



ХИМИЯ И ЖИЗНЬ

5/6 2020



НОМЕР ПОДГОТОВИЛИ:

Главный редактор

Л.Н. Стрельникова

Заместитель главного редактора

Е.В. Клещенко

Художники:

А.В. Астрин, А. Кук

Редакторы и обозреватели

Л.А. Ашкинази,

В.В. Благутина,

Ю.И. Зварич,

С.М. Комаров,

В.В. Лебедев,

Н.Л. Резник,

О.В. Рындина

Ответственный за соцсети

Д.А. Васильев

Подписано в печать 19.06.2020

Типография «Офсет Принт М».

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

Адрес редакции

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

Адрес для переписки

119071, Москва, а/я 57

Телефон для справок:

8 (495) 722-09-46

e-mail: redaktor@hij.ru

<http://www.hij.ru>

Соцсети:

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

https://vk.com/khimiya_i_zhizn

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

https://twitter.com/hij_redaktor

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

При перепечатке материалов ссылка

на «Химию и жизнь» обязательна

На журнал можно подписаться в агентствах «Роспечать»

— каталог «Роспечать», индексы 72231 и 72232

«Арзи» — Объединенный каталог «Пресса России»,

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

тел. (495) 443-61-60)

Каталог «Почта России», индексы П2021 и П2017.

«Информсистема» — (495) 127-91-47

«Урал-Пресс» — (495) 789-86-36

© АНО Центр «НаукаПресс»

Генеральный спонсор журнала

Компания «Биоамид»



*НА ПЕРВОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ —
рисунок Александра Кукушкина*

*НА ВТОРОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ —
Работа Белинды Мэрфи Би. Сохранить
мир в равновесии помогут искусствен-
ные создания, в том числе и насекомые.
Каков он будет? Об этом читайте
в статье «Даёшь опыление».*

*Нет более быстрого пути
к овладению знаниями, чем искренняя
любовь к мудрому учителю.
Сюнь-цзы*

Содержание

Элемент №...

НАТРИЙ: ФАКТЫ И ФАКТИКИ. А. Мотыляев..... 2

Здоровье

СЪЕСТЬ ПУД СОЛИ. А. Мотыляев 9

Размышления

ПРОИСХОЖДЕНИЕ ЧЕЛОВЕКА: ВОПРОС СОЛИ. А.В. Кулик 13

Гипотезы

ПИРАМИДЫ ИЗ ПЕСКА. И.Ф. Шлегель 16

Проблемы и методы науки

СТУДЕНЬ ЗАПОМНИТ ФОРМУ. С.М. Комаров 22

Спросите учителя

ЕЩЁ НОВОЕ В МИРЕ ЗАДАЧ. Л.А. Ашкинази 32

Гипотезы

ЭВОЛЮЦИЯ: ТРЕТИЙ ПУТЬ. И.А. Криштафович 39

Дневник наблюдений

ПЧЕЛИНЫЕ ЧУДЕСА. С.М. Комаров 45

Страницы истории

ДМИТРИЙ ИВАНОВИЧ ПИСАРЕВ И РОССИЙСКАЯ НАУКА.

С.В. Багоцкий 46

Радости жизни

ЧЕСТЬ И БЕСЧЕСТЬЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ ИМЕН. Елена Клещенко 56

Земля и ее обитатели

ПРИМАТЫ БАЛИЙСКОГО МОРЯ. Ольга Арнольд..... 62

Страницы истории

ЗООПАРК В ГОДЫ ВОЙНЫ. Ольга Нестеренко 70

Проблемы и методы науки

ДАЁШЬ ОПЫЛЕНИЕ! Н.Л. Резник 76

Панацейка

ДАМИАНА – ВОЗВРАЩАЕТ ЖИЗНИ РАДОСТЬ. Н. Ручкина..... 80

Фантастический год

КНИГА МАШИН. Самюэль Батлер 86

КОТ И КЛУБОК. Марина Аницкая..... 94

Цитата

ЦАРИЦА ДОКАЗАТЕЛЬСТВ. Константин Душенко 101

Нанофантастика

ПРОМЕЖУТОК. Марина Мартова 104

Результаты: физика	29	Книги	93
Результаты: биохимия	53	Короткие заметки	102
Результаты: астрофизика	83	Пишут, что...	102



Четыре 22-ваттных лазера
зажигают натриевую
звезду над Большим
и Малым Магеллановыми
облаком

Элемент №...

А. Мотыляев

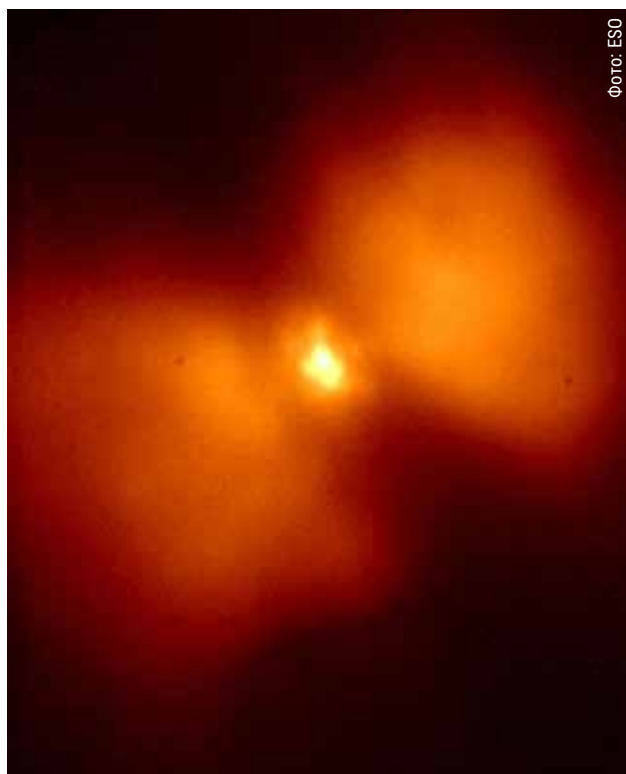
Натрий: факты и фактики

Натрий, 11-й элемент Таблицы Менделеева. Это мягкий металл, который плавится в кипящей воде, но этого с ним никто не проделывает, поскольку натрий при взаимодействии с водой взрывается. Поэтому его хранят под слоем керосина. Впервые натрий получил в 1807 году Гемфри Дэви электролизом соды; на долю натрия приходится 2,64 % массы земной коры и 2,9% гидросферы; в природе встречается только в виде солей, самые известные минералы – каменная соль галит, содержащая хлорид натрия, глауберова соль, или мирабилит, содержащая сульфат натрия, чилийская селитра – азотнокислый натрий и трона – карбонат натрия. У человека натрий концентрируется в плазме крови, поте и моче. Эти факты науке известны давно, и казалось, что мы знаем о натрии все. Однако XXI век ставит новые задачи даже для издавна известных технологий, связанных с натрием, и находит ему новые применения...

Как из натрия зажигают звезду в мезосфере?

С помощью мощного лазерного луча. В верхней части атмосферы, мезосфере Земли, на высоте 90 км, имеется тонкий слой натрия. Это не наша уникальная особенность – натрий есть в атмосфере и других планет, например Юпитера, что астрономы наблюдали по характерному свечению во время падения в него кометы Шумейкеров – Леви в июле 1994 года. Откуда натрий взялся в атмосфере планет, не очень понятно. Люди же научились использовать его для своих целей. При подсветке лазером с длиной волны 589 нм натрий возбуждается и начинает сиять оранжевым светом. Такой свет используют в уличных противотуманных фонарях, где газообразный натрий возбуждают электричеством. А если на Земле поставить мощный лазер, направить его вверх и осветить какой-то участок мезосферы, то расположенный там натрий также возбудится и на небесной сфере засияет рукотворная оранжевая звезда. Ее используют для юстировки наземных гигантских телескопов: параметры искусственной звезды известны, и, наблюдая ее, можно рассчитывать поправки на турбулентности атмосферы, которые искажают изображения настоящих звезд. Этот метод придумали в 80-х годах для работ по Стратегической оборонной инициативе, а для мирных целей его начали применять в 2000-х. В 2007-м в Южной европейской обсерватории (Чили) собрали первую установку для зажигания натриевых мезосферных звезд, а с 2016 года там действуют уже четыре установки, которые обеспечивают работу самых больших телескопов Земли.

Откуда берется натрий во Вселенной? Он формируется в тяжелых звездах в результате горения углерода или неона. В легких звездах натрия не образуется, а оказывается в них в составе той пыли, что осталась от взрыва звезд предыдущих поколений. Измеряя содержание натрия, можно установить, к какому поколению принадлежит легкая звезда. Изучение обогащения натрием звезд, которое проводил Симон Кемпбелл из мельбурнского Университета Монаша со своими коллегами («Nature», 2013, 7453), дало неожиданный побочный результат. Суть дела такова. Легкие звезды, массой с Солнце или несколько больше, в конце своей жизни становятся красными гигантами, у которых закончился водород в ядре. В результате горение продолжается лишь во внешних слоях, где водород остался, а ядро занято не горящим до поры до времени гелием. Это не последняя стадия эволюции – в самом конце звезда встает на так называемую асимптотическую ветвь гигантов. Следуя по ней, звезда периодически расширяется и сжимается, выбрасывая при этом огромное количество пыли. До недавнего времени астрофизики считали, что такова судьба всех легких звезд. Но вот наблюдения за натрием показали: на асимптотическую ветвь уходят только звезды первого поколения, у которых натрия мало. А звезды второго поколения, где натрия много, такой судьбы избегают и погибают раньше, не успев запылить межзвездное пространство. Если это так,



▲ *Ледяной Лев* – уникальная звезда, которая находится на последней стадии, – она уже перестала быть асимптотическим гигантом, но еще не стала планетарной туманностью. Подобное крыльям бабочки облако вокруг нее состоит из выброшенной звездой пыли, газа и огромного количества льда, за что звезда и получила свое имя

астрофизикам надо существенно менять свое представление об эволюции Вселенной и происхождении в ней пыли, которая очень важна – из нее формируются новые звезды и планеты.

Какое самое важное для жизни на Земле соединение натрия? Это хлорид натрия, из которого в основном состоит поваренная соль. Он придает соленость практически всем поверхностным водам планеты, и прежде всего водам Мирового океана. Поскольку жизнь зародилась именно в нем, неудивительно, что хлорид натрия оказался жизненно важным соединением: он обеспечивает и соленость внутренних вод живых организмов. Зародись жизнь в каком-то другом океане, может быть, удалось бы обойтись и без натрия, но для живых существ на Земле именно хлорид натрия стал главным электролитом, содержащим ионы натрия, которые регулируют осмотическое давление в клетках и обеспечивают их обмен водой и другими веществами с окружающей средой. Ионы натрия также отвечают за поддержание кислотности крови, участвуют в регулировании деятельности клеток, обеспечивают прохождение нервных импульсов. Наш организм разными способами старается поддерживать постоянным содержание натрия в главной своей жидкости – плазме крови. А для восполнения запасов натрия, который

Галит – главный минерал, в виде которого ► хлорид натрия отлагается в земных недрах



выходит из организма с мочой и потом, люди, да и не только они, приспособились есть соль. Сейчас люди в год съедают почти 30 млн тонн соли.

Благодаря свойству натрия определять осмотическое давление, поваренная соль стала важнейшим консервантом: подавляющее большинство бактерий не выдерживает высокую концентрацию соли – раз-личие в концентрации соли внутри и вне клетки ведет к тому, что вода устремляется вовне и бактерия по-гибает. При отсутствии холодильников соление было важнейшим способом длительного хранения съест-ного. Неудивительно, что в древности соль ценили на вес золота: она служила деньгами (причем в Африке еще в начале XX века), из нее делали самые настоящие монеты, есть даже предположение, что от слова «соль» пошло название денег – сольди, а также служащих за сольди наемников – солдат, которым, действительно, еще с римских времен плату зачастую выдавали со-лью. Как мы знаем из истории страны, ограничения в снабжении солью приводят к бунтам. Владельцы соляных приисков порой становились могуществен-нейшими магнатами, как, например, род Строгановых, история возвышения которого начинается с эксплуа-тации уральских залежей каменной соли.

Те, кто имел доступ к соленым озерам или морям, получали натрий из морской воды, выпаривая ее, а те, кто жил вдали от моря и соляных месторождений, довольствовались золой растений, аккумулирующих много натрия. Возможно, такая соль была полезней, ведь в ней наряду с натрием есть много калия. Впро-чем, речь о вредности натрия пойдет ниже.

Как натрий формировал технологическую ци-вилизацию? Хлорид натрия важен для жизни – и человека, и социума. А вот карбонат натрия, сода, Na_2CO_3 – один из тех нескольких столпов, которые

держат всю технологическую цивилизацию. Без соды невозможно производство, казалось бы, про-стейших предметов. Нужно сделать мыло? Для этого требуется сварить жир либо масло с содой и полу-чить мыльное вещество – стеарат натрия. Нужно стекло? Опять-таки надо сплавить песок с мелом и содой. Нужна щелочь? И здесь не обойтись без соды. Даже пресный хлеб не выйдет без соды – при своем разложении она дает пузырьки углекислого газа, обеспечивающие хлебу пористость. В 2020 году мировой объем производства соды превышал 60 млн тонн, что обеспечивает ей десятое место в списке всех веществ, производимых человечеством, за исключением нефтехимии.

Откуда берется сама сода? Поскольку карбонат натрия растворим в воде, месторождения соды не-многочисленны. Сейчас крупнейшие запасы содового минерала, троны, $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{NaHCO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, сосре-доточены в США: 40% мировых. Промышленную добычу ведут также в КНР, Ботсване. В Кении соду извлекают из бездонного источника – содового озера Магади, где трона постоянно образуется сама собой из горя-чих подземных вод, насыщенных карбонатом натрия; местами толщина отложений троны превышает 40 метров.

В античном Средиземноморье месторождения содового минерала натрона, $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, были только в Египте – оттуда соду развозили по всему миру. Остальным приходилось довольствоваться со-довой золой – продуктом сжигания растений. Большой популярностью в средневековой Европе пользова-лась зола солелюбивых суккулентов, которую про-мышленно заготавливали в Испании и на Канарских островах, – в ней доля карбоната натрия составляет 20%. По-русски эти растения называют солянками, а

по-английски – glasswort, то есть стекольное сусло, что явно указывает на их важную роль в производстве стекла. Кстати, по-английски и соду до сих пор называют soda ash, то есть содовая зола.

К концу XVIII века, по мере индустриализации, выяснилось: сода из золы перестала удовлетворять нужды промышленности. Первыми меры для исправления дефицита предприняли во Франции – по требованию короля Людовика XVI Французская академия наук объявила конкурс на создание технологии производства соды из морской соли. Конкурс выиграл придворный химик герцога Орлеанского Никола Леблан – он предложил обрабатывать поваренную соль серной кислотой и мелом: получающуюся соляную кислоту удаляли кипячением, а соду отделяли от плохо растворимого сульфида кальция с помощью воды.

Леблану не повезло – во время Великой французской революции имущество герцога, в частности фабрику Леблана, реквизировали, а патент раскрыли для всех желающих. Почти полвека соду делали придуманным им способом. Однако в 1860-м бельгиец Эрнест Сольвей предложил гораздо более дешевый процесс получения соды из поваренной соли, мела и аммиака. Отходом этого процесса служит хлорид кальция. В 1930 году китайский химик Хоу Дэбан модифицировал процесс так, что в качестве отхода получался хлорид аммония, который можно использовать как удобрение.

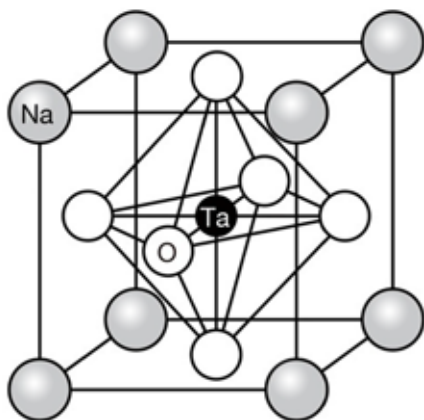
И процесс Сольвея, и процесс Хоу требуют больших затрат энергии – мел надо нагреть и разложить на известь и углекислый газ. Так получаются огромные выбросы углекислого газа – чуть больше одной тонны на тонну соды. Поскольку на оба процесса приходится соответственно 50 и 20% мирового содового производства, в сумме эта технология дает 43 млн тонн углекислого газа. Вклад обжиги троны в глобальное потепление меньше – 0,75 тонны газа на тонну соды, что приводит к выбросам еще 13 млн тонн CO_2 . А вот четвертый способ – обработка углекислым газом минеральной воды, содержащей карбонат натрия, – оказывается самым чистым: всего 0,45 тонны газа на тонну соды, или в сумме 4 млн тонн.

В чем смысл этого процесса? В том, что в молекуле карбоната два иона натрия. При обработке его раствором углекислым газом из каждой образуются две молекулы гидрокарбоната, NaHCO_3 . При последующей кальцификации каждая из них снова станет молекулой карбоната. В результате выбросы углекислого газа удастся утилизировать. Именно такое производство развернуто в Калифорнии, то есть производство совсем не грязное, углерод-нейтральное. Оказывается, при известной смекалке и политической воле решать проблему утилизации углекислого газа можно, а политической воли у Калифорнии изрядно – к 2045 году ее экономика должна стать полностью углерод-нейтральной и оказаться лидером в борьбе с глобальным потеплением не на словах, а на деле.

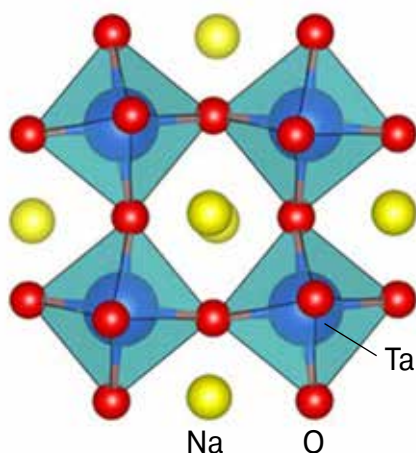
В процессы Хоу и Сольвея ввести изыятый из атмосферы или печной трубы углекислый газ пока не удастся. А жаль, ведь при этом решилось бы несколько экологических задач: сохранение уникальных памятников природы – меловых гор, экономия топлива за счет отказа от термического разложения карбоната кальция и прямое сокращение содержания парникового газа в атмосфере. Время от времени появляются сообщения, что, мол, есть планы модернизировать какое-то содовое производство и хотя бы утилизировать газы их собственных энергетических установок, но в практику эти планы не воплощаются. Видимо, для успеха нужно сочетание двух условий: высокие штрафы за выбросы углекислого газа и высокая цена топлива, что стимулировало бы его экономию. Как видно, время таких условий еще не пришло.

Почему гидроксид натрия назвали каустической содой? Слово «каустик» (caustic) по-английски означает «едкий», а поначалу гидроксид натрия, он же едкий натр или попросту щелочь, получали каустификацией соды, когда ее смешивали с едкой, то есть гашеной, известью – гидроксидом кальция. Образующийся при этом карбонат кальция выпадал в осадок, а гидроксид натрия оставался в растворе. Термическое разложение гидрокарбоната натрия – другой старинный способ получения едкого натра. Сейчас же его промышленно получают электролизом раствора хлорида натрия, и тут скорее хлор оказывается целевым продуктом, а щелочь – отходом производства. Объем этого отхода огромен – 60 млн тонн в год, и весь идет в дело. Поскольку производство щелочи зависит не от спроса на рынке, но от потребности в хлоре, при колебаниях последнего либо сода замещает недостающую щелочь, либо, наоборот, лишняя щелочь вытесняет с рынка соду. Такая замена возможна в тех отраслях, где щелочь применяют для нейтрализации кислоты, – в бумажном производстве или при водоподготовке. Основное же использование щелочи находит при производстве целлюлозы – она не только нейтрализует применяющиеся там кислоты, но и прекрасно растворяет лигнин, а также для промывки бокситов перед передачей их в алюминиевое производство: на это идет 17% и 11% щелочи соответственно. Вообще же щелочь находит применение в бесчисленном числе производственных процессов, будучи таким же столпом технологической цивилизации, как и сода. Среди экзотических применений едкого натра – быстрое уничтожение преступниками трупов для сокрытия улик. Сейчас эту методику, идущую из Италии, в промышленных масштабах используют мексиканские наркокартели в ходе идущей с начала XXI века междоусобной войны. Порой участников этих преступлений удастся изобличить; например, в 2009 году вся Мексика следила за процессом над Сантьяго Месой Лопесом по кличке Эль Посолеро, то есть «Изготовитель тушенки»: он за девять лет уничтожил щелочью более трехсот тел.

а



б



▲ В идеале решетка танталата натрия соответствует решетке перовскита (а). Однако для того, чтобы хорошо разлагать воду, атомы натрия надо сместить из идеальных положений (б)

Как получают металлический натрий? Промышленное производство натрия начинается с открытия Анри Деви́лем в 1850-х годах процесса пережигания соды с углем – карбонатный остаток становится углекислым газом и улетает, а металлический натрий остается. Натрий был нужен Девилю не сам по себе – он служил реагентом при получении алюминия из двойного хлорида натрия-алюминия. Сейчас натрий делают электролизом расплава либо гидроксида, либо хлорида натрия, то есть как его и открыл в 1807 году Гемфри Деви, который провел электролиз щелочи. Используют его во множестве химических процессов, один из самых известных – получение синтетического каучука, где натрий служит катализатором.

Зачем металлический натрий ядерщикам? Он им нужен как теплоноситель для реакторов. Натрий хорош тем, что у него низкая температура плавления в сочетании с высокой температурой кипения: жидким

натрием можно переносить огромные количества тепла от реактора к внешнему охлаждающему контуру и не сильно опасаться, что жидкость перегреется и закипит. А кроме того, у натрия низкое сечение захвата нейтронов; натрий, омывающий тепловыделяющие сборки из атомного топлива, не мешает протеканию цепной реакции. По этому параметру его опережают только свинец с висмутом. Из свинцово-висмутового сплава изготавливают жидкий теплоноситель для подводных лодок, а натрий применяют для реакторов на быстрых нейтронах. Первый такой реактор БОР-60 запустили в Димитровграде в 1969 году, он служил прототипом реактора для АЭС малой мощности и для исследований, вывод этого реактора из эксплуатации намечен на 2020 год.

Своеобразным шедевром технической мысли стал запущенный в 80-м году на Белоярской АЭС реактор БН-600 (название означает «быстрый натриевый»), на котором удалось выявить, а затем устранить слабые места конструкции таких реакторов. Для его оснащения создали специальное производство металлического натрия реакторной чистоты – в охлаждающий контур потребовалось загрузить две тысячи тонн этого металла. С учетом опыта БН-600 спроектировали самый совершенный на сегодня реактор на быстрых нейтронах – БН-800, введенный в эксплуатацию в 2016 году на Белоярской АЭС; в нем также использован натриевый теплоноситель. Так натриевый теплоноситель стал единственным, который опробован в реальной работе на реакторах такого типа.

Как натрий поможет разлагать воду? В принципе, если бросить металлический натрий в воду, то он ее разложит, образуя едкий натр и водород. Причем сделает это столь энергично, что может взорваться. Такое разложение воды никому не нужно, поскольку натрий в этом процессе израсходуется и никакого выигрыша в энергии не получится, а ведь воду предполагается разлагать для того, чтоб полученным водородом заменить ископаемое топливо. Есть мнение, что эта идея чудовищна, потому что вода и так в дефиците. Это мнение ошибочно – вода снова получается при сгорании водородного топлива и возвращается в естественный круговорот влаги.

Вот для получения водорода без сжигания ископаемого топлива и может послужить одно замечательное соединение – танталат натрия, NaTaO_3 ; оно разрушает воду под действием солнечного света, а само при этом не расходуется. Получается удивительная картина: серый порошок насыпают на дно стеклянного стакана, наливают воду, ставят на свет – и все: вода наполняется пузырьками водорода и кислорода. Никаких дополнительных затрат энергии и материалов: для получения водородного топлива надо просто добавлять воду! Полученный водород можно не только сжечь, но и использовать для получения органических веществ.

Первыми способность танталата к разложению воды заметили в 1997 году («Chemical Letters») Кудо

Акихики и Като Хидеки из Токийского университета науки, правда, сделали это с другим соединением тантала – $K_3Ta_3Si_2O_{13}$. Однако спустя десять лет основным объектом внимания стал танталат натрия. В лидеры его вывели те же самые Кудо и Като: они изучали фотолюминесценцию танталатов натрия, легированных редкоземельными элементами, и заметили, что помимо люминесценции таким соединениям присуща и способность разлагать воду. Лидером в их опытах оказался танталат натрия, легированный лантаном и смешанный с небольшим количеством оксида никеля – именно на нем зарождается молекула водорода. В 2000 году при облучении ультрафиолетом от ртутной лампы грамм танталата давал 5,9 ммоль водорода в час, а спустя три года – уже 19,5.

Более того, в 2010 году Терамура Кентаро с коллегами из университета Киото («Applied Catalysis B: Environmental») обнаружили, что танталат натрия не только разлагает воду. Если пропускать через реактор углекислый газ, то образующийся водород опять-таки при помощи танталата станет восстанавливать углекислый газ до угарного. То есть можно в схожих танталато-водных установках получать синтез-газ: смесь водорода и угарного газа; как раз его и применяют для промышленного синтеза различной органики. Вся эта технология может оказаться востребованной на Земле – для синтеза того же топлива из углекислого газа и воды (случится это после запрета ископаемого топлива) – и совершенно точно пригодится при освоении космического пространства и планет, в частности Марса: на нем предостаточно и ультрафиолета, и углекислого газа, а воду можно получать как из льда полярных шапок, так и из подповерхностных залежей вечной мерзлоты.

Сейчас задача исследователей – с помощью легирования изменить кристаллическую решетку танталата натрия и увеличить выход водорода, причем под действием не только ультрафиолетовой части, но всего солнечного спектра. Путь более-менее понятен – нужно как можно сильнее исказить эту решетку, максимально сдвинув слагающие ее атомы из своих идеальных положений. На роль такого искажителя претендует стронций, который может занимать место как натрия, так и тантала, но пока идеальное соотношение элементов не найдено. Пока что в базе научных публикаций по проблеме, собираемой Ониси Хироси из университета Рокки-даи в Кобе («ChemSusChem», 2019, 12), накопилось почти две сотни работ – исследования танталатного катализатора разложения воды находятся на переднем фронте современной науки, по крайней мере, японской.

Что такое натриевая батарейка? Это наиболее вероятная замена литиевому металл-ионному аккумулятору. Над проблемой натриевой батарейки работает множество материаловедов примерно с 2015 года, когда стало ясно, что потенциал роста для литиевых батарей исчерпан. Проблема натриевых аккумуляторов в том, что электрический потенциал натрия выше, чем у лития, потому требуется гораздо



▲ Так выглядит содовая батарейка, которую в Нанкинском университете создал Сунь Цзяньчао и его коллеги из группы профессора Чэнь Цзюня («Research», 2018)

более высокое насыщение электродов его ионами. Мало того что это не так уж просто сделать, так еще и размер иона натрия гораздо больше, чем у иона лития. Поэтому электрод, где накапливаются ионы натрия, быстро разрушается. Идеальные материалы для электродов и разделяющей их мембраны пока не найдены, хотя исследователи испробовали огромное число комбинаций – и различные углерод, и фосфаты, и оксидные системы, и много чего еще.

Не исключено, что, как это не раз бывало в истории техники, к успеху приведет не желание отделаться косметическими изменениями известной конструкции, а принципиально новое решение. Например, многие исследователи думают над содовым элементом, где попутно с запасанием энергии удастся прятать углекислый газ и получать финансирование еще и от фондов борьбы с потеплением. В содовом элементе при разрядке металлический натрий взаимодействует с углекислым газом и превращается в карбонат натрия и атомарный углерод. А при зарядке под действием электрического тока карбонат разлагается с образованием металлического натрия на аноде и углекислого газа на катоде. То есть внутри элемента фактически протекает процесс Девиля.

Вот как выглядит свежий пример содового элемента, созданного исследователями из группы профессора Чэнь Цзюня из Нанкинского университета («Research», 2018: 6914626). Работая над такой батарейкой уже не первый год, они решили отказаться от электрода из металлического натрия – с ним никак не удастся избавиться от дендритов, которые закорачивают батарейку. Вместо этого взяли углеродные нанотрубки и инкрустировали их частицами соды. А второй электрод сделали из алюминиевой фольги, на которую нанесли пористый слой из сажи и органики. Вся батарейку поместили в герметичную коробку, заполненную углекислым газом. Такая конструкция

дала плотность энергии 183 Вт·ч на кг материала, что, как отмечает профессор Чэнь, несколько больше, чем у имеющихся на рынке литиевых батареек, – 150 – 180 Вт·ч на кг, стабильную работу при многократных циклах зарядки-разрядки и отсутствие натриевых дендритов. Авторы работы считают, что придуманная ими батарейка вполне может превратиться в практически важные дешевые устройства хранения электрической энергии.

Какова роль натрия в формировании минеральных вод?

В большинстве случаев именно натрий обеспечивает их минерализацию своим гидрокарбонатом, сульфатом или хлоридом. Тот факт, что минеральная вода обладает целебными свойствами, человечество узнало в незапамятные времена, а научный подход к водолечению насчитывает уже два столетия, на эту тему написано огромное число книг и статей, поэтому остановимся на одном эпизоде: лечении зловреднейшего недуга нашего времени – синдрома рефлюксного эзофагита, или попросту изжоги. При этом недуге в силу того, что из-за каких-то причин скорость перемещения пищи снижается (тибетские врачи образно объясняют так: в желудке не хватает жара, чтоб сварить пищу), происходит комплексное расстройство всего пищеварения, а печальный результат – постоянное попадание желудочного сока в пищевод, который и начинает в этом соке перевариваться. Хороших способов борьбы с ним нет – если такая беда случилась, пациент пожизненно должен принимать препараты, снижающие кислотность желудочного сока. О размере бедствия свидетельствует медицинская статистика: в развитых странах клинические проявления болезни фиксируют у 20–40%, в РФ на изжогу жалуется 40–60%, а изменения в пищеводе находят у 12–16% взрослого населения. В одних только США на главное лекарство – ингибиторы протонной помпы – пациенты тратят более 13 млрд долларов в год.

Однако в старину изжогу лечили содой, а вода с гидрокарбонатом натрия, в сущности, это тот же раствор соды. Неужели содовая вода не может справиться с недугом? Отечественные курортологи поставили не одно исследование на разных видах минеральной воды. Вывод: таким пациентам после лечения медикаментами обязательно надо ехать на курорты, где есть источники с щелочными мало- или среднеминерализованными водами, желательно натриево-магниевыми или кальциево-магниевыми – Ессентуки, Ижевск, Кашин и другие («Физиотерапия, бальнеология и реабилитация», 2013, 5).

Американцы же из Нью-Йоркского медицинского колледжа подошли к проблеме с другой стороны. Они не стали возить пациентов на курорты, а договорились с ними об изменении образа жизни – переходе на средиземноморскую диету с большим количеством овощей и заменой всех напитков щелочной водой («JAMA Otolaryngology-Head Neck Surgery», 2017, 10). У таких пациентов индекс синдрома снизился на 63%,

а вот применение стандартной терапии в контроле оказалось менее успешным – 54%. К сожалению, все эти исследования ставят на небольших группах – в пределах нескольких десятков, в лучшем случае сотен участников, хотя последнее, с изменением диеты, можно было бы провести и весьма широко. А что же это за щелочные минеральные воды? Нам из их числа хорошо известны «Нарзан», «Ессентуки-4» или «Славяновская».

Чем соль похожа на табак? На основании огромного числа исследований Всемирная организация здравоохранения и многие национальные медицинские ассоциации пришли к твердому выводу: соль для общества такой же яд, как и табак. Причем в соли главным злодеем оказывается не хлор, а именно натрий. Соображения примерно такие. Натрий – важнейшее вещество крови и других биологических жидкостей; его концентрация определяет физическую химию организма, которая, в свою очередь, руководит всеми биологическими процессами. Если натрия излишне много, организм начинает реагировать – запасать в организме воду, и результатом такой реакции становится рост кровяного давления, гипертония. Когда она переходит в хроническую стадию, человек страдает, страдает и его семья. Из-за плохого самочувствия он не может полноценно работать, а медикам приходится его лечить. И сама гипертония, и лечение от нее приводят к развитию сердечно-сосудистых заболеваний, например к охрупчиванию сосудов. В общем, если считать соль причиной гипертонии, то смертность от нее превышает смертность от табака: 10 млн человек против 8.

Свежее исследование факторов диетического риска для здоровья, проведенное Университетом штата Вашингтон на деньги фонда Билла и Мелинды Гейтс, позволяет диетологам утверждать: ежегодно соль вызывает 3 млн преждевременных смертей и 70 млн человеко-лет, отягощенных недомоганиями («Lancet», 2019, 393). Кстати, недостаток в питании цельных зерен или фруктов приводит к аналогичным результатам (3 и 82 или 2 и 65 млн смертей и человеко-лет соответственно). Экономический ущерб от сердечно-сосудистых заболеваний, по данным ВОЗ, составляет под 4 трлн долларов год. И этого всего, видимо, можно избежать простейшими мерами!

Исследования на больших группах людей показывают, что даже небольшое снижение потребления соли – на один грамм натрия в день – значительно уменьшает тяжесть гипертонии, число случаев сердечно-сосудистых заболеваний падает на 30%. То есть всего-то надо класть в еду не две-три щепотки соли, а одну. И тогда повысится глобальный уровень здоровья и, стало быть, счастья людей, снизятся расходы на здравоохранение и экономические потери от выбытия из производства опытного работника. Поэтому ВОЗ и считает, что борьба с солью имеет такое же значение, как и бескомпромиссная борьба с курением табака.



Здоровье

Съесть пуд соли

▲ Знаменитая золотая солонка «Сальера» Бенвенуто Челлини (1543 год). Пищевая соль, продукт ценный и довольно дефицитный в XVI веке, требовал достойного обрамления

Сейчас среднее потребление соли в мире составляет 9–12 граммов в день. ВОЗ рекомендует снизить его по крайней мере вдвое, до 5–6 граммов в день (то есть до одной чайной ложки), а идеальным значением считается 2–3 грамма в день. В пересчете на чистый натрий – а соль считается вредной именно из-за того, что содержит натрий, – ближняя цель соответствует 2,4 грамма натрия (сейчас столько соли едят в Демократической Республике Конго, Джибути или Гайане), идеалом считается меньше 1,5 грамма натрия в день (этому требованию соответствует только Кения). Больше всего соли едят в Казахстане и Таджикистане – 5,98 и 5,4 грамма натрия в день соответственно. В РФ – 4,17 грамма в день.

В 2013 году ВОЗ приняла план сокращения мирового потребления соли к 2025 году на 30%, и его осуществляют с помощью разного рода пропагандистских мероприятий. Порой возникают весьма экстравагантные идеи. Например, один из бескомпромиссных борцов с солью Норм Кемпбелл из университета Калгари в 2019 году выступил с инициативой наносить на каждую солонку, на каждую пачку соли надпись о ее вреде, аналогичную той, что наносят на пачки сигарет. Эта идея получила



▲ Японцы едят много соленой пищи, однако от сердечно-сосудистых заболеваний страдают меньше, чем жители Италии, предпочитающие несоленые овощи и фрукты

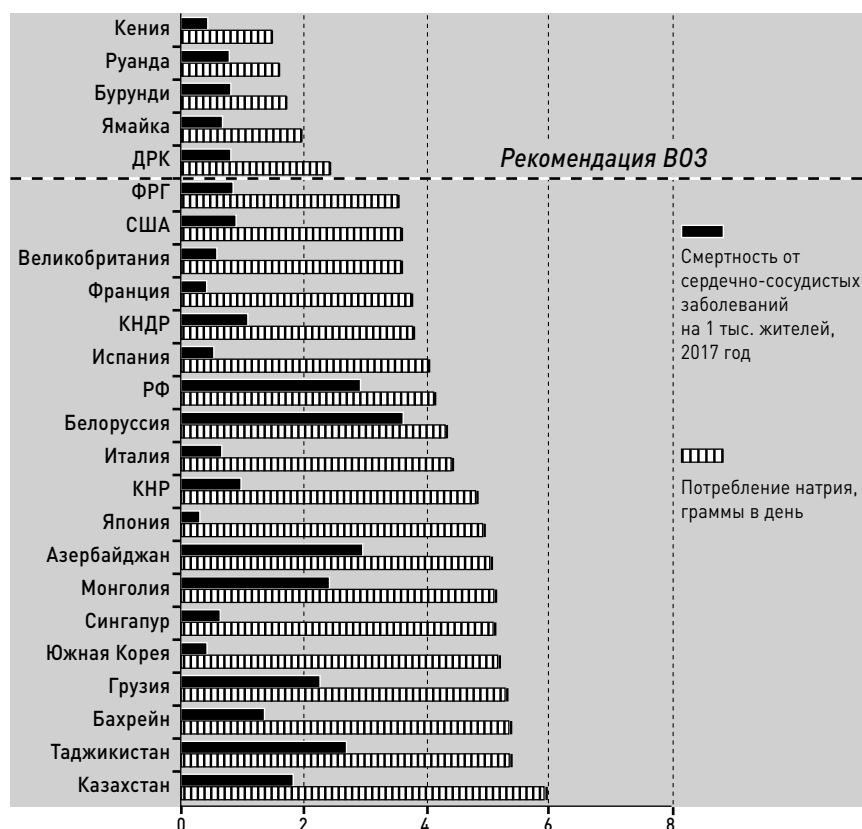
большую поддержку медицинской общественности.

Интересно, что соль в пище не только та, что мы сыплем в домашнюю еду. Например, в США основной источник соли – это готовая еда, купленная в магазине, а то и в ресторане быстрого питания: с ней среднестатистический американец получает 75% ежедневной дозы соли. Поэтому в таких странах борьба должна идти с разного рода мусорной пищей. Напротив, обитатели Японских островов и Корейского полуострова получают соль из традиционной домашней еды, где важнейшую роль играют соевый, рыбный и прочие соусы, приготавливаемые с большим количеством соли. Поскольку эти соусы, а также глутамат натрия используют при ежедневном приготовлении пищи, неудивительно, что корейцы и японцы входят в число лидеров по потреблению натрия – 4,89 и 5,12 грамма в день соответственно.

Японский парадокс

Приведенные данные о потреблении соли вызывают закономерный вопрос: если японцы – лидеры по потреблению натрия, как же быть с их легендарной высокой продолжительностью жизни? Похоже, что этот парадокс ВОЗ старается не замечать. Более того, сравнение статистики потребления соли и смертности от сердечно-сосудистых заболеваний камня на камне не оставляет от гипотезы вредности соли (см. рис.). Интересно, что найти статистику потребления соли не так уж и просто, во всяком случае, на специализированном сайте ВОЗ, посвященном этой проблеме, ее нет. Но в 2013 году вышла статья международной группы исследователей, которые под руководством Джона Поулеса из Кембриджа долго копались в научной литературе и сумели-таки найти там достаточно

информации, чтобы определить потребление соли в 187 странах мира («BMJ Open»). Часть данных следовали из изучения мочи, часть рассчитывали по анализу системы питания. Лидерами оказались республики Средней Азии и страны Дальнего Востока, меньше всего соли едят в Экваториальной Африке и на островах Океании, а в развитых странах потребление умеренное, хотя диетологи в один голос утверждают, что именно западная кухня использует слишком много соли. ВОЗ каким-то способом выделяет из общей заболеваемости сердца именно те случаи, что вызваны солью. Хочется верить: методика такого выделения научно обоснована. В противном случае нужно задуматься над японско-корейским парадоксом и разделить соль, как это сделали с холестерином, на вредную и полезную в зависимости от того, с какими продуктами ее применяют.



▲ Статистика смертности от сердечно-сосудистых заболеваний показывает, что если съеденный с солью натрий играет роль в их развитии, то ее можно заметить отнюдь не везде. Поскольку экстремальное потребление соли (менее 2 граммов и более 5 граммов натрия в день) зачастую наблюдается в развивающихся странах, где уровень здравоохранения считается невысоким, для полноты картины добавлены развитые страны

Спор о форме кривой

Даже из рекомендаций ВОЗ видно, что о полном отказе от соли речи нет – все-таки вряд ли уместно оставлять организм без главного электролита. Ав научной печати идет ожесточенный спор о том, какую форму имеет кривая зависимости здоровья от соли. Те, кто считает, что человек вообще может обойтись без употребления натрия, говорят, что кривая подобна гиперболе: чем меньше соли, тем лучше. Менее экстремистски настроенные исследователи утверждают, что форма кривой подобна букве J, то есть по достижении некоторого минимума потребления соли она перестает плохо влиять на здоровье. Однако есть и группа отъявленных диссидентов; по их мнению, форма кривой подобна букве U, то есть существует оптимум потребления соли, а негативные эффекты появляются при от-

клонении от него как в большую, так и в меньшую сторону. При этом все ссылаются на результаты массовых исследований здоровья, только у каждой группы – свои исследования, и если в статье упоминают данные, использованные оппонентами, то это делают прежде всего для того, чтобы чужие данные опорочить.

Анализ статистики научных публикаций показывает, что научный мир в вопросе соли разделился на две непересекающиеся и не общающиеся между собой группы – так сказать, солепессимисты и диссидентство-солеоптимисты. Причем с диссидентами их противники, поддерживаемые официальной позицией ВОЗ, ведут борьбу на уничтожение. Накал страстей столь велик, что в некоторых обвинениях угадывается стиль Краткого курса истории ВКП(б) со знаменитым «Эти белогвардейские пигмеи, силу которых можно было бы приравнять

всего лишь силе ничтожной козявки, видимо, считали себя – для потехи – хозяевами страны...». Вот один из образцов такой критики, принадлежащей перу уже упомянутого Нормы Кемпбелла («International Journal of Epidemiology», 2017, 46, 1; 2018, 47, 2): «Вместо того чтобы проявлять осторожность при выступлениях против основной политики здравоохранения, отдельные диссидентствующие ученые проводят низкокачественные исследования, изымают результаты из контекста, совершают фактические ошибки или неверно трактуют результаты, меняют научные формулы и протоколы так, что их противоречивые исследования выглядят надежными, козыряют низкокачественными данными, пытаются побить результаты высококачественных исследований... Исследования с серьезными ошибками не смогут повлиять на выводы, сделанные на основании высококачественных обзоров данных, проведенных экспертами правительственных и неправительственных организаций; такие работы лишь наносят ущерб единству научного сообщества и здравоохранению. J-, U-образные и обратные зависимости между потреблением натрия и здоровьем получаются лишь в работах, использующих недопустимые или просто неверные методы и могут быть объяснены как артефакты. Тем более что проверки этих же самых баз данных не выявляют заявленных закономерностей». К критике прилагаются и намеки на небескорыстное поведение диссидентов, поскольку они финансово связаны с пищевыми компаниями, о чем не всегда сообщают. Сам доктор Кемпбелл честно указывает, что он сотрудничает с Фондом Новартиса по программе помощи в установлении контроля за гипертонией в странах с низкими и средними доходами. Солеоптимисты, впрочем, парируют заявления оппонентов, например указывая, что основные данные о пользе отказа от соли для снижения давления получены с участием гипертоников и переносить их на общую популяцию не очень корректно.

Если судить по истории советской науки, подобные горячие

дискуссии отнюдь не способствуют выяснению истины. Тем не менее пока исследователи ломают копья, простым гражданам, видимо, полезно прислушиваться к официальным рекомендациям ВОЗ и снижать потребление поваренной соли до одной, а лучше половины чайной ложки в день. При этом нужно помнить, что натрий и сам по себе содержится в таких продуктах питания, как мясо, молоко, моллюски и прочие морские гады, соль обязательно есть в хлебе, кулинарных продуктах, консервах, а вот в овощах и фруктах ее мало, ведь плодовые растения крайне плохо реагируют на присутствие натрия и на засоленных почвах их практически не возделывают. Поскольку о содержании соли в продуктах отнюдь не всегда можно узнать, некоей мерой может служить обычный пакетик с хрустящим картофелем: в нем содержится от 7 до 12% разрешенной дневной дозы натрия.

Путь натрия в человеке

Возможно, путь к примирению солеоптимистов и солепессимистов лежит через понимание деталей поведения натрия в организме человека. До недавнего времени считалось, что поступление натрия в организм сразу ведет к жажде, почки начинают вырабатывать больше мочевины, и лишний натрий быстро выходит, что обеспечивает его баланс. Оказывается, картина не совсем такая, а разобраться в этом помог проходивший в 2010—2011 годах в московском Институте медико-биологических проблем РАН эксперимент «Марс-500». Тогда здоровые люди провели 520 дней в изоляции, имитируя полет на Марс, а следившие за ними медики, в частности, совершенно точно знали, сколько и какой еды в каждого входит и сколько отходов из него выходит. Вот что по этому поводу рассказывает международная группа солеоптимистов во главе с Китадой Кенто. Он работает в совместной медицинской школе Университета Дьюка и Национального университета Сингапура, а

также в Японском обществе пропаганды науки («American Journal of Hypertension», 2020).

Исследование метаболизма соли в ходе эксперимента «Марс-500» вскрыло несколько неизвестных ранее аспектов проблемы. Так, оказалось, что по ежесуточным анализам мочи нельзя адекватно выявить колебания потребления соли, для этого нужны данные за три, а то и семь дней. Более того, оказалось, что ритмы в выделении натрия связаны не с его потреблением, а с ритмами выделения гормонов – кортикостероидов. А ведь именно на данных о разовых, в лучшем случае о суточных анализах мочи и строится представление о вредности соли для здоровья. Содержание натрия в организме оказалось мало связанным с его концентрацией в плазме крови. Это свидетельствует, что у организма есть другие резервы, кроме работы почек, для поддержания постоянства солевого состава крови. И действительно, с помощью ЯМР, который видит натрий, сначала на животных, а потом и с участием людей было установлено, что натрий накапливается в коже. У нее есть своя система сосудов, способных работать как почки, то есть осуществлять обратный осмос, отделяя соль от воды. При этом у животных был замечен интересный механизм. На засоление кожи реагируют клетки иммунной системы и начинают выделять вещества, способствующие развитию лимфатических каналов. Если же эти вещества блокировали, развивалась гипертония. Не исключено, что у людей есть подобный механизм и тогда гипертония при повышенном потреблении соли должна развиваться у пациентов с ослабленной лимфатической системой кожи. Это наблюдение дает интересный путь к поиску новых средств от гипертонии.

Интересно, что двукратное увеличение дозы соли с 6 до 12 граммов не вызывало у членов экипажа «Марса-500» увеличения объема мочи – в ней лишь росла концентрация натрия. Вопреки интуиции, такое резкое увеличение потребления соли вызывало вовсе не

жажду, а голод. И это не случайно: опыты на животных показали, что рост потребления соли подключает печень к синтезу мочевины, а это требует огромных затрат энергии. Если еды не хватает, то идет разрушение мышц – подопытные мыши теряли именно мышечную массу. А вот если разогнаться с аппетитом и начать переедать, то возможно ожирение. Видимо, этот механизм и лежит в основе всем известного феномена ожирения, возникающего при потреблении мусорной пищи, которая сильно посолена. У молодых людей, основных потребителей такой пищи, избыточная соль вызовет проблемы с давлением. А у пожилых, аппетит которых ослаб, соль приведет к деградации мышц. Этот же эффект объясняет снижение потребления воды при увеличении дозы соли: экспериментальные мыши увеличивали потребление кислорода, то есть у них более активно окислялись жиры и получалась эндогенная вода, что удовлетворяло потребность во влаге.

Понимая, что замахнулся на священных коров солепессимистов, Китада заканчивает свое повествование совершенно несвойственным для современных научных статей абзацем. Вот его перевод: «Мы приветствуем аргументы и альтернативное мнение. Тем не менее для дискуссии мы приглашаем тех, кто предоставит данные, которые можно анализировать, и прямые результаты экспериментов. “Мнения и эпидемиологические ассоциации” будут явно недостаточны. Локальное накопление натрия в тканях и вызванные солью изменения в энергетике организма могут стать целями изучения для нового поколения исследователей, которые направят усилия на разрешение загадки здоровья человека. Мы рассматриваем свою работу как побудительный мотив для нового понимания судьбы натрия и жидкостей в человеческом организме, что поможет сформировать здоровый подход в отношении соли, самой вкусной добавки к пище». Хорошо бы его призыв был услышан.

