседние пути оказалось решительно невозможно — Вокзал сверху донизу укрывала серовато-белая дымка.

Дрейк рванулся к табло и едва не провалился в широкую трещину, разломившую перрон надвое. Дед и другие уцелевшие уже нашли обходной путь и, переговариваясь, брели по платформе, которая была так исковеркана, будто прямо под ее каменными плитами прополз гигантский червь.

Табло расписания валялось на полу. Разбитое. Последняя строка сохранила надпись — «Забвение». В ячейках времени и номера пути — прочерки. Поезд Сильвии не прибыл. И по-видимому, уже не прибует.

Удрученный увиденным, Дрейк шел следом за попутчиками и вполуха слушал их тревожные разговоры. Стало ясно, что все решили ехать в «Смерть».

Дед долго молчал. Он то и дело глядел по сторонам, будто искал хоть что-то, ради чего можно было бы остаться. Но вокруг виднелись только руины, торчавшие кривыми зубьями из белых десен тумана. Лишь мерное тиканье огромных часов казалось на Вокзале последним признаком жизни. Лепестки стрелок шелетели внутри корпуса, отсчитывая последние секунды. А потом прямо на глазах у последних пассажиров с грохотом рухнули наземь и они. Прежде чем рассыпаться в пыль, их защитное стекло на мгновение стало таким же морщинистым, как лицо Деда. «Едем в "Смерть"», — обреченно изрек старик, его голос прозвучал глухо, будто из-под земли.

Дрейк дошел до платформы, на которую, как он полагал, должен прибыть поезд из «Забвения». Там он остановился. Дед обернулся:

— Дрейк... — он с усилием преодолел душившую его тоску, — идем с нами.

— Я останусь ждать Сильвию.

— Она не вернется, Дрейк. Табло разбито... и часы... Все! Ты ведь понимаешь.

— Нет, — Дрейк упрямо мотнул головой, сжал в кулаке фиолетовый шелк.

— Сильвия уже давно приехала бы, если бы...

— Да проваливайте уже! — сорвался в крик Дрейк и ощутил, как по щекам быстро-быстро покатались слезы.

Группа, наблюдавшая за ними, молча развернулась и продолжила свой путь в туман. Последним ушел Дед. Через какое-то время Дрейк слышал, как прогудел увозивший их поезд. В следующий миг с треском сложились, точно картонный домик, стены Вокзала. Величественные колонны обрушились в страшное никуда. Казалось, что последний островок оставался под ногами только потому, что Дрейк удерживал его силой своей воли. И лишь поэтому последние ниточки рельс цеплялись за эту платформу.

Она должна вернуться, должна!

Дрейк подошвами ощутил вибрацию. Вдоль платформы прокатились дрожь и стук прибывающего поезда. Прожектор локомотива из «Забвения» прорезал пелену тумана, ослепил, оглушил, вырвал из груди всхлип радости, а из глаз — слезы надежды. Дрейк знал, кто появится из единственной открывшейся двери вагона.

Сильвия старательно переступала трещины платформы, вытянув перед собой хрустальные пальцы. Он радостно бросился к ней, прижался щекой к ее черным локонам.

— Ты вернулась, вернулась...

— Надо было ведь, да? — она бережно баюкала хрустальные пальцы.

— Сильвия! — выдохнул Дрейк.

— Это кто? — она удивленно заозиралась вокруг.

— Ты, ты! Знаешь, какое это чудесное слово — «ты»!

— Звучит неплохо, — она улыбнулась. — А ты мне нравишься.

— Совсем ничего не помнишь? — посочувствовал Дрейк.

Его слова заглушил скрежет отваливающихся от платформы рельс. Поезд рухнул в бездну вместе с ними. Последние плиты, державшие Дрейка с Сильвией, опасно качнулись. В испуге Сильвия схватилась за его рубашку.

— Пальцев не помню. Всю дорогу пыталась представить их живыми, и не получилось.