А. Мотыляев

Происхождение человека: вопрос соли

Размышления



А.В. Кулик

Соль для человека – необходимый, незаменимый и физиологически многофункциональный продукт. Но при этом она постоянно выводится из организма. Стало быть, столь же постоянно человек нуждается в ее пополнении, а если нет соли в организме – нет и самого человека. Современный человек, владеющий технологией, соль добывает из-под земли либо выпаривает ее из морской воды. А как человек вообще привык к соли?

Соль коровы и человека

Поскольку человек есть эволюционное порождение животного мира, логично для ответа на этот вопрос взглянуть сначала на хорошо известных и близких нам домашних животных. Наибольшую потребность в соли испытывают травоядные виды, ведь растительный корм обычно беден натрием. Поэтому соль – в молотом виде, в смеси с концентратами или в составе комбикормов – обязательный компонент их рациона. Так, молочным коровам при средних удоях дают в сутки 50–70 граммов соли, мясным – 40–50, взрослым свиньям – 30–40, лошадям – 20–40, овцам – 10–15 граммов.

Однако и дикие звери (от которых произошли когда-то домашние) также испытывают нужду в соли. Плотоядным животным легко решить эту проблему, поскольку они с пищей получают нужное количество соли и других минералов. Растительноядные же вынуждены преодолевать солевое голодание, поедая засоленную почву, облизывая вышедшие на поверхность камни из соли – их называют лизунцы, используя воды минеральных источников (если всё это найдут).

Северные олени включают в свой рацион нетипичную и, казалось бы, даже чуждую им животную пищу: леммингов, яйца и птенцов гнездящихся на земле птиц,

кости павших животных, а также выгрызают пятна почвы и снега, на которые попала чья-то моча. Не случайно они приходят к стоянкам человека, привлеченные человеческой мочой, которая содержит много соли.

Теперь о людях. Принято считать, что регулярно употреблять соль человек начал с переходом к оседлому образу жизни, когда с развитием земледелия в его рационе стала преобладать растительная пища. Основанием служат исторические документы, из которых видно, что на протяжении истории человечества неизменным остается правило: земледельческие племена добывают или покупают соль, а племена охотников этого не делают – им и не надо, ведь животная пища сама по себе удовлетворяет потребность в соли.

Однако земледелие, растениеводство и животноводство вошли в человеческую практику сравнительно недавно. Естественно, встает вопрос, как же существа рода *Homo*, которые еще не стали *sapiens*, удовлетворяли потребность в совершенно необходимой для них соли? Насколько мне известно, в антропологии такой вопрос, несмотря на всю его очевидность и принципиальную важность, почему-то никогда не возникал. Конечно, исследователи происхождения человека уделяют много внимания вопросам питания наших древнейших предков, но оно сосредоточено главным образом на предполагаемом рационе безотносительно к удовлетворению потребности в соли. Скорее, идет поиск оптимальной диеты современного человека, как, например, об этом рассуждает научный редактор портала Антропогенез.ру С.В. Дробышевский на канале «Постнаука»: «Один из самых животрепещущих вопросов, которые задают антропологам: “Что ели наши предки?” Ответ на него интересен многим, так как люди пытаются подогнать собственный рацион, диету под палеодиету, которая якобы была самой правильной в прошлом. В принципе идея довольно правильная. Наш организм возник не с нуля, а прошел долгий путь эволюции, и мы приспособлены к конкретным условиям, в которых жили наши предки. Если, например, наши предки всю жизнь питались репой, то наш пищеварительный тракт, зубы

и прочие органы пищеварения должны быть приспособлены к питанию репой, поэтому правильно питаться репой, тогда мы сможем дольше жить». Однако хочется разобраться именно в солевом вопросе, учитывая его исключительную важность для человека как результата эволюции животного мира.

Жизнь дождевого тропического леса

Наука не оставляет сомнения в том, что человек исторически уходит своими корнями в дождевой вечнозеленый тропический лес. Однако именно там солевой вопрос всегда стоял наиболее остро: минеральные ресурсы для питания растений здесь в сильном дефиците.

Приглядимся к этой удивительной растительной формации, как ее называл Александр фон Гумбольдт, гилее. Она заключает в себе огромную биомассу – в среднем 5000 ц/га, а иногда (как, например, в бассейне Амазонки) более 17 000 ц/га сухого органического вещества. Покрывая около 6% поверхности суши, гилея дает 28% общей продукции органического вещества биосферы.

Потребность гилеи в минеральном питании должна быть соразмерна биомассе, но что же мы здесь видим? Наземный субстрат в тропических лесах крайне беден элементами минерального питания, органических остатков на его поверхности накапливается очень мало – все они мгновенно утилизируются, перегнивают. Поэтому лесной подстилки почти нет, тонкий слой мертвых листьев перемежается с участками оголенного каменистого грунта, а почва если и образуется, то лишь в поверхностном слое мощностью не более нескольких сантиметров.

Может быть, корни мощных тропических деревьев добывают минеральную пищу из более глубоких слоев земли? Совсем нет. Корни не идут вглубь, а распространяются горизонтально в поверхностном слое грунта. В лесах Амазонии, например, они находятся на глубине всего 10–20 см. А чтобы тяжелые деревья не падали, у основания ствола зачастую формируются подпорки, подобные контрфорсам: корни первого порядка плоско расширены в вертикальном направлении, что обеспечивает дереву более широкую и жесткую опору. Деревьям, даже отмершим, не дают падать лианы, которые обильно переплетают их друг с другом снизу доверху. В общем, земная твердь необходима им лишь как опора, но никак не в качестве источника питательных веществ. Откуда же берутся минералы?

Мне представляется, что дождевой тропический лес не только оправдывает свое название, но именно в нем, в этом названии, отражена главная его суть – высокая влажность, проистекающая от обилия выпадающих осадков. Дожди, идущие здесь ежедневно, промывают лес; реки, разливаясь от обилия осадков, регулярно затопляют низменные равнины. Так получается постоянная подача воды с поверхности без необходимости извлекать ее из глубоких горизонтов почвы. Минералы же ходят по кругу. Несмотря на огромную массу опада (250 ц/га в год) способность гилеи утилизировать ор-

ганическое вещество кратно превышает его поступление: отходы растений и животных в считанные недели полностью разрушаются бактериями, грибами и растениями, которые не владеют фотосинтезом и должны получать органические вещества в готовом виде. Освобождающиеся минеральные элементы переходят в поверхностные воды, которые становятся уже, по сути дела, гидропонным питательным раствором, постоянно омывающим корни. Корневая система многоярусного леса, сложная, сильно разветвленная, к тому же обильно снабженная микоризой, немедленно захватывает и поглощает содержащиеся в этом растворе минералы. Налицо завершающее звено гидропонной технологии.

И еще одна весьма показательная деталь. В дождевом тропическом лесу очень много растений-эпифитов, которые и вовсе не связаны с подножным грунтом; типичные эпифиты – это орхидеи. Они растут на деревьях в освещенной зоне высоко над землей. Многие из них снабжены воздушными корнями. Не имея прямого контакта с тем раствором, который постоянно подается снизу, эпифиты тем не менее получают достаточное минеральное питание из влажного воздуха лесного полога и непосредственно от дождей. Да и сами тропические деревья через листья эффективно усваивают минеральную пищу, содержащуюся в дождевой воде. А это уже настоящая аэропоника.

Откуда возьмутся минералы в чистой дождевой воде? Их порождает дыхание океана – ветер захватывает насыщенные солями брызги волн, которые сами по себе уже есть питательный раствор. Масштаб этого потока огромен: с атмосферными осадками на поверхность суши из океана ежегодно поступает почти 2 млрд тонн различных солей. Это равно примерно двум третям стока минералов, увлекаемых реками со всей площади суши. Кроме того, воздушные потоки приносят во влажные тропики элементы минерального питания с континентальной пылью, которую ветер несет из засушливых регионов; известно, что до Амазонии долетает пыль из Сахары.

В таких условиях стало биологически выгодно держать резервы минеральной пищи не под ногами, а над головой, то есть непосредственно в приподнятой над землей растительной биомассе. В таком консервированном и биологически связанном состоянии минеральным элементам уже не грозит вымывание, и они могут экономно расходоваться на различные жизненные нужды. Биологический круговорот веществ, отличающийся в дождевом тропическом лесу чрезвычайно высокой скоростью и эффективностью, становится здесь еще и максимально замкнутым.

Степная жизнь

Так вот, именно этой, обособленной, парадоксальной, приподнятой над землей, автономной лесной системе и суждено было стать колыбелью человечества. Но чем же могли питаться здесь наши предки и, главное, как удовлетворяли потребность в соли?

Опять сошлемся на мнение С.В. Дробышевского «Человек как вид, как род и даже как семейство, строго говоря, возник всеядным существом. Наши предки питались всем. Пока это были обезьяны типа проконсула, живущие на деревьях в тропическом лесу в Африке, они ели преимущественно фрукты и листья».

Вполне резонно. Во фруктах хлорида натрия немного, что же касается потенциально съедобных листьев и сочных молодых побегов тропической растительности, то их (как и фрукты) постоянно оmyвает дождевая вода. А в ней из солей больше всего того самого хлорида натрия, что приносит ветер с брызгами океана. Видимо, этого и хватало нашим предкам, которые вели безмятежную жизнь в роскошном дождевом тропическом лесу на приятной фруктовой диете. И стремиться им было не к чему.

Помимо зоны лесов на континентах есть обширные территории с сухим, холодным климатом. Эти территории могли бы так и остаться свободными от высшей растительности, однако эволюция цветковых растений не остановилась на древесных формах: как считает ботаническая наука, она неуклонно шла от высоких деревьев к низкорослым травам. Превращение древесных форм в травянистые началось, вероятно, еще в меловом периоде, когда цветковые растения только появились, и это оказалось эволюционно очень успешным решением. Сейчас число видов трав значительно превышает таковое деревьев и кустарников. Травы играют очень большую, во многих случаях доминирующую роль в растительном покрове суши. И в наибольшей степени их биологический потенциал раскрылся при освоении обширных внутриконтинентальных равнин в пределах умеренных поясов Северного и Южного полушарий – регионов с сухим континентальным климатом, где количество осадков составляет 200–550 мм в год. В середине кайнозоя, примерно 25 млн лет назад, эти обширные территории и заросли травами, образовав, в сущности, один и тот же тип ландшафта – степь Евразии, прерию Северной Америки, пампу Южной Америки или саванну Африки.

Степь – диаметрально противоположность лесу. Если в лесах преобладает надземная масса, то у растений степи, наоборот, главное – сильно разветвленная корневая система, стремящаяся проникать как можно глубже. Там, под землей сосредоточено 60–85%, а иногда и более, всей биомассы степи. Корни травянистых растений, проникая в поисках воды и минеральной пищи в глубь почвы, интенсивно всасывают и перекачивают рассеянные в ней минеральные элементы. В результате со временем в самом верхнем слое земной коры повышается содержание кальция, калия, фосфора, магния и, наконец, натрия.

В засушливых степных районах вся атмосферная влага испаряется либо ее поглощают растения, поэтому почвенный субстрат не промывается. В отличие от лесов, у степных почв щелочная реакция, они содержат много катионов кальция, магния и, что очень важно в контексте рассматриваемой проблемы, – натрия. В степных формациях хлорид натрия выходит местами на земную поверхность даже в концентрированном виде.

В самих степных травах резко увеличивается содержание как белков, так и минералов: при сгорании получается много золы – 500–700, а иногда и 1000–1200 кг/га, тогда как, например, хвойные леса дают лишь 70–100 кг/га. Не случайно, а совершенно закономерно именно в степи образовалась фундаментальная основа биосферы – плодородная, постоянно воспроизводимая почва.

Все это, вместе взятое, способствует чрезвычайно интенсивному размножению в степных регионах различных животных, особенно копытных млекопитающих. Их неисчислимые стада достигают в совокупности огромной биомассы. Понятно, что этой биомассе постоянно требуется много соли дополнительно к растительной пище. Несмотря на повышенную зольность степной растительности, дикие травоядные испытывают недостаток в хлориде натрия, специально разыскивают и находят его в местах своего обитания. Ну а хищники пользуются тучными степными стадами в своих целях.

Выход из дождевой колыбели

Вполне логично, что наши обезьяноподобные предки, став двуногими, обретя свободные руки и прибавив в разуме, однажды вышли из леса в открытую степь. Не важно, сделали они это по собственной воле или причиной стало похолодание, сгубившее тропические леса примерно 17 млн лет тому назад. В степи человек стал умелым хищником, каких еще не было в истории биосферы. А для того чтобы бегать за животными и от них, нужно было решить проблему терморегуляции. Природа решила эту проблему просто – избавила человека от волосяного покрова и снабдила его кожу мощными потовыми железами. Однако при этом возникла другая и не менее серьезная проблема: возросшие с потом потери хлорида натрия вызвали его острый дефицит в организме. Так человек встал на путь соли.

Конечно, поедая мясо, он получал немало соли, но в степи были и другие источники этого вещества. Возможно, люди находили природную соль, следуя за копытными животными и в конце концов приходили к соленым лизунцам, соленым водоемам, солонцам и солянкам или еще к каким-то источникам соли. Очень даже вероятно, что именно здесь, на самых ранних этапах антропогенеза, наши древнейшие предки впервые познакомились с кристаллической солью, которая теперь у нас на столе.

Так в степи человек, образно говоря, нашел и хлеб, и соль. По многим основаниям, степным просторам суждено было сыграть выдающуюся роль не только в истории биосферы, но и в истории самого антропогенеза. Человечество, если иметь в виду род *Homo*, сформировалось не где-нибудь, а именно на необозримых степных просторах. В условиях дождевого тропического леса для эволюции в этом направлении не было никакой перспективы уже по причине хронического солевого дефицита. И если дождевой тропический лес – колыбель человечества, то степь – его *alma mater*.



Кандидат технических наук

И.Ф. Шлегель

Пирамиды из песка

Какие технологии использовали древние строители, создатели мегалитических сооружений по всему миру? Эта тема в числе вечных. Не одну сотню лет светлые умы человечества пытаются разгадать загадку: как без строительных машин, без стального инструмента они точнейшим образом пригоняли друг к другу многотонные блоки? Как делали в прочнейшем граните идеально круглые отверстия, как вырубали барельефы? Ведь возраст этих памятников огромен – у некоторых он теряется в глубинах каменного века. А если это был бетон? Не тот, что запатентовал Жозеф Монье в 1885 году и на изготовление которого нужно тратить много тепла, а другой, получаемый ручным трудом. Автор статьи, директор Института новых технологий и автоматизации промышленности строительных материалов, предлагает свою версию.

Невозможный бетон пирамид

Самые известные мегалиты мира – это египетские пирамиды. Согласно официальной версии, долгие годы огромная армия рабов их строила из гранитных блоков, которые везли из каменоломен в верховьях Нила, а затем блоками и рычагами водружали друг на друга. Реконструкторы технологий даже сумели воспроизвести детали этого процесса и доказали: человеку действительно по силам перемещать огромные глыбы при помощи весьма примитивного оборудования и силы мускулов.

Однако представим себе заслуженного прораба Древнего Египта, перед которым поставлена задача: построить пирамиду. Задача поставлена не кем-нибудь, а фараоном, с которым, как известно, шутки плохи – умри, но сделай. И вот мысли этого строителя заняты непосильной задачей: если строить из кирпича, на обжиг не хватит всех лесов Египта, если строить из камня, то нужна точная подгонка размеров и много рабочих – не хватит населения Египта. Вот бы вылепить строительные блоки из такой глины, чтобы она на месте застывала и не требовала обжига, думает он.



◀ Трудно подумать, но элегантные колонны и своды барселонского храма Саграда Фамилия выполнены из белого бетона, специально подготовленного для этой стройки компанией «Hanson Hispania» из группы «HeidelbergCements». А вдруг и египетские пирамиды также цементные?

▲ Пирамиду Хеопса безвестные строители создали в XXVI веке до н.э. из гранита, не имея под рукой стального инструмента для обработки этого твердого материала

Что это за глина? В принципе, она нам известна – бетон. Более того, реконструкторы уже поработали и на этом поле: они нашли в блоках пирамиды и гвозди, и следы цинковки – мягкой опалубки, и даже человеческие волосы. Одного не нашли: нужного состава, который позволил бы делать искусственные блоки гранита, не отличимые от монолитного камня. А почему нельзя использовать известный нам цементный бетон? Потому что цемент нужно обжигать, а это требует огромных расходов энергии, то есть в древние времена – дров, которых в Египте не было и нет.

Так появилась идея, что египтяне использовали так называемый геополлимерный бетон, который придумал французский химик Иосиф Давидовиц в 1978 году. Конечно, меня заинтересовал состав этого сказочного материала. А он такой: шлак, зола, гидроксид калия или натрия, жидкое стекло, вода. Получается, что если первая часть названия удивительного бетона, «гео», предполагает, что все материалы берут с поверхности земли, то из «гео» в этом составе одна вода. Давидовиц пишет, что гидроксид натрия в избытке имеется в соляных озерах, а вместо золы может быть использован ил со дна Нила, которого опять же в избытке. Однако гидроксид что натрия, что калия в

природе отсутствуют. Их можно получить из соды, но ее в Древнем Египте добывали отнюдь не из соляных озер, а получали из минерала натрона, запасы которого были столь малы, что эта сода никак не могла пойти на строительство пирамид – вся она уходила на производство стекла. Соду в промышленных количествах можно делать из мела, однако соответствующий сложный химический процесс был разработан бельгийцем Эрнестом Гастоном Сольве только в 1861 году, и этот процесс требует немалых затрат тепла. Речной ил содержит до 30% органических веществ, и его нельзя в исходном виде использовать в составе шлакощелочного вяжущего. Зола, ввиду отсутствия ТЭЦ, можно было получать, сжигая деревья, но это дорогое удовольствие, ведь древесины в долине Нила никогда не хватало и ее импортировали. Для доказательства идеи Давидовица показывают фильм, где ряженные под древних египтян замешивают в яме геополлимерный бетон, причем засыпают «чистый» гидроксид калия и получают формованные в опалубку блоки.

Интересно, что, глядя на состав якобы нового материала, видно, что это обычный шлакощелочной бетон, известный уже более 100 лет. В «Справочнике кустаря» 1931 года издания приводится много

рецептов этого бетона, используемого для реставрации мрамора, гранита и тому подобных каменных изделий. Причем рецепты взяты из еще более ранних зарубежных изданий. В СССР в Киевском инженерно-строительном институте в начале 1950-х годов под руководством профессора В.В. Глуховского тщательно изучали шлакощелочное вяжущее для бетона, однако эти разработки не удалось широко внедрить: цемент оказался выгоднее.

Таким образом, Иосиф Давидовиц придумал красивое слово для обозначения известного шлакощелочного вяжущего и метод продвижения этого вяжущего на рынок путем широкой рекламы, построенной на раскрытии «тайны строительства египетских пирамид».

У его работы было интересное продолжение. Авторы новой хронологии А.Т. Фоменко и Г.В. Носовский собрали множество аргументов в защиту способа изготовления из бетона блоков для строительства пирамиды и склонили значительную часть аудитории в пользу бетонной версии. Однако из-за невозможности ответить на вопрос: что же это был за бетон? – ухватились за предложение И. Давидовица и признали геополимер. В результате геополимер Давидовица оказался ложкой дегтя в бочке с медом, и гипотеза бетонного строительства была поставлена под сомнение, так как геополимер в качестве материала для строительства пирамид не выдерживает самой доброжелательной критики.

Нанотехнология бетона

Вернемся к древнеегипетскому прорабу. Стоит он на берегу Красного моря, смотрит на набегающие волны, на то, как песок трет песок. Бросает камушки в воду, и тут в его руке оказывается странный камень, похожий на тот, что попался мне на пляже, когда я отдыхал в Дубае. Рассматривая его, можно увидеть конгломерат, состоящий из отдельных камней, ракушек и частиц кораллов. Причем все это прочно связано между собой, и в связке просматриваются мелкие частицы песка. Возникает мысль: «Не те ли это частицы, что образуются от трения песка о песок?»

Набрав немного песка и возвратившись домой, будущий строитель пирамиды в результате нехитрого эксперимента убеждается: частицы кварца, измельченные мельче мелкой пыли, обладают вяжущими свойствами и не рассыпаются при сушке. То есть копирует у природы то, что теперь называют зольгель-технологией. К сожалению, среди египтологов, пытающихся ответить на вопрос о строительстве пирамид, не было и нет ни одного специалиста, знающего строительные материалы и коллоидную химию. Иначе они бы давно догадались, что именно такая технология позволяет без сверхъестественных допущений построить пирамиды и объяснить многие несуразности.

Напомним, что золь – коллоидный раствор, где в объеме жидкости равномерно распределены частицы другой фазы (ее называют дисперсной), а гель – структурированная система; это тот же коллоидный



Фото: И. Ф. Шлегель



▲ Камни с берега Персидского залива состоят из ракушек, обломков кораллов, склеенных кремнистой связкой

раствор, в котором частицы дисперсионной фазы образуют пространственную структуру. Процесс зольгель предполагает сначала получение золя, который затем переводят в гель. Каркас же формируется из соединившихся частиц дисперсионной фазы. Способность золь становиться гелями известна уже три столетия, однако сейчас этот процесс окрестили модным словом «нанотехнологии». Хотя если вспомнить, что, скажем, в глине много частиц размером менее 100 нм, то окажется, что она – явный наноматериал, а процесс изготовления кирпича, известный по меньшей мере пять тысячелетий, уместно окрестить нанотехнологией.

К настоящим чудесам нанотехнологии следует отнести разработки известного российского материалововеда и специалиста в области керамобетонных, доктора технических наук Ю.Е. Пивинского, который создал немало огнеупоров для металлургии и космической техники. Он не только исследовал высококонцентрированные вяжущие суспензии, но и внедрил их в производство огнеупоров на заводе «Динур». Суть его подхода состоит в том, что некоторые неорганические вещества, измельченные до частиц размером менее 100 нм, обладают вяжущими свойствами, то есть могут образовывать гели. К таким веществам



▲ Южный Камень баальбекского храма Юпитера (I век н.э.)
современная строительная техника не сдвинет

принадлежат SiO_2 , Al_2O_3 , TiO_2 и некоторые другие. Для получения бетона к гелю из них добавляют наполнители: известняк, гранит, диорит и другие минералы. При этом важно, чтобы частицы-наполнители имели полидисперсный состав, подчиняющийся требованию оптимальной упаковки: тогда количество вяжущего составит всего 4–6% от массы бетона.

И что в результате? В зависимости от того минерала, что применяли в качестве наполнителя, можно получать искусственные блоки известняка, гранита, мусковита, базальта, аргиллита и многих других. В наше время, впрочем, такой искусственный камень не имеет экономической перспективы как декоративный материал: дешевле добывать в карьере натуральный камень и затем распиливать на плиты и блоки, благо современные стальные и алмазные инструменты легко позволяют это делать. А для изделий домашнего обихода – столешниц, раковин из искусственного камня – разработаны составы с минералами на эпоксидном связующем. Для техники же такие искусственные камни оченьгодились. Пивинский делал из них не только огнеупоры для футеровки установок непрерывной разливки сталей, но и головные обтекатели ракет зенитных комплексов С-300 и С-400.

На заводе «Динур» огнеупоры изготавливают с использованием кремнезема: он обладает самым низким тепловым коэффициентом линейного расширения – это важно для обеспечения термостойкости при смене тепловых режимов. А вот попытки использовать такой способ в производстве строительного кирпича успеха не имели: себестоимость продукции оказалась слишком высокой.

Образцы-свидетели

У древнеегипетского прораба было много рабочих рук, мало топлива и не было ни стального инструмента, ни хорошего материала для масштабного строительства. Поэтому золь-гель-технология могла оказаться его единственным спасением от гнева фараона. Можно ли найти следы применения такой технологии? Да, для этого нужно другими глазами взглянуть на известные египетские артефакты.

При раскопках находят жернова. Они служили для первичного помола песка и отмывки оксидов железа. Оксиды железа отравляют коллоидное вяжущее, поэтому их должно быть не более 1%, иначе изделие получается непрочным. В обычных песках оксида железа гораздо больше, 5–6%, потому они

и требуют отмывки. Значит, рядом со стройплощадкой должно быть это железо. И оно есть: оксидные конкреции, так называемые кирасы, разбросаны вокруг пирамиды и встречаются даже на глубине 20 метров. Видимо, получившуюся при отмывке песка жидкость с большим содержанием железа сливали в расщелины, и при потере воды она превращалась в твердые жилы.

Другой важный артефакт – каменные терки, также в большом количестве обнаруженные при раскопках; они служили для доведения отмытого кремнезема до наноразмерных фракций. На заводе нанометровые фракции кремнезема получают в шаровых барабанных мельницах. Однако перетирание более выгодно по трудозатратам, чем ударное измельчение в шаровых мельницах. Так возникает возможность оценить сверху трудозатраты: при переработке одного и того же объема материала древнеегипетские рабочие тратили меньше энергии, чем мельницы.

На заводе «Динур» на одну тонну вяжущей суспензии затрачивают 375 кВт.ч электроэнергии. Вес пирамиды Хеопса – 5 млн тонн. Однако если учесть, что ее середина сделана на треть из колотых известняковых блоков, то для строительства понадобится 3,3 млн тонн бетонных блоков. По свидетельству Геродота, стройка заняла 30 лет. Значит, в год было необходимо сделать 110 тысяч тонн блоков, и, если работать 360 дней в году, – 300 тонн блоков в день. При этом вяжущего надо 4%, то есть около 12 тонн в день. По нормам завода выходит, что расход энергии на перетирание составлял 4500 кВт.ч.

Как известно, один киловатт электрической мощности соответствует мощности тридцати трех человек. С учетом 12-часового рабочего дня для выработки одного кВт.ч энергии нужно $33:12=2,75$ человеко-дня. Тогда для изготовления 12 тонн связующего потребуется $4500 \cdot 2,75 = 12\,375$ человек. Это число согласуется с данными историков, которые утверждают: на строительстве пирамиды работало 100 тысяч человек. Как видно, примерно 12% из них были заняты получением вяжущего для бетона. Это вполне разумно.

Интересный артефакт – частицы меди, обнаруженные на поверхности гранитных блоков. Версия о том, что это следы от медных пил, использованных при распиле блоков, выглядит фантастической: гранит намного тверже меди и, если быть материалистом, такую обработку надо признать невозможной. А вот отделать опалубку медными листами вполне разумно: она прослужит долго.

Рядом с пирамидой Хеопса обнаружили ладьи. Похоже, их легендарное назначение для переправы души умершего фараона через реку Стикс можно отнести к сказкам для доверчивых туристов. Назначение ладей оказывается гораздо прозаичнее: это емкости для перевозки бетона. Интересно, что у них выгодное отношение ширины к длине, которое позволяет транспортировать большие объемы материала по узким проходам. В результате становится приемле-

мой идея архитектора и энтузиаста исследования пирамид Жан-Пьера Удена о том, что обнаруженные в пирамиде внутренние пандусы с уклоном 7% предназначены для транспортирования строительных материалов. Только транспортировали по ним не громадные блоки, а бетон, приготовленный на кремнеземистом связующем.

Одну ладью нашли в яме, которую так и называли – ладейная яма. Скорее всего, в ямах мешали и выдерживали бетон. А ладью в одной из них оставили для замачивания да и забыли. Прилагаемыми к ладьям веслами не гребли, а мешали бетон: полученное при помощи терок кремнеземистое вяжущее сливали в яму, а затем выдерживали – нормализовывали, для чего требуется слабое помешивание. В дальнейшем, когда набиралось необходимое количество вяжущего, в яму при более интенсивном перемешивании засыпали песок, мелкий, а затем и крупный щебень. Полученный бетон загружали в ладью и перевозили к месту укладки в опалубку.

Гигантские размеры блоков не случайны: в опалубку таких размеров можно бросать крупные камни – они создают ударную волну, которая способствует вытеснению воздуха и уплотняет бетонную смесь. Кроме того, такой камень замещает некоторое количество драгоценного бетона, образуя оптимальный гранулометрический состав. Скорее всего, камни утапливали послойно при помощи колотушек, они же еще сильнее уплотняли бетон. А если бы строительство вели из цельных блоков, не было бы никакого смысла делать их таких размеров, если, конечно, для транспортировки не привлекать явление левитации. Следы от пил и надпилы блоков, сделанные якобы неизвестным в древности инструментом, могли появиться уже в наши дни при изучении материала пирамид. По свидетельству крупного специалиста-египтолога Альфреда Лукаса, реставратора Каирского музея, во множестве иероглифов, хорошо сохранившихся до наших дней, изображены процессы обработки камня: отбивание в каменоломне, трение зажатыми в руках камнями, сверление; однако нет ни одного изображения распиливания!

Тем же способом, что искусственные гранитные блоки, можно делать и штукатурку, только с наполнителем из одного песка. А если этот песок сделать измельчением гранита, тогда отштукатуренную поверхность будет трудно отличить от гранитного монолита. Выпуклые узоры и иероглифы на стенах печатали по влажной штукатурке штампом, заранее вырезанным из дерева.

Саркофаг в переводе означает «пожиратель мяса», однако он уже давно служит пожирателем умов египтологов: много лет они ломают голову – как он оказался в центре пирамиды Хеопса, если габариты саркофага намного превышают ширину проходов. Проблема решается, если изготовить саркофаг и крышку из искусственных черного базальта и красного гранита: их делали на месте и заливали в опалубку.

Интересно искусство размягчения камня, о котором говорят исторические источники: это свойство

присуще изделиям с высококонцентрированной вяжущей суспензией. Такие изделия, набравшие некоторую прочность, но еще не высохшие, могут размягчаться при механических воздействиях; а если они потеряли некоторый процент влажности, то при орошении вновь приобретают пластичность.

Круговорот размеров

Используя гипотезу о древнем нанобетоне, можно объяснить странности не только египетских пирамид, но и некоторых других загадочных сооружений. Например, в Перу, в древнем поселении Мачу-Пикчу, есть стена, где неведомая сила выгнула блоки. Здесь нет ничего сверхъестественного: строители рано сняли опалубку, пошел ливень и под его напором стену выгнуло. Потом бетон набрал прочность, а стена так и осталась искореженной.

Оплавленный участок стены в Куско некоторые энтузиасты приписывают взрыву ядерной бомбы, который произошел неподалеку. Однако поверхности, похожие на остеклованные, получаются, если доза наносвязующего более 6%. Полигональную кладку, выполненную без всякого раствора из плотно пригнанных друг к другу камней, применяли для строительства многих мегалитов. Объяснить ее, придерживаясь версии строительства из отесанных монолитов, очень трудно, если не прибегать к помощи инопланетян и сверхъестественных сил. А вот приняв, что это была бетонная технология, удастся прояснить многое. Опалубкой в этом случае служила кожа, натянутая на деревянную рамку. Поэтому блоки и получились выпуклыми с обрамлением по контуру – это след от рамки. А размер их разный оттого, что кожи были разными.

Мегалитические сооружения разбросаны по всей планете, они встречаются и в Африке, и в Азии, и в Америке. Самый крупный объект – в ливанском Баальбеке, в храме Юпитера. Это так называемый Южный Камень, его вес больше 1000 тонн. Такую громадину доставить на место не помогла бы и современная грузоподъемная техника. Понятно, что этот камень, как и многие пирамиды, искусственного происхождения и сделан также по бетонной технологии на кремнеземе-связующем.

Как же в древние времена в разных концах света люди могли обладать одной и той же технологией? Ученые, опасаясь насмешек, не занимаются этим вопросом, а энтузиасты предполагают, что «сакральные» знания нам передали инопланетяне. Я ничего не имею против инопланетян, однако не уверен, что нельзя дать ответ без учета инопланетного вмешательства. Альфред Лукас пишет: «Почти всякое вещество, даже совершенно инертный кварц в достаточно мелко истолченном и в смоченном состоянии обладает хотя бы небольшой силой сцепления, но при высыхании частицы его распадаются, отсюда вывод: измельчение не решает проблемы, да и материал в этом случае не был мелко истолчен». Он стоял на пороге открытия, но, работая экспертом музея, не стал «мелко толочь», тем

более измельчать мельче мелкого и не перевел песок в состояние кремнеземистого связующего. Видимо, в разных концах света в разное время некоторые более наблюдательные люди смогли пойти дальше Лукаса и, подобно упомянутому древнеегипетскому прорабу, создавали свою нанотехнологию кремнеземистого связующего. Однако эта технология имеет смысл именно для создания мегалитических сооружений, когда людей много, а дров для обжига тех же кирпичей мало. Условия изменились, необходимость строить такие колоссы, как пирамида Хеопса или баальбекский храм Юпитера, отпала, и технология была забыта: из кирпича строить удобнее.

Наблюдая за природой, мы понимаем, как из гор рождаются камни, которые со временем превращаются в щебень и гальку, а затем становятся песком и глиной. В дальнейшем происходит обратный процесс: кремнеземистое вяжущее опускается на глубину, где цементирует песок и различные обломки, образуя осадочные породы – ракушечник, известняк, гранит и множество других минеральных образований, которые составляют три четверти земной коры. Так, подобно закону круговорота воды в природе, можно сформулировать закон круговорота размеров минералов в природе: крупное рождает мелкое, мелкое становится крупным.

Смысл пирамиды

Если с технологией строительства пирамид можно разобраться, то надежд на разгадку тайны их предназначения гораздо меньше. Египтологи посчитали, что на данный момент существует около 600 версий, которые укладываются в несколько направлений технологического, религиозного, физического и эзотерического характера. Добавим к этому еще одну версию, психологическую.

Строительство огромного, заметного из космоса сооружения потребовало огромных усилий. Казалось бы, такая трата должна иметь разумное обоснование. Однако порой человек тратит много усилий для достижения совершенно бессмысленного результата. Например, рискуя жизнью лезет на скалу, чтобы написать на каменной плите: «Здесь был Вася».

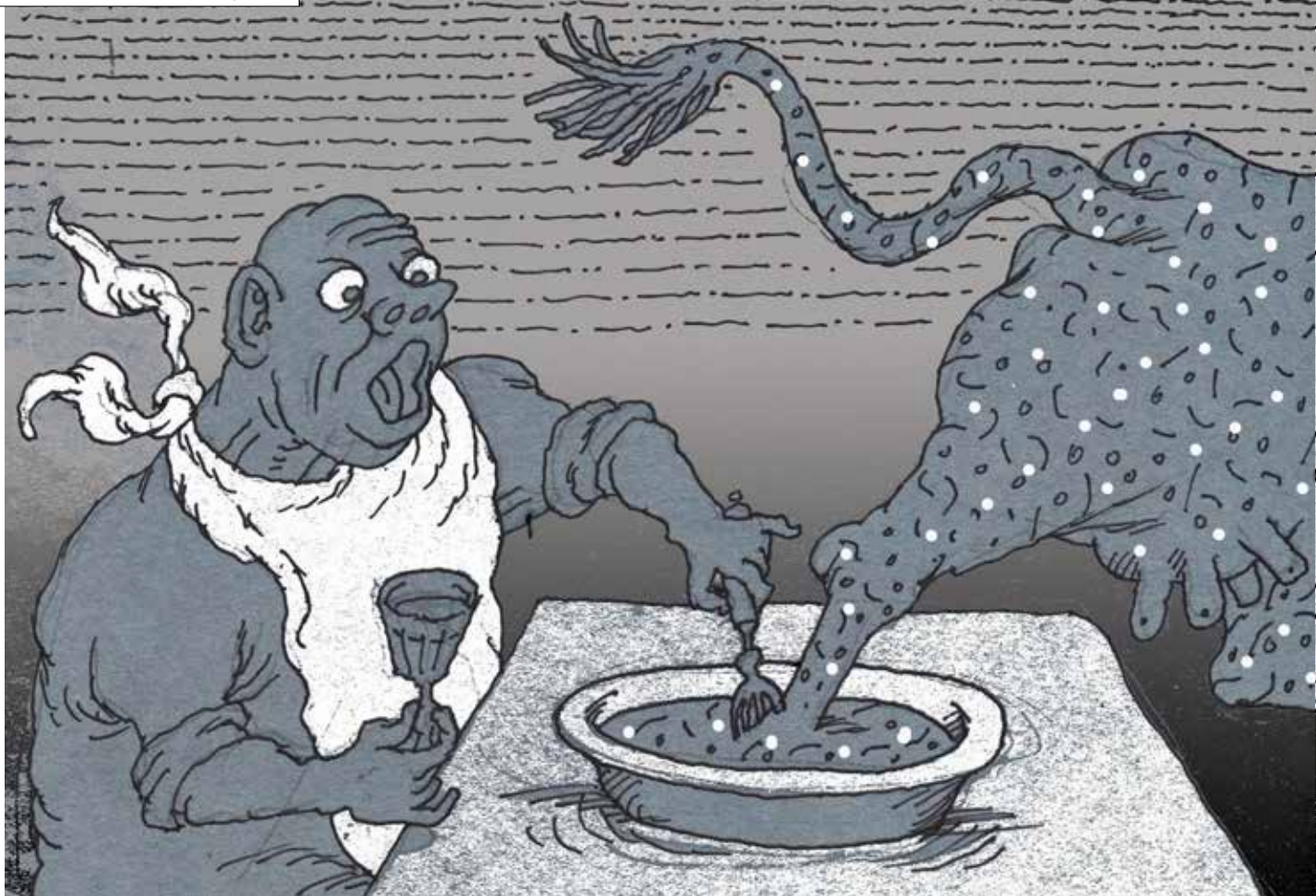
Фараонам ничто человеческое не было чуждо, и, вполне возможно, что они тоже хотели оставить свой след в истории. Тем более что лично фараону для строительства пирамиды надо приложить примерно столько же сил, сколько и Васе.

Зато мы теперь знаем, что «Здесь был Хеопс»!

Что можно прочитать по этой теме

Ю.Е. Пивинский. Кварцевая керамика, ВКВС и керамобетоны. История создания и развития технологий. СПб.: Политехника-принт, 2018.

А. Лукас. Материалы и ремесленные производства Древнего Египта. М.: Издательство иностранной литературы, 1958; Ancient Egyptian materials and industries by A. Lucas. London, 1948. Third edition, revised.



Кандидат физико-математических наук

С.М. Комаров

Студень запомнит форму

Гидрогели известны нам в обыденной жизни как желе и студни. Однако, когда они обретают способность менять свою форму при различных воздействиях, то становятся важнейшим материалом и для медиков, и для создателей искусственных существ. Впрочем, материаловеды находятся в самом начале этого скользкого пути.

Работа с формой

Возьмем, к примеру, студень. С точки зрения материаловеда, это композитный гидрогель. Прочность, которая не дает куску студня растечься по тарелке под собственным весом, ему придает сетка из переплетенных молекул коллагена, объем обеспечивает наполняющая эту сетку вода, а волокна мяса – это функциональный наполнитель, на прочностные свойства особо не влияющий, однако отвечающий за потребительские качества – вкус и питательность. Другой всем известный кулинарный гидрогель – фруктовое желе и мармелад, их готовят из желатина или агар-агара, наполнителем здесь служит фруктовый сироп. С несъедобными гидрогелями сталкивались в своей жизни также огромное число людей: полиакрилат натрия впитывает влагу в памперсах, полиакриламид помогает садоводам-огородникам регулировать поступление воды к корням растений.

Каждый, кто имел дело с сухим коллагеном, желатином или полиакриламидом, знает, что, впитывая воду, гидрогель за считанные часы превращается из ничтожной частички в весьма объемный кубик. Однако такое превращение даже не формы, а объема

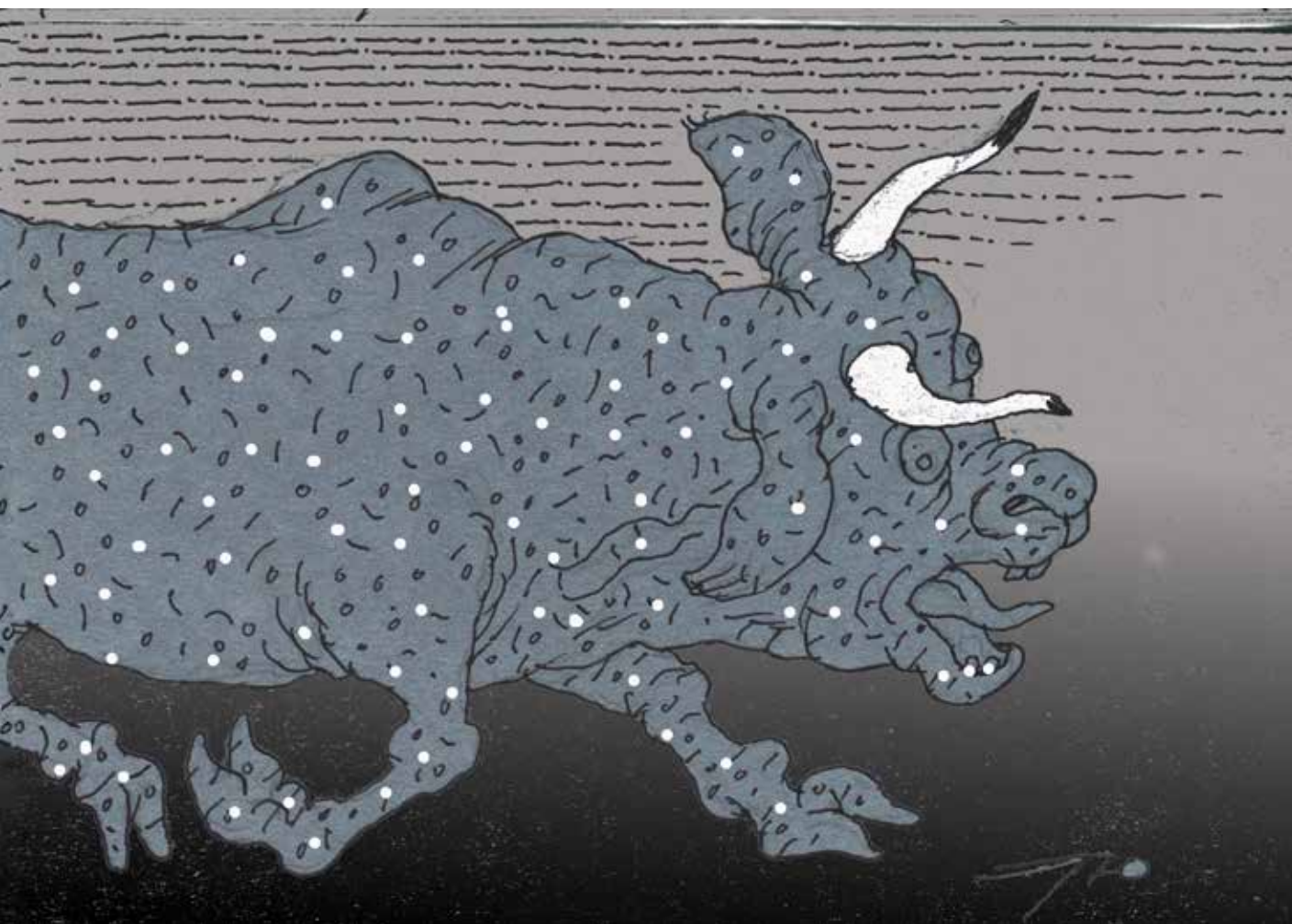


Иллюстрация Сергея Тюнина

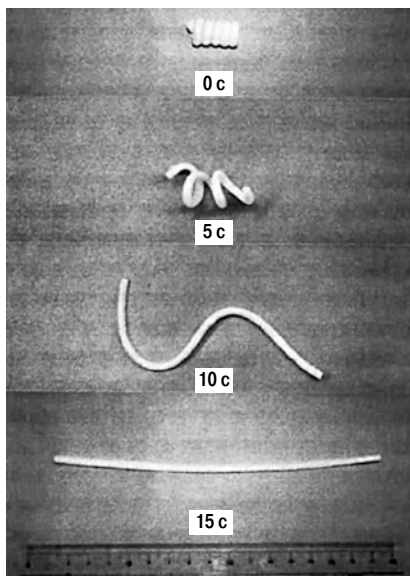
выглядит каким-то несерьезным, неконтролируемым, поэтому, несмотря на то что студенты люди готовят с незапамятных времен, материаловеды в качестве возможного предмета своего интереса его не воспринимали, предпочитая работать с материалами более надежными и прочными.

Например, если завести разговор об эффекте памяти формы, то с вероятностью 99% предметом обсуждения станут металлические сплавы, а главным материалом этого класса окажется нитинол – сплав на основе никелида титана, у которого за возврат формы отвечает мартенситное превращение. Под действием деформации в нитиноле и ему подобных сплавах снижается температура превращения. Если она оказывается ниже комнатной, то превращение происходит, и в ходе него атомы решетки одновременно изменяют свое взаимное расположение, фиксируя деформацию. А при нагреве идет обратное превращение, атомы занимают исходные места, и деформация исчезает – деталь принимает прежнюю форму.

Сплавы с эффектом памяти формы вызвали в 70-х годах материаловедческий бум, из них было создано множество интересных изделий – от самосваривающихся муфт для труб до всевозможных хирургических

приспособлений, которые с нанесением минимальных травм можно вставлять в человеческий организм. Одним из таких медицинских шедевров считается нитиновый стент. Это узенькая сеточка, которую вводят в кровеносный сосуд и там она под действием тепла тела разворачивается в трубочку, расширяющую проток сосуда. По иронии судьбы, создатель стента В.А. Займовский из лаборатории термомеханической обработки стали МИСиС внезапно умер из-за оторвавшегося тромба.

У металлических имплантатов, даже нитиновых, есть некоторые недостатки. Порой из-за их способности проводить электричество вокруг развивается воспаление – с этим борются, нанося диэлектрическое покрытие. Кроме того, нитиновая деталь не может рассосаться, заместиться собственной тканью человека. Изготавливать по индивидуальным чертежам металлические детали – тоже не самая простая задача, от этого цена выходит немалой. Ну и конечно же жесткость металлического сплава позволяет успешно делать из него имплантаты твердых тканей – костей, – но никак не тканей мягких. Вот тут и начинается история гидрогелей с эффектом памяти формы.



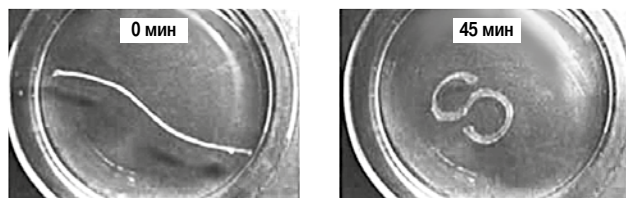
▲ Фото 1

Гидрогель с памятью формы, придуманный Осадой Ёсихито и Мацудой Ацуси («Nature», 1995): плотная спиралька из него за 15 секунд после нагрева разворачивается в прямой стержень

Теоретически для «мягкого» применения они превосходят металлы, потому что полностью биосовместимы, способны рассасываться в организме, а их жесткость соответствует таковой у мягких тканей живых существ. Немаловажна и стоимость материала – у полимера она существенно меньше, ну а способность менять размер во много раз, что недоступно металлическим сплавам, дает конструкторам гораздо больший простор для реализации своих фантазий в деле обратимого изменения формы объектов их творчества. Правда, глядя на студень, трудно заподозрить в нем способность служить конструкционным материалом, однако на то и искусство материалововеда, чтобы разными ухищрениями совершать, казалось бы, невозможное, в частности, превращать кусок студня в плотное желе, которое не разваливается в руках.

Видимо, эти соображения, а также страсть к познанию нового, которая движет всяким истинным ученым, и привели к тому, что в начале 90-х годов Осада Ёсихито и Мацуда Ацуси из Хоккайдского университета в Саппоро занялись созданием гидрогелей, которые смогут менять свою форму не за счет поглощения и выделения воды, а под действием температуры. При этом они исходили из того, что именно гидрогели, в отличие от металла и многих полимеров, очень хороши тем, что мягкие и влажные, то есть должны отлично приживаться в человеческом теле.

В 1995 году исследователи отчитались о проделанной работе коротким письмом в номер журнала «Nature» от 20 июля, рассказав о первом таком гидрогеле (фото 1). Его скелет составила хорошо известная полиакриловая кислота, отлично набухающая в воде. А к молекуле полимера были приделаны небольшие



▲ Фото 2

При набухании полоска из геля, созданного Цуем Юйлинем с коллегами («Journal of Materials Chemistry B», 2014), вспоминает свою форму и за 45 минут сворачивается в восьмерку

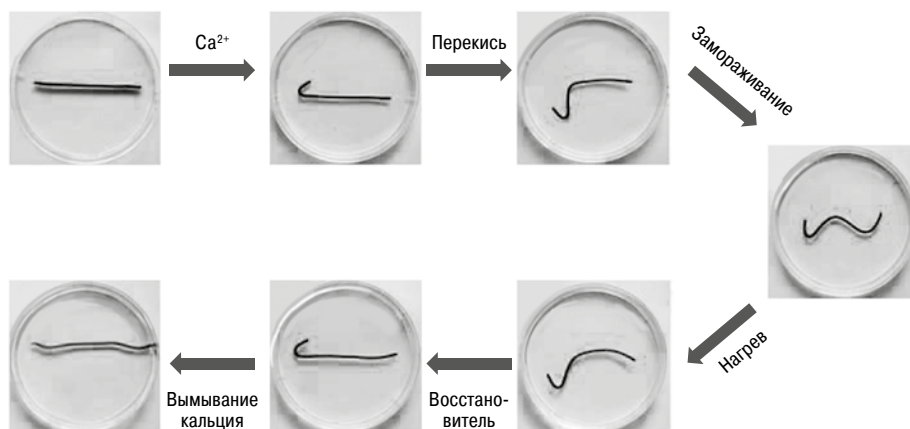
боковые цепочки из стеарилакрилата. В зависимости от температуры они способны пребывать в кристаллическом либо аморфном состоянии – в первом состоянии гель получается жестким, как типичный пластик, а во втором модуль упругости падает в тысячу раз и вещество размягчается.

Эффект памяти проявлялся так. Стержень, изготовленный из такого геля, нагрели выше температуры перехода в аморфное состояние, скрутили в спиральку, а затем, удерживая эту форму, охладили; возникшая кристаллическая фаза сохранила эту пружинку подобно тому, как замки на ремнях корсета удерживают затянутую в него фигуру. А при повторном нагреве кристаллический порядок исчез, замки растегнулись, и молекулы скелета, освободившись, возвратились в первоначальное положение – пружинка распрямилась, стала стержнем.

Замки и замочки

У металлических материалов есть лишь один способ запомнить форму – мартенситное превращение, причем осуществленное нежно, так, чтобыдвигающиеся при этом границы элементов структуры смещались без каких-либо препятствий; только в этом случае они смогут вернуться точно на свои места. Скажем, в стали так не получается, там мартенситное превращение поступает грубально и полностью переформатирует всю микроструктуру материала, поэтому у стали память формы если и можно вызвать, то с огромным трудом и низкой эффективностью.

У полимеров возможностей больше хотя бы потому, что число органических соединений и их комбинаций безгранично велико. За четверть века работы исследователи, главным образом из КНР, создали огромное число самых разнообразных полимерных систем, способных проявлять эффект памяти формы. Принцип в основном остался тем же, что использовали Осада и Мацуда: сетка из длинных молекул, образующая скелет геля, вода, придающая ему объем, и приделанные к скелету ремешки из коротких цепочек, способных стягивать полимерную сетку, причем об-



◀ Фото 3
Альгинатный гель, благодаря искусству Таня Линь и его коллег («ChemComm», 2018), оказался способен запомнить несколько изгибов, а затем, повинаясь командам экспериментаторов, восстановить их

ратимым образом. Помимо кристаллических, работающих под действием тепла, для этих ремешков есть еще несколько замочков со своими ключами.

Вот, например, вода. Казалось бы, она может только изменять объем гидрогеля. Однако в 2014 году исследователи из лаборатории Го Мин-юя в университете Сучжоу сделали прочный гель из полиэтиленгликоля (это вещество применяют, например, как основу для кремов или добавку в зубные пасты, сохраняющую воду) без каких-либо ремешков («Journal of Materials Chemistry B», 2014, 2). Это был совсем не студень – прочность на разрыв составила 4 МПа, то есть всего в три раза меньше, чем у кожи, причем при удлинении почти в восемь раз.

При высушивании гель кристаллизовался, и ему можно было в таком сухом состоянии придать некую новую форму, например распрямить. Вода растворяет кристаллы этого полимера: при набухании она, как ключ, раскрывала кристаллические замочки и материал принимал исходную форму, а именно из выпрямленной полоски свивался в восьмерку (фото 2). Правда, процесс шел не быстро – около часа.

В числе широко используемых замочков – ионные или водородные связи, комплексы с ионами металлов. Ключами тут могут служить и кислотность окружающей среды, и облучение, и даже участие ферментов. Например, в если в гидрогеле у молекул скелета имеются карбоксильные группы ($-\text{COOH}$), то они образуют комплексы с ионами цинка или кальция и те закрепляют временную форму. Изменение кислотности эти замочки раскрывает, и форма восстанавливается. Причем можно создать систему, где восстановление формы идет постепенно – это интересно для адресной доставки лекарства: оно будет высвобождено в той части пищеварительного тракта, где имеется нужная кислотность. Очень интересен комплекс с трехвалентным железом: при его восстановлении до двухвалентного замочек открывается. Это важно потому, что в организме человека есть специальные ферменты для восстановления железа; они и станут раскрывать такие замочки, освобождая содержимое целебных гидрогелевых капсул. В общем, имея в своем распо-

ряжении замочки, раскрываемые как химическими, так и физическими ключами, материаловеды получили весьма гибкий инструмент, чтобы программировать поведение гидрогелей.

В частности, используя несколько замочков с разными ключами, можно восстанавливать не одну, а несколько форм у одного и того же куска гидрогеля; нынешний рекорд – трехкратное изменение формы. Например, Вень Ланьфан с коллегами из Технологического университета Южного Китая («ChemComm», 2018) смешали альгинат (это выделенное из водорослей вещество служит, в частности, для приготовления желе) с поливиниловым спиртом (работает, например, как смазка для глазных линз или загуститель для шампуня, клея). Альгинат, впрочем, был непростым – к его молекулам во многих местах приделали короткие цепочки с тиоловыми группами ($-\text{SH}$) на конце. В результате получилось три типа замочков: во-первых, комплексы, которые ион металла создает с макромолекулами геля, во-вторых – мостики, возникающие при соединении двух тиоловых групп в дисульфид (процесс, аналогичный образованию дисульфидных мостиков в белках), а в-третьих – водородные связи.

Работало это так (фото 3). В систему ввели хлорид кальция, поскольку ионы кальция часто используют для сшивания молекул альгината ионной связью между кальцием и карбоксильной группой; так зафиксировали изгиб первоначально прямого стержня. Затем, добавив перекись водорода, замкнули дисульфидные связи и зафиксировали второй сгиб. После материал заморозили и еще раз причудливо изогнули: в дело вступили водородные связи, оформившие кристаллические блоки.

А потом стали форму восстанавливать, для чего материал нагрели: кристаллические застежки раскрылись и причудливые изгибы исчезли. Добавка восстановителя разрушила дисульфидные мостики. Остался лишь один изгиб – его держали ионы кальция: вымыв их, стержень распрямили. Судя по фото 3, нельзя сказать, что формы восстанавливались идеально, но это была первая работа, где материаловеды одновременно задействовали три механизма. Спо-

способность гидрогеля последовательно менять формы при постепенном отмыкании разных замочков может пригодиться при дозированном выделении лекарства, особенно когда нужно последовательно воздействовать несколькими препаратами, скажем, при дуальной химиотерапии рака.

А что с прочностью гидрогелей? Удастся ли добиться, чтобы студень перестал быть студнем и превратился в конструкционный материал? Да, проблема решается. Вот как это сделала в 2019 году группа исследователей из Юго-Западного университета транспорта в Чэнду во главе с Чжоу Шаобином («Polymer Chemistry», 2019, 10). Они взяли опять-таки полиэтиленгликоль, управлять формой которого можно с помощью воды, и приделали к нему молекулы дофамина. Казалось бы, при чем тут гормон удовольствия? А он, оказывается, не только активирует соответствующие рецепторы мозга, но и служит важным компонентом того прочнейшего клея, которым моллюски приклеиваются к камням. При окислении дофамин сшивает молекулы полимера, к которым приделан. Окислителем же служил периодат натрия, NaIO_4 : когда его брали в соотношении 1:2 к молекулам дофамина, он создавал наибольшее число дофаминовых мостиков между молекулами полиэтиленгликоля. Соответственно, обеспечил и наибольшую прочность (12 МПа), почти как у кожи, и разрушался лишь при растяжении почти в восемнадцать раз! И это не в сухом состоянии, когда прочность гидрогелей максимальна, а при 10%-ном содержании воды. При 30%, когда начинал проявляться эффект памяти формы, прочность, впрочем, падала до 2,68 МПа. Но это все равно много, ведь предшественники получали на гидрогелях полиэтиленгликоля стократно меньшую прочность при схожей эластичности, всего 35–53 кПа. Помимо воды памятью формы созданного группой Чжоу гидрогеля можно было управлять и нагревом до температуры человеческого тела: сложенная пополам экспериментальная пластинка при такой температуре самопроизвольно распрямлялась.

А зачем это нужно?

Как говорил герой С.Ю. Юрского в фильме «Место встречи изменить нельзя»: «Вы же меня этим вопросом наповал бьете. Но при желании можно ответить и на этот вопрос». Пока что подобные гидрогели если и имеют шансы найти применение, то в качестве тампона для остановки кровотечения, который надежно закупорит рану. Во всяком случае, исследователи уже проводят не отвлеченные демонстрации, а практически важные опыты и даже клинические испытания таких тампонов, и новый материал демонстрирует явные преимущества над давно используемыми.

Вот работа, которую в 2018 году провели Го Баолинь из Сияньского университета транспорта и Питер Ма из Мичиганского университета со своими коллегами («Nature Communications», 2018, 9). Их задачей было создать тампон, которым, во-первых,

можно было бы останавливать кровь в глубоких колотых ранах, поскольку их невозможно перевязать, а во-вторых, чтобы он сам, без добавок антибиотиков, справлялся с инфекцией, которая могла попасть в рану. Поэтому исследователи за основу взяли природный биополимер хитозан: его получают из хитина, причем медики уже давно пытаются его использовать ввиду биосовместимости и антибактериальных свойств. Для повышения прочности в материал добавили углеродные нанотрубки, к которым пришили функциональные цепочки: при образовании геля они создавали химические связи с молекулами хитозана, сшивая их в сеть.

Эту смесь охладили до -20°C и провели криополимеризацию, в результате чего получился криогель с очень пористой структурой. Цилиндр из такого геля можно было легко сдавить пальцами в плоский диск, который мгновенно распрямлялся при снятии нагрузки: обратимая деформация сжатия составляла 2000–3000% в зависимости от количества нанотрубок. Зачем это было нужно? Способность к легкой деформации при небольшой нагрузке очень важна для такого материала – ведь он должен разбухать как можно нежнее, чтобы возникающей нагрузкой не наносить дополнительную травму ране. А разбухал хитозаново-нанотрубочный гель хорошо: цилиндр из него при насыщении водой увеличивал свой диаметр в пять раз, в длину же почти не рос. Благодаря этому он прекрасно закупоривал глубокие колотые раны, которые наносили мышам и кроликам. Достаточно было тонким катетером ввести туда маленький тампон, и кровотечение останавливалось в считанные секунды, чего нельзя сказать о желатиновых губках или стандартных армейских тампонах, которые делают из бинта, пропитанного каолином.

Добавленные в гель нанотрубки сыграли не только роль упрочнителя. Во-первых, они придали ему электропроводность, а исследователи из предыдущих опытов знали, что проводящий тампон заживает рану быстрее, чем диэлектрический. А во-вторых, нанотрубки прекрасно поглощают тепловое излучение. Поэтому тампон стал своеобразным внутренним нагревателем: при облучении закупоренной раны ближним инфракрасным светом, нечувствительным для человека, нанотрубки за 10 минут так разогреваются, что и стафилококки, и кишечные палочки гибнут. А еще при таком нагревании лучше выделяется стандартное обезболивающее ибупрофен, которое было заранее помещено в целебный тампон.

В общем, материал вышел на редкость интересным, что, впрочем, не гарантирует ему быстрое одобрение со стороны медиков, ведь у них уже есть тампоны, которыми они в целом удовлетворены. А, как известно, лучшее – враг хорошего.

Способность гидрогеля останавливать кровь можно использовать и по другому поводу – для блокирования кровотока в артериях; эта процедура, называемая эмболизацией, часто нужна хирургам для разных надобностей. Из геля можно сделать на-

дежную затычку для сосудов. Подобно нитиноловому стенту, гель в виде тонкого стержня вводят в артерию, и от тепла тела он становится спиралью. Только если металлическая проволока расширит просвет артерии для улучшения кровотока, то гелевая спираль, еще и разбухнув, надежно его заблокирует. Наверное, при известной фантазии удастся сделать и такой гель, который потом при каком-то воздействии снова из спирали станет стержнем и его удастся после окончания операции легко из артерии вытянуть.

Останавливающий кровь тампон, который обрастает в ране клетками человеческой ткани, это, в сущности, прототип мягкого имплантата. Однако с гидрогелями, обладающими памятью формы, уже экспериментируют и для создания настоящих имплантатов, способных замещать поврежденную часть какого-то органа. Вот, например, как профессор Ши Пен с коллегами из Городского университета Гонконга готовятся лечить травму позвоночника («ACS Applied Materials & Interfaces», 9 августа 2018 года). Путь им понятен: нужно в место разрыва нервов вставить предшественников нейронов и заставить их сформировать нервные волокна вдоль позвоночного столба.

Однако пока что этого добиться не удастся: новые клетки если и растут, то делают это хаотично и восстановить полноценное прохождение сигналов по спинному мозгу не могут. Для решения проблемы исследователи сделали композитный гидрогель. Он состоял из желатина, циклодекстрина и полиэтиленгликоля, сочетание которых обеспечило ему способность хорошо сжиматься под нагрузкой, причем обратимо; модуль упругости у этого материала оказывается небольшим, и жесткость гидрогеля вполне соответствует таковой у нервной ткани. Нервные клетки прекрасно росли в этом геле: уже через сутки после того, как в гель подсадили эмбриональные стволовые клетки мыши, они расселились по его объему. Тогда гель укрепили каркасом из полимерных волокон, обладающих эффектом памяти формы (это был сополимер молочной кислоты с триметилкарбонатом), и получился готовый имплантат – цилиндрик длиной два и диаметром один миллиметр.

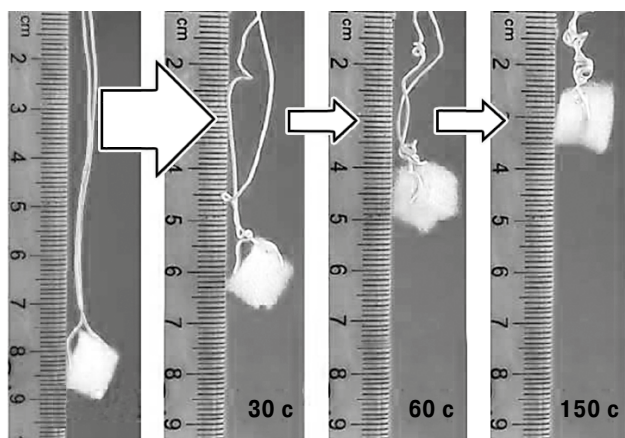
У подопытной мыши вырезали кусочек нервного столба и катетером ввели в рану имплантат. Очевидно, что во время пребывания в катетере он сильно смялся, но, оказавшись на свободе, при температуре мышинного тела волокна вспомнили, какими они были раньше, и восстановили цилиндр, который плотно заполнил всю рану. При этом сохранилась и ориентировка волокон вдоль его оси, то есть вдоль нервного столба. В отличие от контроля, где никаких волокон не было, у этих мышей быстро развивалась нервная ткань: спустя четыре недели восстановилась способность двигать задними лапами. В общем, как видно, медики и их пациенты вполне могут рассчитывать на создание новых технологий с использованием гидрогелей, которые сделают излечимыми недуги, пока не поддающиеся искусству врачей, особенно если речь идет о каких-то механических повреждениях тела.

Мягкая сила

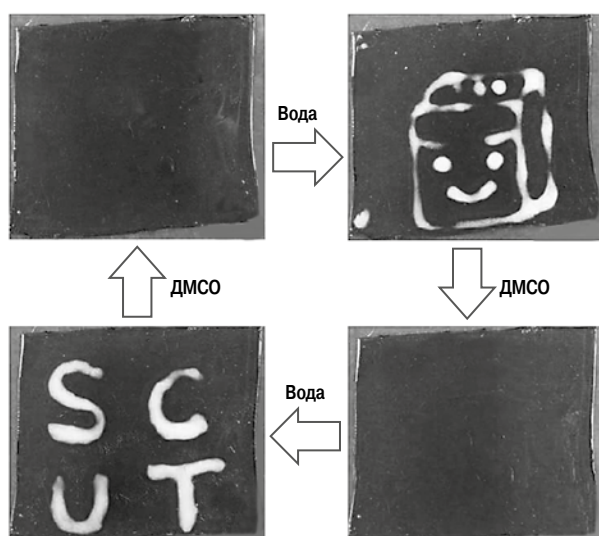
Наверное, одно из самых необычных свойств гидрогелей с эффектом памяти формы – это возможность контролируемой деформации сделанных из них предметов под влиянием неких внешних условий. Фактически речь идет о проявлении мягкой силы, которая лежит в основе концепции мягких движителей; их еще называют искусственными мышцами. Один из таких движителей сделал коллектив исследователей из Южно-Китайского технологического университета в Гуанчжоу во главе с Тун Чжэнем («Soft Matter», 2018), а работали они с гидрогелем из диметилакриламида. Сетку из его молекул сделали, сшив их под действием ультрафиолета с помощью метиленабисакриламида, а меняющими форму застежками послужили цепочки из метакриламида дофамина: как мы уже знаем, дофамин придает гидрогелям высокую прочность. У него есть еще два важных для этой работы качества – во-первых, он гидрофобен и в воде не растворяется, а во-вторых, способен формировать комплексы с ионами металлов. Выглядит это так: на дофаминовой части цепочки расположено бензольное кольцо с двумя гидроксильными группами, которые торчат как рога; между этими рогами и размещается ион металла. Если рядом окажется аналогичная группа другой молекулы, то этот же самый ион притянет ее, связав замком две молекулы. Такую конструкцию для создания искусственных мышц придумали в 2014 году Брюс Ли и Шари Конст из Мичиганского технологического университета («Advanced Materials», 2014). Деформацией своего гидрогеля они управляли, манипулируя кислотностью. Исследователи из Гуанчжоу пошли другим путем и решили управлять сменой растворителя. Им показалось, что так делать проще, чем попеременно менять щелочь на кислоту.

Чтобы приготовить гель, диметилакриламид растворили в воде, метакриламид дофамина в диметилсульфоксиде (ДМСО), затем эти растворы слили, тщательно перемешали и, как уже упоминалось, провели полимеризацию, так что в гидрогеле изначально присутствовали и вода, и ДМСО. А дальше, вытесняя один растворитель другим, исследователи стали наблюдать за интереснейшими превращениями.

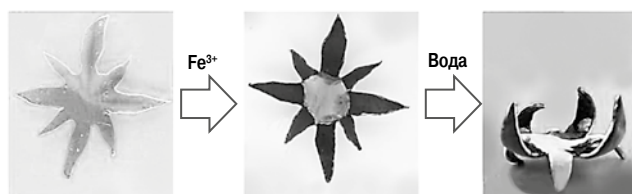
Гель, насыщенный ДМСО, – прозрачный, бесцветный и низкопрочный. Насыщение водой резко меняло эти свойства: полоска геля становилась белой, непрозрачной, но приобретала высокую прочность на растяжение, более 2 МПа. При этом, как и положено, пластичность существенно падала: полоска рвалась, растянувшись на считанные проценты своей длины, гель оказывался жестким и хрупким. Причиной такого изменения свойств было образование замочков – ассоциатов из гидрофобных молекул дофамина. Промывка ДМСО изгоняла воду из геля, дофаминовые ассоциаты разрушались, и гель снова становился прозрачным и мягким.



▲ Фото 4а



▲ Фото 4б



▲ Фото 4в

▲ Сменой растворителя Хуан Цзахэ с коллегами («Soft Matter», 2018) заставил гидрогель не только поднимать грузы (а), но и становиться бумагой, с которой можно стереть надпись (б). А способность ионов железа обратимо закрывать и раскрывать замочки на дофаминовых ремешках, стягивающих скелет гидрогеля, позволила сделать прототип мягкого движителя (в)

Так, действуя двумя растворителями, стало возможным работать с формой. Например, из полоски прозрачного геля скручивали спираль и помещали ее в воду: полоска белела, а форма застывала; второй растворитель снова распрямлял полоску. Ну да таким превращением никого уже не удивишь, поэтому, убедившись в верности своих предположений, исследователи пошли дальше. В одном опыте они в горячей воде растягивали струну из геля, а потом охлаждали, не снимая нагрузку: холодная струна так и осталась растянутой – сработали дофаминовые замочки. Затем к струне подвесили грузик и стали кисточкой для туши аккуратно смазывать ее со всех сторон вторым растворителем, который вытеснял воду и разрушал дофаминовые замочки. Растворитель в одних участках струны проникал глубже, чем в других, струна деформировалась неоднородно, формируя восьмерки, и совершала большую работу: менее чем за три секунды подняла грузик на 6,5 см (фото 4а).

А дальше перешли к созданию мягкого движителя. Из листа геля вырезали восьмиконечную звезду, на которую нанесли хлорид трехвалентного железа: у четырех лучей – на одну сторону, а у остальных – на другую. Ионы металла проникали в гель, связывались с дофаминовыми блоками, и при последующем насыщении водой возникли дополнительные замочки. В результате покрашенные стороны деформировались сильнее, чем не покрашенные, и звезда превратилась в подобие короны, стоящей на четырех ножках (фото 4в). Обработка вторым растворителем, ДМСО, разворачивала корону в плоскую звезду.

Ко всему прочему этот гель оказался удобной бумагой, с которой можно легко стирать изображение: если нанести его водой, то на бесцветном фоне появятся белые линии, а если потом промыть ДМСО, то от них не останется ни следа. Так что у геля возникли перспективы сразу двух типов применения (фото 4б). Во-первых, мягкие движители, работающие с использованием жидких реагентов, которые могут пригодиться для создания мягких роботов. Во-вторых, перспективный материал для устройства, многократно воспроизводящего на одном твердом носителе рукописные или печатные тексты. Если первые сейчас даже трудно себе представить, то многозависимая бумага уже не один год служит предметом обсуждения среди специалистов по компьютерной технике.

Как видно, у материаловедов прямо на наших глазах сформировалось обширное поле для исследований. В их руках имеется огромное число крупных и малых органических молекул, искусное объединение которых в системы позволяет создавать широкое разнообразие программируемых материалов. Они станут гибко и многогранно реагировать на всевозможные воздействия. А в результате появятся какие-то неведомые ныне методы лечения, изделия и конструкции, использующие мягкую силу и другие интереснейшие возможности дальних родственников обычного студня – гидрогелей, помнящих свою форму.



Тулиевый лазер плюс вода

Так уж устроен человек (интересно, прописано это в генах или нет?), что он весьма любопытен. Поэтому одно из главных направлений развития физики — продвижение в сторону увеличения значений параметров — скорость и мощность побольше, размер поменьше и так далее. Но мощность побольше, а размер поменьше — это ж какая плотность мощности получится! А что будет, если попытаться отвести от поверхности твердого тела высокую плотность мощности? Задача эта, заметим, вполне актуальная и для

электроники, и для компьютеринга. Для мощной вакуумной электроники — потому что именно там, на поверхности, тормозятся электронные пучки, порождая рентген и тепло, которое надо куда-то отводить. А что касается компьютеринга, то вот почему — увеличение плотности упаковки, то есть миниатюризация, увеличивает именно плотность мощности, а требование высокой скорости работы усугубляет тепловые проблемы еще сильнее.

Так вот В.И. Юсупов, В.М. Чудновский и В.Н. Баграташвили из Института фотонных технологий и Тихоокеанского океанологического института им. В.И. Ильичева РАН исследовали то, что они назвали

лазероиндуцированным режимом сверхинтенсивного пузырькового кипения. Они бережно опустили в воду конец оптического волокна, которое было не простым оптоволоконным, а оптоволоконным тулиевым лазером: длина волны 1,96 мкм, ближний инфракрасный, в воде прекрасно поглощается. И вот — плотность мощности 160 кВт/см² на торце волокна, в 23 раза больше опубликованных ранее результатов, из торца бьет струя смеси воды и пара со скоростью 50 см/с, а в качестве вишенки на торте — генерация звука в основном в диапазоне 10–30 кГц. Так что охлаждаемая таким способом электроника будет еще и звуки издавать... (ЖТФ, 2019, № 1)



Еще раз о шаровой молнии

Иntenсивность электромагнитного излучения шаровой молнии оценили А.И. Григорьев и С.О. Ширяева (Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова) и предложили механизм генерации этого излучения. Авторы сделали интересное науковедческое наблюдение: они отметили, что в последние десятилетия изменился подход к проблеме шаровой молнии. А именно, вместо попыток построить всеобъемлющие модели исследователи начали пытаться строить модели отдельных свойств объекта. Авторы почему-то считают это положительной тенденцией и, в согласии с этим своим мнением, обратили внимание на электромагнитное излучение этого загадочного объекта.

Исследователи изучили многочисленные наблюдения за поведением шаровых молний в естественных условиях и оценили ее электромагнитное излучение. Основа оценки — отмеченный несколькими наблюдателями эффект: при пролете молнии около не включенной лампочки та начинает светиться. Нить лампочки разогревается электромагнитным излучением аналогично работе промышленной индукционной печи или бытовой индукционной плиты. Авторы получили расчетом необходимую для такого эффекта мощность

и убедились, что полная энергия излучения составляет малую долю всей энергии, содержащейся в молнии. Остается вопрос о механизме излучения. По мнению авторов, генерировать излучение могут движущиеся внутри шаровой молнии заряды; механизм возникновения и движения этих зарядов авторы в данной работе не рассматривают. (*ЖТФ*, 2019, № 1)

Тритий и его КПД

Все, что мы делаем, требует источника энергии — космический аппарат, кардиостимулятор, фонарик в спасательном жилете и многое, многое другое. Энергию устройство может получать из окружающей среды, если в ней есть перепад температур, электромагнитное излучение или перемещение вещества. Но если ничего этого нет или устройство должно иметь малые размеры, приходится задуматься о собственном, внутреннем источнике.

Самое распространенное решение — батареи или аккумуляторы (которые сейчас часто неправильно называют батарейками). Однако есть ситуации, когда и это — не решение, например, при очень низких температурах и весьма больших сроках службы. В этих случаях применяют радиоизотопные источники — в них источником энергии служит радиоактивный изотоп, а преобразование энергии вылетающих частиц в электроэнергию может делаться самыми разными способами. Например, если это α -активный изотоп, то пробег частиц мал, они тормозятся в самом материале, их энергия превращается в тепло, а дальше — термоэлемент. Если это β -активный изотоп, то электроны могут вызывать свечение люминофора, а дальше — фотоэлемент. Третий путь — это прямая передача энергии вылетающих электронов — электронам полупроводника.

Источник электроэнергии на основе изотопа водорода, трития, и полупроводниковой структуры $\text{AlGaAs}/\text{GaAs}$ сделали В.П. Хвостиков, В.С. Калиновский,

С.В. Сорокина, О.А. Хвостикова и В.М. Андреев, сотрудники Физико-технического института имени А.Ф. Иоффе. Теоретически КПД такой структуры может достигать 22%, но пока что авторы сделали источник с КПД 6%, напряжением холостого хода — до 0,5 В, плотностью тока короткого замыкания — до 1000 нА/см², плотностью мощности — до 0,56 мВт/см². (*Письма в ЖТФ*, 2019, № 23)

Полет — не шмеля, но капли

Полет и столкновение капель — это не только «тучки небесные, вечные странники», водопады и прочая лирика, а еще камеры сгорания двигателей, топки ТЭС, большая энергетика. Что может происходить при столкновении капель друг с другом и со стенкой? Поглощение, отскок, разлет и дробление. Поглощение — это слились, наверное, в экстазе, отскок — это целиком, разлет — это развалились, но частей немного, дробление — это на мелкие кусочки; резкой границы, как обычно в жизни, нет. Попутно: отскок происходит из-за взаимодействия через буферный газовый слой, то есть газ не успевает убратся с пути летящей капли. Чаще изучают поглощение и дробление — потому что они изменяют состав аэрозоля.

Отскок друг от друга взаимодействующих капель воды с помощью весьма изощренной экспериментальной техники изучали Н.Е. Шлегель и П.А. Стрижак, сотрудники Национального исследовательского Томского политехнического университета. Его изучать труднее других процессов, потому что капли не разваливаются и дисперсность при этом не меняется. Исследователи варьировали скорость и направление движения капель, температуру и состав газа. Опыты проводили в потоке воздуха, водяного пара, продуктов сгорания. Авторы пишут, что современных представлений о причинах отскока, то есть гипотезы о влиянии газовой прослойки между

каплями, недостаточно для объяснения причин изменения структуры потоков, содержащих газ, пар и капли. Они предполагают, что важна еще роль фазовых превращений, протекающих на поверхности капель воды, то есть испарения. И что прослойку, тормозящую соударение, образует не столько газ, в котором летят капли, сколько пар — результат испарения самих этих капель. (ЖТФ, 2019, № 6)

Облегчим жизнь контакта

В современном процессоре больше миллиарда транзисторов. Если бы не микросхемы, в такой вещи было бы несколько миллиардов контактов. И где они теперь? Так что техника понемногу от контактов избавляется. Но это от постоянных контактов, а есть еще такие, которые должны замыкаться и размыкаться, мы о них писали (см. «Химию и жизнь», 2008, 10). От некоторых из них технике тоже удастся избавиться, но в мощной энергетике без них не обойтись. Причем это не та штучка на стене, в которую вы тычете пальцем, входя в комнату (или которая сама знает, что вы вошли), а устройство высотой в несколько метров, и когда оно срабатывает, то загорается метровая дуга и грохот окрест...

Если по контакту течет ток, он нагревается, потому что площадь «истинного контакта», то есть та, по которой проводники действительно касаются и по которой течет ток, — это лишь часть всего размера контактных площадок. Поэтому контакты часто делают так, чтобы при нажатии они «прыгали» навстречу друг другу, стукались и прижимались по большей площади (нажмите тихонечко на мышку и прислушайтесь). Нагрев пропорционален квадрату тока, а в некоторых случаях (например, при коммутации электродвигателей и конденсаторов и при коротком замыкании) ток возрастает ненадолго, но многократно, и этого хватает для того, чтобы контакты плавились, сваривались и выходили из строя.

Странный способ увеличить стойкость контактов к таким надругательствам предложили авторы работы А.М. Чалый, В.А. Дмитриев, М.А. Павлейно, О.М. Павлейно и М.С. Сафонов (Санкт-Петербургский государственный университет). Прежде чем подать на контакт большой и опасный импульс тока, они пропускали предварительный импульс, который его разогревал! Оказалось, что при этом контакт способен без катастрофического разогрева переносить последующий, причем существенно больший импульс тока. Для достижения этого эффекта предварительный импульс должен нагревать контакт до температуры размягчения, при которой происходит более плотное прилегание контактов друг к другу. То есть возрастает площадь «истинного контакта», и последующий разогрев поэтому уменьшается. (ЖТФ, 2019, № 4)

Бомбой по астероиду. Пока — моделирование

Прилетит или нет — непонятно, но интересно, как защититься. В литературе рассматривается несколько вариантов, в том числе — шибануть по нему мегатонной. Ученые действительно моделируют воздействие мегатонн на астероид. Вот, например, И.А. Белов с соавторами (Российский федеральный ядерный центр, Саров; Уральский федеральный университет; Росатом) взяли неодимовый лазер и выяснили, при какой мощности импульса разрушается макет астероидов разного типа и на какого размера осколки. Полученные результаты закладываются в модель, и она выдает ответ — как себя будет вести злоумышленник разного типа (каменный, железоккаменный, железный, ледяной), подкрадывающийся к Земле со скоростью от 11 до 70 км/с. Авторы обнаружили, что железные метеориты требуют для разрушения суще-

ственно больших энергий, нежели каменные, и что для разрушения 60-метрового метеорита 1,4 мегатонной бомбы будет недостаточно. (ЖЭТФ, 2020, том 157, вып. 5)

Газ или жидкость? Проводник или изолятор?

Школьник, который добросовестно изучил курс физики по хорошему учебнику, правильно нарисует фазовую диаграмму с областями твердого, жидкого и газообразного и, если не подползает с гелием к нулю и не соваться в область сверхдавлений, внятно о ней расскажет. Но, как и всегда в физике, проблема подкрадывается незаметно и встает во весь рост. Жидкий металл — проводник, а газообразный металл при не слишком больших давлениях — вроде изолятор. Вопрос: переходы газ—жидкость и изолятор—проводник — это один переход или два?

Этот наивный вопрос поставили вертикально Зельдович и Ландау 70 лет назад, и он так и стоит. Исследовали его и экспериментально, и теоретически, и вроде договорились, что у щелочных металлов это один, а у ртути — вроде два, а остальные очень уж сложно исследовать. Авторы работы А.Л. Хомкин и А.С. Шумихин (Объединенный институт высоких температур РАН) построили новую модель этого загадочного состояния, которое отчасти жидкость, а отчасти газ, и получили неплохое согласование с экспериментальными данными. Кстати, что касается диаграммы состояния, то там куда ни кинь, везде если и не клин, то загадка. Что таится справа от критической температуры — вопрос, сколько существует разных льдов — вопрос, по некоторым элементам в приличных книжках приводятся разные данные... Так что и после ЕГЭ есть жизнь! (ЖЭТФ, 2020, том 157, вып. 4)

Выпуск подготовил
Л. Намер



Л.А. Ашкинази

Ещё новое в мире задач

*Ему была свойственна высокомерная
скромность человека,
так много познавшего,
что теперь ему стала ясна
беспредельность его незнания.*

Роберт Хайнлайн

Рассмотрение новых типов задач полезно и потому, что вы можете с ними встретиться, и потому, что вы сами можете кого-то с ними «встретить» — если преподаете физику. Или иной предмет — поскольку многие типы задач вполне возможны по другим предметам. Некоторые новые типы задач мы рассмотрели ранее (см. «Химию и жизнь», 2020, № 4), здесь рассмотрение продолжено.

Невозможные задачи

Один из путей расширения представления ученика о возможных задачах — рассматривать не только задачи, касающиеся реальных природных явлений и технических процессов, но и осмелиться обратиться к альтернативным мирам, нереальным экспериментам и вопросу, могли ли быть законы физики и значения констант иными. Они могут быть нескольких типов, начнем с самого распространенного — с невозможных



▲ Левитация монокристалла графита в магнитном поле — неустойчивая в поле диполя, устойчивая в поле четырех диполей

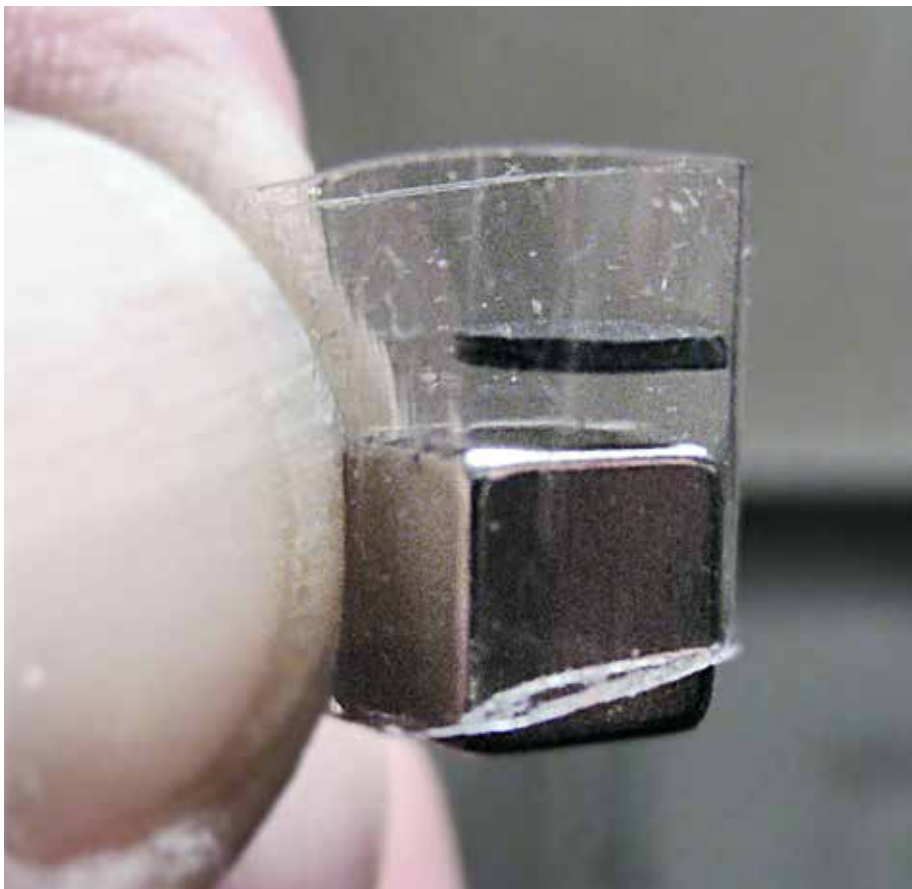
начальных условий, но возникающих в нашем обычном мире. Вот пять примеров:

- а) в Земле просверлено сквозное отверстие, в него хлынул океан, рассмотрите дальнейшие события;
- б) Земля мгновенно перестала вращаться, рассмотрите дальнейшие события;
- в) какая скорость была у мухи, которая при неупругом столкновении остановила паровоз, и как он нагрелся?
- г) автомобиль в космос запустили без экипажа, а что будет, если запустить атомную подводную лодку с экипажем?
- д) ...или дизельную подводную лодку?

Часть из этих вопросов я взял из прекрасной книги, которая вся состоит из таких задач — Рэндалл Манро «А что, если?..», а часть — мои; он и я — мы оба любим подобные задачи. Пытаться решать их полезно потому, что при этом проверяется и совершенствуется знание физики и умение ее применять, причем в нестандартных ситуациях. Это особенно важно, если вы хотите заниматься физикой или инженерным творчеством, то есть создавать существенно новые вещи. Причем умение применять знания в новой ситуации

идет вразрез с современной тенденцией в массовом преподавании — заменой умения разбираться на заучивание нескольких стандартных приемов. Человек, натасканный на стандартные приемы и стандартное их применение и даже получивший максимальный балл на экзамене, может оказаться неэффективен в новой ситуации — и тем самым он повлияет на свою дальнейшую жизнь, закрыв себе дорогу к интересной работе.

Откуда берутся подобные вопросы? Люди могут задавать их в шутку, или для обучения, или, скажем так, по наивности. Человек, не понимающий связи объектов и процессов, то есть не знающий физики или выучивший ее формально и в реальной жизни не применяющий, может не понимать абсолютной нелепости двух из этих пяти вопросов и относительной нелепости остальных. Но независимо от этого пытаться отвечать на подобные вопросы все равно полезно, потому что ситуации, в которых мы можем успешно применить знание, — это новые ситуации. В некоторых из таких новых ситуаций знание физики приходится применять как-то иначе, с учетом каких-то иных факторов или иного их сочетания. Еще одна хорошая книжка этого типа — «Как уничтожить Вселенную, и еще 34 инте-



◀ Образец левитирует в поле диполя только при опоре сбоку, на это прозрачное кольцо. Равновесие по вертикали устойчивое, а по горизонтали без этой опоры – нет

ресных способа применения физики» Пола Парсонса. Наслаждайтесь.

Как устроены эти задачи, как их придумывать? Если, прищурившись, посмотреть на коротенький список выше, то способ синтеза становится ясен — это изменение каких-то параметров, например, координат объекта или скорости вращения. Продолжая эту генеральную линию, можно поиграть с энергией фазовых переходов, теплоемкостью или скоростью испарения H_2O . Причем про связь этих параметров скромно промолчим, чтобы ошарашить учеников, когда они завопят, что решили. Но это только начало дискотеки, потому что катастрофические последствия для цивилизации наступят, если увеличится или уменьшится на порядок прочность земли и горных пород. А что скажут электрики, если увеличится сопротивление матушки-землицы? Впрочем, эти апокалиптические задачи (графоманы-фантасты, ау!) скорее относятся к следующему разделу.

Необычные миры

Следующий тип невозможных задач — это задачи не про нереальные исходные условия в реальном мире, а про реальные исходные условия в обычном мире, мире иных температур, давлений, иной радиации, иных электромагнитных полей и так далее. С инже-

нерной точки зрения ситуация вполне обыденная: на Луне холодно и вакуум, на Венере — давление, жарко и сверхкритический флюид все растворяет, на Марсе — вакуум и пыльно, в космическом пространстве — «солнечный ветер», и либо замерзнете, либо будет жарко от электромагнитного излучения. На Юпитере (и вообще на газовых гигантах) — плавно нарастающая по мере погружения гравитация и «прочность горных пород». Да и на Земле встречаются всякие необычные условия: высокое давление в глубинах океана, низкое — внутри вакуумных систем, низкая температура в Антарктиде и физических установках, высокая — в глубоких скважинах, в реакторах, в технологических и физических установках. Высокая радиация внутри реакторов, потоки электромагнитного излучения в технологических и физических установках, а у химиков и биологов в их аппаратах бывает такое, что у физиков волосы встают дыбом.

Чисто инженерная задача делится на две — как защитить внутренность любого устройства от всех этих страстей и как сделать то, что будет защищать, устойчивым к среде. А ведь можно и не защищать, если «внутренность» способна выдерживать эти условия. Например, аппараты, сядившие на Венеру — гениальные по тем временам инженерные решения! — имели защищенную «внутренность», но защита действовала небольшое время. Если мы хотим создать

аппарат, который будет работать на Венере долго, то надо создать «внутренность», которая работоспособна именно при этих условиях. Ну, или отправлять туда суперхолодильник с атомным источником энергии. Решение инженерных задач такого уровня сложности и новизны возможно только на базе знания физики — причем знания широкого.

Попробуем поставить вопрос конкретно. Предложите ученикам подумать, как мог бы выглядеть аппарат, не содержащий защиты, то есть открытый, погруженный в среду и работающий при низких и высоких давлениях, температурах, уровне радиации. Что из обычной электронной и электротехники в экстремальных условиях сможет работать, а что — нет? Вакуум электронной техники и электротехники не страшен, кроме проблем с охлаждением — если воздушное охлаждение было существенно. Давление опасно, оно может разрушить корпуса электронных (вакуумных и полупроводниковых) приборов, если внутри корпуса атмосфера или вакуум. Правда, есть ситуации, когда корпуса вроде бы и нет.

Температуру в сотни градусов вакуумные приборы выдерживают, полупроводниковые — только некоторые типы, радиацию вакуумные приборы переносят существенно лучше, чем полупроводники. Электролитические конденсаторы и все аккумуляторы высоких температур не переносят, но можно вспомнить о высокотемпературных топливных элементах. Вся органическая изоляция не любит высоких температур, придется переходить на керамику, стекло, оксидные пленки и т. п. — это относится и к электротехнике, и к электронике. Электронике нужны ферромагнетики, а электротехника вся на них живет (вот он, истинный смысл слов «железный век»!), но железо перестает быть ферромагнетиком при 770°C , так что при приближении к этой температуре электротехника изменится очень сильно. Ее агонию продлит переход на кобальт, у него точка Кюри 1115°C , но он на два порядка дороже, так что вспомните про парниковые страсти и покупайте его прямо сейчас. В мире без ферромагнетизма вся электротехника могла развиваться иначе и стать в меньшей степени электромагнитной и в большей — электростатической.

Но это еще не все ужасы. Хуже, если электротехнике придется существовать в химически агрессивной среде или проводящей среде — придется все изолировать. Зато если проводимость среды велика, провода не понадобятся! Но как передавать ток не во все стороны, а куда надо? «По диэлектрическим трубкам!» — вопит с последней парты Вовочка, персонаж школьных анекдотов. Вообще, электротехника станет низковольтной и сильноточной. А высокий уровень электромагнитного излучения может сделать невозможной радиосвязь и повлиять на работу любой электроники, например компьютеров. Можно, конечно, их экранировать, но это вес и проблемы с охлаждением... нос и мощность вытащил, хвост и вес увяз. Это для инженерного творчества — нормальная картина.

Рассмотрение всех этих ситуаций — прекрасная тренировка знания физики. А те, кому покажутся слишком простыми миры индивидуальных страстей, могут рассмотреть миры комбинированных страстей. И в космосе, и на Земле такие миры встречаются: в атомном реакторе — радиация и температура, на Меркурии — температура и электромагнитное излучение, на Венере — давление, температура и ветер, в институте — курсовики, зачеты и экзамены. Домашнее задание — как развивалась бы цивилизация в непрозрачной атмосфере? Смягченный вариант — в обычной, но без внешнего источника света.

Некоторые из подобных идей развивал в самом конце прошлого века П.Р. Амнуэль в книге «РТВ — это очень просто. Курс лекций по развитию творческого воображения и теории решения изобретательских задач для начинающих». В частности, он предлагал читателям рассмотреть ситуацию на планете с сильно уменьшенной скоростью света, с переменной гравитацией, с переменным положением магнитных полюсов, без металлов, с переменным фазовым состоянием — от твердого до жидкого.

Бред материаловеда

Следующий шаг по этому пути — материалы с несущими свойствами. Вопрос — как повлияет на облик техники создание материала с большей прочностью, модулем Юнга, большей или меньшей плотностью, теплопроводностью, электропроводностью, электропрочностью? Вопросы эти не совсем бессмысленные, потому что материаловеды все время пытаются сделать нечто новенькое, и полезно знать, что сможет выиграть техника в целом от того или иного их достижения. Но можно подумать и в обратную, дискомфортную сторону — как изменится техника, если уменьшится прочность материалов, возрастет сопротивление проводников, уменьшится сопротивление диэлектриков и так далее.

Вполне содержательное рассмотрение может последовать за предложением изменения диэлектрической проницаемости и потерь, оптических свойств и прочего. В каких-то ситуациях отправятся на свалку СВЧ-печки, в каких-то человечество избавится от очков и некоторых телескопов, а в некоторых — напротив, эффективность этих устройств возрастет.

Можно попробовать посмотреть на ситуацию с другой стороны — не от условий, а от процессов. Например, для передачи энергии и для работы с информацией используется электричество. Вопрос — как может существовать цивилизация без электричества вообще, или без электроэнергетики, но с информационным электричеством (связь и компьютеры), или, наконец, с электроэнергетикой, но без информационных применений. Писатели-фантасты кокетничают с этой задачей давно и иногда — успешно. Даже знание физики у них иногда проглядывает, хотя мы их любим не за это.

Цивилизация вообще без проводников (металлов, углерода) — это вот что: энергетика механическая и тепловая, информационная сфера — механическая, пневмо- и гидромеханическая. Вариант без электроэнергетики — проводники есть, но только плохие, например графит. Энергию по таким проводам не прокачаешь, однако компьютер или приемник попробовать сделать можно.

Вариант без информационных применений электричества — это мир с высоким уровнем электромагнитных помех, например, с непрерывными молниями. Электромагнитная помеха такая, что котлеты скоро сами начнут разогреваться без СВЧ-печи, об электромагнитной информатике и речи нет, но электроэнергетика есть. Правда, нет линий электропередач — только подземные кабели, сами понимаете почему. Или вообще вся электроэнергетика под землей, ничего на поверхности. Или энергия передается потоком энергоносителя, нефти, газа, угля, дров, а в подвале каждого дома — маленький автономный котел, турбинка и генератор, такие уже есть, и в некоторых ситуациях они даже экономически выгодны.

Или вот вполне забавный вопрос, только не спешите отвечать: как бы выглядел мир, в котором коэффициент отражения всех поверхностей в видимой части спектра был бы ноль? Все тела абсолютно черные... Вокруг вместо всего — черная дыра. Только огоньки свечей видны и фонарики, но они ничего не освещают, потому что ничто не отражает, не рассеивает, все молча поглощает. А когда вы придете в себя от ужаса, попробуйте придумать, как выйти из положения.

На границе физики

Во всех областях физики есть некие нормы и традиции рассмотрения проблем и решения задач. Они не упали с потолка, а стали результатом решения миллионов задач — практических и учебных. И если область в течение века ограничивалась некоторыми значениями параметров, при которых действовали какие-то приближения, то к ним все привыкли. И применяют их совершенно автоматически. Кто ж не знает, что звук не передается через вакуум, а тепло передается излучением в соответствии с законом Стефана — Больцмана. Между тем в нанообласти это не так — и звук может передаваться, хотя на очень малые расстояния, от одного тела к другому через вакуум, и излучение устроено в этой ситуации по-другому. Никакой гомеопатии, эктоплазмы и нижних чакр! Ничего, кроме физики — просто при переходе в нанообласть растет относительная роль процессов, которые ранее были незаметны. Например, вообще роль поверхностных эффектов по отношению к объемным, сами понимаете почему. Кстати, вопрос о механизме передачи звука через вакуум — очаровательная задача. Которая теперь, когда она решена, кажется обидно простой.