— А я помню. — Дрейк бережно взял левой рукой ее ладошку, страстно поцеловал каждый палец. Под его губами пальцы отозвались живым теплом! Холодный мертвый хрусталь ожил. — Вот какие они, твои пальцы, — с нежностью сказал Дрейк.

В глазах Сильвии вспыхнул луч узнавания.

— Знал бы ты, как мне нравится твое имя, Дрейк.

— Я нашел твой шарфик, — засуетился Дрейк и поднял правую руку с намотанным на кулак фиолетовым шелком. Отдать не успел: последняя плита под их ногами стремительно рассыпалась. Успел лишь перед падением в бездну крепко обнять Сильвию.

Из поезда вылилась толпа с разноцветными чемоданами на колесиках. Накануне Рождества вокзал сутками гудел от голосов пассажиров. Стайка детей, обогнав груженную сумками мать, спорила, чья очередь играть на планшете. Юркий мальчишка вырвал трофей из рук завопившей сестры и побежал к выходу с платформы. Упиваясь победой, он не заметил идущего навстречу парня и едва не сшиб его с ног.

Парень хмуро проводил мальчишку взглядом и нервно посмотрел на часы. Поезд должен был отправиться с минуты на минуту.

С другого конца платформы к нему подбежала запыхавшаяся девушка с длинными светлыми волосами. Парень покачал головой и улыбнулся. Достал из сумки вязанный фиолетовый шарф и заботливо укутал ее шею.

Девушка заговорщически прищурилась, вынула из кармана два билета и помахала ими перед носом парня. Оба билета были на один рейс до Рима, в один и тот же вагон и даже на соседние места.

На самом деле им было все равно куда ехать. Главное, вместе.



XXII МЕНДЕЛЕЕВСКИЙ СЪЕЗД по общей и прикладной химии

7-12 ОКТЯБРЯ

2024 ГОДА

НА

**ФЕДЕРАЛЬНОЙ
ТЕРРИТОРИИ**

«СИРИУС»



XXII Менделеевский съезд по общей и прикладной химии станет одним из основных мероприятий, посвящённых 190-летию Д.И. Менделеева и 300-летию основания Российской Академии наук. Проводится под эгидой ИЮПАК (IUPAC).

Особенностью

XXII Менделеевского съезда станет обсуждение роли химии в достижении технологического суверенитета Российской Федерации и вклада химической науки и материаловедения в решение задач приоритетных направлений технологического суверенитета и структурной адаптации РФ.

В работе

XXII Менделеевского съезда планируется участие 4000 человек, в том числе 500 иностранных учёных. Тезисы принимаются до 01 апреля 2024 года.

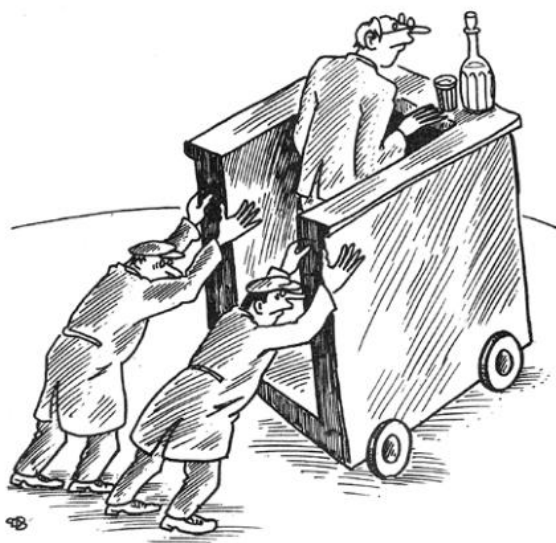
<https://mendeleevcongress.ru/>

**Ждём вас на федеральной
территории «Сириус»!**

ОРГКОМИТЕТ

XXII Менделеевского съезда





художник В. Дубов

Короткие заметки

Основы трайбализма

Трайбализм, назначение на должности людей своего племени, считают характерной чертой постколониальной Африки. Но, если взглянуть шире, практика кумовства распространена и на других континентах. И похоже, ее причина кроется в самых глубинных архетипах поведения человека.