А вот теперь мы вступаем в несколько менее ортодоксальную область, которая, скажем так, лежит

на границе физики. Как в смысле логики задаваемых вопросов, так и в смысле собственно познания мира. Начнем с примера. Вам показывают шахматную доску с расставленными фигурами, причем, что такое доска, фигуры и «находиться в клетке», вы знаете. Вас спрашивают, возможна ли позиция, показанная на доске, или можно ее, например, вот так изменить. Естественно, вы удивляетесь и говорите, что для ответа вам как минимум нужно знать принципы возникновения, исчезновения и перемещения фигур.

Примерно такая же ситуация возникает, когда люди спрашивают, могли ли законы физики или значения констант быть другими. Некоторые законы физики изменять до какой-то степени можно, пока мы не напарываемся на противоречия с чем-то принципиальным, например, с законом сохранения энергии. Скажем, заменить закон Ома «ток пропорционален напряжению» на закон «ток пропорционален квадрату напряжения» можно, и ничего принципиально не изменится. Более того, можно придумать и создать условия, в которых этот закон будет в некотором диапазоне величин соблюдаться. А вот сделать без использования внешних источников энергии, чтобы в законе Ома сменился знак, — нельзя. Заменить в законе Кулона или законе всемирного тяготения произведение зарядов на сумму, навесить на заряды разные степени или заменить в знаменателе степень 2 на 3 — нельзя, причем это три разные, но все довольно серьезные «нельзя».

Замена произведения на сумму повлечет возникновение силы при отсутствии второго заряда или массы, это противоречит изотропии пространства — в пустом, кроме единственного тела, пространстве сила будет куда-то направлена. Разные степени вызовут зависимость силы от того, какой заряд или какую массу мы назовем первой, а какую второй: если массы 1 кг и 2 кг, то, если первая в квадрате, сила пропорциональна 2 кг^2 , а если вторая — 4 кг^2 . Двойка в знаменателе — следствие трехмерности пространства, это упоминается даже в некоторых школьных учебниках. Вы уже видите, что обсуждение этих немного странных вопросов физично и интересно? Можно поиграться с ограничениями. Промышленность распространения электромагнитных волн даже школьники нынче знают, что она ограничена, а что изменится при ограничении значений масс, ускорений, напряжений, токов? Или радиусов действия электромагнитных и гравитационных сил?

Что касается констант, то в физике вполне может рассматриваться вопрос: что произошло бы или что произойдет, если какая-то из мировых констант когда-то была или когда-то станет другой? Например, масса электрона или постоянная Больцмана. И оказывается, что сильно изменить некоторые константы нельзя — не будут образовываться атомы, молекулы и т. д. Если такой мир возможен и если, собственно, законы физики там будут те же, то в нем не может быть сложных систем, значит, не будет и человека, наблюдателя. Отсюда делается вывод: возможно, последовательно существовавших Вселенных было (и будет) более одной. Но мы видим именно такую,

потому что другие некому видеть. Подобное рассуждение явно лежит на границе области познавательных суждений сегодняшней человеческой науки. Вот другой интересный вопрос — как будет вести себя тело с отрицательной массой? Гравитационной, инертной или обеими? Мир, в котором скорость света зависит от длины волны, фантасты открыли, а что, если скорость зависит от мощности? Как это скажется на работе радиолокатора — обычного и с ФАР, фазированной антенной решеткой? А что, если от частоты или мощности зависит скорость звука, и не как обычно, а посильнее?

Но вообще, тут нужна, как на дискотеке — мы ведь на ней, вы помните? — осторожность. Потому что большая часть рассуждений на подобные темы — дилетантский лепет участников форумов и журналистов. Хотя даже профессиональные физики, пытаясь рассказать о серьезных вещах популярно, временами превращаются в факиров, играющих на дудочке перед загипнотизированными их профессиональными достижениями читателями, зрителями и слушателями.

Для обретения несколько более широкого взгляда на вопрос вам будет полезно прочесть книгу Ричарда Фейнмана «Характер физических законов». Но это уже будет совсем не дискотека.

На десерт — еще два типа

На десерт назовем еще две типа задач: по альтернативной истории науки и техники и экспериментальные. Общая картина такова: то, что называют «альтернативная история», сильно различается на Западе и в России. На Западе это серьезные рассуждения профессиональных историков насчет роли случайности. Статьи эти гораздо более материалистичны, нежели камлания некоторых советских и российских историков, хотя по стандартной нашей идеологии должно быть наоборот. Что же касается альтернативной истории местного происхождения, то есть и серьезные статьи, и серьезные историки, не брезгающие этой тематикой, но это единичные явления. А пасутся на этой лужайке в основном графоманы, разряжающие свою болезненную ненависть к окружающему миру, и поэтому сюжет у них один — герой отправляется в прошлое и там всех, кого не любит автор, немедля мочит в разных помещениях или в чистом полюшке-поле. Впрочем, раскупаемость и кликабельность наличествуют, значит — эта эмоция есть и у многих читателей.

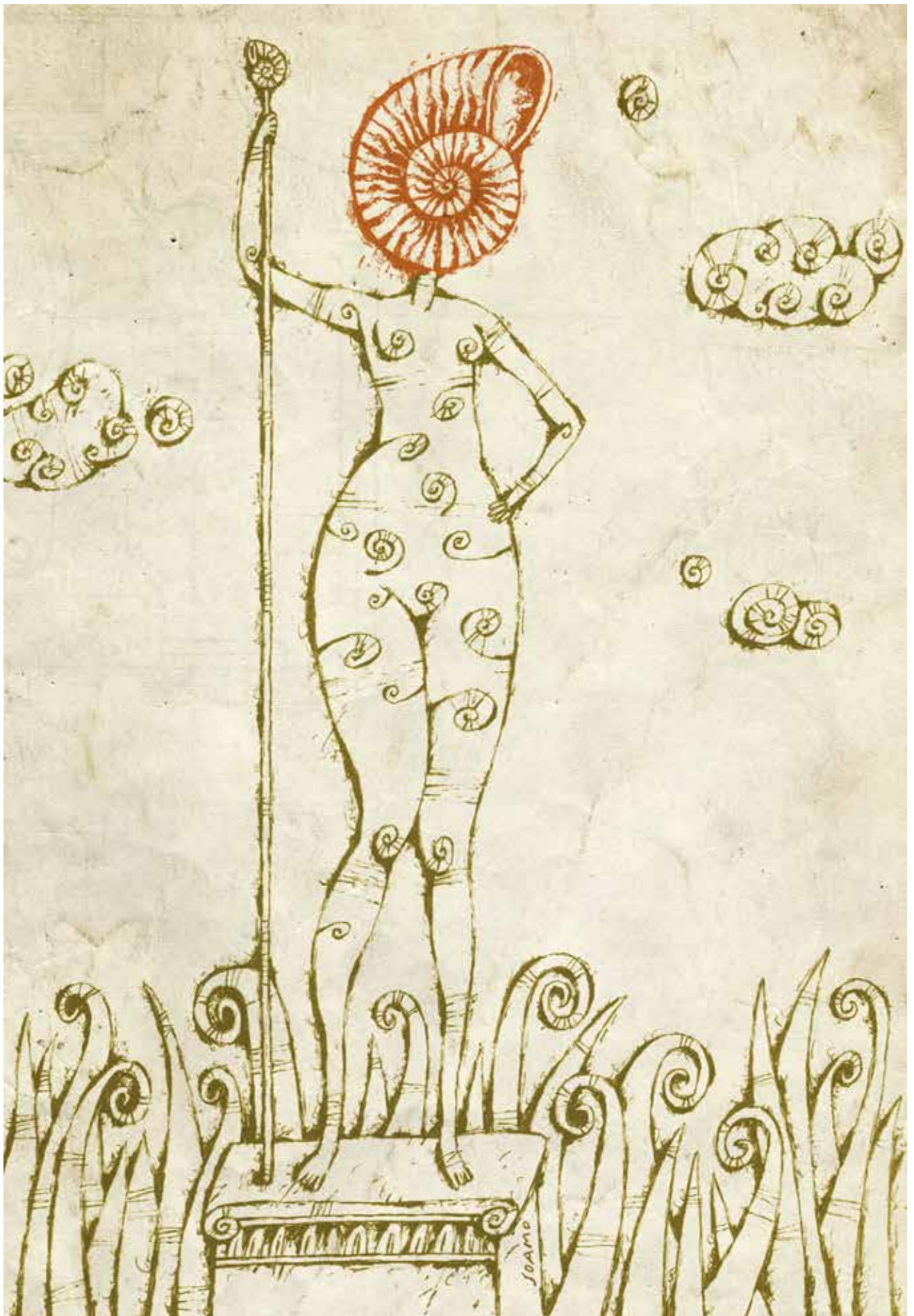
Что же касается западных работ, то некоторые из них переведены на русский и опубликованы, их можно найти в Интернете. В подавляющем большинстве вывод таков: в средней временной перспективе существенных изменений в истории не произошло бы. То есть в масштабе десятилетий историей рулит экономика, она и есть базис — это вполне марксистский и материалистический взгляд. Многие, особенно гуманитарии, ожесточенно проповедуют, что мораль, этика, идеология («надстройка») и все подобное

важнее. Но они не замечают чуть более сложную зависимость, которая их даже отчасти оправдывает. А именно, надстройка играет свою роль, однако не прямо, а влияя на базис. А уж базис определяет, есть ли еда на столе, течет ли крыша, лечит ли медицина и учит ли школа. Простейший очевидный пример: более успешное развитие экономики в протестантских странах по сравнению с католическими — результат проповеди деятельной, созидательной жизни.

Но это все не физика и не школа, а вот альтернативная история науки и техники — поле для бесконечного множества задач. Научные и инженерные результаты все связаны. Например, чтобы открыть элементарную частицу или чтобы взлетел новый самолет, можете представить себе, сколько всего должно было быть в свое время открыто, придумано и сделано. Между тем каждый результат, и научный, и инженерный, мог быть достигнут немного раньше или много позже — а на что бы это повлияло? Как изменилась бы химия, если горелку Бунзена или воронку Бюхнера изобрели бы раньше или позже или вообще бы не придумали? А если бы люди не придумали колеса? В теплых краях вместо дорог были бы каналы, а в холодных странах — ледяные желоба? А в средних широтах изобрели бы фторопласт? А дальше — курсовик или диплом по экономике: что бы вообще изменилось в обществе? Ведь если не колесо, то и двигатель какой-то другой, например реактивный? Или вместо колеса воздушный винт? А летать так — монгольщане плюс паровая турбина Герона с пропеллером. И так далее... Отдельная увлекательная тема — альтернативная история компьютеринга. На уровне железа она сильно связана с остальной техникой и физикой, но на уровне софта — живет почти отдельно.

Что касается эксперимента, то он может быть частью и учебника, и задачника, и, наверное, поэтому традиционно выделяют его в «лабораторные работы». Модно заменять живой эксперимент компьютерными моделями. Это целесообразно в трех случаях: если нет ни копейки денег на пробы и простейшие реактивы, если учащийся физически не может принять участие, если речь идет о таком, что реализовать в школе невозможно. То есть об экспериментах на больших ускорителях, на реакторах, в космосе. Тут моделирование неизбежно, однако уже существует дистанционное подключение к телескопам, и можно осторожно надеяться...

Сидя на берегу, «бросая камешки в воду и глядя на круги», можно научиться видеть что-то свое, а не то, что заложил кто-то в компьютерную модель. Это важно, если вы хотите научить своих учеников чему-то серьезному или хотите научиться этому сами. Для школьника — это учиться в серьезном вузе на соответствующей специальности, а потом — заниматься наукой или инженерным творчеством, то есть добывать новое знание о природе или делать новые вещи. Так я говорю своим ученикам в Физико-математической школе (см. «ФМШ МИЭМ» в google или youtube) после разбора очередной задачи. Чтобы они знали, какой интересной можно сделать свою жизнь.



Доктор технических наук
И.А. Криштафович

Иллюстрация Владимира Камаева

Эволюция: третий путь

Если наблюдаемое разнообразие жизни на Земле не продукт естественного отбора и не результат сверхъестественного акта творения, то не причастно ли к его возникновению некое естественное и материалистичное разумное начало?

Похвала дарвинизму

Сто шестьдесят лет назад британский исследователь Чарльз Дарвин опубликовал свой труд «Происхождение видов путем естественного отбора, или Сохранение благоприятных рас в борьбе за жизнь». В этой работе он предположил, что эволюция живого мира происходит благодаря конкуренции, в которой у более успешных особей выше шанс на продолжение рода. Постоянное улучшение выживаемости должно, по мысли Дарвина, привести к появлению родов, семейств и прочих таксонов. Эта гипотеза вызвала энтузиазм в научном мире, так как подвела научную базу под палеонтологическую летопись жизни на Земле.

Тем самым был нанесен сильнейший удар по креационизму – представлению о том, что жизнь создана богом-творцом; дарвинизм оказался одним из сильных аргументов ученых-материалистов. Эта смелая и плодотворная гипотеза стала объединяющей идеей для ученых в области биологии, палеонтологии, позднее – генетики и других наук. Советский и американский генетик русского происхождения Ф.Г. Добржанский, один из создателей современной синтетической теории эволюции, даже озаглавил свою широко цитируемую статью: «Ничто в биологии не имеет смысла, кроме как в свете эволюции». Трудно не согласиться с этим утверждением.



«Ничто в биологии не имеет смысла, кроме как в свете эволюции».

Ф.Г. Добржанский,
один из создателей
современной
синтетической теории
эволюции

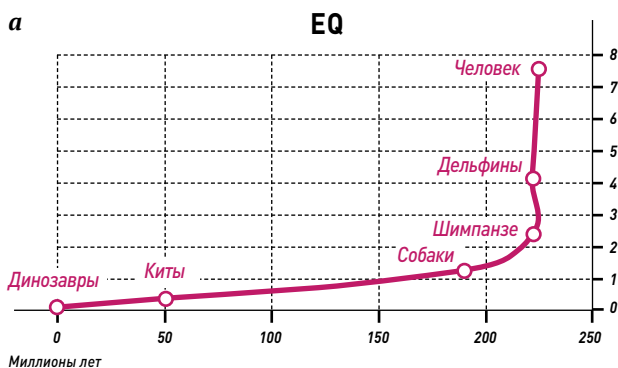


«Идеи превращения видов так легко воспринимаются, может быть, потому, что освобождают от строгого экспериментирования».

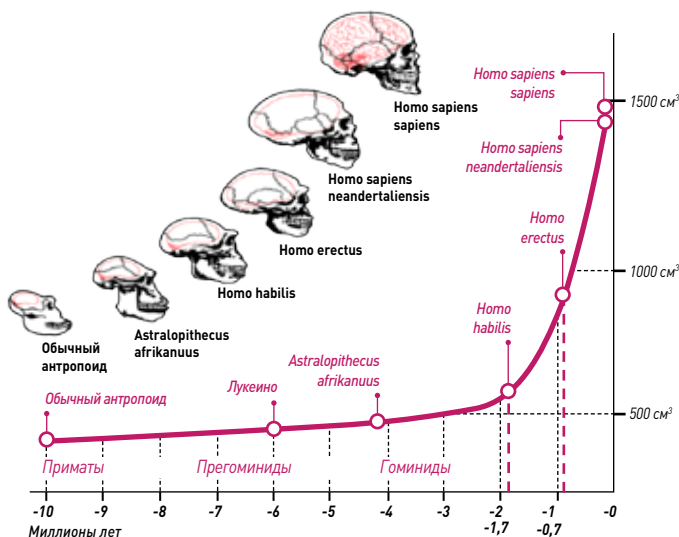
Луи Пастер

Гипотетическое знание

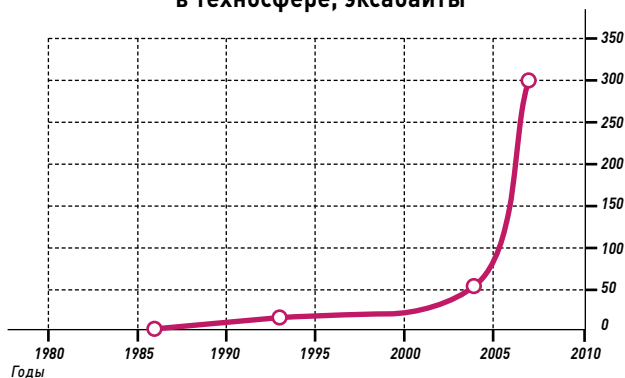
Гипотеза британского ученого завоевала признание в научном мире и стала называться уже «теорией эволюции». Незамеченным остался тот факт, что научная теория, как следует из требований эпистемиологии, это «объяснение аспекта мира природы, который можно многократно проверять и подтверждать в соответствии с научным методом, используя принятые протоколы наблюдения, измерения и оценки результатов». Экспериментальная проверка дарвиновской гипотезы оказалась делом маловероятным, ведь, как утверждают дарвинисты, для появления нового вида требуются промежутки времени, исчисляемые миллионами лет.



б **Объем мозга человекообразных существ, см³**



в **Объем информации, накопленной в техносфере, эксабайты**



▲ В качестве одного из показателей интеллекта первых принято употреблять коэффициент энцефализации, вычисляемый по формуле: $EQ = m / 0,055 M^{0,74}$, где m – масса мозга; M – масса тел, а в качестве оценки интеллекта техносферы можно взять объем информации, содержащейся в мировых вычислительных центрах. Графики хода энцефализации млекопитающих (а), объема мозга человекообразных существ в ходе эволюции (б), объема информации, накопленной человечеством (в), очевидно, схожи и описываются рекурсивной функцией, имеющей ясный физический смысл – усложнение описываемой ею системы

Еще Луи Пастер писал, что «идеи превращения видов так легко воспринимаются, может быть, потому, что освобождают от строгого экспериментирования». Выдающийся российский биолог Ю.А. Филипченко, уже в 1913 году читавший курс генетики и предложивший понятия микро- и макроэволюция, прямо заявлял, что «эволюционная теория всегда была и будет только гипотезой, ибо превращение видов не относится к числу явлений, которые можно наблюдать воочию».

Время от времени, правда, появляются публикации, в которых декларируются появления видов в природных и лабораторных условиях. Не так давно сообщалось о выведении из одомашненной популяции дикого тутового шелкопряда... домашнего шелкопряда. Были успешные случаи получения видов комнатных мух, домовых мышей и различных папоротников соответственно из имеющихся мух, мышей и папоротников. Однако при этом понятие «вид» использовано в своем узком определении; не совсем понятно, насколько эти новые виды выходят за пределы внутривидовой изменчивости исходных видов. Надвидовые же превращения пока не продемонстрированы. Американский биолог Ричард Ленски более 30 лет следит за популяцией кишечной палочки. За это время сменилось 70 тысяч поколений бактерий, однако новых видов получено не было (см. «Химию и жизнь», 2016, № 12): был лишь один мутант, да и тот вымер через несколько десятков поколений.

Критика дарвинизма

У дарвиновской концепции были и остаются критики, причем число их не уменьшается, а скорее возрастает. Российско-американский биолог Е.В. Кунин пишет: «При всех своих выдающихся достоинствах Синтетическая теория эволюции (СТЭ) представляет собой довольно догматичную и удручающе незаконченную теорию». Заведующий кафедрой биологической эволюции Биологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова А.В. Марков признает: «Сегодня и классический дарвинизм, и классическая СТЭ образца середины прошлого века похожи, скорее, на музейные экспонаты, чем на живые рабочие теории», «целостного понимания Жизни у нас пока нет, единая теория отсутствует».

Академик РАН Ю.П. Алтухов, возглавлявший до своей смерти в 2006 году Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова, утверждал, что «не только происхождение человека, но даже и происхождение обычных биологических видов не может иметь случайный характер. Каждый вид строго хранит свою уникальность. А значит, окружающий мир не может быть результатом естественного отбора».

Джеймс Шапиро, профессор кафедры биохимии и молекулярной биологии Чикагского университета и Денис Нобл из Оксфордского университета полагают, что «неодарвинизм возводит естественный отбор в ранг уникальной созидательной силы, разрешающей

все трудные эволюционные проблемы без твердой эмпирической базы».

Противники дарвинизма доходят до того, что объявляют его «проповедью материалистической философии под маской биологии» (Дж. Уэллс), «не наукой, а идеологией, куполом на здании механического материализма» (Н. Данилевский).

Известный креационист В.И. Назаров в книге «Эволюция не по Дарвину» выразился еще определеннее: «Если бы не сознательное намерение консервативной части научно-педагогического сообщества сохранить дарвинизм любыми способами, мы сейчас говорили бы о нем в прошедшем времени». Член-корреспондент НАН Украины В.А. Кордюм справедливо замечает, что «серьезные эволюционисты прекрасно понимали слабые места дарвинизма. Но без эволюционной теории биология не могла существовать как наука».

Недостатки дарвинизма

Вот основные претензии к дарвиновской концепции.

Непостижимая сложность и продуманность живого, начиная от белковых структур и простейших клеток до комплексных многоклеточных организмов с сотнями миллиардов нервных клеток, образующих иерархические структуры.

Недоказанность макроэволюции, или образования «надвидовых» таксонов вследствие исключительно естественного отбора.

Нелогичность эволюции живого мира. По концепции Дарвина, она должна идти в направлении наибольшей приспособленности. Однако на самом деле движется к менее живучим, но более интеллектуальным видам. Чем сложнее организм, тем меньший эффективный размер популяции он имеет и тем менее успешным он оказывается.

Парадоксальным образом, чем сложнее жизненные формы, тем быстрее идет их эволюция. А казалось бы, низшие организмы при несопоставимом перевесе в способности к размножению должны эволюционировать гораздо быстрее, чем высшие.

В теории отсутствуют адекватные объяснения скачков при развитии биосферы.

Соблазн Создателя

Живучесть дарвинизма обусловлена в первую очередь тем, что единственной альтернативой ему был и до сих пор остается креационизм в его различных проявлениях: ученые-материалисты никогда всерьез эту концепцию не воспримут. Тем не менее трудно отказать от мысли, что в создании жизни принимало участие некое интеллектуальное начало. Даже самый ортодоксальный популяризатор дарвинизма Ричард Докинз признает: «Животные производят такое впечатление, что, кажется, они были спроектированы искусственным в теории и поднатворившим в практике физиком или инженером».



«Не только происхождение человека, но даже и происхождение обычных биологических видов не может иметь случайный характер. Каждый вид строго хранит свою уникальность. А значит, окружающий мир не может быть результатом естественного отбора».

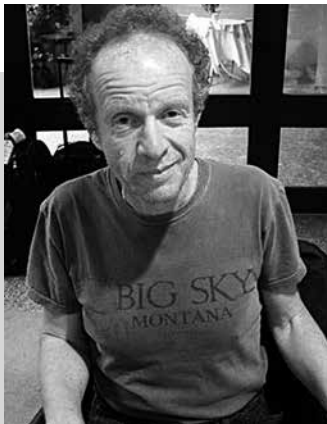
Академик Ю.П. Алтухов



«Эволюционная теория всегда была и будет только гипотезой, ибо превращение видов не относится к числу явлений, которые можно наблюдать воочию».

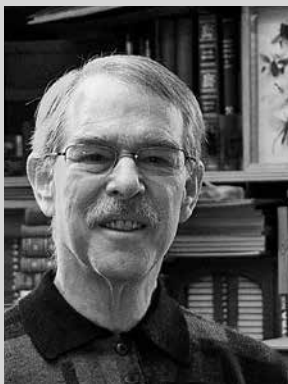
Ю.А. Филиппенко

В конце XX — начале XXI века многие биологи стали задумываться над идеей о творческом начале, содержащемся в самих живых организмах. Уже упомянутый Джеймс Шапиро в своей книге «Эволюция: взгляд из XXI столетия» пишет так: «Способность живых организмов изменять собственную наследственность неоспорима». Он полагает, что «генетические изменения совершаются при активном участии клеток и не служат продуктом случайности или повреждений ДНК». Британец Р. Пукотил выражался еще определеннее: «В своей книге («Как виды направляют собствен-



«При всех своих выдающихся достоинствах Синтетическая теория эволюции (СТЭ) представляет собой довольно догматичную и удручающе незаконченную теорию».

Е.В. Кунин



«Неодарвинизм возводит естественный отбор в ранг уникальной созидательной силы, разрешающей все трудные эволюционные проблемы без твёрдой эмпирической базы».

Джеймс Шапиро

ную эволюцию») я хочу найти этот встроенный разум. В нем нет ничего таинственного, он просто оставался необнаруженным до сего времени».

Эта концепция наталкивается на непреодолимое фундаментальное препятствие; его указал израильский физик и биофизик Эшель Бен-Джейкоб: «...классическая теорема Геделя утверждает, что система не может спроектировать более сложную систему». Значит, в качестве сознательного начала эволюции следует искать систему, которая будет гораздо сложнее, чем, скажем, человек.

Коллективный супермозг

Выход из создавшегося положения подсказал тот же Эшель Бен-Джейкоб. Наблюдая поведение колоний бактерий, он пришел к заключению, что «система, состоящая из триллионов бактерий, превосходит по сложности единичную бактерию и способна произвести более сложный организм». В одном из демонстрирующих этот факт экспериментов исследователи следили за движением колонны бактерий к островкам питательных веществ и при этом пытались предсказать самую выигрышную тактику. К их безмерному удивлению, колония выбрала парадоксальный, никем из наблюдавших не предвиденный путь. После математического анализа исследователи были вынуждены признать: решение бактериальной колонии оказалось оптимальным.

Явление коллективного разума наблюдают у социальных насекомых: пчел, муравьев, термитов и других животных, в частности стайных рыб. Разумные действия эти существа могут совершать только при наличии определенного количества особей. Например, несколько термитов двигаются беспорядочно и бессмысленно. При достижении некоего «критического» количества их действия становятся координированными и они строят сооружения, не уступающие по целесообразности и изяществу созданиям человека.

Из этих и многих других наблюдений следует интересная гипотеза: биосфера существует в виде огромного и сложнейшего, но единого организма, который обладает интеллектом, и именно этот интеллект направляет эволюционные изменения.

Критическая масса интеллекта

При рассмотрении идеи глобального супермозга уместна аналогия с цифровым компьютером, собранном на элементарных ключах, транзисторах, каждый из которых имеет два состояния: включен или выключен. Для совершения более сложных логических операций требуется определенное количество транзисторов, которое можно назвать «критической массой». Для игры в «крестики-нолики» оно равно шестнадцати: пятнадцать транзисторов для запоминания возможных комбинаций в игре, а 16-й — для управления остальными. Для игры в шахматы на начальном уровне критическая масса составляет чуть больше 500 транзисторов, а чтобы выиграть у Гарри Каспарова, компьютеру Deep Blue II понадобилось 720 миллионов транзисторов.

А каковы вычислительные возможности биосферы? Исследователи из Эдинбургского университета во главе с Анной Ланденмарк недавно («PLoS Biology» 11 июня 2015 года) подсчитали, что объем памяти, хранящейся во всех ДНК Земли, составляет $5,3 \cdot 10^{31}$ Мб. Это в 10^{21} раз больше, чем самый мощный суперкомпьютер. Гипотетическая вычислительная мощность биосферы – число совершаемых операций с

ячейками памяти — оказывается больше суперкомпьютерной в 10^{22} раз. Так удается обойти указанное Бен-Джейкобом ограничение теоремы Геделя: скорее всего, даже миллионной доли мощности компьютера-биосферы с избытком хватит для создания самых сложных форм жизни.

Представление биосферы как единого организма не ново. Видимо, первым эту идею высказал Исаак Ньютон. Карл Кильмейер, один из первых исследователей, рассуждавших о природе эволюции, так писал основателю палеонтологии и создателю теории катастрофизма Жоржу Кювье в 1801 году: «Я полагаю, что различия между ископаемыми животными и ныне еще живущими на Земле объясняются... изменением созидательных сил... идущим параллельно с революциями нашей Земли». Основоположник экологии Тейяр де Шарден ввел понятие о точке Омега как состояния наивысшего сознания, к которой стремится Вселенная. Эта идея не была чужда Джеймсу Лавлоку, создателю концепции Геи, то есть Земли как огромного суперорганизма, и, отчасти, К.А. Тимирязеву. Один из ведущих теоретиков-эволюционистов XX века академик И.И. Шмальгаузен рассматривал эволюцию популяций как проявление жизнедеятельности системы высшего по отношению к популяции уровня организации — биоценоза.

Объяснительная сила гипотезы

Гипотеза биосферы как интеллектуального существа позволяет разрешить многие проблемы дарвинизма. Например, разумное начало гораздо лучше, чем случайные генетические изменения, справляется с конструированием сложных организмов, доверив естественному отбору не создание, а совершенствование и приспособление к изменениям окружающей среды.

Становится понятным и направление развития жизни на Земле: оно идет отнюдь не в сторону наибольшей приспособленности видов, но в сторону роста их вычислительной сложности, что видно из постоянного роста относительного объема мозга (см. рис. на с. 40).

Если биосфера представляет собой единый организм, она должна подчиняться общим тенденциям развития сложных систем. На заре зарождения жизни число самовоспроизводящихся молекул было сравнительно невелико. Благодаря сложившимся обстоятельствам они стали воспроизводиться с избыточным размножением. Биосфера увеличивалась численно, и процессы коммуникации и координации управления ею возрастали ускоренно, а точнее, рекурсивно.

Последнее весьма важно. В математике под рекурсией понимают, например, такой способ формирования последовательностей, когда каждый новый член получается как результат функции нескольких, а то и всех предыдущих. Хорошей иллюстрацией здесь служит развитие фрактальных

структур, устройство которых с каждым новым шагом становится все сложнее. Рекурсия — общий закон сложных развивающихся систем. Племена не нуждаются в сложной структуре управления. Есть вождь, и его достаточно. По мере возникновения государств машина управления усложняется. Прирост численности неизбежно влечет за собой ускоренный рост объема информации, запасаемый системой. Если один транзисторный ключ способен запоминать два состояния (один бит информации), то три ключа — уже восемь (один байт).

Сотни миллионов лет тому назад биосфера, видимо, выросла количественно и качественно до такой степени, что случился переход к новому этапу эволюции — расцвету многоклеточных организмов. Однако числа развитых организмов еще не хватало для создания того, что можно назвать критической массой супермозга. Она, видимо, была достигнута 570 миллионов лет назад, после чего произошел кембрийский взрыв: в течение короткого периода времени, не превышающего 13—25 млн лет, биосфера произвела 22 типа живого мира в дополнение к существовавшим ранее 3 типам.

Подобно тому как человеческая цивилизация продвигает свои технологии, чередуя революционные прорывы с периодами их медленного освоения и совершенствования, так и биосфера разрабатывает новые организмы по мере устаревания старых. В палеонтологической летописи это проявляется как чередование массовых вымираний и фаз взрывного появления таксонов. Нетрудно найти примеры из истории человеческой цивилизации: конная тяга сменилась паровыми двигателями, и поголовье лошадей резко снизилось; с появлением дизельных двигателей и двигателей внутреннего сгорания паровые машины переключались в музеи. В ближайшем будущем исчезнут и бензиновые двигатели.

Один из аргументов дарвинистов в спорах с креационистами — несовершенство живых организмов. «Значит, — заключают дарвинисты, — они не могут быть творениями всемогущего Бога». Предложенная гипотеза вполне согласуется с этим непреложным фактом: всемогущего Бога не существует, есть только очень сильная интеллектуальная машина под названием биосфера. Но ее могущество ограничено, поэтому она допускает ошибки и недоработки. Взглянем хотя бы на так называемый венец творения — человека. Его интеллект превосходит остальных обитателей планеты. Касательно же выживаемости — представляет собой плачевное зрелище. Удивительно, но все остальные представители рода *Номо*, кроме *sapiens*, не сумели выжить. Однако биосфера упорно создавала новые виды *Номо*, пока один из них не сумел выжить и размножиться в неблагоприятных для него условиях. Так самка лосося выметывает миллионы икринок в надежде, что несколько из них превратятся во взрослых особей.

Предлагаемая гипотеза позволяет по-новому взглянуть на то, что такое жизнь, и дать ей опре-



«Животные производят такое впечатление, что кажется (!): они были спроектированы искушённым в теории и поднаторевшим в практике физиком или инженером».

Ричард Докинз



«Классическая теорема Гёделя утверждает, что система не может спроектировать более сложную систему».

Эшель Бен-Джейкоб

деление, ведь общепринятого определения этого важнейшего понятия не существует. Большинство исследователей понимают жизнь как нечто, поддерживающее собственное существование в данной среде. При этом упускается из виду тот факт, что жизнь — явление коллективное: ни предбиологические самореплицирующиеся молекулы, ни даже более сложные формы, построенные из клеток, не могут существовать в изоляции. Из идеи об интеллектуальной биосфере как начале, управляющем эволюцией, следует: жизнь — это существование самореплицирующихся молекул, связанных единым информационным полем.

Трудности гипотезы

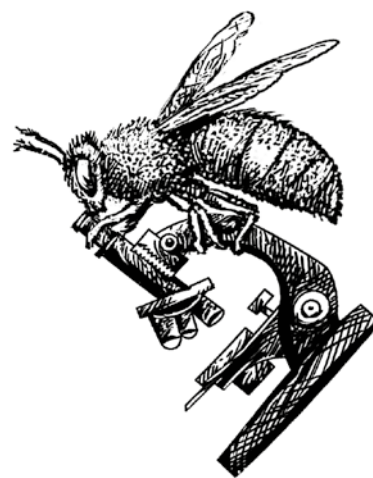
Для того чтобы такой гигантский организм, как биосфера, функционировал, необходимо выполнение по крайней мере двух условий: его части должны обмениваться информацией между собой и он должен действовать самостоятельно, без постороннего вмешательства.

Коммуникации в биосфере могут быть разделены на две группы: быстрые и медленные. Наличие медленных средств не вызывает никаких вопросов: параллельный перенос генетической информации доказан и проанализирован. Одним из транспортных средств такого переноса служат вирусы. Их число огромно: только вода океанов содержит около 10^{30} вирусов, ежедневно на каждый квадратный метр поверхности Земли опускается порядка 800 млн вирусных частиц. Вирусы способны разрушать клетку, но они же обеспечивают поступление генетического материала в нее, встраиваться в геном и передаваться по наследству. Для быстрой передачи информации есть много каналов — летучие вещества, излучения, электрические, магнитные, акустические поля; в общем, все то, что составляет предмет одной из самых загадочных наук — биофизики.

Сложнее выглядит вопрос о самостоятельном функционировании интеллекта биосферы. Биосфера с ее непрерывной динамикой и способностью к цифровому запоминанию информации в ДНК как нельзя лучше подходит под описание гибридного компьютера, использующего и цифровые, и аналоговые методы. Может ли такой компьютер обойтись без внешнего агента, то есть программиста? Хорошо известны так называемые клеточные автоматы. Они начинают свое развитие с очень малого количества элементарных клеток и быстро разрастаются, будучи стимулируемы и ограничены лишь параметрами окружающей среды. Именно их используют в моделировании экосистем и в популяционной динамике. Организованная как клеточный автомат, биосфера вполне может функционировать, развиваться и сохранять информацию самостоятельно, без вмешательства посторонней, тем более сверхъестественной силы. Как работа биосферы, коммуникации между ее частями могут приводить к созданию новых таксонов, неизвестно, и это серьезный вызов, требующий работы ученых из разных областей науки. Его можно принять, если всерьез озаботиться изучением разумного начала в эволюции жизни.

Любая гипотеза, претендующая на то, чтобы стать теорией, нуждается в верификации. Требуется экспериментальная проверка ее допущений и выводов. Эти вопросы не остались без внимания автора статьи, но выходят за рамки настоящей публикации. Подробнее с ними можно ознакомиться в книге: И.А. Криштафович «Рекурсивная эволюция», М.: Флинта, 2017.

Пчелиные чудеса



«Послушайте, ну о чем вы рассказываете, какой коллективный разум, какие коммуникации, какой горизонтальный перенос у высших организмов?» — возмутится иной биолог, прочитав текст с гипотезой об интеллектуальной биосфере. И будет не очень прав, потому что жизнь устроена гораздо сложнее устоявшихся схем. Вот один из примеров того, как высшие организмы передают знания в буквальном смысле с молоком матери. Речь идет, правда, не о млекопитающих, а о пчелах.

Медоносная пчела существует на планете давно и пережила не одну природную катастрофу. Последняя — оледенение Евразии, которое закончилось 10—12 тыс. лет тому назад. В результате наступления ледника единый ареал обитания пчел был фрагментирован и, как положено по Дарвину, в каждом фрагменте пошел свой естественный отбор. Он привел к появлению подвидов медоносной пчелы. Они не утратили способность к скрещиванию, но заметно различаются как по внешнему виду, так и по повадкам. В частности, по строительству сотов. Поскольку никто строить соты пчел не учит, очевидно, соответствующие умения у них закреплены генетически.

Одна из характерных особенностей — способ печати. Когда ячейка сотов заполнена медом, пчелы ее закрывают восковым колпачком. У русских пчел печатка сухая — колпачок выпуклый, между ним и медом остается пузырек воздуха и запечатанные соты — белого цвета.

А у серых кавказских пчел печатка мокрая — воск прилегает к меду, отчего соты выглядят темными.

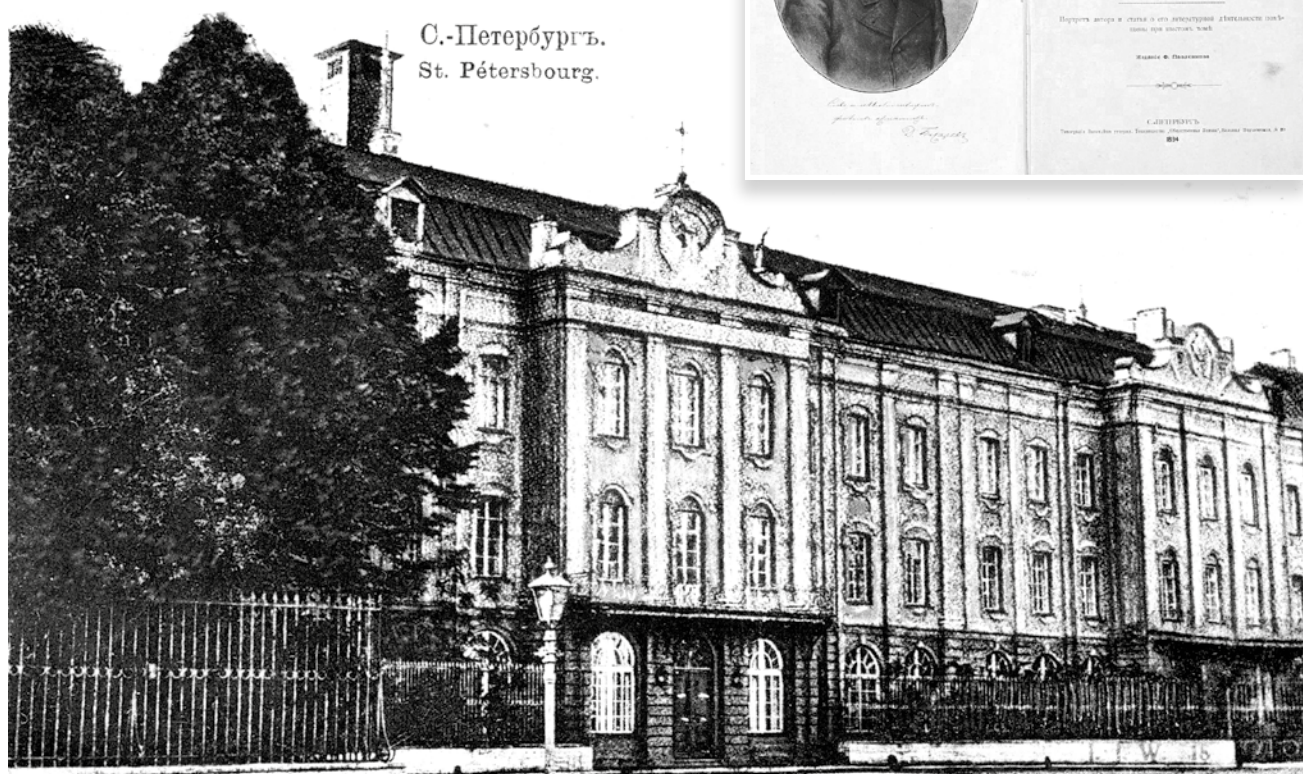
Как рассказывают Е.Н. Васильева и И.А. Халифман в научно-популярной книге «Пчелы» (серия «Эврика», М.: Молодая гвардия, 1981), в 50-е годы А. Губин, профессор Тимирязевской сельхозакадемии, поставил очень наглядный эксперимент. В улье русских пчел взяли рамку с сотами, куда матка только что отложила яйца. Ее поставили в улей кавказских пчел, а кавказскую рамку — к русским пчелам. Из ячеек вылупились личинки, и первые несколько дней пчелы-кормилицы их заливали специальным кормом — маточным молочком (личинку матки таким молочком кормят все время ее существования). Личинка росла-росла да и стала куколками, которым уже не надо корма. Исследователи изъяли эти рамки и переставили их в ульи, где не было никаких пчел, а только соты с медом, в том числе запечатанные. Кавказским пчелам, воспитанным в русской семье, достались ячейки с мокрой печаткой, а у русских из кавказской семьи — с сухой. То есть как им положено по происхождению. После того как пчелы вылупились, на запечатанных сотах нацарапали надписи «корм» и «порода», нарушив восковые крышечки. Пчелы этого не любят: они снова запечатывали соты. И надписи проявились — на темных сотах возникла белая надпись, а на белых — темная; пчелы чинили поврежденные крышечки ячеек той печаткой, что использовали в приемной семье!

Критики указывали — этого быть не может, ведь факторы наследственности выключены из обмена веществ и передаются строго от поколения к поколению. Дальше — больше: в Горьковском университете профессора А.Н. Мельниченко и Н.Д. Бурмистрова выяснили, что маточное молочко может менять наследственность в третьем и других поколениях пчел. Однако никаких следов ДНК в маточном молочке, взятом из ячеек с личинками, не было. Возникла нерешаемая загадка.

И вот в 1969 году Ю.Л. Вавилов, аспирант А.Н. Мельниченко, придумал, как непосредственно доить пчел-кормилиц. Собирая от них микрокапли только что выработанного молочка, он надоил достаточно для анализа. И обнаружил молекулы наследственности — РНК и ДНК! Вот с их помощью и был, видимо, осуществлен горизонтальный перенос информации от пчел-кормилиц к пчелам-воспитанницам, который изменил их поведение.

Обнаружить этот эффект было трудно: сам опыт задумали еще до войны. Однако если систематически искать эффекты, связанные с горизонтальной передачей наследственной информации между объектами биосферы, эффекты других коммуникаций между ними, наверняка можно найти не менее интересные явления, чем истории с переделанными пчелами, и ближе подобраться к пониманию механизмов, которые могут лежать в основе интеллектуальной деятельности биосферы.

С.М. Комаров



Кандидат биологических наук

С.В. Багоцкий

Дмитрий Иванович Писарев и российская наука

Кто был отцом российской науки? Отвечая на этот вопрос, кто-то вспомнит Петра Первого, решительно внедрявшего в России европейские нравы и порядки, а кто-то — ученого, поэта и просветителя Михаила Васильевича Ломоносова. Мало кому придет на ум Дмитрий Иванович Писарев (1840–1868), блестящий публицист и литературный критик, чьи статьи вдохновили многих российских юношей на занятия наукой. В октябре 2020 года исполняется 180 лет со дня его рождения.

*Слова и иллюзии гибнут,
факты остаются.*

Д.И.Писарев

Арестант-журналист

В первой половине XIX века научные штудии в России не пользовались особым уважением. «Он химик, он ботаник, князь Федор, мой племянник», — насмешливо говорит дама из «Горя от ума» о родственнике, учившемся в Педагогическом институте. Для нее это занятие, подобающее аптекарю, а не светскому человеку, и к тому же «упражнение в безверьи». Персонажи Грибоедова для нас не авторитеты, но и друг Пушкина Антон Дельвиг (1798–1831) написал небольшую поэму «К поэту-математику», посвященную вечной теме «физиков и лириков». В соответствии с духом времени Дельвиг отдавал пальму первенства лирикам и укорял героя за измену музам с холодной математикой. Конечно, существовали и другие точки зрения: и «князь Федор», и «поэт-математик» были списаны с натуры. Можно еще вспомнить Евгения Онегина, который «брал Гомера, Феокрита, зато читал Адама Смита...». И все же увлечение науками представлялось чудачеством.

Однако в середине XIX века ситуация изменилась. На арену вышли талантливые представители не столь привилегированных слоев общества — разночинцы. У Тургенева в романе «Отцы и дети», опубликованном в 1862 году, появляется Евгений Базаров, который режет лягушек и считает, что химик для общества гораздо полезнее, чем поэт. Роман Тургенева и его герой приобрели огромную популярность среди разночинного юношества. Базаров сделался предметом для подражания, а занятия наукой стали уважаться. Однако все это бы осталось эфемерной модой, если бы не статьи Писарева.

Дмитрий Иванович Писарев родился 14 октября 1840 года по новому стилю, в селе Знаменское (Орловская губерния, ныне Липецкая область). Его родителями были небогатые помещики. Учился в столице; после окончания 3-й Петербургской гимназии поступил на историко-филологический факультет Санкт-Петербургского университета, который окончил в 1861 году.

В 1858 году ради пополнения скудного студенческого кошелька Писарев начал сотрудничать с журналом «Рассвет», где публиковал библиографические обзоры и краткие рецензии на новые художественные произведения. Эта работа увлекала молодого человека гораздо больше, чем занятия филологией. А после окончания университета он стал писать для журнала «Русское слово».

Этот журнал издавал с 1859 года известный меценат граф Григорий Александрович Кушелев-Безбородко (1832–1870). Дела журнала были плохи, и для его спасения граф предложил пост главного редактора Григорию Евлампиевичу Благодетелю (1824–1880), литератору не слишком большого дарования, но хорошему организатору. Благодетель сумел превратить журнал в популярное издание, приносящее доход. Секретом его успеха стало привлечение молодых сотрудников, в которых главный редактор распознал яркий талант. На первом месте

среди них был, конечно, Д.И. Писарев. Но и другие сотрудники — В.А. Зайцев, Н.В. Соколов, Н.В. Шелгунов — высоко держали марку журнала.

Вскоре Кушелев-Безбородко потерял интерес к журналу и полностью передал его в руки Благодетелю, который сделал его вторым по значению (после «Современника») левым журналом России.

После окончания университета Д.И. Писарев не стал поступать на службу и выбрал жизнь профессионального литератора. В 1862 году в нелегальной студенческой типографии он издал брошюру в защиту А.И. Герцена, где призывал свергнуть династию Романовых. Суд приговорил автора к четырем с половиной годам заключения в Петропавловской крепости, где он и находился в 1862–1866 годах.

Матушка Писарева обратилась к генерал-губернатору Санкт-Петербурга с прошением, в котором писала, что она, беспомощная женщина, не имеет других средств к существованию, кроме гонораров, которые получает сын; поэтому почтительнейше просит его превосходительство разрешить ему работать над статьями и посылать их в журналы. Генерал-губернатор был сердобольным человеком и уважил просьбу вдовы, к счастью для российской литературы и науки.

Годы пребывания в крепости стали вершиной творчества Д.И. Писарева и высшей точкой его популярности среди российской молодежи.

Наша университетская наука

Одним из первых произведений, написанных в заключении, стала «Наша университетская наука», сочетавшая в себе черты публицистической статьи и художественного произведения о молодом человеке, который ищет свое место в жизни. В этом произведении выведено несколько ярких образов преподавателей. У каждого был реальный прототип; «один из наших университетов» — конечно, Санкт-Петербургский. С университетской наукой двадцатидвухлетний Писарев разделился безжалостно.

Вот, к примеру, доцент Креозотов: готов читать любой курс, который прикажет начальство, хоть древнюю историю, хоть новейшую, хоть историю Букеевской орды или Абиссинской империи. По каждому вопросу он излагает на лекциях свое личное мнение. Было бы прекрасно, если бы мнение основывалось на серьезном анализе материала. Но при всей его эрудиции на такой анализ Креозотов неспособен. «На каждом диспуте он делал множество возражений и замечаний, очень бесплодных, микроскопически мелких, но тем более показывавших, что специальный вопрос, разработанный магистрантом, известен ему по источникам, во всех мельчайших подробностях. И это обилие знаний лежало точно в сундуке; единственным ученым сочинением Креозотова была какая-то славянская мифология». Когда герой, желавший серьезно заняться исторической наукой, обратился к Креозотову за советом, тот порекомендовал ему «читать энциклопедию».