Есть парадокс устойчивости человеческого общества. Суть его такова. Общество накладывает ограничения, а успешный человек без этих ограничений жил бы и размножился лучше. То есть именно эгоист должен выжить в ходе эволюции, а не! Как утверждал В.П. Эфроимсон, закрепился ген альтруизма. Парадокс объясняют двумя факторами — кооперацией между людьми и конкуренцией между общинами, когда выживали наиболее сплоченные. Очередной опыт по проверке этих гипотез провели исследователи во главе с Эрнстом Фером из Цюрихского университета (*Nature*, 21 февраля 2024 года).

Они выбрали добровольцев из двух общин папуасов, разделили на пары и попросили их сыграть в такую игру. Каждому выдали по пять монет. Участник давал партнеру какое-то количество монет, и тот получал от организаторов еще столько же. Очевидно, что если партнеры передавали друг другу много монет, то общее достояние пары быстро росло. Именно так и шли дела, если в паре были члены одной общины. А чужаки ограничивались малыми суммами: они не доверяли друг другу, справедливо полагая, что, получив большую сумму, партнер не захочет ею делиться. Отсюда следует вывод: кооперация между людьми дело хрупкое, каждый хочет давать как можно меньше, не особо веря в добрые намерения партнера. Однако если в дело вступает конкуренция между общинами, то альтруизм резко усиливается.

Из работы швейцарцев можно вывести объяснение феномена кумовства. Как видно, члены общины охотно делят ресурсы только между своими. Выходит, если какая-то малая группа живет в большом обществе, ее члены будут делать все для процветания своих, обращая мало внимания на чужих. Когда при этом окружающие считают членов этой малой группы своими, то общественные ресурсы станут перекачиваться в нее. Так заложено в архетипах человеческого поведения.

С. Анофелес

Пишут, что...

...обычные пользователи смартфонов обрабатывают информацию на смартфоне за меньшее время, чем на ПК, однако при этом они менее бдительны в отношении дезинформации (*New Media & Society*)...

...шимпанзе и бонобо могут узнавать по фотографиям бывших членов своей группы, которых они не видели более 25 лет (*PNAS*)...

...в интерметаллическом соединении галлия и молибдена разделены поверхностная и объемная сверхпроводимость (*Intermetallics*)...

...концентрация CO₂ в атмосфере в последний раз была такой же высокой, как и сегодня, 14 миллионов лет назад (*Science*)...

...голодание уменьшает воспаление, поскольку в крови растет концентрация арахидоновой кислоты, которая известна своими противовоспалительными свойствами (*Cell Reports*)...

...мыши наравне с обезьянами, дельфинами, слонами и воронами могут узнавать себя в зеркале (*Neuron*)...

...в Балтийском море, на дне Мекленбургского залива, обнаружена мегаструктура каменного века — стена из валунов длиной почти километр, которой около 10 000 лет (*PNAS*)...

...у людей с депрессией память восстанавливалась лучше, когда они получали подсказки не словами, а запахами (*JAMA Network Open*)

...созданы индивидуальные пластыри (CUBAR) на основе адгезивного белка мидий с полиакриловой и полиметакриловой кислотами, которые приклеиваются под водой и биосовместимы (Advanced Materials)...

...долгоживущий газ фтороформ, который образуют альтернативные хладагенты (гидрофторолефины) при взаимодействии с озоном в атмосфере, действует как парниковый газ даже через 500 лет (PNAS)...

...диабет 2-го типа делает диски в позвоночном столбе более жесткими и заставляет их деформироваться раньше, чем обычно (PNAS Nexus)...

...в результате вырубки лесов в атмосферу ежегодно выбрасывается около 200 тонн ртути, или около 10% от общего объема антропогенных выбросов этого металла (Environmental Science & Technology)...

...археологи обнаружили на стоянке мамонтов Ла-Прель в округе Конверс бусину, сделанную из кости зайца, возраст которой составляет около 12 940 лет (Scientific Reports)...

...астрофизики впервые обнаружили молекулы воды на поверхности астероидов Ирис и Массалия (Planetary Science)...

...социальная вовлеченность и стимулирующая среда активируют окситоцин в мозге, потенциально смягчая прогрессирование деменции (PLOS One)...



художник Юрий Слива

Короткие заметки

Царство спеси

Исследователи знают, что качество научных работ «нечетко не то, что давеча»: не так-то просто повторить исследование и получить опубликованный результат; если использовать оборот одного современного златоуста: «Не только лишь все, мало кто может это делать». Чтобы разобраться в ситуации, социологи из Линчепингского университета во главе с профессором Густавом Тингхёгом (Scientific Reports, 2024, 14:3050) разослали анкеты 30 тысячам шведских ученых и аспирантов. Вопросов было два: «Считаете ли Вы, что используете более честные методы при проведении научных исследований, чем другие? Считаете ли Вы, что в Вашей области науки используют более честные методы, чем в других?» Собрать удалось 11 тысяч анкет, вполне достаточно для статистической обработки. Результат социологов поразил. Так, 44% считало, что их работа выполнена гораздо лучше, чем работа коллег, а что хуже — думало лишь 1%. Схожие числа были получены и при ответе на второй вопрос. По сути, почти половина участников опроса высказала недоверие к работам коллег.

Так быть не может, правила статистики подсказывают, что должно быть нормальное распределение, то есть число ученых, работающих лучше, равно числу тех, что работают хуже. Выходит, значительная часть исследователей сильно переоценивает свою добросовестность, а в отношении коллег проявляет плохо скрываемое, но ничем не обоснованное пренебрежение. Сильнее всего эта спесь была выражена у людей, связанных с медициной, а в наименьшей степени у гуманитариев.

В сущности, эта работа ставит современной науке неутешительный диагноз. Ведь спесь характерна для так называемого *Хомо игноранс*: он игнорирует информацию, противоречащую его представлениям о прекрасном. В личном плане это защитная реакция, однако коллективный *Хомо игноранс* опасен; такое поведение ведет к групповщине, поляризации сообщества, к конфликтам. В общем, подрывает кооперацию людей. Это касается не только науки, но и политики и культуры.

А. Мотыляев

Алла Белолипецкая

Иллюстрации Елены Станиковой

Палитра Ван Гога

Вальяжной рысцой Ван Гог бежал по длинному коридору к своему самому любимому помещению — институтской столовой. Ван Гогом он звался совершенно официально: согласно паспорту, который ему выправили два года назад. И там значилось, что документ оформлен на кота сибирской породы, черной масти, предположительный возраст — пять месяцев, место проживания — Институт темпоральных исследований Российской академии наук.

Двумя годами ранее он проник в здание института через распахнутое на первом этаже окно. Запрыгнул на подоконник с карниза, только что выкрашенного в ярко-оранжевый цвет. Так что высокий мужчина с сединой на висках, который первым заметил черныша, воскликнул:

— Ну, ты прямо Ван Гог!

Подхватив котенка на руки, осторожно прощупал ему холку:

— Чипа нет — бродяжка, стало быть. Останешься у нас!

Асейчас котофей, заимевший и микрочип, и электронный паспорт, вдруг услышал, как за дверью лаборатории, мимо которой он пробегал, произнесли его имя:

— Мы сможем увидеть эти полотна такими, какими их написал Ван Гог.

Голос принадлежал тому самому профессору — с седыми висками. Сибиряк замер возле двери, а потом боднул ее лобастой башкой. И, когда она приоткрылась, юркнул внутрь — затаился у стеллажа с приборами.

— В девятнадцатом веке в состав масляных красок входили светочувствительные пигменты. Так что с течением времени цвета на картинах Ван Гога изрядно потускнели, — вещал профессор, обращаясь к двум ассистентам — парню и девушке: — И с гарантированной точностью воссоздать палитру Ван Гога пока не удалось. Но сегодня мы откроем окно в Париж 1887 года и добудем в мастерской художника подлинные образцы его красок.