Другой доцент, Кавыляев, более скромн. Его лекции — дословный пересказ чужих пособий и монографий. Внести в них что-нибудь свое Кавыляев не может и не стремится.

Молодой приват-доцент Телицин искренне желает и сам заниматься наукой, и вдохновить на это своих учеников. Он очень трудолюбив и вообще хороший человек. Увы, склонности к самостоятельному мышлению у него нет. Его научный потолок — небольшие добавления и уточнения к трудам других исследователей.

Вернувшийся из-за границы молодой профессор Иронианский до определенного момента был кумиром студентов. Его публичные лекции собирали огромные аудитории. Он был в курсе достижений современной науки, лично общался с великими историками Запада. Казалось бы, именно с такими людьми связано будущее отечественной науки. Но однажды рассказчик купил сборник статей французского историка и нашел в нем две статьи, практически дословно, вплоть до оборотов речи, совпадающие с публичными лекциями профессора Иронианского. Павлиньи перья, которыми украшал себя кумир студентов, оказались заемными.

Иронианские могут быть очень полезными для науки слаборазвитой страны, поскольку являются проводниками и пропагандистами научной культуры стран более развитых. Они — просветители. Но их собственный творческий потенциал невелик. Едва ли западные историки, знакомством с которыми он хвалился, действительно видели в нем равного.

И наконец, самая интересная фигура: маститый профессор и академик Сварожич. Это умный человек, он обладает исключительным критическим мышлением, позволяющим видеть слабые стороны любой концепции «без всякого сострадания к ее красоте». Но, увы, неспособный к синтезу и генерированию сильных идей.

Писарев прозорливо раскрывает причину этой неспособности. Естественные и гуманитарные науки предъявляют различные требования к исследователям. Чтобы успешно заниматься гуманитарными науками, исследователь должен мысленно поставить себя на место тех, кого изучает, почувствовать их переживания. Сварожич на это неспособен. «Историк нуждается, правда, в трезвой критике, чтобы очистить факты от выдумок и случайных искажений, но настолько же, или, может быть, еще более, нуждается он в силе воображения и чувства. Эти последние свойства часто вводят историка в ошибки, и историческая картина оказывается неверною; но если бы не было этих свойств, тогда картины не было бы вовсе, тогда не существовало бы истории. Историк, подобный Сварожичу, не ошибается никогда, потому что никогда не бывает историком». Его исключительный интеллект пропадает впустую. Сварожичу, как пишет Писарев, следовало заниматься не гуманитарными, а естественными науками. Писарев полагает, что и сам

Сварожич это понимал, но большое академическое жалованье и высокий авторитет в научных кругах не позволяли ему изменить свою жизнь.

Нужны ли ученикам экзамены

Во второй половине «Нашей университетской науки» автор излагает свои взгляды на школьное и высшее образование. Эти взгляды радикальны, а там, где автор говорит о высшем образовании, — весьма радикальны, даже по меркам нашего времени.

Идея Писарева о том, что основой школьного образования должна быть не латынь, а естественные науки, в наше время почти реализовалась. Правда, логическим центром школьного образования стали не естественные науки, а математика. Физика и химия в современной школе — это не анализ экспериментов и явлений, которые мы можем наблюдать в окружающем мире; это решение не слишком сложных математических задач. Математика просто заменила латынь.

Писарев, кроме того, считал, что в школе нужно изучать не классическую литературу, плохо понятную ученикам, а говорить о современной литературе. Эта проблема стоит и сегодня. Правда, литература, которая для Писарева была современной, теперь стала малопонятной ученикам классикой. И потому вошла в школьные программы.

Писарев полагал также, что историю в школе преподавать бессмысленно, поскольку это преподавание сводится к заучиванию дат и фамилий. Реальные исторические проблемы ученикам непонятны. Сам Дмитрий Иванович понимал историю очень широко. Для него история — это не только политические события, но и история экономических отношений, техники, культуры, искусства, науки. По существу, Писарев считал историю не научной дисциплиной, а углом зрения, под которым человек видит весь мир. Такая история для среднего школьника действительно неподъемна. Тем не менее предложение Писарева об отказе от изучения истории в школе выглядит более чем спорным.

Говорилось в «Нашей университетской науке» и о перегрузке учащихся. Во времена Писарева эта проблема стояла не менее остро, чем в наши дни, и вызывала не меньше эмоций.

Идеи Писарева о реформировании высшего образования были запредельно смелыми. Прежде всего, он предлагал отделить образование от профессиональной подготовки. Задача высшего (университетского) образования заключается вовсе не в том, чтобы готовить специалистов и давать знания, которые пригодятся в профессиональной деятельности. Его задача — сформировать мировоззрение человека, научить разбираться в проблемах, которые ставит перед людьми действительность.

«Не надо всем быть исследователями — с этим я совершенно согласен. Не всем надо быть популяризаторами науки, с этим я также согласен; но всякому, кто хочет быть в жизни деятельной личностью, а не стра-

Картина Николая Ярошенко «Студента» (1881 г.) – ► это своего рода обобщенный портрет поколения новых людей, к которому принадлежал Д.И. Писарев, выпускник Санкт-Петербургского университета 1861 года

дательным материалом, всякому, говоря я, совершенно необходимо твердо усвоить себе и основательно передумать все те результаты общечеловеческой науки, которые могут иметь хоть какое-нибудь влияние на развитие наших житейских понятий и убеждений. Надо укрепить мысль чтением гениальнейших мыслителей, изучавших природу вообще и человечество в особенности, не тех мыслителей, которые старались выдумать из себя весь мир, а те, которые подмечали и открывали путем наблюдения и опыта вечные законы живых явлений. И надо, кроме того, постоянно поддерживать серьезным чтением живую связь между собственной мыслью и теми великими умами, которые из года в год своими постоянными трудами расширяют по разным направлениям всемирную область человеческого знания», — писал Дмитрий Иванович в другой своей статье «Промахи незрелой мысли».

Такая точка зрения в современном мире не в моде. Изучая ту или иную научную дисциплину, студент думает в первую очередь о том, пригодятся ли ему эти знания в профессиональной деятельности, повысят ли его конкурентоспособность на рынке труда. Однако в реальной жизни для хорошего специалиста нужны прежде всего хорошая голова и привычка к интеллектуальному труду. Если они есть, то специальные знания всегда можно приобрести самостоятельно. Поэтому школа должна давать ученикам не знания, полезные в жизни, а материал, освоение которого будет способствовать интеллектуальному росту учащихся.

В позднесоветские и раннепослесоветские времена была популярной идея о полезности ранней профилизации учащихся, создавалось много профильных классов. На практике это сводилось к тому, что в школу втискивалась вузовская программа. «Мои ученики знают предмет на уровне четвертого курса вуза», — с гордостью говорили преподаватели. Но возникает вопрос: зачем? Зачем один и тот же материал изучать дважды: первый раз в школе, второй в вузе? Не полезнее ли изучать то, что в вузе преподавать не будут? Это, кстати, хорошо понимали создатели наиболее сильных физматшкол, считавшие гуманитарное образование своих учеников важнейшим приоритетом.

Но система, которую предлагает Д.И. Писарев, будет работать только при одном условии: если ученику и студенту действительно интересно учиться. Если ему интересен сам процесс познания. Такой интерес становится массовым, лишь когда общество находится на подъеме.

Писарев считал необходимым отказаться от обязательного посещения лекций. И действительно, после изобретения книгопечатания Иоганном



Гутенбергом слово преподавателя перестало быть главным источником информации. Лекции сегодня имеют смысл лишь в том случае, если профессор — яркая личность, способная передать студентам свое субъективное отношение к материалу. Таких профессоров очень немного, и в наше время технологии онлайн-обучения позволяют слушать их лекции в вузах разных городов огромной страны. А у большинства преподавателей задача более скромная: в диалоге на семинарах выявлять трудности в понимании темы и помогать студентам эти трудности преодолеть.

Еще одна радикальная идея Писарева — отменить экзамены и дипломы. Первая идея выглядит сомнительной. Подготовка к экзаменам помогает студенту связать в единое целое весь материал, изучавшийся в течение одного или нескольких семестров. И, вообще говоря, добросовестный студент должен быть сам заинтересован в объективной проверке усвоенных знаний. А вот идея отмены официальных дипломов выглядит привлекательно. В обществе, где диплом становится критерием, по которому работодатель оценивает квалификацию работника, неминуемо появляются способы фальсификации критерия: от банальной покупки «корочек» до покупки курсовых и дипломных работ. К сожалению, лучшего способа подтвердить свой уровень знаний, чем диплом о высшем образовании, общество пока не предлагает, но, возможно, это дело будущего.

Несмотря на отдельные завиральные идеи молодого автора, мы должны признать «Нашу университетскую науку» одной из вершин русской педагогической мысли. Она интересна не только современникам Писарева, но и нам.

«У Базаровых есть и знание и воля»

Одной из самых любимых книг Д.И. Писарева был роман Тургенева «Отцы и дети». Этому роману и его главному герою Евгению Базарову Писарев посвятил несколько статей, которые оказали большое влияние на российское юношество и вдохновили многих молодых людей на занятия естественными науками.

Роман «Отцы и дети», написанный в конце 1850-х годов, опубликовал либеральный журнал «Русский вестник» в начале 1862 года. Он был сразу замечен и читателями, и литературной критикой. Правые критики дружно ругали Базарова, а обозреватель левого журнала «Современник» (уровень которого после смерти Добролюбова и ареста Чернышевского сильно снизился) М.А. Антонович расценил роман как пасквиль на молодое поколение. И тогда в защиту Базарова выступил Д.И. Писарев. Его статья «Базаров» была опубликована в № 3 журнала «Русское слово» за 1862 год — по горячим следам.

Евгений Базаров далеко не идеал, отмечает Д.И. Писарев. Но его потенциальные возможности огромны. И по масштабу своей личности он стоит намного выше других персонажей романа, в том числе и самого яркого представителя старшего поколения

Павла Петровича Кирсанова. Отмечая непривлекательные черты героя, способные оттолкнуть чувствительных читателей, Писарев все же дает ему высокую оценку: «У Печориных есть воля без знания, у Рудиных — знание без воли; у Базаровых есть и знание и воля. Мысль и дело сливаются в одно твердое целое».

По мнению Д.И. Писарева, таким людям, как Базаров, делать в России пока нечего. Поэтому столь убедительно в художественном отношении выглядит смерть героя из-за нелепой случайности.

Эта оценка романа перекочевала в советские учебники по литературе для средней школы и стала в СССР общепринятой. Впрочем, злые языки говорили, что Базаров из романа Тургенева и Базаров из статей Писарева — это два разных Базарова. Тургеневский Базаров, в отличие от писаревского, вряд ли может вызвать восхищение у читателя.

К образу Базарова Писарев возвращается не раз. И особенно ценит в тургеневском герое стремление заниматься естественными науками. С его точки зрения, это наиболее эффективная в сложившейся исторической ситуации форма служения Отечеству. Вершиной этой линии творчества Дмитрия Ивановича Писарева стала статья «Реалисты», написанная в 1864 году и опубликованная в трех номерах журнала «Русское слово».

В этой обширной статье автор снова и снова возвращается к образу Базарова, защищает своего любимого героя от обвинений в цинизме, нечувствительности и жестокости. Но еще интереснее то, что он говорит о важности естественных наук. Биологи, физиологи, химики, физики, инженеры — настоящие герои нашего времени, считает Писарев. Разбирая прежних литературных героев, он жалеет, что Печорин не нашел приложения своим силам в науке, но находит это простительным, поскольку Россия тогда еще не открыла для себя естествознание. А гуманитарные науки не настолько важны.

«Молодые люди... входят в храм науки и прежде всего попадают в преддверие, из которого расходятся в две противоположные стороны — в два коридора. Пойдешь налево — тебе покажут тысячи палисандровых дощечек и атласных лоскутков, которые тебе придется жевать для утоления умственного голода. А пойдешь направо — тебя накормят, оденут, обуют, обмоют и покажут, кроме того, как кормить, одевать, обувать и обмывать других людей. В левом, атласно-палисандровом отделении храма наук господствуют: историография Маколея и его бесчисленных даровитых и бездарных последователей, политическая экономия не менее бесчисленных учеников Мальтуса и Рикардо и, сверх того, пестрейшая толпа различных “прав”: римское, гражданское, государственное, уголовное и множество других... В правом отделении, напротив того, помещается изучение природы. Если бы молодым людям, вступающим в храм науки, ставили вопрос о двух коридорах так откровенно, как он поставлен здесь, то, разумеется, кому же была бы охота идти налево и жевать атлас? Но, к несчастью,

к большому несчастью для молодых людей и для всего человечества, — все левое отделение битком набито сладкогласными сиренами... которые только тем и занимаются, что очаровывают и увлекают своим мелодическим пением неопытных посетителей великого храма. В правом отделении совсем нет сирен: во-первых, потому, что там вообще до сих пор мало обитателей, а во-вторых, и потому, что наличным обитателям решительно некогда заниматься песнопениями: один добывает какую-нибудь кислоту, другой анатомирует пузырчатую глисту, третий исследует химические свойства гуано, четвертый возится с коренным зубом какого-нибудь *Elephas meridionalis* (тогдашнее название южного мамонта. — *Примеч. ред.*), пятый прилаживает отрезанную лапку лягушки к гальванической батарее, шестой анализирует мочу помешанных людей и так далее, и так далее, все в том же прозаическом направлении».

«Мы желаем работать, говорят естествоиспытатели, а не фантазировать. Работа же наша состоит в изучении тех сторон природы, которые можно видеть, измерять и вычислять. Так рассуждают величайшие из современных натуралистов, и простота и разумность таких рассуждений так очевидны, так неотразимо действуют на все человеческие умы, даже на самые неразвитые, что перед трудами натуралиста преклоняются с невольным уважением люди всех политических партий».

Писарев хвалит немецких ученых, сожалеет, что среди русских немногие могут встать с ними вровень. И снова неожиданно современная нота: ответ патриотам, которые возмущаются, что русские ученые смеют публиковаться в иностранных журналах. «Некоторые настоящие исследователи, приносящие действительную пользу общечеловеческой науке, живут, правда, в русских городах и даже иногда носят русские фамилии, но их труды остаются для нашего общества мертвым и даже неизвестным капиталом. Наш академик Карл Эрнст фон Бэр считается во всей Европе одним из величайших эмбриологов нашего времени. Дарвин, Карл Фохт, Гексли всегда цитируют его мнения с особенным уважением. Льюис в своей «Физиологии обыденной жизни» ссылается на исследование Овсянникова о спинном мозге и Якубовича — о нервных клеточках. Французский ученый Беклар упоминает в своей физиологии о некоторых экспериментальных работах Боткина и Сеченова. Ну а мы? Мы, я чай, и понятия не имеем о том, что у нас могут существовать такие люди, которые в самом деле не шутя занимаются эмбриологией, нервными клеточками и физиологическими опытами. Мы узнаем об этих людях из иностранных книг и чувствуем себя польщенными, точно будто мы сами не спим, а занимаемся делом. И вдруг, узнавши таким случайным образом о подвигах русских людей, какой-нибудь мыслитель из «Сына отечества» или из «Северной пчелы» вламывается в амбицию и заявляет жалобным голосом свою патристическую претензию: «На что же, мол, это похоже? В России есть умные люди, а я, русский мыслитель и

образованный человек, об этом ничего не знаю. Как же вам не грех так поступать, родимые специалисты? Зачем же вы пишете по-латыни или по-немецки? Вы должны писать по-русски...»

Писарев не был принципиальным противником революционного преобразования мира, но, в отличие от Н.Г. Чернышевского, сомневался в близости победоносной революции и, наверное, был прав. Россия вступала на траекторию эволюционного развития, сопровождающегося развитием промышленности и модернизацией сельского хозяйства. А для этого стране были нужны специалисты, в том числе естествоиспытатели. И Писарев делал все возможное, чтобы поднять в глазах соотечественников престиж квалифицированного специалиста, в особенности престиж исследователя в области естественных наук.

Пропаганда Д.И. Писарева оказалась исключительно эффективной. Поколение, сформировавшееся на его статьях, вывело российскую науку на мировой уровень. Физики А.Г. Столетов (1839–1896) и Н.А. Умов (1846–1915), исследователь в области аэродинамики Н.Е. Жуковский (1847–1921), математик С.В. Ковалевская (1850–1891), биологи А.О. Ковалевский (1840–1901), В.О. Ковалевский (1842–1883), К.А. Тимирязев (1843–1920), И.И. Мечников (1845–1916), И.П. Павлов (1849–1936), геолог А.П. Карпинский (1847–1936), почвовед В.В. Докучаев (1846–1903), климатолог А.И. Воейков (1842–1916), географ и антрополог Д.Н. Анучин (1843–1923). Удивительно, но в этом списке нет химиков. Фраза Базарова о том, что химик для общества гораздо полезнее поэта, пропала впустую.

Следующее поколение российских исследователей было иным. Его в первом приближении можно разделить на две группы. Представители первой группы в молодости были революционерами-народниками: кристаллограф Е.С. Федоров (1853–1919), изобретатель Н.И. Кибальчич (1853–1881), натуралист Н.А. Морозов (1854–1946), физиолог Н.Е. Введенский (1852–1922), биохимик А.Н. Бах (1857–1946), социолог Г.В. Плеханов (1856–1918), который позже стал первым русским марксистом. Последним представителем этой группы был талантливый молодой зоолог Александр Ильич Ульянов (1866–1887), казненный за подготовку покушения на царя Александра III.

Представители второй группы революционерами не становились, но мечтали о светлом будущем человечества и стремились своими трудами это будущее приблизить. К этой группе следует отнести К.Э. Циолковского (1857–1935) и И.В. Мичурину (1855–1935). Впрочем, мечтателями были и Н.И. Кибальчич, и Н.А. Морозов. Так, во время своего заключения в Шлиссельбургской крепости Морозов построил гипотезу о том, что атомы одних элементов могут превращаться в атомы других элементов с выделением огромной энергии и эта энергия будет поставлена на службу человечеству. А Кибальчич в тюрьме перед казнью создал проект пилотируемой ракеты.

«Только математические и естественные науки имеют право называться науками...»

Д.И. Писарев принял активное участие в дискуссиях о книге Чарльза Дарвина (1809–1882) «Происхождение видов». Эта книга вышла в Великобритании осенью 1859 года и вызвала горячие споры, которые захватили и Россию. Уже в первой половине 1860 года профессор Санкт-Петербургского университета Степан Семенович Куторга (1805–1861) рассказывал о ней студентам на своих лекциях, а Николай Николаевич Страхов (1828–1896) упоминает теорию Дарвина в журнале Министерства народного просвещения. Девятнадцатого января 1861 года Императорское Московское общество испытателей природы организует заседание, посвященное обсуждению теории Дарвина, на котором с основным докладом выступает Герман Адольфович Траутшольд (1817–1902). А вскоре в Бюллетене Общества была опубликована большая статья Траутшольда с подробным разбором теории Дарвина. В 1864 году появляется первый русский перевод «Происхождения видов», сделанный ботаником С.А. Рачинским (1833–1902). В том же 1864 году Д.И. Писарев публикует статью «Прогресс в мире животных и растений», посвященную теории Дарвина.

В этой статье талант Писарева раскрылся новыми гранями; он показал себя блестящим популяризатором науки. Д.И. Писарев рассматривал книгу Дарвина как выдающееся достижение биологии и предсказывал, что за ней последует революционный переворот не только в зоологии и ботанике, но и в других биологических дисциплинах.

В своих работах (например, в той же статье «Реалисты») Д.И. Писарев много говорил о важности популяризации науки. С некоторыми его утверждениями нельзя согласиться — например, с тем, что популяризировать нужно только фундаментальные науки, имеющие мировоззренческое значение, тогда как прикладные исследования и приложения науки интересны лишь специалистам. Здесь Писарев был неправ. Прикладные науки тоже нужно популяризировать — чтобы показать читателю практическое значение науки, процесс научного поиска и способы решения конкретных задач.

Взгляды Д.И. Писарева на гуманитарные и естественные дисциплины были не столь радикальными, как у Базарова, но все же достаточно «нигилистическими». Еще в «Нашей университетской науке» он писал: «Собственно говоря, только математические и естественные науки имеют право называться науками. Только в них гипотезы не остаются гипотезами, только они показывают нам истину и дают возможность убедиться в том, что это действительно истина. Эти науки сообщают человеку, посвятившему себя их изучению, такую трезвость и неподкупность мышления, такую требовательность по отношению к своим и чужим идеям, такую силу критики, которая сопровождает

человека за пределы выбранных им наук, которая не оставляет его в действительной жизни и кладет свою печать на все его рассуждения и поступки».

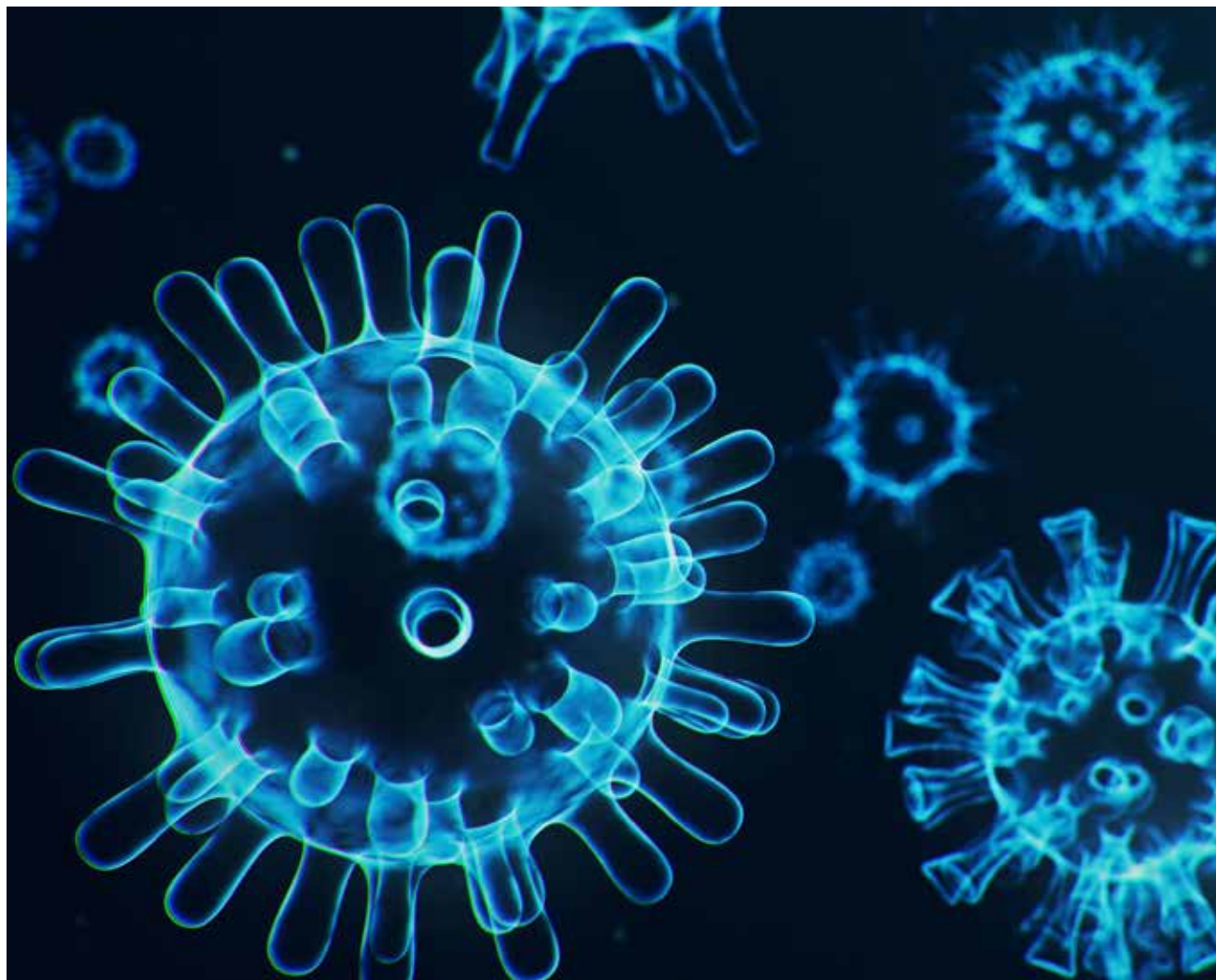
Здесь Дмитрий Иванович по молодости лет заблуждается. Мировой опыт показывает, что люди, занимающиеся естественными науками, за пределами своих профессиональных занятий могут так же попадать пальцем в небо, как и люди, не имеющие отношения к наукам. Более того, успехи в своей специальности нередко подкрепляют необоснованный апломб в суждении о вопросах, выходящих за пределы собственной компетенции. Не стоит идеализировать естествоиспытателей: они такие же люди и ничто человеческое им не чуждо.

Неверно и то, что лишь естественные науки открывают людям истину. Гуманитарные науки ее тоже открывают. Хотя в большинстве случаев истина, открываемая гуманитарными науками, не столь однозначна, и это не обязательно плохо.

Распространено мнение, что Д.И. Писарев, подобно Базарову, отрицал искусство. Это, разумеется, не так. Писарев высоко ценил искусство, рассматривая его как один из важнейших способов познания действительности. Однако искусство «бесполезное», уводящее от жизни и ее проблем, Писарев презирал. К сожалению, с тех же позиций «пользы» он высказывался и о творчестве Пушкина: агрессивно-пренебрежительного отзыва о героях «Евгения Онегина» многие ему до сих пор не могут простить. Из современных ему российских писателей Писарев выше всех ставил Льва Толстого, отмечая его объективность и точность в обрисовке психологии персонажей, которая позволяет читателю самому делать выводы, которые автор открытым текстом не высказывал.

В ноябре 1866 года Д.И. Писарев был освобожден из Петропавловской крепости. Однако воля не принесла ему счастья. В апреле того же года Д.В. Каракозов стрелял в Александра II, после покушения на особу императора в стране наступила реакция, были закрыты и «Русское слово», и «Современник». У Писарева развилась депрессия, его литературная активность сильно снизилась. «Я все это время, уже более полугода, чувствую себя неспособным работать так, как работалось прежде в запертой клетке», — писал он И.С. Тургеневу в мае 1867 года.

Летом 1868 года Писарев отправился на Рижский залив со своей троюродной сестрой, в которую был влюблен, — писательницей и переводчицей Марией Вилинской (Маркович), известной нам под псевдонимом Марко Вовчок. Шестнадцатого июля 1868 года Д.И. Писарев утонул, купаясь в Балтийском море. Он прожил всего 27 лет, но его влияние на интеллектуальную жизнь в России прослеживается спустя многие десятилетия. Этот «бунтарь» и «разрушитель», насмехавшийся над старыми кумирами, провозгласил для своих читателей новые ценности: стремление к знаниям, открытиям, честность и требовательность по отношению к себе и другим, силу воли и трудолюбие. Иными словами, все то, без чего не может существовать наука.



Белки – пособники коронавируса

Инфекция COVID – 19 (Coronavirus Disease – 2019), вызванная доселе неизвестным вирусом SARS-CoV-2, очень быстро охватила весь земной шар. Ученые, клиницисты и биохимики не могли остаться в стороне и принялись за исследование причин высокой инфекционности коронавируса.

Вирусы устроены очень просто, из нуклеиновой кислоты (РНК или ДНК) и белка. Белки образуют защитную капсулу (капсид), в которой находится нуклеиновая кислота – генетический материал вируса.

Некоторые вирусы имеют дополнительную липидную оболочку – суперкапсид, в которую встроены белки-пепломеры, напоминающие шиповидные отростки. У коронавирусов пепломеры располагаются в виде солнечной короны, благодаря чему они и получили свое название. В отличие от клетки в вирусах белков мало, но все они нужны ему для выживания и проникновения в клетку. Чтобы не дать вирусу распространиться, необходимо понимать, что делает каждый вирусный белок. Воспроизводит себя вирус с помощью органелл зараженной клетки хозяина. Но сначала ему нужно попасть в клетку. Делает вирус это следующим образом. С помощью

белка-пепломера он прикрепляется к белку-рецептору клетки ACE2 (Angiotensin-Converting Enzyme 2). У SARS-CoV-2 пепломер более сильно связывается с клеточным рецептором, поэтому и проникающая способность у него выше, чем у других вирусов.

Исследователи из института Рагона, Гарварда и Массачусетского технологического института совместно с коллегами со всего мира провели обширное исследование по поиску типов клеток, которые становятся мишенями для коронавируса. В исследовании приняли участие 63 ученых из 49 организаций. Задача исследования – найти клетки в человеческом организме,

которые производят одновременно два белка, помогающих вирусу SARS-CoV-2 проникать в клетку. Первый белок – рецептор ACE2, с которым связывается вирусный белок-пепломер. Второй белок – фермент TMPRSS2, который помогает активировать пепломер. По результатам анализа РНК, полученной из человеческих клеток каждого типа тканей, оказалось, что больше всего таких белков содержат клетки легких, носовых проходов и кишечника. Исследователи изучили сотни типов клеток из этих органов и сравнили результаты с клетками из других органов. Так были выявлены клетки-мишени коронавируса. В носовых проходах – это секреторные клетки, которые производят слизь. В легких – это пневмоциты II типа, выстилающие альвеолы (воздушные мешочки) и поддерживающие их в открытом состоянии. В кишечнике – энтероциты, которые отвечают за поглощение питательных веществ.

Для лечения и профилактики вирусной инфекции часто используют интерферон, белок естественной защиты от вирусов и патогенов, он стимулирует иммунную систему и подавляет синтез вирусных белков. Исследователи обработали интерфероном клетки дыхательного эпителия *in vitro* и с большим удивлением обнаружили, что он повышал активность гена рецептора ACE2, в результате чего усиливался синтез рецептора в клетке. Иными словами, интерферон выступал пособником коронавируса. Это означает, что коронавирусы в ходе эволюции научились использовать защиту клеток-хозяев себе во благо. Такая стратегия присуща не только коронавирусу. Практически все вирусы используют белки хозяина для выживания и распространения.

Справедливости ради отметим, что во многих случаях интерферон помогает. Не все вирусы связываются с ACE2. А если и связываются, то слабо. Могут быть индивидуальные особенности организма, или эффект может зависеть от дозы. Тем не менее результаты этого исследования показывают, что нужно с осторожностью относиться к

использованию интерферона для лечения больных коронавирусом инфекцией. С одной стороны, этот препарат стимулирует гены, участвующие в иммунной защите, а с другой – увеличивает количество рецептора ACE2, необходимого вирусу SARS-CoV-2 для проникновения в клетку. Ученые сейчас активно работают над созданием ингибиторов ACE2, которые помогут остановить развитие вируса в организме. (*Cell*, 22 Апреля, 2020)

Заплата для кости

В настоящее время медицинские технологии так продвинулись вперед, что позволяют заменить новыми клетками часть поврежденного органа или ткани или даже полностью вырастить орган. Конечно, наш организм обладает хорошими регенеративными способностями, но в некоторых случаях собственных сил не хватает, чтобы исправить повреждения, или же восстановление происходит очень медленно. В таких случаях на помощь приходят тканеинженерные конструкции – импланты. Имплант – это матрикс (каркас) из биосовместимого полимера с биологически активным материалом (клетки, ростовые факторы, сигнальные молекулы). Такая конструкция размещается в зоне повреждения и прорастает клетками окружающей ткани. Если матрикс изготовлен из био-разлагаемого полимера, то он со временем растворяется в организме. Полимерные импланты широко используют в костной хирургии. Для их изготовления необходим высокопористый материал (доля свободного пространства в материале – 70–90%), схожий с натуральной костью, в который легко прорастала бы костная ткань. Сделать его не так-то просто.

Исследовательскому коллективу из НИТУ «МИСиС» и НИЦЭМ им. Н.Ф. Гамалеи удалось получить такой высокопористый материал. Они использовали полиэфирэфиркетон (ПЭЭК). Этот полимер био-

совместим, прочен, износостоек. Российские ученые придумали, как обработать материал, чтобы получить структуру с 80%-ной пористостью. В этом им помогла обычная поваренная соль (хлорид натрия).

К ПЭЭК добавляли кристаллы NaCl сферической формы, которые имитировали естественную пористость кости. Образцы прессовали при повышенной температуре и затем отмывали от соли. На месте кристаллов соли возникали пустоты. Использовали кристаллы двух размеров – 106–200 и 40–75 микрон. Первые создавали в материале поры, вторые – рельеф поверхности. Поры необходимы, чтобы в них прорастали костная ткань и кровеносные сосуды. Но импланту нужна и рельефная поверхность, к которой прикрепляются остеобласты – клетки, формирующие костную ткань. К удивлению ученых, полученный материал самопроизвольно связывал белки BMP-2 и EPO, усиливающие рост костной ткани и сосудов.

Затем ученые решили проверить материал на деле. Пластинку из ПЭЭК имплантировали в дефект черепа подопытных мышей. Для заращения костного дефекта понадобилось всего шесть недель. Приживаемость импланта, содержащего ростовые факторы, была в 4–6 раз выше.

Подобная тканеинженерная конструкция для костной хирургии хороша тем, что не только помогает пациенту быстро восстановиться, но в будущем позволит выдерживать такие же нагрузки, как и до операции. (*PolymerTesting*, 2020, 87)

Защитники сердечных клеток

Сердечно-сосудистые заболевания по распространенности стоят на первом месте. Существует целый класс фармакологических препаратов для сердечников, действие которых основано на выделении газа – оксида азота (NO). Это такие широко используемые препараты,

как нитроглицерин, нитропруссид и нитрит, образующие NO при восстановлении. К сожалению, эти вещества нестабильны, неспецифичны, токсичны.

Сегодня ученые активно разрабатывают вещества, несущие «готовую к употреблению» молекулу NO – динитрозильные комплексы железа (ДНКЖ). («Химия и жизнь» писала об этих комплексах, 2019, № 10.) Эти комплексы включают $[\text{Fe-NO}_2]$ – фрагмент, связанный с молекулами-лигандами. Лигандами могут быть природные вещества (глутатион и цистеин) и синтетические. Комплексы с глутатионом и цистеином хорошо себя зарекомендовали в лечении таких сердечно-сосудистых заболеваний, как гипертония, ишемия, инсульт. Однако ДНКЖ могут не только лечить, но и убивать: их действие зависит от природы лиганда.

Группа ученых из Института проблем химической физики РАН (Черноголовка) синтезировала катионные одноядерные ДНКЖ с общей формулой $[\text{Fe}(\text{SR})_2(\text{NO})_2]^{n+}\text{X}^-$, где $n = 1-4$, X – кислотный остаток, R – тиомочевина или ее производные. Исследователи решили проверить, как эти комплексы влияют на клетки – повышают их жизнеспособность или убивают. Для исследования выбрали фибробласты легких человека и кардиомиоциты крысы, которые выращивали в лабораторных условиях *in vitro*. По результатам экспериментов, клетки, обработанные динитрозильными комплексами железа, были в несколько раз более живучими, чем клетки, не обработанные комплексами. Даже через 30 часов, когда комплексы уже распались, их жизнеспособность была выше. К тому же у опытных клеток повышалась активность фермента дегидрогеназы, забирающего электроны от метаболита – никотинамидадениндинуклеотида (НАДН) и передающего их в дыхательную цепь митохондрий.

Предположительно происходит это так: ДНКЖ выделяют NO, который, воздействуя на кластеры $[\text{Fe-S}]$ фермента дегидрогеназы, изменяет его структуру и усиливает его активность. Благодаря этому клетка начинает дышать активнее,

образуя больше АТФ, которая расходуется на синтез новых белковых молекул. У таких активно дышащих клеток больше возможностей для исправления повреждений. Затем ученые решили проверить, могут ли ДНКЖ защищать клетки от токсического действия противоопухолевого препарата доксорубинина, вызывающего осложнения в сердечно-сосудистой системе. Оказалось, и это им под силу.

Протестированные ДНКЖ можно использовать для создания фармакологического препарата комплексного действия, который будет совмещать свойства сердечного лекарства и защитника клеток. Такой препарат необходим онкологическим больным для лечения сердечно-сосудистых осложнений, возникающих при химиотерапии. (*Front. Pharmacol.*, 2019, 10)

Чем больше сна, тем меньше жира – и наоборот

Сон – особое состояние человека и животных, которое необходимо для восстановления сил, энергии, укрепления иммунной системы, нормализации обмена веществ. Полноценный сон способствует здоровью, а его недостаток провоцирует некоторые заболевания, среди которых ожирение. Ученые давно обратили внимание на связь между лишним весом и хроническим недосыпанием. Люди, которые спят меньше шести часов в сутки, чаще страдают ожирением и диабетом. Происходит это потому, что лишение сна влияет на содержание гормонов «аппетита» – грелина и лептина. Хронически недосыпающие люди едят больше, только организм вместо пополнения запасов энергии пополняет жировые запасы. Казалось бы, все ясно. Но ученые задались вопросом, а могут ли нарушения в метаболизме влиять на сон?

На этот вопрос решили ответить американские исследователи из университета Пенсильвании и уни-

верситета Невады в Рино. Исследование проводили на микроскопическом черве *Caenorhabditis elegans*. Этот червь очень удобен для изучения сна, поскольку его нервная система состоит всего из 302 нейронов, два из которых ответственны за сон: они получают сигналы от клеток печени, глаз и других органов и запускают переход ко сну. Ученые выяснили, что метаболизм и сон у *C. elegans* связаны через белок KIN-29, который регулирует активность генов сна в специальных сенсорных нейронах. У нас тоже есть белок с подобной функцией – SIK. Ученые предположили, что KIN-29 запускает передачу сигнала от сенсорных нейронов к клеткам печени, вынуждая их расщеплять запасенный жир. Сигнал о пополнении энергетических запасов поступает к нейронам, которые запускают переход ко сну.

Чтобы проверить, так ли это на самом деле, ученые выключили у *C. elegans* ген KIN-29. Мутантные черви довольствовались непродолжительным сном. У них было низкое содержание АТФ (энергетической валюты организма), несмотря на высокие запасы жира. Когда с помощью генетических манипуляций клетки печени таких червей заставили расщеплять жиры, черви снова могли спать. Бессонница у мутантных червей была вызвана неспособностью использовать свои жировые запасы.

Это исследование объяснило, почему у людей с ожирением проблемы со сном. Оказалось, все дело в нарушении сигнализации между жировыми отложениями и клетками мозга, контролирующими сон. (*PLOS Biology*, 2020, 18)

Выпуск подготовила
кандидат биологических наук
О.В. Космачевская

Гордость, краса и доходы расцветают вместе
на нежном зеленом стебле, и как знать, возможно,
и слава. Ибо для нового чуда природы необходимо
новое имя, и не естественно ли окрестить цветок
именем открывшего его? «Джонсмития»!
Что ж, встречаются названия и похуже.

Герберт Уэллс.
Странная орхидея

Елена Клещенко

Честь и бесчестье биологических имен



Поговорим о президентах и бабочках,
о безглазом жуке и Гитлере, о Конан
Дойле и птеродактиле, о пиратском
доступе к научным статьям и раз-
личии между паразитом и паразито-
идом. Иными словами, о некоторых
аспектах биологической номенкла-
туры.

Номенклатура в биологии — совокупность норм, принципов и правил именования систематических групп. Сколько бы ни смеялись над учеными, которые любят всему придумывать названия, это очень важное дело. Что не имеет имени, того не существует. Не будет большим преувеличением сказать, что природа приобрела свой современный облик (или мы стали видеть ее иначе?), с тех пор как Карл Линней ввел правила бинарной номенклатуры — именования биообъектов существительным и прилагательным, где существительное означает род, а прилагательное — вид: *Geranium sylvaticum* — герань лесная, *Ursus maritimus* — белый медведь (буквально «морской»), *Homo sapiens* — человек разумный. Каждая такая пара слов — не просто слова, а уникальный идентификатор вида. У географов — горы и водопады, у химиков — именные реакции и минералы, у биологов — звери, птицы и растения. (А затем бактерии, вирусы, белки, гены и прочие важные предметы, но это уже другая история.) Назвать новый вид именем реального человека, литературного героя либо персонажа мифологии кажется отличной идеей. Однако на практике бывает по-разному.



◀ По какой причине животному присваивают имя человека? В знак уважения, в шутку, из-за комичного сходства или просто потому, что подходящие имена уже закончились, а насекомые в тропическом лесу – еще нет

Мексиканский наездник Элбакян

Тело коренастое, усики с 23 члениками, голова округленная, яйцеклад очень длинный... Так выглядит тетка Александры Элбакян, создательницы ресурса Sci-Hub, который предоставляет бесплатный доступ к научным публикациям, в том числе и к закрытым правообладателями. Да, это нелегально, но такова принципиальная позиция Александры: знания должны распространяться свободно. Для значительной части ученых, особенно не из самых богатых стран, цены за статьи крупных журналов заведомо высоки, так что они относятся к этому ресурсу с нежностью и не скрывают, что многим ему обязаны. Андрей Халаим из Зоологического института РАН в Петербурге, описавший мексиканское перепончатокрылое насекомое, имел в виду только хорошее, когда назвал это насекомое *Idiogramma elbakyanae*.

«Справедливости ради замечу, что далеко не все в современной общественной деятельности А. мне нравится, — написал он у себя в блоге 31 августа 2017 года, после того как вышла статья о трех новых видах ос-наездников. — Но человек, создавший Сци-Хаб, всю оставшуюся жизнь может делать что угодно,

творить любые безобразия, и это будет прощено». Действительно, Александра прославилась эксцентричными высказываниями, и не только о свободе информации: она, например, увлекается астрологией.

Жест энтомолога не был оценен. После того как в СМИ начали появляться сообщения о том, что в честь Александры Элбакян назвали насекомое-паразита, хозяйка Sci-Hub приостановила доступ к сервису для российских пользователей, мотивировав это многолетней травлей со стороны «либералов» (Элбакян придерживается левых политических взглядов). Не помогли объяснения, что наездник — не паразит, а паразитоид, он не существует внутри живого хозяина, а поедает его целиком, то есть, по сути, хищник; что предполагаемые жертвы идиограммы Элбакян — вредители-пилильщики, уничтожающие деревья и сельхозкультуры, что она, идиограмма, существо полезное и (во всяком случае, для энтомолога) красивое; что два других вида, описанных в той же статье, названы именами известных ученых...

В конце концов Андрей Халаим написал: «Мне категорически не нравится стиль общения Александры, поэтому вступать в личную переписку я не хочу и не вижу смысла (при этом признаю за ней право общать-

ся так, как она считает нужным, с теми, кто хочет с ней лично общаться и дискутировать). Чувства вины не испытываю. Обиженным себя не чувствую. Случившееся расцениваю как недоразумение. (...) Зоолог не обязан согласовывать патронимы. Отменить название или "переназвать" вид нельзя». Мексиканский наездник сохранил свое красивое имя, а сайт Элбакян через несколько дней впустил россиян обратно.

Дискуссия о паразитоиде с длинным яйцекладом себя исчерпала, но дискуссия о доступе к научным статьям продолжается по сей день, и вполне серьезные люди склоняются к мнению, что информация должна быть если не полностью свободной, то, во всяком случае, намного свободнее, чем сейчас. Кстати, с началом эпидемии коронавируса практически все статьи, так или иначе связанные с напастью, стали доступны любому желающему.

Аттенборозавр и обамадон

Традиция давать новому виду имя уважаемого человека насчитывает не одно столетие. Знаменитый ученый, коллега или наставник, меценат, любимый актер, музыкант, политический деятель или какой-нибудь другой человек, милый сердцу первооткрывателя, — таких примеров много.

Имя сэра Дэвида Аттенборо, знаменитого телеведущего и натуралиста, который фактически создал жанр документального фильма о природе, носят примерно два десятка видов растений и животных. Стрекоза, бабочка, две ящерицы, лягушка, паук, яйцекладущая проехидна Аттенборо, несколько ископаемых животных, в том числе небольшой сумчатый лев и аттенборозавр — вид плезиозавра... сразу видно, как много биологов выросло на его передачах и фильмах.

Раз уж речь зашла о вымерших видах, названных в честь великих людей, остановимся на двух знаменитых примерах. В Бразилии, в нижнемеловых слоях, нашли почти полный скелет птерозавра — удивительное существо с размахом крыльев около 4,5 м при длине тела 22 см. У него были уникально длинные пальцы, возможно, самые длинные среди птеродактилей. Птерозавра описали в статье 1994 года Эберхард Фрей и Дэвид Мартилл и дали ему название *Arthurdactylus conandolei*, в память Артура Конан Дойла, который поместил свой «Затерянный мир» на высокогорное плато в Южной Америке, не так уж далеко от места находки.

Более современной фантастике обязан именем *Tianchisaurus nedegoapeferima* — четвероногий, травоядный, из инфраотряда анкилозавров, но без характерной «шипастой булавы» на хвосте. Его останки нашли около озера Тяньчи в Синьцзян-Уйгурском автономном районе Китая. Спонсором экспедиции был Стивен Спилберг, и как раз тогда вышел «Парк Юрского периода». Сначала нового динозавра стали называть «юрассозавром», а длинное видовое название — ne-de-go-a-re-fe-ri-ma — предложил сам Спилберг, составив его из первых букв фамилий акте-

ров, снимавшихся в фильме: Сэма Нилла, Лоры Дерн, Джеффа Голдблума, Ричарда Аттенборо (брата сэра Дэвида, кстати), Боба Пека, Мартина Ферреро, Арианы Ричардс и Джозефа Мацелло. Видовое название в итоге осталось, а официальное родовое название китайские палеонтологи все-таки произвели от места находки: «юрассозаврами» можно назвать слишком многих динозавров.

Значительная доля биоразнообразия Земли приходится на насекомых и других членистоногих, соответственно, энтомологам достаются самые тяжелые труды по выбору имен. Американский энтомолог Терри Эрвин (к сожалению, скончавшийся 11 мая 2020 года в возрасте 79 лет) прославился тем, что, работая в лесах Южной Америки, обнаружил и впервые продемонстрировал человечеству «темную материю» не описанных учеными видов. На одном дереве тропического леса их сотни! В 1982 году Эрвин опубликовал свою приблизительную оценку количества членистоногих на Земле: 30 миллионов. Вероятно, это преувеличение. О точном числе спорят до сих пор, чаще говорят, что их на Земле «всего» 8–8,7 миллионов видов или немного больше (не считая микроорганизмов), а известно науке менее 2 миллионов.

Так или иначе, сам Эрвин описал более 20 родов и около 400 видов. Коста-риканских жукелиц рода *Agra* было действительно много, и некоторым достались веселые имена: *Agra cadabra*, *Agra phobia*, *Agra vation* (aggravation по-английски «усугубление, ухудшение»)... Три жукелицы были названы в честь Кейт Уинслет, Лив Тейлор и Кэтрин Белл. А еще одна, *Agra schwarzeneggeri*, получила имя за необыкновенно мощные средние лапки. Ученый рассказывал в интервью, что его студенты послали фотографию насекомого Шварценеггеру, а тот вернул ее с автографом: «Спасибо, что думаете обо мне. Арнольд». В общем, обычно люди не обижаются на ученых, даже если их именем называют жукелицу, а не грациозную антилопу или прекрасный цветок.

Келли Миллер и Квентин Уилер попали в новости, когда назвали три вида жуков-гладкотелок рода *Agathidium* именами Джорджа Буша, вице-президента Дика Чейни и министра обороны Дональда Рамсфелда. Буш лично поблагодарил энтомологов по телефону. Правда, в той статье 2005 года было описано 65 новых видов, так что вместе с командой президента чести удостоились жены ученых, а также Покахонтас, Фернандо Кортес и Дарт Вейдер из «Звездных войн» (голова жука напомнила исследователям его знаменитый шлем).

Среди президентов США XXI века лидирует по числу «крестников», видимо, Барак Обама, щедро финансировавший науку. В его честь названы пауки, рыбы, лишайник, вымершая ящерица обамадон, птица, пчела, жук-плавунец и даже плоский червь — паразит черепах *Baracktrema obamai*. Все биологи, включая паразитологов, подчеркивали, что это дань уважения президенту — «за его поддержку науки и высшего образования», «за его усилия по сохранению окружающей среды».

У следующего президента США отношения с научным сообществом складывались не очень. Имя Дональда Трампа носит только ископаемый вид морского ежа *Tetragramma donaldtrumpi*, и тот получил название в 2016 году, во время предвыборной кампании. Уильям Томпсон, охотник за ископаемыми, нашедший несколько образцов этого животного, сказал журналистам, что окаменевший еж «похож на спасательный круг, и, может быть, Трамп станет спасательным кругом для Америки». Есть еще *Neopalpa donaldtrumpi* — вид моли, которую впервые описал канадский энтомолог Вазрик Назари, изучавший музейные коллекции. Но это вряд ли дань уважения. Голова бабочки покрыта желтыми чешуйками, напоминающими прическу 45-го президента, объяснил ученый.

Известен по крайней мере один случай, когда имя политического деятеля навлекло беду на живое существо. Слепую хищную пещерную жужелицу, обитающую в пещерах Словении, описал в 1937 году немецкий коллекционер-любитель Оскар Шайбель и назвал в честь своего кумира, на тот момент канцлера Германии, — *Anophthalmus hitleri*. Сейчас это безглазое насекомое находится на грани исчезновения из-за популярности у правых экстремистов, желающих украсить интерьер «жуком Гитлера».

Сигезбекия

Случаев, когда ученый называл биологический объект чьим-то именем не для того, чтобы почтить, а для того, чтобы высмеять и наказать, известно на удивление немного. Вряд ли потому, что зоологи и ботаники такой мирный народ, — ученые тоже люди. Скорее, потому, что правила именования биообъектов не терпят нарушений, как бы ни кипело на сердце. А если строго следовать правилам, то месть становится сложной.

Начало традиции в некотором смысле положил сам Линней. Иоганн Георг Сигезбек (1686—1755), родом из Пруссии, член Петербургской академии наук и директор Ботанического сада в Петербурге, больше запомнился историкам скандалами и склоками, чем научными достижениями. А еще тем, что назвал непристойной линнеевскую систему классификации растений, основанную на числе и особенностях строения пестиков и тычинок. Линней сравнивал пестики с женщинами, а тычинки с мужчинами, и в переводе этих мест с латыни на европейские языки действительно можно было углядеть неблагопристойность. «Бог никогда не допустил бы в растительном царстве такого безнравственного факта, как то, что несколько мужей (тычинок) имеют одну жену (пестик), — резонерствовал Сигезбек. — Не следует преподносить учащейся молодежи подобной нецеломудренной системы». Нам смешно, а Линнею было неприятно.

Некоторые источники утверждают, будто Линней в отместку назвал мелкое и резко пахнущее растение сигезбекией. По мнению самого Линнея, присвоение чьего-то имени виду должно быть своего рода метафорой, подчеркивать сходство черт человека и

растения. Например, именем знаменитого французского ботаника Пьера Маньоля (1638–1715) называли магнолию, и Линней сохранил это название в своих трудах. Также он отмечал, что имя испанского натуралиста и придворного врача Франсиско Эрнандеса де Толедо (1514–1587), чьи труды Линней считал недостаточными плодотворными, подходит эрнандии, дереву с крупными листьями, но мелкими цветками. А имя немецкого врача и ботаника Теодора Дорстена (около 1500–1552) — дорстении из семейства шелковичных, с невзрачными цветами, которые «как бы поблекли и вышли за пределы своего расцвета»; видимо, Дорстен казался Линнею устаревшим. Логично предположить, что он дал имя неумного оппонента зловонному сорняку не просто так, а тоже с намеком на сходство черт.

С другой стороны, сигезбекия — не такое уж плохое растение, даже целебное; конечно, не магнолия, но и Сигезбек не Маньоль. К тому же труд Сигезбека, где говорилось про безнравственность пестиков и тычинок, и книга Линнея, в котором упоминается сигезбекия, вышли почти одновременно, а до того ботаники были в хороших отношениях, и есть свидетельства, что Сигезбек поблагодарил Линнея за честь. Существует и другая версия конфликта, согласно которой Линней послал в Петербург мешочек с семенами, снабженный этикеткой *Cuculus ingratus* («кукушка неблагодарная»). Сигезбек поспешил высадить семена растения с диковинным названием — выросла сигезбекия. И вот после этого изысканного оскорбления контакты двух натуралистов прекратились окончательно и поступления образцов сибирской флоры в коллекции Линнея иссякли.

В честь самого Линнея названы многие роды и виды; не менее важная память о нем — буква L., которая пишется после названий всех многочисленных видов, которые описал он. Имя полностью писать не нужно, все знают, что L. — это Карл Линней.

Есть один чистый и недвусмысленный случай имени-мести — но тут мишенью был человек, покусившийся на святое. Чешский ученый Иржи Понерт в 1973 году опубликовал описание 254 новых видов растений, встречающихся в Турции. Однако Понерт никогда не проводил полевых сезонов в Турции и вообще был слишком молод для такой солидной работы. Оказалось, что он использовал чужие описания видов и придумал для них названия, не видя сами растения, — стыд для ботаника! При этом названия были составлены грамотно, не было причины их отвергать. Заклеймил нарушителя научной этики швейцарец Вернер Гройтер: вид клевера, растущий в Греции, он назвал *Trifolium infamia-ponertii* — Клевер Позор Понерта. И пока цветет этот клевер, все ботаники будут помнить, как не надо делать.

Дуэль двух шведских палеонтологов, работавших между Первой и Второй мировыми войнами, — Эльзы Варбург и Орвара Исберга — происходила по строгим правилам биологической номенклатуры. Мы не знаем в подробностях, с чего началась вражда; возможно, хватило того, что Варбург была еврейкой, а Исберг

придерживался пронацистских убеждений. Эльза Варбург описала род трилобитов *Isbergia*, любезно поблагодарила коллегу за сбор образцов (круг палеонтологов Швеции был слишком узок, чтобы не пересекаться за работой). Два вида этого рода она назвала *Isbergia parvula* и *Isbergia planifrons*. Нормальные видовые эпитеты, нередко встречаются в названиях, но если переводить буквально — исберггия мелкая, исберггия плоскоголовая... Последнее особенно обидно для приверженца доктрины о превосходстве арийской расы, где форма черепа играла важную роль! Истинный ариец ответил девять лет спустя, назвав род вымерших моллюсков *Warburgia*. Он так же вежливо поблагодарил коллегу Варбург, а четырем видам дал следующие названия: *Warburgia crassa*, *W. lata*, *W. oviformis*, *W. iniqua* — варбургия толстая, широкая, яйцеобразная, нечестивая (кривая). Опять же, эпитеты обычные, форме раковин соответствуют — не придерешься.

Фантастические твари и как их называют

В январе 2012 года берлинские музеи провели 30-ю Длинную ночь: 70 музеев приглашали посетителей «за кулисы» и устраивали особенные экскурсии. Сотрудники Музея естественной истории при Институте исследований эволюции и биоразнообразия Лейбница придумали специальное мероприятие, чтобы напомнить посетителям, как неисчерпаема природа.

В музейных коллекциях хранится множество признанных, но еще не описанных видов (помните историю с молью, похожей на Трампа?). Среди них нашелся интригующий персонаж: крошечная чернорыжая оса из Таиланда, которая поразительно точно имитирует муравья не только видом, но и повадками, а в качестве пищи для своих личинок добывает тараканов. Причем делает это способом, от которого у нас, позвоночных, мурашки по коже. Сначала она кусает жертву в грудной сегмент, временно парализуя переднюю пару лапок, потом в голову. Укушенный таракан становится пассивным, яд блокирует его нервные рецепторы, он не убегает, но сохраняет способность к передвижению. И тогда оса, которая намного меньше таракана, тянет его за усы-антенны, как за поводок, к себе в норку. Там откладывает одно или два яйца между лапками жертвы, вылезает и заваливает норку — скорее, чтобы не привлекать внимания конкурентов, чем для удержания добычи в плену. Таракан не уходит и, оставаясь живым, становится едой для осиных личинок.

Имя осе дали не специалисты, а обыкновенные берлинцы — любители естествознания. Посетителям музея объясняли принципы линнеевской бинарной номенклатуры, на большом экране показывали фотографию безымянной осы — тараканьей погибели и предлагали выбрать ей имя из четырех вариантов:

— *Ampulex bicolor* (двухцветная), из-за черно-рыжей окраски;

— *Ampulex mon*, в честь древней таиландской народности мон;

— *Ampulex dementor*, по ассоциации с вымышленными существами из книг о Гарри Поттере, которые высасывают радость и душу из человека, оставляя пустое тело без мыслей и чувств;

— *Ampulex plagiator*, потому что эта оса подражает муравью.

За «дементора» проголосовали 105 человек из 272, за «плагиатора» — 90, два других менее необычных названия сильно отстали. Странно, что из мира Джоан Роулинг сотрудники музея выбрали именно дементора: больше подошло бы отвратительное заклятие Империи, подчиняющее волю жертвы.

Зачем организаторы мероприятия сделали шоу из такого серьезного дела, как присвоение видового названия, и допустимо ли именовать ни в чем не повинное животное выдуманным словом из модной книжки, когда для этого есть латинский и греческий языки? Сотрудники Музея естественной истории отвечают на это следующим образом. Конечно, видовые названия важны. Но если выделение и описание нового вида, особенно в эпоху ДНК и молекулярной филогении, — задача для профессионалов, то в подборе имен могут принять участие и простые любители природы. Больше шансов, что получится название, которое нетрудно будет запомнить.

А что касается латыни, tempora mutantur — времена меняются. На заре биологии как науки латынь выполняла ту же роль, что сейчас английский, — была языком общения ученых из разных стран, всякий мало-мальски образованный человек владел минимумом латинских слов и был своим в мире античной мифологии. Все знали, чем знаменит горластый воин Стентор, и догадывались, почему его именем назвали инфузорию, похожую на трубу. Все понимали, что «руфус» — это рыжий, а «формоза» — прекрасная. Однако новому времени — новые сказки. Рушить традиции нехорошо, латинскую основу видовых названий следует оставить, но нет ничего плохого в том, чтобы, выбирая название, использовать образы из других, не античных мифов, или даже из художественной литературы. Сериалы и франшизы — чем не сказки нашей современности?

Оса, конечно, не осталась единственным видом из мира Гарри Поттера. Есть другая оса, *Lusius malfoy* — элегантная, бледного окраса и совсем не такая злая, как обычно думают об осах; все это можно отнести и к Малфоям из саги, поясняет автор названия. Есть два паука, названных в честь патриарха пауков Арагога. Есть краб *Harryplax severus* (Северус — это, конечно, профессор Снейп, а вот Гарри — не только отсылка к Поттеру, но и дань уважения коллекционеру Гарри Конли, истинному волшебнику по части удивительных находок). Совсем недавно зеленую гремучую змею из Индии назвали *Trimeresurus salazar* — в честь Салазара Слизерина, одного из основателей Хогвартса, школы чародейства и волшебства, а вовсе не португальского диктатора.

И чтобы закончить с народной биологической номенклатурой: в 2010 году британская газета «Гардиан» устроила необычный конкурс — выбрала десять видов насекомых, лишайников и морских беспозвоночных, численность которых мала или угрожающе уменьшается, и попросила читателей придумать для них английские имена, пока эти существа не остались только в учебниках. (До конкурса у всех десяти были только латинские названия — хотя ученые знают и не всех животных, все же они знают больше, чем «народ».) Читатели охотно откликнулись на призыв, конкурс собрал более 3000 заявок. И в итоге придумали отличные названия. Так, жучок с золотистыми пятнышками стал «фонариком Маб», шекспировской феи, другой, черный, пожирающий личинок других жуков и найденный только в Виндзоре, — «палачом королевы», маленькая розовая креветка — «морским поросенком», а медуза со жгучими органами, образующими узор в виде мальтийского креста, — «медузой святого Иоанна». Трудно сказать, останутся ли эти названия в языке, но минимальную задачу — пробудить в людях интерес к природе Англии и желание спасти редкие виды — конкурс выполнил.

Драконы и хоббиты

Не все любят фэнтези и волшебные сказки, но один несомненный плюс моды на них — мифы и легенды разных народов, ранее известные только узкому кругу филологов, теперь знакомы каждому, и биологам в том числе. Например, ископаемой змее, жившей 5 миллионов лет назад, из-за выростов на позвонках, похожих на крылья, дали родовое название *Zilantophis* — в честь крылатого змея Зиланта из татарской мифологии. (Его можно увидеть на гербе Казани.) Интересно, что авторы статьи в «Journal of Herpetology» 2017 года — американцы, и останки крылатого змея найдены в Америке. Был зилантофис мелким, примерно с указательный палец, и вряд ли наводил страх даже на мышей. И летать не умел — выросты служили для прикрепления спинных мышц.

А в 2015 году рядом с гидротермальным источником «Замок Локи» на Срединно-Атлантическом хребте была обнаружена новая группа архей — предположительно новый тип. Археи — одноклеточные организмы, не имеющие ядра, которых раньше объединяли с бактериями, но потом выяснили, что они имеют независимую эволюционную историю, в частности, связаны таинственным родством с нами, ядерными организмами. На переходную форму между археями и эукариотами как раз и были похожи новые существа. То есть сначала была обнаружена ДНК неведомой группы, но совсем недавно японским ученым удалось их культивировать, и пока что все исследования подтверждают гипотезу об их особой роли. А назвали эту группу *Lokiarchaeota* — по месту находки, но и в честь скандинавского бога Локи, личности неоднозначной и противоречивой. Локи известен как «зачинщик раздоров», и в самом деле, споров вокруг этой группы

было немало. С другой стороны, есть версии мифа, в которых Локи был одним из демиургов и помогал Одину создавать людей. Других похожих архей, открытых после *Lokiarchaeota*, называли в честь Тора, Одина и Хеймдалля, а группу, к которой принадлежат все они, предложили назвать *Asgard* — как мир, где живут боги.

Но если говорить о литературных произведениях, способных претендовать на место современной мифологии, — это, конечно, «Властелин колец» и другие книги Джона Рональда Руэла Толкина. Его герои сейчас, возможно, более знамениты, чем герои Троянской войны двести лет назад. И это не могло не сказаться на биологии.

Коллекцию названий, данных в честь персонажей «Хоббита», «Властелина колец» и «Сильмариллиона», собрал морской биолог Георгий Виноградов. Названий растений и животных, вымерших и современных, в ней больше полутора сотен, не считая пород и сортов. Там присутствуют, кажется, все — хоббиты, гномы, эльфы, люди и орки, Мелькор и Саурон, Гэндальф, Горлум и Том Бомбадил. В честь самого профессора Толкина назван один род, пять видов и один подвид животных, в том числе морской рачок *Leucothoe tolkieni*, описанный Георгием Виноградовым.

Из прочих «толкиновских» названий отмечу два. Кирилл Еськов, палеонтолог, арахнолог (специалист по паукам) и писатель-фантаст, автор «Последнего кольценоосца», своеобразного апокрифа по книгам Толкина, назвал род пауков *Sauron*. Типовой вид, *Sauron fissicornis*, обитает в горах Казахстана, так что родовое имя происходит не только от Черного Властелина из Средиземья, но и от горного хребта Саур.

Вероятно, самое первое такое название животному дали в 1964 году. В янтаре мелового периода была найдена тихоходка — крошечное беспозвоночное, родственное членистоногим. Американский энтомолог Кеннет Купер назвал находку *Beorn leggi*, а семейство для нее — *Beornidae*. Беорн у Толкина — таинственный огромный человек, обладающий способностью превращаться в медведя (или медведь из старинного рода черных медведей, который обрачивается человеком), а «тихоходка» по-английски *water-bear* — водяной медведь. Они и выглядят как микроскопические шестиногие пародии на медведей: уморительная внешность и умение выживать в самых суровых условиях, вплоть до космического вакуума, сделали их настоящими звездами Интернета.

P.S. Эта статья про виды животных и растений, а не про гены, белки и прочие молекулы. Но об одной молекуле, названной в честь литературного героя, не могу промолчать. Группа британских исследователей выделила из мочи самцов мышей индивидуальный белок, который не просто привлекает самок, но и, по данным авторов, воздействует на их память и делает особо притягательными другие компоненты запаха этого самца. Белку они дали название «дарсин» в память великолепного мистера Дарси из «Гордости и предубеждения» Джейн Остин. Неромантические люди эти биологи.



Земля и ее обитатели

Ольга Арнольд

Фотографии **Андрея Жданова**

Приматы Балийского моря

Интеллект и моллюск, казалось бы, две вещи несовместные. Но это если не вспоминать о головоногих. Осьминоги, кальмары, каракатицы способны удивить любого пришельца из надводного мира. Красивые, умные, непредсказуемые — время в их обществе летит незаметно.

Коралловый треугольник

Коралловые рифы — это особый мир, с которым люди познакомились совсем недавно. Только во второй половине прошлого века мы вошли в воду с открытыми глазами и с тех пор все больше узнаём об огромном биологическом разнообразии этого мира. И любимся его потрясающей красотой.

Знаменитый этолог Конрад Лоренц, плавая с маской у побережья Флориды, был очарован «подводным звездным небом», «поглощен созерцанием,



▲ Ширококорукая каракатица

благоговейно восхищен творением и красотой его». Собственно говоря, вся первая глава его книги «Агрессия» — это гимн миру коралловых рифов. Восхищение удивительной жизнью, незнакомой обитателям суши, не помешало ему сделать серию важных наблюдений, которые потом легли в основу его концепции территориального поведения и биологической роли агрессии.

Я со студенческих лет «мечтала о морях и кораллах», тем более что песни Новеллы Матвеевой на биофаке были очень популярны. Но прошло много лет, прежде чем эта мечта осуществилась и я занялась дайвингом. И конечно, как биолога, меня в первую очередь интересовали подводные обитатели. Теперь, годы спустя, многих из них я уже знаю «в лицо», как старых знакомых, часто могу предсказать их поведение. Это не значит, что они меня не удивляют.

Считается, что самые роскошные, изобилующие различными формами жизни рифы находятся в так называемом Коралловом треугольнике. Он включает в себя Большие и Малые Зондские острова, Филиппинский архипелаг, Новую Гвинею и Соломоновы острова. Эти участки суши входят в состав разных государств:

Индонезии, Малайзии, Филиппин, Папуа — Новой Гвинеи, Восточного Тимора, Соломоновых островов. Площадь Кораллового треугольника — всего 1,6% площади всех океанов планеты (5,7 миллиона квадратных километров), но там живет более 600 видов кораллов, или почти 80% из всех известных. Очевидно, причина огромного биоразнообразия в том, что все эти острова лежат между Тихим и Индийским океанами, поэтому сильные течения в проливах приносят питательную органику. Кроме того, там нередок апвеллинг — подъем холодных глубинных вод, богатых органическими веществами, и перемешивание их с теплыми поверхностными водами. Апвеллинг способствует бурному развитию планктона, процветанию морских организмов, питающихся планктоном, и тех, кто питается ими самими.

В Коралловом треугольнике нас ждут открытия и в XXI веке. Так, в 2006 году у западного побережья Новой Гвинеи экспедиция под руководством Марка Эрдмана (того самого, кто нашел в индонезийских водах второй вид рыбы латимерии — рода, который считался вымершим 70 миллионов лет назад) обнаружила 50



◀ Синий осьминог меняет цвет

ранее неизвестных науке видов животных. При этом экспедиция длилась чуть больше месяца, и ее участники погружались всего в двух местах. Было открыто восемь новых видов креветок, 20 видов кораллов и 24 вида рыб. Среди последних особое место занимают две эполетные акулы, эндемичные для этого побережья (то есть не встречающиеся в других местах). Эти акулы живут на мелководье и умеют ползать по обнажившейся при отливе литорали на грудных плавниках.

В этом месте ученые описали ненамного меньше видов рыб, чем на всем Большом Барьерном рифе у берегов Австралии (1233 и 1264 видов соответственно), зато кораллов — на 200 видов больше. Надеюсь, это многообразие жизни останется там надолго — праздным туристам добраться в те места до сих пор очень сложно.



Излюбленный туристами остров Бали принадлежит к группе Малых Зондских островов и, естественно, тоже входит в состав Кораллового треугольника. Как ни странно, подводная экосистема у его побережья, по данным ученых, почти не пострадала, несмотря на нашествие дайверов. Мы с мужем погружаемся на Бали уже много лет, начиная с 2003 года, и перемен к худшему пока не заметили, хотя большинство жителей прибрежных деревень — рыбаки, и они каждый день выходят в море на рыбалку. Заповедный режим установлен только на крайней западной точке острова и в примыкающих к ней водах — это Национальный парк Бали Барат.



Некоторые из любопытных созданий, которых можно встретить в тропических морях на рифах, уже известны, но еще не описаны. Эта странноватая для небиолога формулировка означает, что дайверы их видели, сфотографировали, но у биологов до них руки еще не дошли; изображения этих животных можно найти на страницах определителей, и они ждут своей очереди получить латинские названия. Разбирая наши фотографии, сделанные в заповеднике Бали Барат, я нашла «портреты» двух трубчатых полихет из семейства Sabellidae, рода *Bispira*, которые не только не описаны, но нигде еще и не зафиксированы. А сколько неизвестных науке голожаберных моллюсков можно здесь найти! Каждое из этих прелестных существ достойно отдельного рассказа. Но сейчас я хочу рассказать пусть не о самых красивых созданиях, зато о самых умных, за которыми страшно интересно наблюдать. О «приматах моря», как давно окрестил их Игорь Акимушкин, автор книг, которыми многие из нас зачитывались в детстве. Кстати, он был специалистом именно по головоногим моллюскам.

Камуфляж и демонстрация чувств

Головоногие моллюски, *Cephalopoda*, процветали в морях палеозойской эры, особенно в ордовике и силуре. Древнейшего цефалопода *Nectocaris pteryx*

обнаружили в кембрийских отложениях, которым 500 миллионов лет. Тогда у них не было конкурентов, и они могли себе позволить быть громоздкими, неповоротливыми и носить на себе тяжелую раковину. Но они вынуждены были потесниться, когда в мезозое появились подвижные и ловкие хищники, костные рыбы и акулы. Те примитивные головоногие вымерли, кроме сохранившихся до наших дней наutilusов из подкласса *Nautilodea*; зато примерно 200 миллионов лет назад появились двужаберные головоногие моллюски *Coloidea*, гораздо лучше приспособленные к новым условиям.

У белемнитов, в огромном количестве населявших моря, раковины еще были достаточно массивными. Эти окаменелые раковины, так называемые «чертовы пальцы», во множестве находят даже в подмосковных пещерах. Белемниты исчезли на границе эпох, в конце мела. На смену им пришли другие двужаберные головоногие, возникшие чуть позже, с великолепно организованной нервной системой и прекрасно развитыми органами чувств. Раковину они либо потеряли совсем, либо она стала почти невесомой: у осьминогов она исчезает совершенно, у кальмаров сохраняется в виде тонкого опорного стебля-гладуса, а у каракатиц раковина достаточно большая, покрывает всю верхнюю поверхность тела, но при этом в ней множество пор, заполненных газом, и она играет роль плавательного пузыря. В наше время эти головоногие заняли свои законные места в морских экосистемах.

Считается, что самые сообразительные из них — осьминоги, *Octopoda*. Они же и самые странные: эти животные фактически не имеют формы. Во всяком случае, постоянной формы.

Интересно, как менялось представление людей об осьминогах от века к веку. Вот что, например, писал о них Виктор Гюго в «Тружениках моря»: «Кровососная банка... Оно — болезнь, принявшая форму чудовища... Комок слизи, обладающий волей... Осьминог — страшно подумать! — высасывает вас». На самом деле единственное, на что способен самый крупный осьминог Дофлейна (он живет на севере Тихого океана, и ни Гюго, ни его герои не имели возможности с ним встречаться) — это отобрать у ныряльщика камеру. Они безобидны, кроме, может быть, ядовитых синекольчатых осьминогов рода *Hapalochlaena* — их около десяти видов, и все они похожи друг на друга. Живут они в Тихом и Индийском океане у самого берега, чаще всего с ними сталкиваются на мелководье у пляжей. Их укусы могут быть смертельны, больше всего несчастных случаев по их вине происходит в Австралии. Но сами они на людей не нападают, только защищаются, просто не надо их трогать. Вообще, при близком контакте с любыми дикими существами есть золотое правило: смотри сколько угодно, но руками не трогай.

Обычно осьминоги избегают стычек. Предпочитают спрятаться, а еще, как все головоногие, могут выпустить в воду свои чернила, озадачив противника. Иногда эта темная жидкость расплывается в воде, создавая «дымовую завесу», а порой она некоторое время

сохраняет форму только что тут бывшего животного, дезориентируя противника: он хватается пустоту. Но чаще им достаточно быстро принять цвет и структуру субстрата, с которым они совершенно сливаются, так что их просто невозможно заметить.

В коже всех головоногих моллюсков есть хроматофоры — клетки, содержащие мешочки с пигментом и окруженные мышцами. Этими мышцами управляет нервная система. При натяжении мышечных волокон площадь хроматофора может увеличиться в двадцать раз, и тело животного окрашивается в цвет пигмента (красный, оранжевый, коричневый, черный, желтый). Кроме хроматофоров, в кожных покровах моллюска имеются иридофоры — клетки, содержащие пластинки из гуанина, на которых происходит дифракция света. Они придают коже металлический блеск и обеспечивают диапазон длин волн, дополняющих желтый, красный и коричневый пигменты хроматофоров, в том числе зеленый и синий. Таким образом, цвета камуфляжа охватывают весь видимый спектр. Лейкофоры — плоские клетки-зеркала, которые отражают свет, — также играют важнейшую роль при маскировке. У некоторых видов имеются еще и фотофоры, светящиеся клетки, в них содержатся люминесцентные бактерии; чаще всего они встречаются у глубоководных созданий.

Изменение окраски головоногие используют для маскировки и при уходе за собой. Для социальных видов (к которым осьминоги не относятся) перемена цвета — способ общения. Ну и, конечно, по цвету кожи можно судить об эмоциональном состоянии животного (не говорите мне, что у беспозвоночных не может быть эмоций, — я столько раз своими глазами видела багровых от ярости осьминогов и совсем бледненьких осьминожек, трусливо уползающих куда глаза глядят и хватающихся за первый попавшийся камешек).

Вот, например, последовательные картинки, которые мы наблюдали у двух разных синих осьминогов, *Octopus cyanea*, на них прекрасно видно, как это происходит. Непонятно, почему его так называли, синий цвет в его окраске появляется крайне редко, гораздо чаще его можно увидеть одетым в королевский пурпур. Намного больше, по-моему, ему подходит английское название «большой дневной осьминог» (big day octopus). Он действительно не маленький — с вытянутыми щупальцами он может достигать в длину 80 см. Наблюдать, как эти создания меняют цвет и форму, в идеале можно часами, но не выйдет — через несколько минут осьминог «пропадет», сольется с фоном, и его можно будет заметить только по слегка пульсирующей воронке. Или спрячется под кораллом.

Куда бы спрятаться

Осьминог может пролезть в любую щель, если только туда пролезет его «мозг», центральный нервный узел, окружающий пищевод. Кстати, этот нервный центр защищен хрящевым «черепом» — больше ни у кого из беспозвоночных хряща нет. Однажды крупный синий осьминог под водой удирал от нас со всех ног,



◀ Крылатка



▼ Коралл морское перо

то есть со всех щупалец, и правильно делал, потому что на Бали он желанная добыча для рыбаков, так что люди — всегда угроза. Забрался в какой-то грот, мы его потеряли. И вдруг он вылезает с другой стороны, весь увешанный креветками — оказывается, он попал в их убежище!

К сожалению, время дайверов-любителей под водой ограничено, наблюдать за поведением этих пугливых созданий просто некогда. Когда под водой снимают фильмы, где действуют осьминоги, их обычно дрессируют прямо на месте, и это занимает совсем немного времени. Так что приходится верить специалистам, которые считают, что осьминоги — самые разумные беспозвоночные на свете. Возможно, их интеллект развился в ходе эволюции потому, что с помощью щупалец они могут свободно манипулировать различными предметами. Такая способность к манипуляции обязательно связана с общим развитием мозга, как это случилось, например, у обезьян и слонов. Не все руки осьминога одинаковы: у них есть «любимая» рука, которой они производят почти все действия, как большинство людей — правой. Остальные руки служат больше для передвижения; осьминоги неважные пловцы, и нередко, двигаясь при помощи реактивной струи, они помогают себе щупальцами.

Дом — очень важное понятие для осьминога; он скорее даст вытащить себя на поверхность вместе со своим жилищем (например, древней амфорой), чем его покинет. Домиком может служить большая раковина, пустая бутылка, грот в рифе. Есть и кокосовый осьминог *Amphioctopus marginatus*, который повсюду таскает свой домик — скорлупу кокосового ореха или большую двустворчатую раковину (скорлупу таскать намного легче). Если естественного убежища нет, то осьминог его построит из подручного материала, камней или раковин, причем там обязательно будут стены и крыша. Нередко перед входом в домик находятся раковины или обломки, которые осьминог перебирает щупальцами. Вот как описывает свою первую встречу с этим животным в Эгейском море подводный археолог Ю.Г. Дробышевский: «Осьминог смотрел на меня из своего убежища среди камней. Чуть высунувшись из-за камня, он прилепил к своим щупальцам осколок амфоры и накрывался им сверху, как зонтиком».

Обыкновенные осьминоги, *Octopus vulgaris*, широко распространены в Средиземном море и других морях Атлантического океана. Они не такие яркие, как тропические виды, обычная их окраска — бурая. Подводные археологи часто встречают их на затонувших античных судах, где они заселяют древние керамические сосуды. Ученые, чтобы их не обижать, проводят своего рода реновацию — обменивают амфоры на вполне современные стеклянные банки.

Ум осьминога

Недалеко от Сицилии есть остров Стромболи, а на нем – почти постоянно действующий вулкан. Между извержениями на мелководье у берега кипит жизнь, но большинство здешних обитателей погибает, когда лавовые потоки изливаются в море. Только не осьминоги. Их здесь очень много, но они каким-то образом узнают о приближающемся извержении (улавливают инфразвуки? вибрацию?) и загодя уходят подальше от береговой линии. А после прекращения очередного катаклизма быстро возвращаются, подбирая по дороге домой сварившуюся в кипятке еду.

Осьминоги быстро приручаются и с удовольствием играют с людьми. В аквариумах привязываются к своим служителям. В неволе их содержать нелегко, потому что они способны пролезть в самую маленькую щелочку и путешествовать по суше. В океанариумах бывали случаи, когда осьминоги, даже сытые, покидали свой аквариум, чтобы поохотиться в соседнем, причем делали это по ночам, в отсутствие наблюдателей. Вероятно, есть виды, которым такие путешествия не в диковинку. Так, по словам Акимушкина, туземцы Полинезии утверждали, что любимая пища осьминогов — крысы, за которыми они охотятся на берегу. Увы, подтверждения этому я нигде не нашла.

Ученые, изучавшие интеллект осьминогов, выяснили, что у них хорошая память, что они пользуются понятиями «больше-меньше», отличают круг от квадрата и треугольника. В неволе некоторые из них, например Эйнштейн из океанариума Тайнемута, научились открывать консервные банки с едой. Фрида из Мюнхенского зоопарка стала откручивать крышки со стеклянных банок, наблюдая за людьми; более того, она прекрасно отличала консервы с морепродуктами от других и не тратила усилия понапрасну.

Такие способности осьминогов особенно удивительны еще и потому, что они не знают своих родителей, которые умирают до их рождения. Срок жизни их недолог, обычно один-два года, только гигантский осьминог дофлейна может жить до четырех и даже пяти лет; осьминоги гибнут, обеспечив продолжение рода. Поэтому, в отличие от высших позвоночных, осьминожкой молодью никто ничему не учит. А так как огромное большинство осьминогов — одиночные и в высшей степени территориальные животные, то и копировать навыки соседей у них тоже не получится. Для меня это вечная загадка: как можно ориентироваться и действовать в сложнейших ситуациях, ничему не обучаясь?

Осьминог-имитатор, кальмар-колибри и та, что стреляет светом

А как мимический осьминог узнает, кого ему надо в данный момент изображать — безобидную камбалу или зловещую морскую змею? И видел ли он когда-нибудь эту самую змею? Нам не удалось встретить под водой мимического осьминога, но зато мы увидели создание, очень на него похожее.



▲ Короткохвостый кальмар-колибри

Это было ночью в море Флорес, в заповедных водах Национального парка Комодо. Я люблю ночные погружения, по-моему, в темное время суток рифы более красивы, чем днем, или скорее красота эта другая. Коралловые полипы раскрываются, раскидывают щупальца, поглощая питательный планктон, и зачастую выглядят как настоящие наземные цветы — например, тубастрея. Появляются рыбы и всякая мелочь, которую днем не встретишь. Ползают по дну разные морские слизни, откуда-то вылезает множество креветок. В песке вертикально торчат одиночные кораллы, похожие на перья, как будто неведомая рука воткнула их в песок, они так и называются — морские перья *Pteroeides sp.* Одно перо почему-то упало, мой муж до него дотронулся, хотел поправить, но перо вдруг стало уползать в песок, причем вовсе не очинком, а верхушкой. Только потом с трудом, уже на фотографии, разглядели на «стержне» нечто вроде ножек — это оказалась редкая полихета из семейства *Onuphidae*.

Дневные рыбы спят, устроившись под кораллами. На вахту заступают ночные хищники. Очень длинная и тонкая голубая свистулька все время плавала за нами и попадала в объектив камеры, когда ее об этом не просили. Но в кадр она все равно не помещалась из-за своего размера! Две жирные крылатки *Pterois volitans* тоже решили воспользоваться для охоты нашим светом, они просто нас преследовали, приходили каждую ночь и очень нас раздражали. Приходилось держаться от них подальше, ведь одно неосторожное движение, уколешься о шип плавника — и боль невыносимая, и путешествию конец, придется экстренно возвращаться в порт. Мы однажды это испытали, по счастью, не на своей шкуре, — в Красном море на ночном погружении на неопытного дайвера «напали» сразу две крылатки, и остаток ночи наша лодка на всех парах шла к берегу, чтобы доставить пострадавшего в больницу.



▲ Фараонова каракатица

Замечательного светлого осьминожку мы встретили на песчаном дне под кораллами. Сначала мы приняли его за мимического — так удачно он изображал камбалу. Оказалось, что это белый V-осьминог, известный, но еще не описанный. Вдруг ему надоело быть камбалой — он остановился и побурел. А потом разбросал щупальца, побледнел и исчез из поля зрения, слился с дном.

Другой крайне редкий представитель головоногих моллюсков, которого можно встретить там же, — сепиола колибри, или короткохвостый кальмар колибри, *Euprymna berryi*. Днем эти странные существа закапываются в песок, и при свете фонарей они тоже старались зарыться поглубже, но от нашего гида Вилли, на счету которого несколько тысяч погружений, не спрячешься. Мы сначала никак не могли понять, что же это за монстрики такие. Сепиол еще непочтительно называют кальмарами-клетками. Эти не имеющие внутренней раковины родственники каракатиц — небольшие моллюски, симбиотически связанные с люминесцентными бактериями. Некоторые биологи даже выделяют их в отдельный отряд. У наших дальневосточных берегов в Японском море водятся два вида сепиол — сепиола двурогая и россия тихоокеанская.

Короткохвостые кальмары колибри занесены в Международную Красную книгу. Эти замечательные существа совсем крошки: длина самок — не больше пяти сантиметров, самцы еще мельче, до трех сантиметров. Выглядят они как блестящие сине-зеленые округлые «кулачки» с щупальцами-пальчиками — щупалец у

них, как и у настоящих каракатиц, десять: восемь коротких и две длинные ловчие «руки». Если присмотреться повнимательнее, можно заметить разбросанные по всему телу темные, синие и зеленые хроматофоры на светлом фоне. Охотятся подводные колибри ночью, привлекая добычу — в основном мелких донных ракообразных — слабым люминесцентным свечением. Достаточно слабым, чтобы не выдать себя рыщущим в ночи хищникам. «Фонарик»-фотофор расположен у них в жаберной полости.

Кстати, у некоторых сепиол есть очень хитроумные способы защиты. У тихоокеанской крошечной двурогой сепиолы, или чочин-ики (*Sepiola birostrata*), на поверхности чернильного мешка имеется еще один мешочек, заполненный люминесцентными бактериями. При опасности чочин-ика выстреливает во врага светящимся облаком, которое его ослепляет, а сама успевает скрыться.

Похвальное слово каракатицам

Настоящие каракатицы — дневные животные. В наших морях они не живут — для них они слишком пресные, в буквальном смысле — идеальная соленость воды для этих головоногих должна быть не ниже 30 промилле, а в Черном море, например, 18.

Точно помню момент, когда я поняла, что каракатица — это нечто особенное. Это было у Рок Ришелье в Андаманском море — выступающей со дна моря скалы, не достигающей до поверхности метров на восемь и окруженной коралловыми башенками; она входит

в состав тайского морского заповедника Сурин. Тут обитают широкорукие каракатицы *Sepia latimanus*, длиной до 50 сантиметров (крупнее только австралийские гигантские каракатицы *Sepia apama*). У скалы мы встретились с парочкой этих каракатиц нос к носу. Мы внимательно рассматривали их, а они не менее внимательно глазели на нас. Минут пятнадцать мы наблюдали друг за другом, за это время они из коричневых с пестринками постепенно и одновременно превратились в совершенно зеленых. Было полное ощущение, что мы столкнулись с разумными существами из другого мира. Ленточки-плавники (края мантии) по бокам их тел слегка колыхались, как цветные оборочки, и благодаря почти незаметным их движениям животные плыли то вперед, то назад (каракатицы — редкие существа, которые обладают «задним ходом»).

Большинство экспериментов по изучению рассудочной деятельности головоногих проводилось на осьминогах, но и каракатицы отнюдь не глупы; они прекрасно ориентируются в лабиринтах и, наблюдая за тем, как соплеменник выполняет задание, могут быстро найти правильное решение задачи. Они злопамятны: если на юную каракатицу нападет какой-нибудь мелкий хищник и ей удастся спастись, то, вырастая, она будет предпочитать в качестве добычи именно его.

Каракатицы, как и все головоногие, — хищники. На всех их десяти щупальцах расположены присоски; восемь щупалец короткие, а два ловчих — длинные и прячутся в особых карманах, откуда при необходимости «выстреливают». Это происходит стремительно, миг — и проплывавшая мимо рыбка уже у ротового отверстия, и ее разделяет малозаметный клюв.

Не зная своих родителей, каракатицы зато много общаются со сверстниками и делают это при помощи зрения — видят они превосходно. Язык их тела — это язык кожных покровов, которые мгновенно меняют цвет и фактуру. Мы много раз наблюдали, как пары каракатиц меняли цвет совершенно синхронно. В морском заповеднике Тарутао у тайского острова Липе нам повстречалось много небольших фараоновых каракатиц *Sepia pharaonis*, вид широко распространенный. Но когда мы их видели, то забывали обо всем и, не обращая внимание на каких-то там мурен или барракуд, плыли за ними, любуясь тем, как они меняют цвет, как темно-коричневый превращается в нежнейший сиреневый, а потом и вовсе в белый. Эти существа нас совершенно не боялись и не ускоряли своего плавного хода; ни разу они не включали свою защиту — не выбрасывали чернильное облако и не переходили на «реактивную тягу», как они делают при появлении врагов. Чернильный мешочек у них, кстати, самый большой по сравнению с осьминогами и кальмарами, а пока хищник разбирается с чернильным облаком в форме потенциальной добычи, сама жертва обычно успевает улизнуть.

Переходы цветов в окраске животного могут свидетельствовать о различных эмоциях, сменяющих друг друга. Например, был такой эпизод в одном из фильмов BBC: пока дайверы что-то пристально

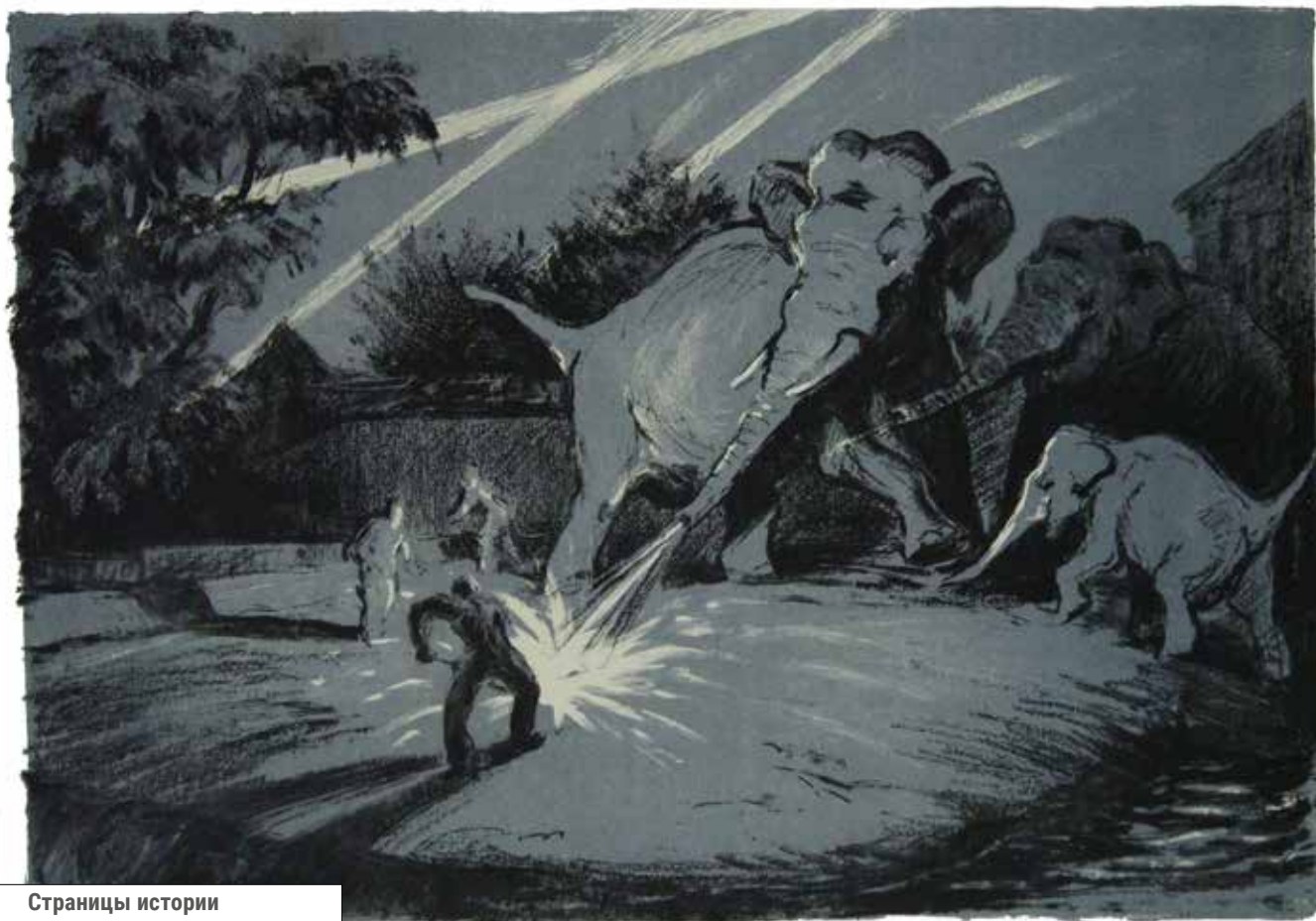
рассматривают на дне, к ним сзади подплывает крупная каракатица и «заглядывает им через плечо», интересуясь, что же люди там увидели. При этом по ее телу проходят волны разного цвета: любопытство сменяется опасением, потом все повторяется. К сожалению, чтобы разбираться в оттенках их чувств, надо быть профессионалом в морской среде и часто плавать рядом с ними или хотя бы наблюдать за ними в аквариуме, эпизодических встреч недостаточно.

Широкорукие сепии пошли еще дальше в использовании своих необычных способностей: при виде добычи по их телу быстро пробегают разноцветные, как бы светящиеся волны, гипнотизирующие жертву. Очень впечатляющее зрелище, правда, меня не загипнотизировали, но я ведь не жертва.

Ну и конечно, не стоит забывать об умении маскироваться, сливаться с любым фоном, за что каракатиц прозвали «морскими хамелеонами»; наверное, именно оно было первичным и закреплялось естественным отбором, а уже потом перемены цветов стали использоваться для других целей. Как-то раз у берегов Бали я наблюдала за совершенно белой маленькой каракатицей, медленно плывшей над белым мертвым кораллом. Миновав его и оказавшись над черным вулканическим песком, на котором были разбросаны обломки кораллов, она в течение нескольких секунд превратилась в подобие шахматной доски в черно-белую клеточку, а потом стала темно-серой, сливаясь с цветом дна.

О каракатицах, как и о других головоногих, можно написать целый трактат. Например, об особенностях их размножения. Самцы гигантской австралийской каракатицы *Sepia apama* даже переодеваются в женскую одежду, чтобы завоевать самку. Трансвеститами они становятся вынужденно: у этих каракатиц на одну самку приходится четыре самца. Мелкий самец не может конкурировать с крупными претендентами, которые отчаянно дерутся за свой шанс спариться. Поэтому он прячет свою четвертую руку-гектокотиль (это щупальце функционирует как половой орган, которым самец кладет сперматофор в мантийную полость самки) и принимает пятнистую окраску, характерную для самок. В таком обличье он приближается к настоящей самке, охраняемой большим самцом, и делает свое черное дело, то есть передает свои гены будущему потомству. Обеспечив продолжение рода, и самцы, и самки через короткое время умирают. Как жаль, что век этих замечательных созданий так недолог!

Пока что и осьминоги, и каракатицы многочисленны, за редкими исключениями; большинству видов ничто не угрожает. Но основной враг головоногих моллюсков — человек, и вылов этих ценных промысловых животных порой превышает разумные пределы. Даже охранные меры не всегда помогают. Например, воды вокруг тайского острова Ко Липе объявлены морским заповедником, а на его единственном рынке продаются жареные каракатицы! Хочется все-таки верить, что *Homo sapiens* поведет себя разумно, согласно латинскому наименованию, и все эти прекрасные существа останутся частью морских экосистем.



Страницы истории

Ольга Нестеренко

Зоопарк в годы войны

Московский зоопарк — старейший в России. Он был создан в 1864 году по инициативе Императорского русского общества акклиматизации животных и растений. За время своего существования Московскому зоопарку пришлось не раз переживать трудные времена: революции 1905 и 1917 года, Гражданскую войну, потом Великую Отечественную. В юбилейный год Победы хочется вспомнить, как во время войны сотрудники Московского зоопарка сохраняли жизни своих подопечных.

Свердловск и обратно

К началу войны зоопарк переживал период расцвета. В его коллекции было около 5710 экземпляров — 425 видов зверей, птиц, земноводных и рыб. Работали две территории (Новая территория зоопарка была открыта в 1926 году), научно-исследовательская лаборатория, лаборатории экспериментальной биологии, ветеринарная и паразитологическая, лаборатория кормления. В 1936 году организовали секцию выездных животных.

Для сравнения: к 1910 году в зоологическом саду содержались представители всего 300 видов и подвидов животных. А в 1917–1918 годах их стало еще меньше. К зиме 1917 года в Московском зоопарке насчитывалось около 150 особей млекопитающих 50 видов, к 1918 году осталось 122 млекопитающих, а птиц — 511 особей 114 видов.

Всего через месяц после начала Великой Отечественной войны, в ночь с 22 на 23 июля 1941 года, Московский зоопарк подвергся первой бомбардировке. Сгорели здания администрации, архивы, ресторан, разбились стекла в оранжерее. Произошли возгорания в обезьяннике, львятнике, слоновнике. Но благодаря четким действиям сотрудников животных удалось спасти.

▲ Слон Шанго тушит зажигательную бомбу.
Художник В.В. Трофимов

Сразу после этого большую часть животных решено было эвакуировать в Сталинград и Свердловск. Среди сотрудников, сопровождавших животных, была заведующая группой хищных Вера Чаплина (Михайлова), чьи книги про зверей позднее стали знамениты. Что случилось с теми, кого отправили в Сталинград, неизвестно. В Свердловский зоопарк поехали африканский слон Нона, носорог Мари, антилопа гну Мурка, сибирский козел Васька, уссурийские тигры Шайтан и Сиротка, тигролев Цезарь, лев Голован, рыси Тришка и Тася и многие другие. Из крупных хищников в зоопарке остались бурые медведи, львица Кинули, та самая, о которой Вера Чаплина написала повесть, и годовалый белый медведь Сынок. Остались и некоторые слоны, но о них позже.