Профессор восседал в привинченном к полу кресле, почти вплотную к стене — лицом к ней. И держал на коленях метровую стеклянную трубку диаметром около десяти сантиметров, к которой под разными углами было вделано множество стальных дисков размером с мелкие монеты.

— Приготовьтесь! — велел он.

Его ассистенты отступили за прозрачный экран, находившийся в центре лаборатории, а сам профессор защелкнул у себя на груди пряжку ремня — пристегнулся к креслу. Стеклянную трубку





одним концом положил себе на левое плечо, а другой ее конец направил в сторону белой стены лаборатории. После чего пальцами правой руки провел по стеклянным дискам, как если бы они были клапанами кларнета. Вот только вместо музыки трубка начала вдруг испускать сияние. Воздух вокруг завибрировал, заискрился, а затем в стене возник мерцающий просвет, который походил на маленький смерч, лежащий на боку. Сквозь него открывался вид на яркое, как осенний лес, помещение, где стояли мольберты и на длинном столе красовались многоцветные палитры.

Ван Гог, изнемогая от любопытства, подскочил к просвету в тот самый момент, когда мужчина с седыми висками собрался расстегнуть пряжку ремня безопасности.

— Ванька, а ты откуда взялся? — ахнул профессор и попытался свободной рукой отбросить сибиряка обратно.

Но — опоздал на долю секунды. Кот отпрыгнул в сторону — и полетел, словно черный мохнатый мяч, в промоину, что зияла в стене. Люди увидели, как сибиряк, разинув маленькую пасть в диком мяве, приземляется на одну из палитр с красками. И тотчас же края просвета сомкнулись.

Не менее минуты в лаборатории царил молчание. А потом девушка запричитала:

— Ванюшенька, бедный, что же с ним теперь будет? Винсент Ван Гог едва не зарезал бритвой своего приятеля Гогена! А что он сделает с нашим котиком? Нужно его вернуть!

— Из-за бедного Ванюшеньки все наши планы пошли... коту под хвост! — рявкнул профессор. Потом добавил

спокойнее: — И как я его верну? Повторно открыть окно можно только с противоположной стороны, а кот, как вы заметили, оборудование с собой не захватил!

— Погодите! — Молодой ассистент профессора устремился в противоположный конец лаборатории, к столу с компьютерами: — Если бы в мастерской Ван Гога в 1887 году случилось что-то экстраординарное, наверняка об этом стало бы известно!

С минуту он шарил по глобальной сети, а потом издал потрясенный возглас.

— Что? Что там?... — Кинулись к нему профессор и девушка.

— Нашего Ваньку никто не зарезал! Посмотрите-ка сюда!

С дисплея, не менее чем с десятка репродукций новых полотен Ван Гога, на них невозмутимо глядел сибирский кот черного цвета.

— Но и это — не главное! — Молодой ассистент открыл файл с текстом: — Помните, как закончил свою жизнь Ван Гог?

— Выстрелил себе в сердце. В 1890-м, правильно?

— Неправильно!