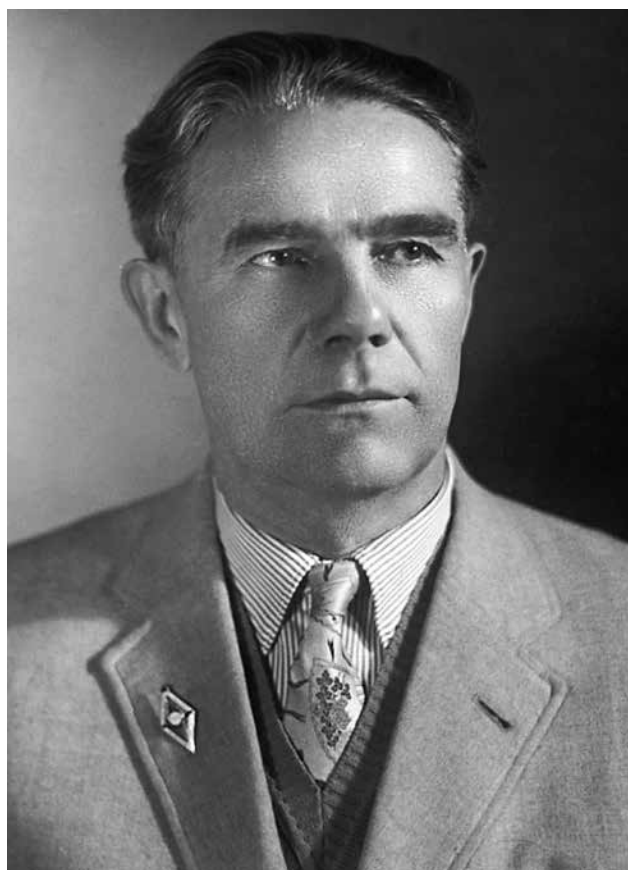
К сожалению, и в Свердловске часть животных погибла — трудно было обеспечить нужные условия для них. Умерли слон, носорог, зебра, некоторые крупные кошачьи. В пути заболел пневмонией и так и не оправился от нее шимпанзе Мориц. Остальные вернулись в Москву в 1944 году.

Вера Чаплина потом рассказывала, как на обратном пути из Свердловска в вагон со зверями проник грабитель — на полном ходу запрыгнул с крыши в открытую дверь. Потом оказалось, что с ним был и второй. Времена голодные, зверям полагался корм, и кто знает, что сделали бы с животными и двумя сопровождавшими их женщинами, если бы Вера Васильевна не выпустила рысь Тасю. Храбростью Тася не отличалась, но, когда пугала предполагаемых врагов, выглядела очень грозно. Мародер тут же убрался, женщины закрыли дверь вагона и больше не открывали, несмотря на угрозы. А Тасю уговорили зайти обратно в клетку.

Зенитчики и Зойка

Директором Московского зоопарка во время войны был Трофим Ермолаевич Бурделев, видный ученый, доцент зооветинститута. Это назначение он получил в июле 1941 года. Он руководил зоопарком десять лет, оставив о себе память как о решительном, ответственном, волевом человеке. Вместе с заместителем П.А. Петряевым (занимавшим эту должность в 1941–1943 гг.) они провели большую подготовительную работу. Заранее определили для всех сотрудников места, на которых они должны были находиться во время бомбежек. На окнах сделали светомаскировку, чердаки засыпали песком, а деревянные части красили огнеупорным раствором. Приобрели дополнительный аварийный инвентарь — совки, веревки, клетки для временного содержания животных и др.

Хотелось бы сказать несколько слов о Павле Александровиче Петряеве. До революции — штабс-капитан и георгиевский кавалер, он с 1918 года служил в Красной армии, занимал ответственные посты, но потом был арестован по хозяйственному делу и в 1925 году попал на Соловки. В начале 20-х годов Соловецкий лагерь особого назначения был



▲ Трофим Ермолаевич Бурделев, директор Московского зоопарка в 1941–1950 годах



▲ Мирдза Крумина с детенышем леопарда



▲ Бегемотик Август. Год рождения 1943-й

еще не так страшен, как впоследствии. А поскольку среди осужденных «вредителей» и «контрреволюционеров» было немало ученых, они при содействии лагерного начальства сумели организовать работы по исследованию природы Соловецких островов. На Соловках появились биостанция, биолaborатория, гидрометеостанция. (Конечно, в 30-е годы все это прекратилось.) Петряев же не только редактировал журнал «Соловецкие острова» и газету «Новые Соловки», но и создал при биостанции звероферму, на которой разводили канадских серебристых лисиц, а позднее и соболей. Вернувшись из мест заключения в 1927 году, он стал одним из основоположников научного звероводства в СССР.

Штат зоопарка в годы войны уменьшился почти в три раза — до войны в зоопарке работало около 750 человек, а во время войны осталось всего 225. Большинство мужчин ушли на фронт. Основная тяжесть работы легла на плечи женщин, они работали практически без выходных. М.К. Крумина рассказывала: «Мы, заведующие секциями, были на «казарменном положении»: дневали и ночевали в зоопарке. Спали на полу в своих кабинетах». Ранее считалось, что женщины не

могут работать с особо крупными животными, но они хорошо справлялись. Мирдза Кришьяновна Крумина пришла в зоопарк в 15 лет, занималась в знаменитом КЮБЗе — Клубе юных биологов зоопарка. В начале войны была заведующей секциями копытных и хищных животных. В 1942 году ушла добровольцем на фронт, а после войны снова заведовала секцией хищных.

Зоопарк продолжал работу. Он не закрылся для посетителей даже в самые суровые дни, осенью 1941 года, когда фашистские войска стояли недалеко от Москвы. Старая территория зоопарка была открыта без выходных всю войну. С 1941 по 1945 год его посетили более 4 миллионов человек, из них около миллиона бойцов и командиров Красной армии. В зоопарке даже создали группу дрессированных животных, выступления которой в 1943 году посетили 25 тысяч детей.

Многие военные, оказавшиеся в Москве проездом, шли в зоопарк. П.А. Петряев писал в своих воспоминаниях: «Бывало, что командиры стремились использовать имеющийся у них один час от поезда до поезда для осмотра Московского зоопарка, им проводились экскурсии, все они проходили в зоо-

парк бесплатно. Бывали в зоопарке и представители высшего комсостава, даже генералы, которые подчас оказывали зоопарку посильную помощь — присылали с фронта на попутных машинах убитых лошадей для кормления животных».

С Новой территорией получилось иначе. Заведующая секцией хищных млекопитающих Г.Г. Богданович вспоминала: «В 1941 году Новая территория зоопарка была закрыта в связи с расположением там воинской части. На верхней площадке Острова зверей была установлена зенитная батарея, а внутренние помещения использовались под склад боеприпасов и хозяйственные нужды. Всех животных с Острова зверей необходимо было перевести. Амурских тигров эвакуировали, а волков, гиен, медведей перевели на Старую территорию в наружные клетки львятника». Еще одну зенитную батарею расположили посреди современного Детского зоопарка.

В июне 1942 года пришлось переселить с Новой территории на Старую лебедей-шипун, кликунов и тундровых. Перегоняли их прямо по улице, поэтому движение по Большой Грузинской улице, разделяющей две территории зоопарка, на некоторое время пришлось перекрыть. Птиц до победы содержали в закрытых помещениях, чтобы уберечь их от мародеров.

На Острове из зверей осталась только одна бурая медведица Зойка. Самца-медведя перевели на старую территорию, но Зойка успела сама вырыть берлогу и залегла в ней спать на зиму. «Весной Зойка вышла. Военным понравилась спокойная медведица, проделывавшая веселые “номера”, выпрашивающая угощение. А Зойка привыкла к ним, узнавала голоса и сразу подходила на зов» (Г.Г. Богданович). В результате Зойку оставили на Острове зверей, а после окончания войны к ней вернули со Старой территории самца Шалуна.

Некоторых опасных животных, например ядовитых змей, пришлось ликвидировать. Нельзя было допустить, чтобы они оказались на воле, если бы террариум был разрушен.

Воздушная тревога в зоопарке

Московский зоопарк подвергся еще одному налету зимой 1942 года: в ночь с 4 на 5 января на его территорию немцы сбросили не только зажигательные, но и фугасные бомбы. Было разрушено здание для копытных, выбиты все окна в слоновнике и попугайнике.

Сергей Канцлер, заведующий кормовой лабораторией, так описал этот налет: «Я вдруг услышал взрывы фугасных бомб, правда, небольших. Одновременно было сброшено много зажигательных бомб. Когда я вышел из помещения, то увидел такую картину: весь львятник и обезьянник были в дыму и огне... Зажигалки пробили крышу и попали в помещение, где находился шимпанзе Парис. Обезьяна была чрезвычайно напугана, рвала дверь, бросалась на решетку. Не успели мы затушить львятник и обезьянник, как ко мне прибежал связной и сказал, что горит слоновник. В слоновнике у



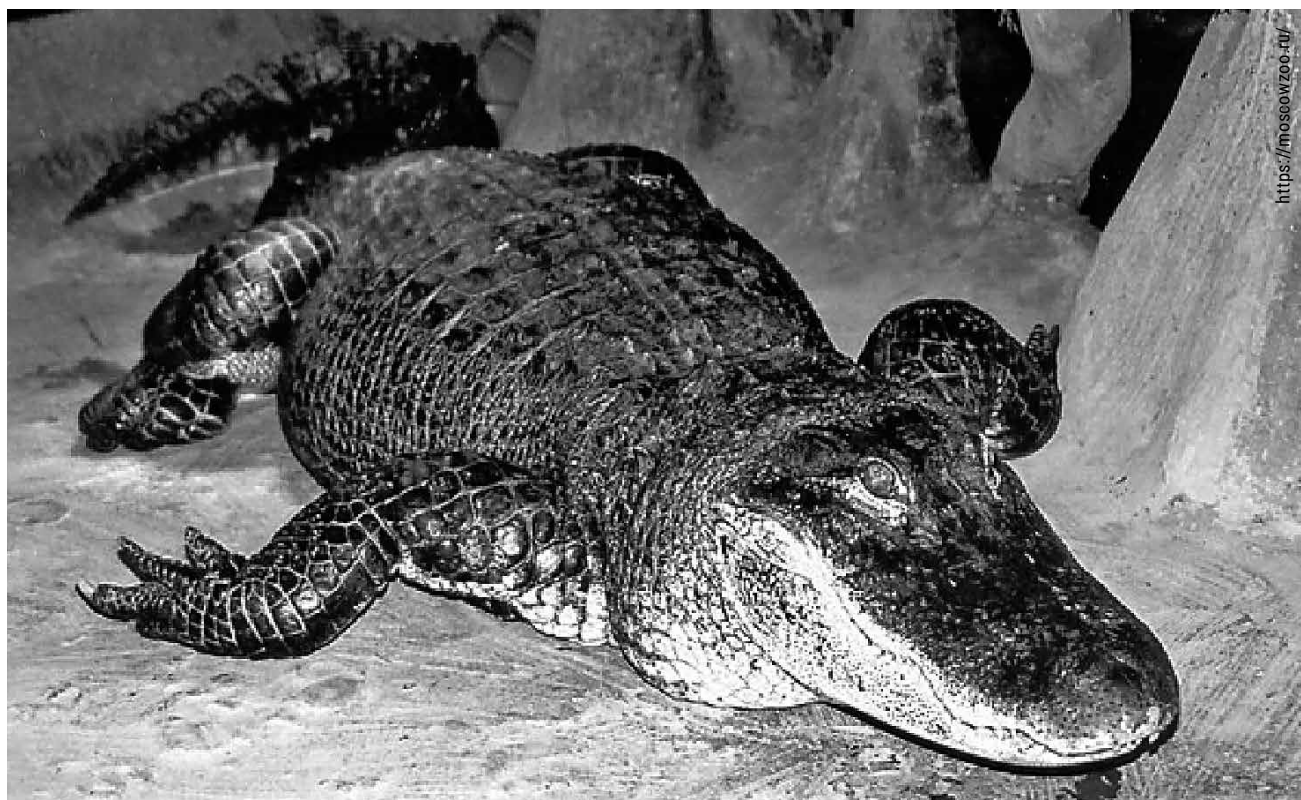
▲ Вероятно, на этой фотографии 1944 года — медведица Зойка



▲ Бегемотов перегоняют из зимнего вольера в летний

нас находятся наиболее ценные животные: слоны, бегемоты, жирафы. Я собрал свою инициативную группу и побежал к слоновнику. Там все стекла оказались выбитыми взрывной волной, из помещения шел пар... в этот день был сильный мороз, примерно 30 градусов, и там находились ценные теплолюбивые животные, необходимо было немедленно забить окна... Буквально за какие-нибудь 20 минут все окна и пробоины были заделаны и помещение утеплено. Только успели принять меры в отношении слоновника, как прибегают с Новой территории товарищи и говорят, что разбомбили попугайник. Одновременно сообщили о смерти коменданта зоопарка т. Даниловой... Она дежурила на Новой территории и, когда началась стрельба, побежала к телефону, и ее по дороге убило фугасной бомбой. Она погибла на посту».

Быстро забить все окна попугайника не удалось, поэтому птиц переносили на Старую территорию за пазухой, чтобы птицы не замерзли. Сотрудники принесли одеяла и матрасы из дома, чтобы закрывать пробоины и окна. Заведующая отделом попугаев А.Д. Колесникова организовала починку окон, раз-



▲ Сатурн, трофейный аллигатор

решив для этого снимать фанеру с летних вольер для птиц. В здание копытных также попали зажигательные бомбы. Туда с риском для жизни пробрался С.Ю. Канцлер и быстро вывел всех животных, которых затем перевели в антилопник на Старой территории.

Петряев в своих воспоминаниях писал о том, как животные реагировали на бомбежку. Олени, лани, козлы очень боялись, метались по помещениям. Хищные птицы практически не обращали внимания на звуки бомбежек. Очень спокойно вели себя слоны. По рассказам сотрудников, когда во время летнего налета в слоновник попала бомба и загорелась крыша, слоны сами вышли из помещения в открытый вольер, зашли в ров с водой и поливали себя из хобота. Про слона Шанго говорили, что он даже помог потушить зажигательную бомбу. Художник В.В. Трофимов запечатлел этот эпизод на рисунке «Воздушная тревога в зоопарке». Рисунок можно увидеть в музее Московского зоопарка на Старой территории, на втором этаже исторического здания, на первом этаже которого содержат сетчатого жирафа Самсона и других животных.

Шанго был очень популярным животным в Московском зоопарке. Слон-великан — рост 4,5 метра, вес около 5,5 тонны, характер вредный. Он любил подманывать к себе публику, а затем выхватывал хоботом чью-нибудь шляпку или зонтик или обдавал толпу фонтаном воды. В начале войны из зоопарка эвакуировали всех слонов, кроме Шанго и его подруги Джиндау: Шанго к тому времени вырос настолько, что его было трудно везти, а к слонихе он не подпустил

работников зоопарка. В годы войны Шанго пережил смерть Джиндау, и у него совсем испортился характер, но в июне 1946 году в зоопарк привезли его ровесницу, азиатскую слониху Молли, которая затем родила от него двух слонят: Москвич родился 3 августа 1948 года, Карата — 25 августа 1952 года. Москвич стал первым слоненком, родившимся в советском зоопарке. В 1945 году Вера Чаплина написала рассказ «Шанго», в немного измененном виде он вошел в ее книгу «Питомцы зоопарка». А в 1948 году вышла детская книга Сергея Канцлера «Шанго и Молли» с иллюстрациями Трофимова, про знакомство и дружбу Шанго с новой слонихой. В 1955 году, в сборнике «Питомцы зоопарка» выходит вторая версия рассказа «Шанго» Чаплиной.

Режим экономии

Конечно, в годы войны не хватало кормов для животных, а также топлива и строительных материалов. И зимой 1941 года, и в следующие две зимы сотрудники зоопарка часто самостоятельно заготавливали дрова, для чего вырубали старые больные деревья в зоопарке и в парке Измайлово. Иногда получали дрова от Моссовета, разгружали сами. Сами выполняли ремонтные работы, сами заготавливали сено. Когда бои шли под Москвой, приходилось делать это в прифронтовой зоне, вывозить сено практически под огнем. Летом косили траву на городских бульварах, в пригородных парках и хозяйствах, где выделяли для

зоопарка площади под сенокос. Поэтому у животных в достатке были зеленые корма. А хищников во время войны стали кормить мясом павших лошадей. Зоопарк установил связь с ветеринарными учреждениями, которые сообщали обо всех павших в Москве лошадях. Сотрудники тут же выезжали за ними. Как уже говорилось, помогали с кониной и военные.

Кормовая лаборатория в годы войны основное внимание уделяла анализу качества поступающих в зоопарк кормов. Разрабатывались методики, благодаря которым даже не идеальные корма использовали без каких-либо плохих последствий для животных. Подбирали заменители дефицитных или дорогих кормов. Большую часть кормов для рыб добывали на прудах.

Для экономии отопительных средств на заседаниях актива зоопарка придумали, как разместить животных, чтобы можно было не отапливать около 30% зданий. Так, например, птиц из страусятника разместили по другим помещениям. С 1942 по 1945 год помещение Террариума было законсервировано, а остатки коллекции переместили в здание Аквариума.

Сотрудники зоопарка также участвовали в работах для нужд города, например в заготовке дров. Более 200 сотрудников были направлены на строительство оборонительных рубежей Москвы. Собирали деньги и вещи для пострадавшего населения, подарки для бойцов Красной армии, металлолом, выделяли людей на лесозаготовки, овощебазы. Зоопарк взял шефство над соседней школой и одной из палат близлежащего военного госпиталя.

В 1942 году с помощью работников-надомников Зоокомбината была проведена выставка, посвященная разведению мелких домашних и лабораторных животных. В 1943 году Московский городской клуб служебного собаководства Осоавиахима организовал в зоопарке демонстрацию дрессировки и работы служебных собак; были собраны средства на танк.

Продолжали работать производственные предприятия, приносящие доход зоопарку, которые создали еще до войны. Директором их назначили Веру Чаплину, которая в 1943 году вернулась из Свердловска, а потом снова поехала за оставшимися животными. Первое предприятие было организовано еще в 1929 году — мастерская по изготовлению чучел. Затем появились столярная мастерская, где делали клетки на продажу, рыбозаводня и червоводня, поставившие любителям аквариумных рыбок и мучных червей. Специальная бригада «мотыльщиков» добывала в водоемах Подмоскovie мотыля.

За годы войны для выполнения оборонного задания в зоопарке было разведено больше 3 млн белых лабораторных мышей. Это позволило изготовить более 20 млн человеко-доз вакцины против сыпного тифа. На отходах кормов вырастили и сдали подсобным хозяйствам и жителям Москвы около 250 тысяч цыплят. В целом Московский зоопарк за годы войны принес государству доход около 3 млн рублей.

Конец войны

Постепенно, по мере того как война отступала от Москвы, жизнь возвращалась в привычное русло. Г.Г. Богданович вспоминала: «В 1943 году появились первые малыши: родился бегемот, детеныш павианов сфинксов и щенки у динго и енотовидных собак. В 1944–1945 гг. начали поступать новые животные по репарации из сохранившихся зверинцев и животные-подарки (главным образом от военных и полярников). Из подмосковных лесов приносили молодняк зверей и птиц». Особенно радостным событием стало рождение маленького бегемота, который получил кличку Август, — это был первый случай размножения бегемотов в зоопарках СССР. Родители его, Питер и Грета, приехали в столицу перед войной. Бегемоты жили в Московском зоопарке до 1980-х.

В 1944 году начали приводить в порядок вольеры и загоны на закрытой для посетителей Новой территории. Издательство зоопарка выпускало книги, брошюры, календари. На Острове зверей поселили гималайских медведей, волков, пару бурых медведей. В 1945 году стали закупать животных у других зоопарков. В ноябре–декабре 1945 года из Германии доставили десять лошадей, четверых пони и двух ослов. Из Берлина в 1946 году привезли трофейного миссисипского аллигатора по кличке Сатурн. Историю его можно прочитать на сайте Московского зоопарка.

После одной из бомбежек, во время которой погибли многие обитатели террариума в Берлинском зоопарке, Сатурн сбежал, как и некоторые другие животные. Но в отличие от большинства своих соседей сумел выжить на улицах Берлина, прятался в подвалах, темных углах. Миссисипские аллигаторы могут переносить низкие температуры, это очень выносливые животные. После окончания войны Сатурн был пойман войсками союзников. Англичане передали его советским войскам, а те отправили в Московский зоопарк. Первое время его иногда называли обидной кличкой «личный аллигатор Гитлера». Сатурн прожил долгую жизнь и скончался, когда верстался этот номер, 22 мая 2020 года.

Многие сотрудники зоопарка были награждены медалями «За оборону Москвы», «За доблестный труд в годы Великой Отечественной войны» и «За победу над Германией». В 1968 году 11 сотрудникам вручили медали «50 лет Вооруженных сил СССР». В 2006 году на здании Образовательного центра Московского зоопарка открыли мемориальную доску в честь артиллерийского полка 8-й Краснопресненской дивизии народного ополчения города Москвы, сформированного в июне 1941 года. В этот полк вступило более 400 сотрудников зоопарка, а также многие рабочие «Трехгорки», сахарного завода, музыканты Московской консерватории, актеры, «писательская рота», более тысячи студентов, преподавателей и других сотрудников МГУ.



Проблемы и методы науки

Кандидат биологических наук

Н.Л. Резник

Даёшь опыление!

Только в сказках шмели спокойно летают через море. Обычно насекомым по силам куда меньшие расстояния. И что прикажете делать, если вблизи нашего садика опылители не живут? На этот случай наука разрабатывает высокотехнологичные решения.

Вокруг яблони

Растения нужно опылять, иначе урожая от них не дожидаться. Это не плод многовекового народного опыта, а научно установленный факт. Для его доказательства поставлено множество экспериментов. Они отвечают на три вопроса: что будет, если помешать перекрестному опылению, недодать цветку пыльцы или, напротив, дать ее с избытком?

Многие цветки, хотя имеют и тычинки, и пестики, самоопыляются плохо, и для образования плодов им необходима пыльца с другого растения. Лишить рас-

тения возможности получать пыльцу извне просто — на бутон или на ветку целиком надевают чехольчики, и распустившийся цветок оказывается надежно изолирован. Через положенное время исследователям остается лишь оценить урожай. У вишни, например, он при самоопылении составляет лишь 3% от обычного. Способность яблонь к самоопылению зависит от сорта: у некоторых сортов тычинки возвышаются над пестиком, и пыльца с них осыпается вниз. У других сортов пестик выше тычинок, и собственная пыльца на него попасть не может. Но в среднем плоды при самоопылении образуют не более 6—7% цветков яблони.

Количество пыльцы определяет не только число плодов, но и их качество, что доказано опять-таки на яблоках. Их выращивают в ста странах мира, они входят в число наиболее экономически значимых плодовых культур, и ученые, естественно, не оставляют их без внимания. У пестика яблоневого цветка пять рылец. Несколько лет назад японские исследователи искусственно опыляли цветки яблок Фуджи, нанося пыльцу только на одно рыльце. В поспевших яблоках

было в среднем по пять семян, и каждый седьмой плод оказался кособоким. Если же пыльцу наносили на все пять рылец, плод содержал 8—9 семян, а «кривых» яблок было всего 8%.

Понятно, что потребители предпочитают яблочко правильной формы, но какая им разница, сколько в нем семян? Оказывается, это важно. У разных сортов яблок ученые разных стран обнаруживают положительную корреляцию между количеством семян, весом плода и плотностью его мякоти. Твердые яблоки дольше хранятся, в них больше сухих веществ и потому они ароматнее, их охотнее покупают. Кроме того, малосемянные плоды реже бывают кривыми.

В других экспериментах исследователи помогали природе, вручную нанося пыльцу на открытые цветки яблони. При дополнительном опылении образуется на 60% больше завязей, чем при естественном, в плодах выше концентрация калия и магния, яблоки тверже и вкуснее и хранятся лучше.

Конечно, чтобы получить хороший урожай, растения нужно удобрять, освещать, поливать и прореживать. Но без опыления этот труд будет напрасным. А кто, спрашивается, должен заниматься опылением? Иногда это делают ветер, птицы или летучие мыши, но чаще насекомые. От опылителей зависят более 70% основных сельскохозяйственных культур и более 35% общемировой пищевой продукции. К сожалению, численность насекомых-опылителей, и диких, и специально разводимых, снижается, как и их видовое разнообразие. Количество мух-журчалок и одиночных пчел сократилось на 40—60%, а то и больше. В США за последние 20 лет относительная численность четырех видов шмелей упала на 96%, а их обследованные географические ареалы сократились на 23—87%. Медоносные пчелы гибнут миллионами семей. В некоторых европейских странах количество пчелиных семей уменьшилось на четверть.

Причины исчезновения опылителей до конца не ясны. Безусловно, значительную роль сыграли обильное применение пестицидов, которое создает обширные зоны без насекомых, и потеря естественной среды обитания. Конечно, у нас есть медоносные пчелы *Apis mellifera*. Они живут в ульях, которые можно, по мере необходимости, перевозить и устанавливать вблизи садов и полей. В поисках цветков медоносные пчелы могут преодолевать большие расстояния, и разведка у них поставлена превосходно. Однако одними медоносными пчелами обойтись невозможно. Эффективность их опыления сильно зависит от морфологии цветка. Количество и качество урожая во многом определяют численность и биоразнообразие других насекомых: диких пчел и шмелей, жуков, мух и муравьев.

Несколько лет назад группа исследователей из Северного и Южного, Западного и Восточного полушарий проанализировала данные 29 работ, посвященных влиянию опылителей на урожай. В их поле зрения попала 21 культура из 15 стран, расположенных на пяти континентах: манго, кофе, грейпфрут, макадамия, масличная пальма, подсолнечник, маракуйя, миндаль,

аннона чешуйчатая (сахарное яблоко), лонган, томаты, дыня, арбуз, голубика, гречиха, рапс и канولا, вишня, конские бобы, киви, клубника. Для обзора ученые выбрали работы, которые позволяли надежно отделить визиты медоносных пчел от посещения других опылителей.

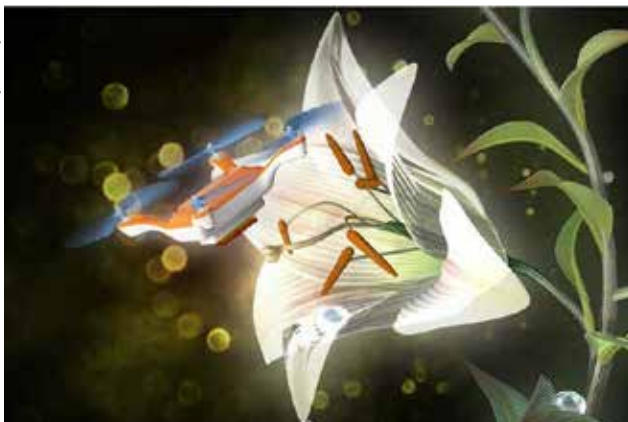
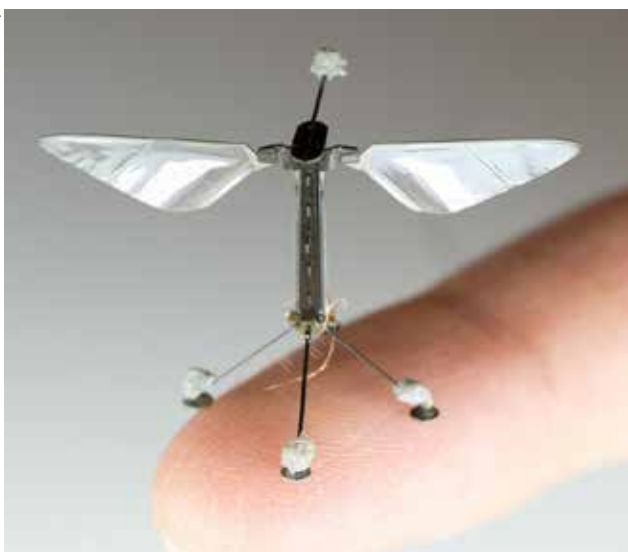
Оказалось, что чем дальше сельскохозяйственные угодья находятся от естественных мест обитания диких насекомых, тем реже они на этих угодьях появляются, причем в меньшем числе и скудном видовом разнообразии. Эта закономерность справедлива для разных ландшафтов, культур и климатических поясов. При расстоянии один километр вероятность посещения определенного места снижается в среднем на три четверти, и это критично. Медоносные пчелы опыляют далеко не все культуры: аннону, например, опыляют жуки. А дикие одиночные пчелы из рода *Andrena* несравненно результативнее опыляют чернику, арбузы и черешню, чем *A. mellifera*.

Это не значит, конечно, что растения, удаленные от естественных ландшафтов, совсем не плодоносят. Многие из них в той или иной степени способны к самоопылению, и даже небольшого количества принесенной пыльцы может быть достаточно для оплодотворения, однако недостаток мест, пригодных для жизни природных опылителей, не позволяет получить большой урожай.

В поле

Еще одна опасность, угрожающая численности и биоразнообразию опылителей, это ночное искусственное освещение (световое загрязнение). Недавно специалисты Бернского университета оценили влияние искусственного освещения на ночных бабочек. Они выбрали десять участков, на которых растет бодяк огородный — многолетнее растение семейства астровых. Пять участков по ночам освещали, пять оставались в темноте. Ночные бабочки активно посещали бодяк, однако на освещенные растения они прилетали на 62% реже, чем на темные. В результате количество плодов сократилось на 13% — бодяк и днем навещает множество насекомых, это хороший медонос. Однако растения, опыляемые только по ночам, а такие есть, например болотная ароматная орхидея кокушник длиннорогий, могут пострадать от светового загрязнения.

Кроме внеурочного освещения, насекомых подстерегает и другая беда — электромагнитное излучение. Давно известно, что пчелы и шмели ориентируются в магнитном поле, поэтому засилье беспроводного Интернета и мобильной связи должно, теоретически, повлиять на их возможности. Так ли это, пока неизвестно. Самые достоверные исследования в этой области немногочисленны и выполнены в лаборатории. Специалисты Бристольского университета (Великобритания) работали с земляными шмелями *Bombus terrestris*, которым предложили опылять цветки петунии. Шмели, как и многие другие насекомые, имеют



▲ Гарвардский робот на кончике пальца (шнур отсоединен) и японский дрон на цветке

положительный потенциал, а цветки — отрицательный. Из-за переносимого шмелем заряда между ним и цветком возникают электрические взаимодействия. Когда шмель садится на петунию, потенциал растения резко меняется на положительный (скачок составляет около 25 мВ), причем изменения происходят практически мгновенно и сохраняются от нескольких минут до нескольких часов.

Могут ли шмели считывать эту информацию? Для начала исследователи убедились, что шмели отличают заряженные растения от незаряженных. Они изготовили одинаковые искусственные цветки, часть которых находилась под напряжением 30 В. Шмели, прилетавшие на заряженные цветки, получали сахарозу, на незаряженные — хинин. Насекомые довольно быстро научились выбирать сладкую кормушку. Они также разбираются в геометрии электрического поля. Экспериментаторы предложили шмелям два типа искусственных цветков. У одних центральная часть имела потенциал – 20 В, а внешнее кольцо + 20 В. У других цветков все было наоборот. Одна структура электрического поля сочеталась с горечью, другая со сладостью, и шмели великолепно различали, какая

именно. Бристольские исследователи полагают, что электрическое поле помогает насекомым находить цветки, пригодные для посещения, а антропогенные помехи могут воспрепятствовать этой деятельности.

В другом исследовании ученые Саутгемптонского университета (Великобритания) и Федерального университета Висозы (Бразилия) помещали медоносную пчелу в электромагнитное поле чрезвычайно низкой частоты и индукции (50 Гц, 20—100 мкТ). Поле с подобными параметрами создают на уровне земли линии электропередач. В этом поле пчела хуже обучается и у нее слабеет память.

К сожалению, все это лабораторные эксперименты, посвященные кратковременным воздействиям электромагнитного поля. Достоверных исследований, проведенных в полевых или полуполевых условиях, мало. Швейцарский ученый Даниэль Фавр разместил рядом с ульем два мобильных телефона, работающих в поле частотой 900 МГц. Некоторое время телефоны находились в режиме ожидания, а затем переходили в режим связи. Пчелы в улье общаются на частоте 450—500 Гц. Мобильники в режиме ожидания пчел не беспокоили, но, когда устройства полчаса поработали в режиме активной связи, насекомые забеспокоились и стали издавать звуки, более высокие по частоте и интенсивности. Обычно подобные сигналы призывают к атаке или роению, пчелы их подают, когда покой улья нарушен, например его кто-нибудь трясет. Если мобильники работают менее часа, пчелы успокаиваются через две-три минуты после их выключения. Если телефоны работали по 20 часов, пчелы все это время беспокоились и даже спустя 12 часов после отключения связи все еще не могли уюмониться. Изменения пчелиного поведения хорошо воспроизводятся, поэтому исследователи заключили, что пчелы чувствительны к импульсным электромагнитным полям, генерируемым мобильными телефонами. Однако эксперимент был не вполне корректным, поскольку в реальности никто не кладет мобильники на крышу улья, да и ульев было всего пять.

Специалисты Эгейского университета (Греция) исследовали влияние антенн мобильной связи на основные группы диких опылителей: диких пчел, журчалок, мух-жужжал, других мух-опылителей, жуков, бабочек и ос. Ученые измерили электромагнитное излучение в 50, 100, 200 и 400 м от десяти телекоммуникационных антенн (пять из них расположены на Лимносе, пять — на Лесбосе) и сопоставили полученные данные с обилием и разнообразием насекомых. Оказалось, что электромагнитное излучение влияет на все группы насекомых, кроме бабочек. На обоих островах численность жуков, ос и журчалок снижалась по мере усиления излучения, а обилие жужжал и гнездящихся под землей диких пчел неожиданно возрастало. Влияние электромагнитного излучения на численность остальных мух разнилось на разных островах. И поскольку это излучение негативно сказывается на численности некоторых групп диких опылителей и меняет их видовой состав в естественной среде

обитания, оно может также влиять на разнообразие диких растений, выращивание сельскохозяйственных культур и благосостояние людей.

На батарейках

Увы, антропогенное электромагнитное поле неизбежно, как и дальнейшее сокращение естественных ландшафтов. Если все это пагубно действует на опылителей, их нехватку придется компенсировать искусственным опылением. Неизвестно, когда люди впервые додумались до этой технологии. Первое дошедшее до нас письменное, а точнее, изобразительное свидетельство относится к 800 годам до нашей эры. На ассирийском рельефе два крылатых божества осторожно оплодотворяют финиковую пальму мужским цветком. Финиковые пальмы до сих пор доопыляют, потому что мужские деревья встречаются существенно реже женских. Только божества людям больше не помогают, поэтому процесс пытаются автоматизировать.

В Томском политехническом университете разрабатывают пчел-роботов. Они будут раз в семь крупнее настоящей пчелы, им предстоит трудиться не на открытом воздухе, а в теплицах опылять культуры, растущие круглый год, клубнику например. Расходы на производство российские ученые считают в долларах США. Первая сотня роботов обойдется примерно в 1,4 миллиона. Сейчас в теплицах используют шмелей, их разведение и содержание обходятся существенно дешевле, однако весной они могут улететь. Роботы же никуда не денутся.

Еще одно устройство для работы в теплице придумала студентка из Джорджии. Это дрон по имени «Plan Bee». Он размером с ладонь, состоит из двух винтов и шести секций с крошечными отверстиями, в которые собирает пыльцу, паря над растениями, а затем выпускает на другие цветки.

В Гарвардском университете (США) создали крошечную робопчелу, которая умещается на кончике пальца (см. рис.). У нее есть крылышки и искусственные мышцы, которые «сжимаются» при подаче напряжения. На эти мышцы приходится 50 мг из 80 мг общего веса робота. Устройство оснащено оптическими датчиками, которые реагируют на окружающую среду. Кроме того, микроэлектромеханические «пчелки» умеют взаимодействовать, как настоящий рой, зависать над определенным местом и давать задний ход, плавать под водой и даже взлетать из-под воды (ценнейшее качество для опылителей!). К сожалению, эти штуки работают от внешнего источника питания, с которым связаны тонким шнуром, и не умеют опылять растения, увы.

Специалисты японского Национального института передовой промышленной науки и технологии сделали опыляющий дрон около 4 см в поперечнике (см. рис.). На нижней стороне у него щетка из конского волоса, покрытая исключительно липким, не высыхающим гелем. Это устройство снабжено GPS-навигатором и камерами высокого разрешения. Сейчас роботом управ-

ляют дистанционно, но с помощью компьютера он может самостоятельно прокладывать маршрут между цветками и точно на них приземляться. Поскольку дрон крупный, то и цветки он опыляет крупные — японские лилии. После того как эта летающая щетка шваркнет по тычинкам, лилия выглядит не лучшим образом.

Патент на опыляющий дрон подала компания «Walmart». Их беспилотничек запрограммирован на перелет от цветка к цветку, а за ним следует другое, контролирующее устройство. Фирма считает, что их дроны, которые мельче, дешевле и эффективнее японских, смогут заменить пчел.

Несамостоятельность и неуклюжесть искусственных опылителей — наименьший из их недостатков. Биологи, в отличие от инженеров, убеждены, что роботизированное опыление бессмысленно и даже вредно. Каждый цветок передает о себе массу информации с помощью цвета, запаха и формы. Насекомые учились ее считывать миллионы лет, и люди до сих пор толком не разобрались, как они это делают. Никакому дрону за ними не угнаться, даже поле, засеянное монокультурой, станет для него испытанием, а тем более природное сообщество. Роботам сейчас доступны разве что подсолнухи с их огромными взлетно-посадочными площадками. Стая одинаковых дронов не заменит невероятное разнообразие насекомых, ведь, как мы помним, именно благодаря этому разнообразию и достигается эффективное опыление. Опора на один вид — уже риск для урожая. То же самое относится к замене насекомых на роботов. Если техника откажет или супостаты проведут кибератаку, потери будут очень велики. Мелкие фермеры не смогут себе позволить роботизированное опыление.

Попытка заменить пчел роботами будет непомерно дорогой. При цене 10 долларов за штуку понадобятся сотни миллиардов, чтобы изготовить нужное количество устройств. А сюда еще надо добавить стоимость ремонта, поддержания работоспособности и контролирующих служб, утилизации отходов. Кроме того, производство, транспортировка и утилизация потребуют огромного количества энергии, углерода, воды и других материалов, в том числе лития для батареек. Все это станет слишком большим испытанием для окружающей среды.

Заполнение мира роботизированными опылителями — инвазия в эпических масштабах. Как и любая инвазия, она может привести к местному или более масштабному вымиранию видов и нарушит межвидовые взаимодействия. Роботы, безусловно, не заменят насекомых, которые из-за них погибли.

По мнению специалистов, проекты роботизации опыления только отвлекают людей от программ, направленных на защиту опылителей, — сохранения природных ландшафтов и поддержания биоразнообразия. Если уж зашла речь о технических инновациях, лучше обратить внимание на роботизированные машины для прополки с системами точечного разбрызгивания гербицидов. А миниатюрным летающим роботам найдется другое применение.

Дамиана — возвращает жизни радость



Иллюстрация Петра Перевезенцева

У болезней разные причины. Астму, например, вдувают в человеческое тело плохие ветра. Так считали индейцы майя. В перечень симптомов индейской астмы входили не только затрудненное дыхание и кашель, но и депрессия с импотенцией (ой, кажется, это старость). К счастью, силы и радость жизни возвращаются, если пить отвар из листьев кустарника, называемого *mis kok* — «метла для астмы». Врачи майя считали, что напиток активизирует циркуляцию крови, особенно в брюшной полости, и стимулируют потенцию.

В конце XVII века растением заинтересовались живущие в Мексике европейцы. Миссионер Хуан Мария да Сальватьерра (1648—1717) назвал его дамианой в честь покровителя фармацевтов, святого мученика и бессребреника Дамиана, брата Космы. А его латинское имя — *Turnera diffusa*, тёрнера раскидистая. Род *Turnera* включает 135 видов, растущих в субтропиках и тропиках Америки, и



▲ Дамиана Тёрнера раскидистая. Из этого кустарничка с желтыми цветочками делают лечебный чай и любовный напиток. Применяют его широко, эффективность пока не доказана

два африканских. Лечебными свойствами обладают лишь некоторые из них. Считается, что *T. opifera* улучшает пищеварение и перистальтику, а *T. ulmifolia* — отхаркивающее и тонизирующее средство. Однако главная из лекарственных тёрнер — дамиана. Ее отвар, подслащенный медом, до сих пор пьют при кашле и простуде и сопутствующей им головной боли. Индейцы издавна лечат дамианой желудочно-кишечные хвори (в том числе диарею, язву и боль в желудке), респираторные и кожные заболевания, диабет, лихорадки и малярию. В современном «Атласе растений традиционной мексиканской медицины» дамиана упомянута как средство от легочных заболеваний, вызванных курением, инфекционных болезней почек и мочевого пузыря, ревматизма, диабета и укусов скорпионов. В некоторых районах Мексики растение используют, чтобы вызывать овуляцию, в Доминиканской Республике дамианой лечат гинекологические

заболевания, а в Бразилии применяют как abortивное снадобье. Но более всего растение знаменито как общеукрепляющее средство, адаптоген и афродизиак. Недалеко у тёрнеры раскидистой есть и другое название — *T. aphrodisiaca*. В Мексике и тропических районах Южной Америки из дамианы готовят любовный напиток: сухие измельченные листья настаивают в текиле. Занятно, что растение мало популярно на юге Техаса, хотя он населен выходцами из Мексики и их потомками.

Современная наука не слишком интересуется дамианой и проводит эксперименты преимущественно *in vitro* и на животных. Листья содержат фенольный гликозид арбутин, это горький антисептик, который используют для лечения инфекций мочевыводящих путей. Однако способность дамианы противостоять этим инфекциям пока не установлена. Зато спиртовой экстракт убивает золотистый стафилококк и возбудителя дизентерии *Shigella boydii*, а

эфирное масло эффективно губит некоторые штаммы туберкулезной бактерии.

Антидиабетическая активность дамианы пока не подтверждена. Отвар листьев снизил уровень сахара в крови у гипергликемических кроликов, диабетическим мышам препарат то помогает, то нет. Возможно, дело в том, что исследователи по-разному собирают и обрабатывают листья, или имеет значение время и место сбора. Действие отвара может отличаться от действия экстракта. И вообще, специалисты пока не могут понять, какое именно соединение из листьев дамианы предположительно влияет на концентрацию глюкозы, а без конкретного соединения и терапевтический эффект под сомнением.

Дамиану традиционно считают противоязвенным лекарством. Возможно, этим свойством она обязана флавоноидам. Экстракт действительно стимулирует выделение слизи в желудке, но такого же эффекта можно добиться с по-

мощью синтетических препаратов. У мышей экстракт язву лечит, а у крыс — нет, и от ее возникновения не защищает. Скорее всего, различия объясняются способом приготовления экстракта или состоянием животных.

Водный и спиртовой экстракты дамианы — несомненные мышинные антидепрессанты. Они снижают тревожность грызунов, повышают выносливость, и при этом, в отличие от некоторых синтетических препаратов, не замечены в побочном действии на нервную систему. Когда самцы избавляются от стресса, у них улучшается сперматогенез. Вероятно, успокаивающим эффектом обладает флавоноид апигенин. Его действие проверили отдельно, действительно, мышам он помогает.

Апигенин содержится во многих лекарственных травах, в том числе в аптечной ромашке, полыни, эхинацее. Его свойства неплохо изучены. В частности, он увеличивает уровень тестостерона и, соответственно, силу, энергию, мышечную массу и либидо у пожилых мужчин.

Вот мы и добрались до либидо. Даже в таком животрепещущем вопросе приходится пока полагаться на грызунов. Экстракт *T. diffusa* — спазмолитик, он расслабляет гладкую мускулатуру, следовательно, расширяет капилляры, что должно вызывать прилив крови. В начале века аргентинские исследователи взяли полоски кавернозного тела морской свинки, обработали их L-фенилефрином, отчего полоски сократились, а затем экстрактом дамианы. Полоски расслабились, то есть, теоретически, дамиана должна восстанавливать потенцию. Ученые сравнивали действие шести афродизиаков, традиционно используемых в аргентинской народной медицине, и дамиана оказалась не самой эффективной из них. Но подействовала.

Помогает дамиана и мышам с крысами. При этом на здоровых самцов она не влияет, однако улучшает потенцию ослабленных и полностью неспособных животных. Исследователи предполагают,

что препараты дамианы влияют на механизм высвобождения NO, который обладает сосудорасширяющим эффектом.

Влиянию *T. diffusa* на сексуальную функцию посвящено одно из немногих клинических испытаний. В нем участвовали 108 женщин от 22 до 73 лет, которые жаловались на отсутствие сексуального желания. Их разделили на две группы, одна из которых принимала плацебо, а вторая — пищевую добавку, содержащую, помимо других компонентов (гинкго, женьшень, L-аргинин, витамины и минералы), листья дамианы. Спустя четыре недели у значительной части дам, принимавших эту добавку, в том числе у вышедших из репродуктивного возраста, желание усилилось. У тех, кто помоложе, улучшилось и качество половой жизни. Исследователи заключили, что препарат может быть альтернативой гормональной терапии, однако о роли дамианы в нем судить сложно.

Второе клиническое исследование посвящено потере веса. Двадцать пять пациентов, страдавших ожирением, регулярно принимали препарат YGD, который содержит листья йербы мате, семена гуараны и листья дамианы. Еще 22 человека принимали плацебо. Оказалось, что под действием препарата желудок опустошается на 20 минут дольше, из-за этого люди потребляют на 17—18% меньше калорий. За 45 дней они похудели примерно на 5 кг и удерживали достигнутый результат в течение года. Но как и в предыдущем исследовании, в состав препарата входит не только дамиана.

Клинических испытаний дамианы явно не хватает, и даже эпидемиологических наблюдений нет. Лишь недавно ученые провели первое этноботаническое исследование. Мексиканцы часто пьют травяные чаи и не только в лечебных целях. Исследователи поинтересовались, какие растения предпочитают современные сельские жители, и выяснили, что в 71% случаев они выбирают дамиану. По их мнению, чай из *T. diffusa* полезен при гриппе и

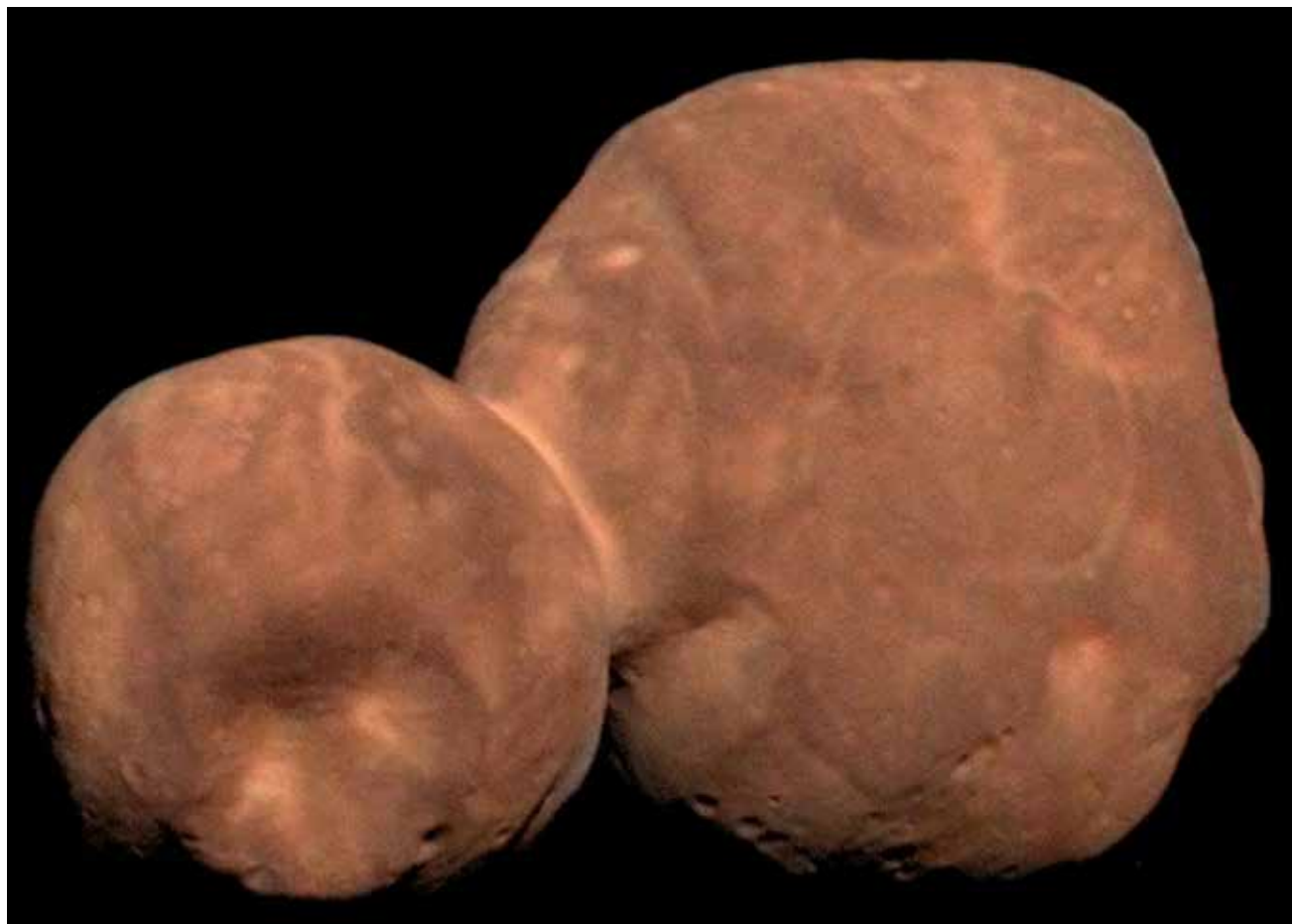
кашле и вообще помогает расслабиться. Ученые определили содержание антиоксидантов в разных травах, и оказалось, что чем их меньше, тем охотнее эти травы заваривают. Не нравятся людям антиоксиданты.