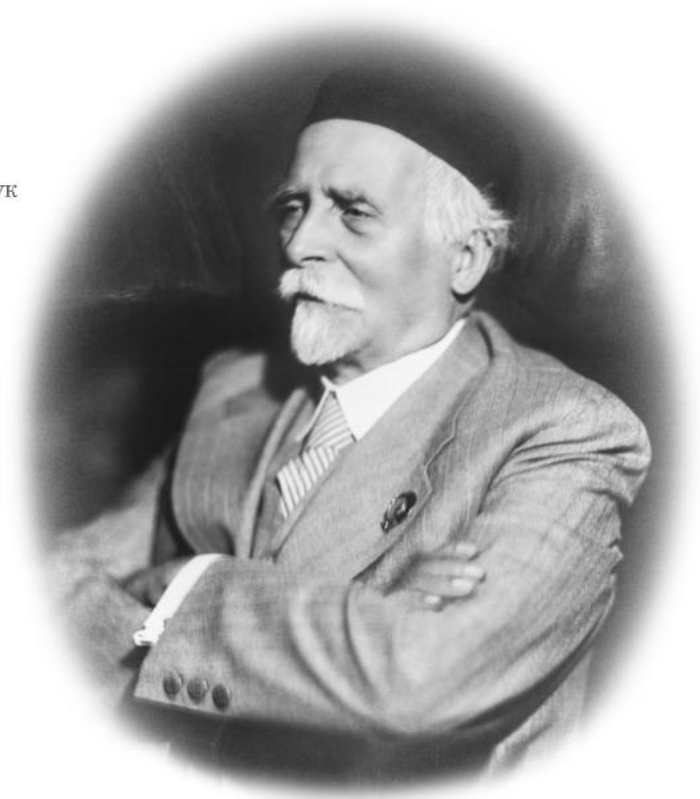
— «Скончался в июле 1939 года в возрасте 86 лет». —

Профессор не удержался — кулаком протер глаза: — А это еще что такое?!

Он увеличил фото знаменитой голландской скульптуры, которая изображала в полный рост худощавого бородатого мужчину, шагавшего с эпидником под мышкой. Возле ног бородача бежал вальсяжной рысцей крупный кот со слегка взлохмаченной шерстью.



300-летие
Российской академии наук



Николай Дмитриевич Зелинский (1861–1953),

российский химик, академик АН СССР, профессор Московского университета,
Президент Московского общества испытателей природы (1935–53),
один из организаторов Всесоюзного химического общества им. Д.И. Менделеева.

Много лет Зелинский руководил различными кафедрами Московского университета (1893–1911, 1917–53),
куда был приглашен по инициативе Дмитрия Менделеева: сначала органической химии, затем химии нефти,
заведовал лабораторией антибиотиков и биогенных оснований
на химическом факультете. Преподавал основной курс органической химии студентам,
вел практические занятия по аналитической и органической химии.

Одновременно (с 1935) работал в Институте органической химии АН СССР,
в организации которого принимал непосредственное участие
(в 1953 институту присвоено имя Н.Д. Зелинского).

В годы Первой мировой войны благодаря исследованиям Зелинского
при переработке нефтепродуктов удалось повысить выход толуола, который использовали
для изготовления взрывчатки. В качестве адсорбента Зелинский избрал древесный уголь.
В дальнейшем на его основе он создал универсальный поглотитель газов. В итоге противогаз Зелинского защищал
даже от фосгена, чего не могли другие модели. Он спас жизнь миллионам русских солдат на Первой мировой войне.

Зелинский отказался от патента на изобретение —
он считал безнравственным наживаться на спасении людей.

Зелинский разработал оригинальный метод получения бензина крекингом солярового масла и нефти
в присутствии хлористого и бромистого алюминия (1918–1919). Так была заложена научная основа производства
авиационного топлива. Эти исследования в годы Великой Отечественной войны
помогли отечественной авиации: новый бензин позволил резко увеличить мощность моторов.
Открыл явления дегидрогенизационного (1910) и необратимого (1911) катализа (реакция Зелинского). Выдвинул
идеи о деформации молекул реагентов в процессе адсорбции на твердых катализаторах. Совместно со своими
учениками открыл реакции селективного каталитического гидрогенолиза циклопентановых углеводородов (1934),
деструктивного гидрирования, многочисленные реакции изомеризации (1925–1939). Впервые в СССР начал работы
по получению хлоропренового каучука (1932, совм. с Н.С. Козловым). Открыл реакцию получения α -аминокислот
из альдегидов или кетонов (1906, реакция Зелинского – Стадникова).

Создал крупную школу химиков-органиков. Среди его учеников — академики А.Н. Несмеянов,
Б.А. Казанский, А.А. Баландин, С.С. Намёткин и др.