В отсутствие научных данных можно было бы прислушаться к народному мнению и попить дамиановый чаек для пользы и удовольствия, разумеется, при условии, что дамиана не токсична. Однако проблемы ее безопасности также исследованы слабо. Мыши без вреда для себя принимают за один раз до 5 г экстракта на кг веса, но это мыши. При дефиците информации безопасной дозой для человека считают 2—4 г сухих листьев, заваренных как чай. Пить его можно три раза в день. Специалисты призывают к осторожности, поскольку растение содержит токсичные цианогенные гликозиды, которые при ферментативном расщеплении выделяют синильную кислоту. Известен даже случай предположительного отравления цианидами после того, как сильно пьющий человек выхлебал 226 г экстракта дамианы. По некоторым данным, передозировка может вызвать легкий слабительный эффект.

Как действует дамиана на беременных и кормящих женщин, а также на детей и подростков до 18 лет, неизвестно, поэтому дамиану им не рекомендуют. Есть подозрение, что препараты дамианы мешают всасыванию железа, а спиртовой экстракт корней усиливает активность окситоцина. Этот гормон стимулирует родовую деятельность, и в таком случае *T. diffusa* действительно вредна беременным.

Но тёрнера раскидистая — не только лечебный чай. Ее листья ароматны, и в Европе их используют как вкусовую и ароматическую добавку. В небольших количествах, разумеется.

Н. Ручкина



«Новые горизонты» в поясе Койпера

Летом 2015 года космический аппарат миссии НАСА «Новые горизонты» успешно пролетел рядом с системой Плутона. Тогда исследователи впервые получили снимки этой карликовой планеты, ее спутников, (и) другие данные. Продолжая свое движение на периферию Солнечной системы, в новогоднюю ночь 2019 года этот аппарат прицельно приблизился к астероиду Аррокоту — объекту, который в сотни раз меньше Плутона, и подробно исследовал его, собрав пятьдесят гигабайтов данных. Основная их часть уже получена, остальные поступят на Землю до осени 2020 года.

Аррокот, как и Плутон, принадлежит к открытому в конце XX века

поясу Койпера, который лежит за орбитой Нептуна, на расстоянии 30–50 астрономических единиц (а. е.) от Солнца. Это тороидальное облако карликовых планет и малых тел, движущихся по траекториям разных классов. Аррокот — из подсистемы классических, «динамически холодных» объектов, то есть отклоняющихся от плоскости эклиптики не более чем на пять градусов. Они сами, как и их орбиты, мало изменились с момента формирования Солнечной системы и поэтому несут информацию о механизме ее образования.

В исследовании участвовали все приборы аппарата: два телескопа со спектрометрами, работающие в видимой и инфракрасной областях спектра, ультрафиолетовый спектрограф, бортовой радиотелескоп, спектрометр заряженных частиц высоких

энергий, детекторы частиц солнечного ветра и космической пыли. Оказалось, что Аррокот образован двумя телами, состоящими в основном из замерзшего метанола. Его форму образно можно представить, как симбиоз пристыкованных друг к другу большого сырника и маленького пончика, размерами 20,6 x 19,9 x 9,4 км и 15,4 x 13,8 x 9,8 км.

При пролете аппарат детально рассмотрел одну из сторон Аррокота. Его поверхность выглядит гладкой и почти не имеет кратеров, что не случайно, ведь соударения тел в поясе Койпера редки. Самые светлые участки астероида — это шейка, место соединения пончика с сырником, и два белых пятна в огромном кратере Мэриленд, хорошо заметном на пончике. Рельеф астероида довольно разнообразен, но высота его деталей не превышает 1 км.

Как предполагают астрономы, астероид образовался не в результате удара, а за счет медленного сближения двух тел под действием гравитации, причем оба они столь схожи, что явно возникли из единой области сформировавшего Солнечную систему облака пыли. А если они слились в результате удара, остались бы заметные следы. При накоплении таких наблюдений удастся понять динамику процессов, проходивших на периферии остывающего протопланетного облака.

Сейчас аппарат «Новые горизонты» продолжает свое движение в поясе Койпера со скоростью 15 км/с. Этим летом земные телескопы начнут поиск нового объекта для сближения. Исследователи надеются, если повезет, определить форму и детали поверхности какого-нибудь нового астероида. (*Science*, 2020, 367, 6485)

Земля — образец для экзопланет

Возраст нашей планеты составляет около 4,5 млрд лет, и за это время ее атмосфера сильно менялась. Если 3,9 млрд лет назад она состояла в основном из углекислого газа, то затем доля кислорода постепенно выросла до 21%. Астрономы Корнеллского университета смоделировали спектры атмосферы Земли в видимой и ультрафиолетовой областях в разное время ее геологического развития. Пять моделей таких спектров вскоре позволят направленно вести поиск землеподобных экзопланет, находящихся от нас на расстоянии 50–100 световых лет.

Экзопланеты ищут, как правило, транзитным методом, то есть по изменениям в сигнале звезды, которые происходят при затенении ее планетой. При этом часть света звезды блокируется атмосферой планеты, которая накладывает на него свой спектральный отпечаток. Этим методом, например, будут вести поиск новый космический телескоп «James Webb», его НАСА запустит через год, и наземный

телескоп ELT (то есть Extremely Large Telescope) Южной европейской обсерватории в Чили, который введут в строй в 2025 году, а также несколько орбитальных обсерваторий. Их приборы позволят найти даже несколько процентов кислорода в спектре изучаемой планеты. Таким образом, следуя общепринятым сегодня научным представлениям, полученные (и выложенные в Интернет) спектры дадут возможность косвенно зафиксировать появление биоты на далекой планете, аналогичное таковому на Земле 2 млрд лет назад. По крайней мере, появится возможность отобрать химически «подозрительные» на жизнь планеты. (*The Astrophysical Journal Letters*, 2020, 892, 1)

Квazar: молодые джеты и газовые облака

Как взаимодействует вещество в окрестностях сверхмассивной черной дыры? Это удалось рассмотреть телескопом ALMA, наблюдая за центральной дырой у молодой активной галактики MG J0414+0534, что находится на краю Вселенной на расстоянии от нас в 11 млрд световых лет. А помогла гравитационная линза — другая галактика, расположенная на луче зрения.

Хорошо известно, что некоторые черные дыры обращаются с падающим на них межзвездным газом так, что из него формируются мощные струи ионизированного вещества — джеты, вылетающие с полюсов дыры. Эти джеты, в которых вещество может двигаться со скоростями, близкими к световой, буквально сдувают окружающие газовые облака галактик и искажают звездообразование в них. В галактике MG J0414+0534 с беспрецедентной точностью было воссоздано расположение и движение газовых облаков СО вокруг джетов. Оказалось, что на расстоянии в две с половиной сотни световых лет от ядра галактики они разгоняют газ до 600 км/с.

Размеры джетов и взаимодействующих облаков гораздо меньше, чем ожидается для галактик такого возраста. Поэтому авторы работы предполагают, что извержение джетов началось всего несколько десятков тысяч лет назад.

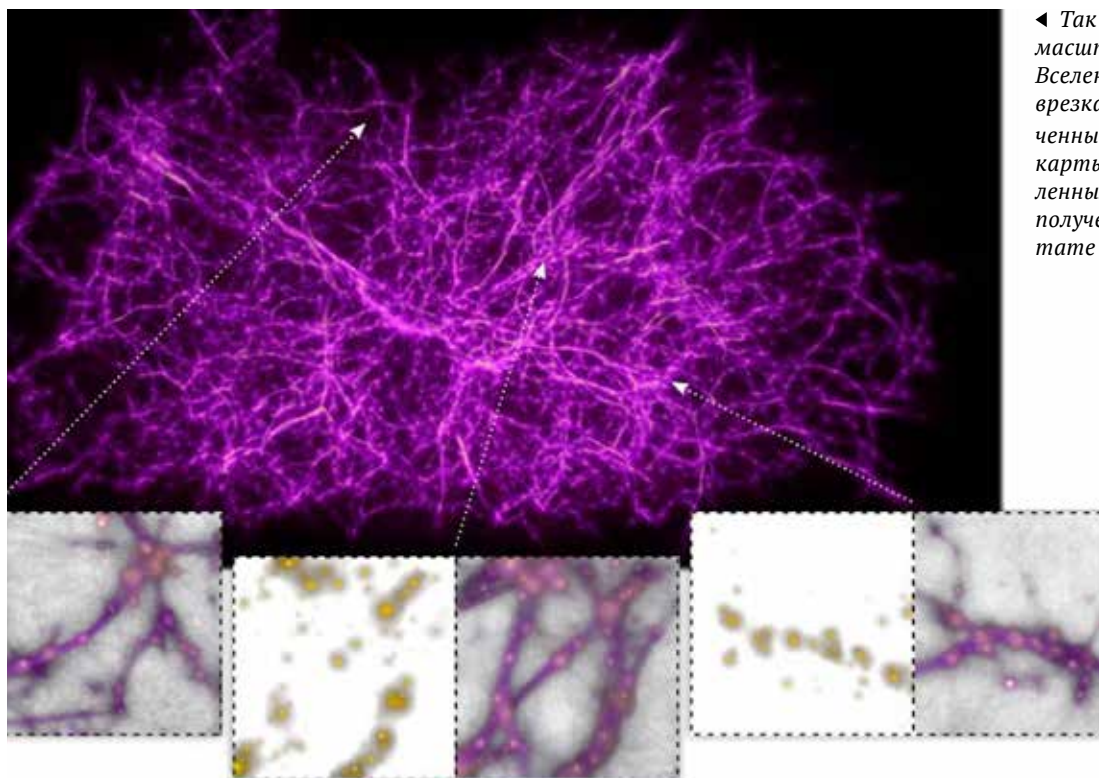
Процессы образования джетов пока что поняти не слишком хорошо, однако результаты этого исследования серьезно уточнили картину взаимодействия черной дыры с окружением, проливая тем самым свет на механизмы эволюции галактик. (*The Astrophysical Journal*, 2020, 892, 2)

Стерилизация темного вещества

Можно ли рентгеновское излучение ближних галактик интерпретировать как сигнал от их темного вещества? Как оказалось, нет. Такой ответ закрывает очередной этап поиска стерильных нейтрино в темной материи. Но обо всем по порядку.

По современным представлениям, три четверти Вселенной состоит из темного вещества. Оно не поглощает и не излучает свет, а значит, его нельзя наблюдать непосредственно. Однако именно его гравитация связывает галактики и их кластеры в единое целое — во всяком случае, видимого вещества для этого явно недостаточно.

На роль темного вещества предложено множество кандидатов. Не обошла эта участь и гипотетические стерильные нейтрино, то есть такие, которые не участвуют ни в каких взаимодействиях, кроме гравитации. С их помощью физики рассчитывают убить двух зайцев: не только выяснить, что же такое темная материя, но и объяснить наличие массы у обычных нейтрино: она, пусть и ничтожная, не укладывается в современные модели ядерной физики. Теоретики считают, что стерильные нейтрино при преобразовании в обычные должны проявлять себя рентгеновским излучением, вот космические телескопы и ищут рентгеновские сигналы от областей, где предположительно концентрируется темное



◀ Так выглядит крупномасштабная структура Вселенной. Слева на врезках — просто увеличенный кусок (фото4в) карты, справа — с добавленными филаментами, полученными в результате расчета

вещество. Поэтому когда шесть лет назад было открыто, что это излучение, идущее от ближайших галактик, превышает нормальный уровень, охотники за стерильными нейтрино очень обрадовались.

Однако такие следы можно поискать и в Галактике, ведь ее также окружает темное вещество. Увы, изучение архива изображений орбитального телескопа XMM-Newton за последние двадцать лет показало: значимого излучения стерильного нейтрино не зафиксировано. Это не значит, что таких нейтрино нет и они не служат темным веществом, просто сегодня пока нет доказательств их существования. (*Science* 2020, 367, 6485)

Плесень на темной материи

Самая крупная из наблюдаемых структур Вселенной представляет собой сеть, слабо различимые нити которой длиной в сотни миллионов световых лет (астрономы называют их филаментами) связывают расположенные в узлах галактики и

их кластеры. Эта сеть показывает, как расположены границы между большими пустотами, войдами, Вселенной. Предполагается, что скелет филаментов состоит из невидимого темного вещества и межзвездного газа, главным образом водорода.

Одноклеточная плесень *Physarum polycephalum* в поисках пищи также организуется в нитевидную сеть. Двигаясь от одного источника пищи к другому, плесень находит оптимальные, по ее мнению, пути их соединения. Десять лет назад биологи разработали алгоритм, позволяющий рассчитать траекторию распространения плесени. А теперь оказалось, что сети, созданные биологической системой и силой гравитации, удивительно похожи. Поэтому астрофизики заложили идеологию «плесневого» алгоритма в компьютерную программу, в которой при старте от выбранного узла задаются вероятности его соединения с окрестными узлами и налагается условие максимизации числа пройденных узлов — аналог количества съеденной пищи. Методом Монте-Карло программа рассчи-

тывает наиболее вероятные пути перемещения от стартовой точки и считает их искомыми нитями. Так была построена трехмерная модель-карта расположения филаментов в нашей области Вселенной — до ста миллионов световых лет в радиусе от Земли. За ее узлы взяты 37 тысяч расположенных там галактик.

Для выявления филаментов авторы статьи проанализировали свет от 350 квазаров из каталога Хаббла. Межзвездный водород этот свет ослабляет, причем тем сильнее, чем выше плотность газа. Предположительно, в нитях водорода должно быть больше, чем в окружающем их пространстве, но пока это никому не удавалось увидеть. Теперь же, сопоставляя данные об интенсивности света и результаты расчета по «плесневелому» алгоритму, удалось подтвердить, что нити действительно существуют там, где предсказала модель, и даже установить плотность водорода вдоль них. (*The Astrophysical Journal*, 2020, 891, 2)

Выпуск подготовил
А. Гурьянов

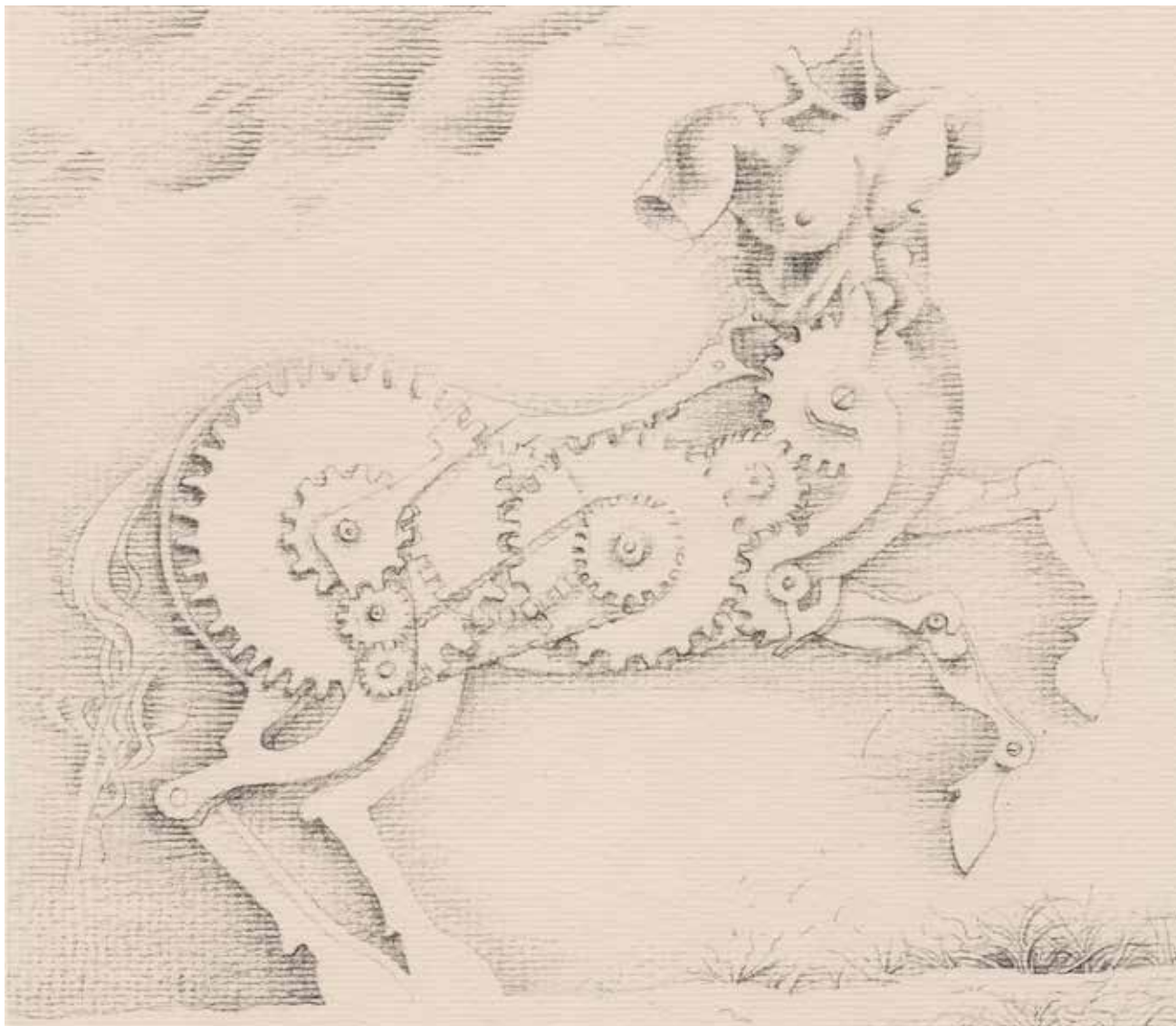


Иллюстрация
Петра Перевезенцева

Самюэль Батлер

Книга машин

(Фрагмент из романа «Эрефон», 1872 год)

Окончание. Начало – в № 4.

Герой С. Батлера изучает историю Эрефона, пытаясь понять, какие необычайные события и идеи могли привести к повсеместному уничтожению сложных машин и механических устройств. В руки героя попадает печатная копия работы, изданной пятьсот лет назад и вызвавшей неисчислимые бедствия и многочисленные жертвы. Он переводит объемистый трактат эрефонского пророка. Первую его часть мы опубликовали в предыдущем номере. В этом выпуске – окончание трактата.

Паровоз, как и человек, нуждается в пище и пожирает ее огнем; воздух поддерживает горение так же, как жизнь человека; как и у человека, у паровоза есть и кровообращение, и пульс. Допускаю, что человеческое тело более адаптивно, но ведь оно – старейший продукт. Дайте паровозу вполтину меньше того срока, что существует человеческая раса, прибавьте нашу безрассудную и непреходящую страсть к совершенствованию механизмов – и представьте, каких высот достигнет это устройство!

Вероятно, определенные функции паровоза останутся неизменными на протяжении многих лет – даже после того, как паровые котлы уступят место более совершенным устройствам. Так, поршень и цилиндр, балансир, маховик и другие части машины, видимо, сохранятся – подобно тому как на протяжении веков человек и низшие животные едят, пьют и спят так же, как и прежде. <...> Некоторые могут сказать, что, поскольку основные функции и детали паровоза определены раз и навсегда, он вряд ли существенно изменится когда-либо в будущем. В это наивное суждение поверить трудно. Меняться он будет непременно и будет приспосабливаться к бесчисленному множеству новых целей точно так же, как менялся, приспосабливался и совершенствовал свои умения человек в борьбе с дикими зверями.

Для паровозной топки кочегар – такой же повар, что и тот, кто готовит еду для нас. Примите во внимание углекопов и вспомогательных рабочих в шахтах, торговцев углем, людей, перевозящих уголь на поездах и кораблях, – вот какая армия слуг нанята машинами! Разве число тех, кто служит машинам, не меньше тех, кто обслуживает людей? А не поглощает ли пищу машина точно так же, как делает это здоровый работник? Не сами ли мы создаем тех, кто наследует нашу планету? Мало-помалу, ежедневно и ежечасно мы вносим улучшения и уточнения, добавляем новые функции и возможности самоуправления и саморегуляции, что рано или поздно превзойдут любой известный интеллект.

Пища для машины – новое ли это понятие? Плуг, лопата, тачка приводятся в движение нашими желудками; топливо, что приводит их в движение, должно сгореть в печи, которой является нутро человека или его лошади. Чтобы вскопать почву, человеку потребны хлеб и мясо – то топливо, что заводит лопату. Энергию плугу, влекомому лошадью, дают трава или овес, сгорающие в ее желудке; без этого топлива работа прекратится точно так же, как остановится двигатель после затухания топki.

Но главной причиной, дающей повод для тревоги, является то, что если раньше лишь живые существа служили машинам желудками, то сейчас появилось множество машин, имеющих собственную пищеварительную систему и, значит, поглощающих и перерабатывающих свою еду самостоятельно. Это невиданный шаг вперед, шаг к тому, чтобы стать если не живыми существами, то чем-то подобным нам и чем-то отличающимся от нас не более и не существеннее, чем животные отличаются от растений. И хотя человек, во многих отношениях, останется существом высшим, разве не заведено так в природе, что животные, давно и безоговорочно уступившие человеку первенство, в некоторых аспектах его превосходят? Разве не позволила природа муравью и пчеле сохранить превосходство над человеком в организации сообществ и в социальных отношениях, птице – в перемещении по воздуху, рыбе – в плавании, лошади – в силе и скорости, собаке – в самопожертвовании?

Многие из тех, с кем я обсуждал этот предмет, говорили мне, что машина никогда не станет живой или даже отчасти одушевленной, так как у нее нет репродуктивной системы и таковая никогда не возникнет. Если они имели в виду, что машины не женятся и вряд ли возможно представить себе семейный союз двух паровозов с малышами, играющими у ворот депо, я готов принять этот аргумент. Но возражение это не особенно убедительно. Никто и не ждет, что все функции ныне существующих организмов в точности повторятся в новом классе живого мира. Репродуктивная система животных совсем не такая, как у растений, но и та и другая суть репродуктивные системы. Что, разве природа уже исчерпала все свои возможности?

Если машина способна систематически воспроизводить другую машину, мы без сомнения скажем, что она обладает репродуктивной системой. Что есть репродуктивная система, как не система для воспроизведения себе подобных? Но ведь уже сейчас большинство машин регулярно производится другими машинами. Скажут, что делать это их заставляет человек. Это так; но разве не насекомые делают многие растения способными к воспроизводству, и разве не исчезнут с лица земли целые семейства растений, если прекратится их опыление посредниками, ничего общего с ними не имеющими? Станет ли кто-нибудь утверждать, что красный клевер не имеет репродуктивной системы потому, что шмель (и только шмель) способствует и поощряет его к воспроизводству? Никто. Шмель является частью репродуктивной системы красного клевера. Каждый из нас произошел из микроскопических животных, организм и сущность которых были совершенно отличными от наших. Они существовали и действовали согласно своей природе, не обращая никакого внимания на то, что об этом подумаем мы. Эти крохотные создания – часть нашей собственной репродуктивной системы, так отчего же не можем мы сами быть частью машинной?

Но те машины, что производят другие машины, не воспроизводят себе подобных. Втулку сделает станок, но сама втулка не сумеет произвести другую такую же. Но опять же, обратившись к природе, мы обнаружим огромное множество аналогий, обучающих нас, что репродуктивная система необязательно нацелена на воспроизведение объектов того же вида, что и родитель. Не так уж много созданий, воспроизводящих в точности себе подобных! Скорее, воспроизводится нечто, что лишь со временем приобретает родительские черты. К примеру, гусеница бабочки плетет вокруг себя кокон, в котором превращается в куколку, из которой появится новая бабочка; и хотя я с готовностью признаю, что современные машины имеют не более чем зачатки истинно репродуктивной системы, разве мы не выяснили только что, что они совсем недавно приобрели зачатки желудка и рта? Тот мощный рывок, который они совершили для приобретения пищеварительной системы, может быть повторен для получения системы репродуктивной.

Возможно, что эта система во многих случаях станет лишь замещающей. Возможно, что плодоносящими будут лишь некоторые виды машин, в то время как остальные члены класса станут выполнять другие функции, полезные для новой механической системы в целом – так же, как множество муравьев и пчел прямо не участвуют в продолжении рода, а добывают и хранят пищу для производителей и потомства. Подобие совершенно необязательно должно быть полным, тем более сейчас, – да возможно, никогда и не будет. Но разве для нас недостаточно уже имеющихся аналогий, чтобы задуматься о собственном будущем и серьезно отнестись к нашей обязанности ограничить зло, пока это еще в наших силах? Машины – в определенных пределах – способны порождать себе подобных, и не важно, насколько схожи родитель и отпрыск. Вероятно, каждый класс машин будет иметь своего собственного механического производителя, а самые высокоорганизованные будут обязаны своим рождением не двум, а гораздо большему количеству родителей.

Все мы заблуждаемся, рассматривая любую сложную машину как единое целое; в действительности это город или сообщество, каждый член которого взращен по роду его. Для нас машина едина, мы ее индивидуализируем и даем ей имя; глядя на собственные конечности и туловище, мы знаем, что их сочетание, формирующее индивидуума, идет от единого центра воспроизводства, а потому полагаем, что ни одно воспроизводство не может иметь место без единого центра. Но такое предположение ненаучно, и тот очевидный факт, что ни один паровоз – или одна пара паровозов – еще не произвел себе подобного, еще недостаточен, чтобы говорить, что у паровозов нет репродуктивной системы. Истина в том, что каждая деталь паровоза происходит от собственных, особенных родителей, чьей задачей является породить эту и только эту деталь. Сочетание же деталей в единое

целое – это совершенно другой отдел механической репродуктивной системы. Она настолько сложна уже сейчас, что охватить ее взглядом или даже мыслью очень трудно.

Да, но насколько проще, умнее и организованнее станет она за следующую тысячу лет? А за двадцать тысяч лет? Человек стремится к собственной выгоде и проводит бесчисленные часы, измышляя и производя машины, которые все лучше и увереннее порождают другие машины. Он уже преуспел в том, что совсем недавно казалось невозможным, и, похоже, улучшениям нет предела, если только позволить им накапливаться и множиться из поколения в поколение. Необходимо помнить, что тело человека стало таким в результате всевозможных, зачастую случайных изменений, происходивших многие миллионы лет. Организация его никогда не менялась с той быстротой, с которой происходит усовершенствование машин. Это настолько тревожащий факт, что мои постоянные и частые повторения сказанного должны быть поняты и прощены».

Здесь следует очень длинное и трудное для перевода отступление, в котором автор рассказывает о существовавших прежде родах и видах машин. Он пытается подкрепить свою теорию ссылками на сходство между многочисленными машинами различных типов, что должно свидетельствовать о наличии у них общего предка. Все машины он разделяет на отряды, семейства, виды, подвиды, группы, подгруппы и так далее. Ему удалось отыскать связующие звенья между устройствами, не имеющими, казалось бы, ничего общего, а также показать, что в прошлом таких взаимосвязей было гораздо больше. Он отмечает атавистические тенденции и существование рудиментарных, слабо развитых и совершенно бесполезных органов у многих машин. Это доказывает их общее происхождение от единого предка, у которого данные органы несли функциональную нагрузку.

Мне не приходит на ум один случай, связанный с трактатом («Книга машин». – *Ред.*). Джентльмен, что вручил его мне, захотел рассмотреть мою курительную трубку; он внимательно изучал ее и, дойдя до небольшой выпуклости на дне трубочной чаши, с энтузиазмом объявил ее рудиментарным органом. Я поинтересовался, что имеется в виду.

«Сэр, – ответил джентльмен, – этот орган идентичен ободку на дне чашки. Формы различаются, но функция одна и та же. Бугорок этот призван предотвратить порчу стола, когда на него кладут горячую трубку. Обратившись к истории табачных трубок, вы наверняка обнаружите, что их ранние образцы имели выступы другой формы. Они были широкими и плоскими, а потому раскуренную трубку могли без опаски класть на стол. Шло время, функция эта постепенно отмирала и стала в конце концов рудиментарной.

– Меня не удивит, – продолжал он, – если со временем этот орган претерпит дальнейшие превращения и приобретет форму орнаментного листа, декоративного завитка или станет, скажем, бабочкой, а некоторые трубки лишатся его совершенно».

По возвращении в Англию я припомнил нашу беду и обнаружил, что мой знакомый оказался прав.

Но вернемся к трактату. Далее следовало: «Давайте вообразим, что в очень давнем геологическом периоде существовала некая ранняя форма растительной жизни, наделенная способностью мыслить. Что могла бы она сказать о зарождающейся бок о бок с ней жизни животной? Вполне вероятно, что она, восхищенная собственной проницательностью, предположила бы, что в один прекрасный день животные станут настоящими растениями. И это, конечно, было бы ошибочно. Но ошибку еще большую рискуем совершить мы, если вообразим, что, поскольку жизнь машин совершенно отлична от нашей, они никогда не разовьются в нечто нас превосходящее и что, поскольку механическая жизнь столь непохожа на нашу, она и жизнью считаться не может.

Многие говорят: «Пусть паровоз и обладает собственной мощью – но ведь никто не станет утверждать, что он обладает и собственной волей!» Увы! Приглядимся повнимательнее и обнаружим, что этот довод не опровергает нашего предположения о том, что паровоз – один из зачатков новой фазы жизни. Что в этом подлунном мире, да и во всей Вселенной, обладает собственной волей? Только неизвестное и непознаваемое!

Человек есть продукт всех тех сил, что действуют на него и до, и после рождения. Силы эти многообразны, разновелики и разнонаправленны, а некоторые из них противоборствуют. Но любой следующий шаг человека, любой его поступок в настоящий момент определяются тем, что он есть – его физическим сложением, тем, что и как на него воздействовало ранее, и тем, что и как воздействует сейчас. И действовать он станет так же предсказуемо и постоянно, как если бы был машиной.

Мы не склонны это признать просто потому, что не знаем ни природы человеческой, ни природы всех действующих на него сил. Нам доступна лишь часть целого, и, умея описать поведение человека лишь в самых общих чертах, мы отрицаем, что оно подчиняется строгим законам. Мы приписываем почти все черты его характера и все поступки случаю, удаче или неудаче, везению или невезению. Но ведь это только слова, произнося которые, мы уходим от признания собственного неведения. Нам кажется, что гениальную мысль, новую великую идею порождает только случайное озарение, мгновенное и вдохновенное прозрение, но, немного поразмыслив, мы поймем, что эта вспышка – она и только она! – должна была неизбежно, неотвратимо произойти именно в тот самый момент, когда произошла, – точно так же, как

сухой лист падает в тот самый момент, когда порыв ветра качнет дерево.

Ибо будущее определяется настоящим, а настоящее (самое существование которого – лишь один из тех небольших компромиссов, которыми полна человеческая жизнь, поскольку оно молчаливо предполагает существование прошлого и будущего) – прошлым, которое постоянно, неизменно, нерушимо. Единственная причина, по которой мы не можем видеть будущее так же ясно, как прошлое, состоит в том, что нам слишком мало известно об истинном настоящем и истинном прошлом. Понятия эти наш разум охватить не в силах. Если бы не это, будущее во всех мельчайших деталях предстало бы перед нашими очами, а мы полностью утратили бы ощущение настоящего. Оно просто исчезло бы в ослепительном блеске и ясности прошлого и будущего. Возможно, самое время стало бы неразличимо для нас, но об этом судить трудно. Что нам известно доподлинно, так это то, что чем больше знаем мы о прошлом и настоящем, тем точнее можем предсказать будущее. Человек, досконально изучивший прошлое и настоящее и осведомленный о тех следствиях, которые были вызваны такими-то событиями в прошлом и такими-то действиями в настоящем, не мог бы сомневаться в предопределенности и неподвижности будущего. Все, что должно произойти, он знает достоверно. Он готов поставить на это все свое состояние, всю свою судьбу.

И это – благословенное знание. Это – фундамент, на котором стоят наша мораль и наша наука. Уверенность в том, что будущее не произвольно, не отдано на откуп случаю, в том, что за данным настоящим неотвратимо последует данное будущее, есть та основа, на которой мы строим все наши планы, та вера, которая питает все сознательные поступки в нашей жизни. Будь это иначе, мы лишились бы поводыря, каждый наш шаг был бы пропитан неуверенностью, мы бы опустили руки, не зная, чего ожидать сегодня от тех действий, что принесли желанные плоды вчера.

Будущее неизменно, незыблемо, неподвижно. Кто, сомневаясь в этом, станет пахать и сеять? Кто станет тушить пожар в доме, не будучи уверен в том действии, которое вода оказывает на огонь? Мы отдаем делу все свои силы только потому, что твердо знаем: не сделай мы все возможное – и будущее покарает нас. Уверенность в этом – неотъемлемая составляющая наших побуждений, и проявляется она в решительных действиях самых лучших, самых высоко нравственных представителей общества. Только тот, кто твердо убежден в том, что будущее прочной нитью связано с днем сегодняшним, уверенно идет вперед и умело распоряжается своим настоящим, внимательно и тщательно возделывая его почву. Для тех же, кто считает, что одна и та же комбинация факторов может привести к разным результатам, будущее – лотерея. Если их вера искренна, они должны оставить любые труды и заняться пустыми гаданиями – это люди безнравственные.

Нельзя сказать, что все вышесказанное имеет прямое отношение к машинам сегодня, но это уже не за горами. Сейчас же я хотел бы поспорить с теми, кто, соглашаясь с предопределенностью будущего в отношении любой неорганической материи и в некоторых аспектах – в отношении человека, все же допускает его изменчивость и многовариантность. Да, говорят они, пусть огонь, охвативший сухие ветки и подпитываемый кислородом, всегда и во всех случаях разожжет костер, но ведь трус, встретившийся с испугавшим его объектом, необязательно сбежит.

Большая повторяемость результатов химической реакции в сравнении с поведением человека идет от того, что мы не способны увидеть всю совокупность и мельчайшие различия в тех факторах, что на нас влияют. Сочетания их предельно многообразны и никогда не повторяются. Об огне мы знаем очень многое и о сухих ветках – тоже, но в мире не было и никогда не будет двух совершенно одинаковых людей, и самое небольшое различие между ними может оказаться решающим. Наш перечень возможных ситуаций и их исходов может расти до бесконечности, прежде чем мы сможем точно предвидеть результат любой комбинации факторов. Удивительно, однако, что поведение человека достаточно предсказуемо уже сейчас. Определенно, чем старше мы становимся, тем с большей уверенностью говорим, как человек такого-то склада и характера поступит в таких-то обстоятельствах. Но ведь это было бы невозможно, не подчиняйся наше поведение тем законам, с действием которых мы знакомимся на жизненном опыте.

Если вышесказанное верно, то, следовательно, повторяемость, с которой действуют машины, не доказывает отсутствия у них собственной жизненной силы или, по крайней мере, неких зародышей, которые могут дать начало новой фазе жизни. На первый взгляд кажется очевидным, что паровоз не может не двигаться по проложенным для него рельсам, если пар разведен и паровая машина в работе, в то время как машинист волен в любой момент поступить так, как он желает. И так, у первого нет произвольности действий и ничего похожего на свободу воли, тогда как второй всем этим обладает.

Это рассуждение верно – до определенного момента. Машинист волен остановить паровоз, когда того пожелает, но пожелать-то он может только в определенное время и в определенных точках пути, назначенных другими людьми. Желание это может оказаться и вынужденным, если на пути возникнет непредвиденное и непреодолимое препятствие. Желания машиниста не самопроизвольны: его окружает незримая сеть воздействий и влияний, принуждающих его поступать одним, строго определенным образом. Мы знаем заранее, как оценить эти воздействия, – подобно тому как знаем, сколько угля и воды нужно паровозу. Забавно отметить, что

на машиниста влияют факторы того же рода, что и на паровоз – то есть пища и тепло. Машинист не может послушаться своих хозяев, так как получает от них пищу и тепло. Машинист, лишенный пищи и тепла или получивший их в недостаточном количестве, прекратит вождение ровно так же, как машина прекращает работу при недостаточном питании. Единственная разница состоит в том, что человек осведомлен о своих нуждах, а машина (кроме тех случаев, когда она отказывается работать), видимо, нет – но это отличие преходящее, и о нем говорилось выше.

Соответственно, строго учтя все движущие силы, действующие на машиниста, мы поймем, что никогда еще – или почти никогда – паровозы не останавливали просто из каприза или шалости. Нам может показаться, что такое возможно: к примеру, внезапно может выйти из строя двигатель. Внезапно, но не самопроизвольно – ведь в действительности такая поломка происходит лишь ввиду незамеченной ранее неисправности. Точно так же, посчитав поначалу, что поезд был остановлен машинистом беспричинно и без всякого на то основания, мы в конце концов непременно поймем, что неверно учли все сопутствующие обстоятельства и недооценили все воздействия на машиниста. Во всех этих случаях нельзя говорить о самопроизвольности: любая остановка будет вызвана строго определенным набором причин. Самопроизвольность – лишь слово, которым зовется наше незнание воли богов.

Хорошо, но в таком случае есть ли самопроизвольность в действиях тех, кто управляет водителем?»

Здесь авторские рассуждения становятся предельно запутанными, и я счел за благо опустить их. Автор продолжает: «В конце концов все сводится к тому, что разница между жизнью человека и жизнью машины состоит скорее в деталях, чем в существе, хотя имеются и различия принципиальные. Живой организм лучше подготовлен к случайностям и непредвиденным ситуациям, нежели машина. Машина не так гибка, и спектр ее действий узок. Она превосходит человека силой и точностью, но только в своей сфере, и ненадежна, если надо сделать выбор. Иногда, если привычное действие невозможно или затруднено, она теряет голову и ведет себя подобно разъяренному безумцу. Однако и здесь наш прежний довод не теряет силы: машины еще в младенчестве, это пока не более чем остовы без мускулов и плоти.

К каким неожиданностям и случайностям готова устрица? Очевидно, только к таким, которые могут произойти с высокой вероятностью. Так и с машинами – да и с человеком тоже. Количество несчастных случаев, каждодневно происходящих с людьми из-за нашей неготовности к непредвиденным ситуациям, вероятно, ничуть не меньше числа машинных поломок, и каждый новый день припасает нам что-нибудь новое и непредвиденное. Рассмотрим удивительные

приспособления для саморегулировки и самонастройки, которые уже имеются в паровозном двигателе, посмотри, как он снабжает себя маслом, как сигнализирует о своих нуждах тем, кто его обслуживает, как управляет – с помощью машиниста – своей мощностью, взгляни на целую сокровищницу приемов, которыми обладает маховик, или на буферы железнодорожного вагона, посмотри, как все эти усовершенствования отбираются на будущее, чтобы заранее подготовить паровоз к тем авариям и критическим ситуациям, что могут сломать или повредить машину. А теперь подумай о грядущих столетиях и тысячелетиях, вообрази, какого прогресса достигнут машины, если человек не осознает опасности и не поймет, что сам готовит для себя смертный приговор. (По возвращении в Англию я слышал, как люди, сведущие в механике, говорят о машинах в терминах, показывающих, что их собственная жизненная сила – признанный факт. Набор выражений, что в ходу у тех, кто обслуживает паровые двигатели, вместе поразителен и поучителен. Мне также сказали, что почти у всех машин есть свои особенности и причуды, что они хорошо знают своих шоферов и ремонтников и что они вполне способны подшутить над чужаком. Я собираюсь в будущем собрать воедино примеры тех выражений, которые бытуют среди механиков, а также рассказать об из ряда вон выходящих случаях проявления машинами сообразительности и эксцентричности. Сделаю это я просто ввиду интереса к предмету, а вовсе не для того, чтобы подтвердить теорию эрефонского профессора.)

Наша беда в том, что мы были и остаемся слепы. Мы стали использовать пар и попали от него в зависимость: нас вовлекли в бесконечное увеличение и умножение. Если паровые двигатели внезапно исчезнут из нашей жизни, это не просто вернет нас в то состояние, в котором мы находились до их изобретения – нет, это приведет к полной разрухе и невиданной доселе анархии. Это будет подобно тому, как если бы наше население внезапно удвоилось без всякой возможности пропитать его. Машины стали нужны нам как воздух: благодаря их мощи растет наше население. Машины действуют на человека и делают его человеком в той же степени, как человек изготавливает машины и управляет машинами. Надо выбирать: или соглашаться на тяготы и лишения сейчас и немедленно, или быть постепенно превзойденными и вытесненными нашими же созданиями, потому что на лестнице жизни мы стоим настолько же ниже машин, насколько ниже стоят животные в сравнении с нами.

Здесь-то и заключена опасность. Многие, кажется, смирились со столь бесславным будущим. Они говорят, что хотя человек и станет для машин тем, чем являются сейчас для нас лошадь и собака, но существование нашей расы не прекратится, а жизнь людей только улучшится. Человек станет беспечным ручным существом под благотворной властью машин. Ведь мы так добры к нашим домашним живот-

ным. Мы даем им лучшую еду и заботимся о них, и, несомненно, наш отказ от мясоедения был благоволен для них. Есть все причины надеяться, что машины будут так же добры к нам – ведь их существование в огромной степени зависит от нашего. Да, они станут править нами железной рукой, но не съедят же они нас. Наши услуги необходимы им не только для воспроизводства и обучения их отпрысков, но и для того, чтобы было кому услужать. Мы нужны, чтобы добывать им еду и питать их, лечить их, когда они заболеют, для захоронения умерших или же для переработки их тел в новые механические формы.

Самая природа той движущей силы, что способствует прогрессу машин, не позволит человеку окануться в кабале или рабстве у машин. В любом случае у хорошего хозяина рабу живется совсем неплохо, да и к тому же в наше с вами время никакого переворота не произойдет. Возможно, не случится его и в течение последующих десяти или даже ста тысяч лет. Но тогда разумно ли тревожиться о всяких непредвиденных обстоятельствах в столь отдаленном будущем? Человек не обращает внимания на мелкие душевные невзгоды, когда затронуты его материальные интересы. Конечно, найдутся такие чувствительные души, что станут причитать и проклинать судьбу за то, что им не выпало родиться паровозами. Но основная масса совершенно удовлетворится таким общественным порядком, который доставляет ей лучшую еду, дешевую одежду, и никогда не станет слишком завидовать новым хозяевам жизни, чей удел оказался более славным.

Сила привычки необычайно сильна, а перемены будут настолько постепенными, что человек не ощутит никаких потерь. Неволя станет подкрадываться бесшумно и крошечными шажками, а наши интересы и желания никогда серьезно не столкнутся с машинными, и до битв дело не дойдет. Машины поведут нескончаемую войну между собой, но нужда в человеке, при посредстве которого будут вестись сражения, не отпадет. Нет никакой причины тревожиться о будущем счастье человека, пока его деятельность выгодна машинам. Человечество может превратиться в подчиненную расу, но все равно жить ему будет несравненно лучше, чем сейчас. Не абсурдно и не безосновательно ли завидовать тем, кто наследует нашу планету? Не безрассудно ли отринуть те выгоды, которые мы не можем получить никаким иным способом, просто оттого, что кто-то другой получает выгоду еще большую?

С теми, кто так ставит вопрос, у меня нет ничего общего. Меня ужасает даже самая мысль, что мою расу могут когда-либо обогнать, превзойти в развитии или оттеснить на задний план. Ровно так же страшит и то, что в некоем отдаленном будущем моими потомками могут стать уже не человеческие существа. Поверь я, что миллион лет назад хотя бы один-единственный из моих предков был создан по образу, отличному от моего собственного, я утратил бы все самоуважение и дальнейшая жизнь

потеряла бы для меня всякий смысл. Я так же отношусь к вопросу о своих потомках и считаю, что взгляды эти разделяются всеми. Если так, то общество должно решительно положить конец всякому прогрессу механических устройств и уничтожить все усовершенствования, сделанные за последние триста лет. На большем периоде я не настаиваю. С оставшимися машинами мы сумеем справиться, и, хотя лично я предпочел бы разрушить все созданное за прошедшие пятьсот лет, я отдаю себе отчет в неизбежности компромисса и готов пожертвовать собственными убеждениями, соглашаясь на триста. Любой меньший срок недостаточен».

Таким был вывод, и так началось наступление, приведшее к разрушению механизмов и машин во всей стране. Была лишь одна серьезная попытка противостояния. Ее автор заявил, что машины следует рассматривать как продолжение природы человека, просто как приданные ему дополнительные конечности. Человек, говорил он, есть механизированное млекопитающее.

Итак автор распространяется на протяжении многих страниц, пытаясь показать, как те или иные изобретения человека влияли на общую картину животного и растительного мира и как каждое из них способствовало нравственному и интеллектуальному развитию нашей расы. Некоторым он даже отводит определенную роль в формировании и изменении человеческого организма и показывает, как в будущем они же послужат его упадку и разрушению. Эстафету подхватил другой автор и в конце концов преуспел: все изобретения за предшествующий 271 год были уничтожены. Период этот был определен после многолетних препирательств между всеми заинтересованными сторонами. К примеру, немало копьев было сломано, пока решали, как поступить с катками для белья, что так широко использовали эрефонские прачки. Наконец их признали опасными, но затем оказалось, что катки вошли в употребление несколько ранее установленного 271-летнего срока. Затем разразились гражданские войны, почти уничтожившие государство, но описывать их в мою задачу не входит.

Перевод
Алексея Сердобина

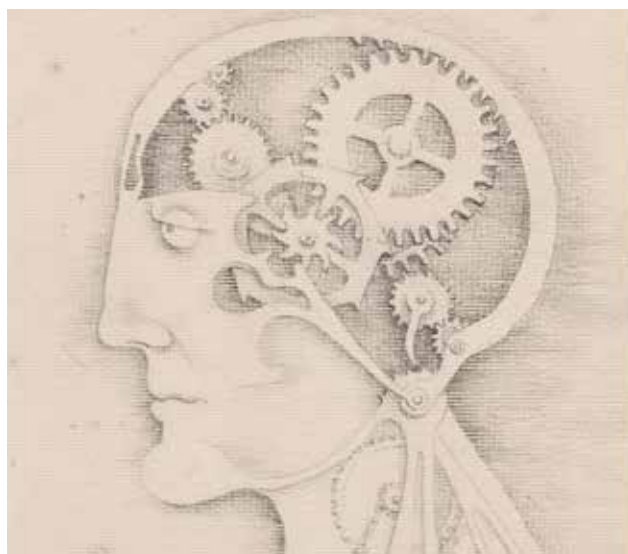


Иллюстрация Петра Перевезенцева

Почему «Эрефон»?

Публикация первого фрагмента из романа Самюэля Батлера «Эрефон» понравилась читателям, но возник вопрос – почему название романа «Erewhon» переведено как «Эрефон»? Вот что отвечает читателям переводчик Алексей Сердобин.

Я выбрал транслитерацию «Эрефон» по нескольким причинам. Английское название романа «Erewhon» сконструировано из слова nowhere (нигде), прочитанного справа налево. Поэтому в России книга Батлера известна под названием «Едгин» – «Нигде» наоборот. Согласитесь, что «едгинцы» и «едгинский» настолько неудобоваримы, что переводчик обязан искать другой вариант. Но дело не только в этом.

Начнем с того, что Erewhon – не совсем nowhere наоборот, поскольку w и h переставлены местами. Это означает, что автор озабоченным верным звучанием топонима. В предисловии к первому изданию Батлер указал, что Erewhon должен произноситься как трёхсложное слово, без дифтонгов и со звучащим, неанглийским R. Мало того, именно так прочтут слово «Erewhon» маорийцы, коренные жители Новой Зеландии, – ведь это практически полностью соответствует законам языка. Письменность на основе латиницы ввели миссионеры, причем при фонетической транскрипции гласных ориентировались скорее на итальянский, чем на английский язык.

Сочетание же wh вообще типично и читается почти как «ф» (строго говоря, это не сочетание, а особый согласный). Я не буду серьезно рассматривать версию о возможном чтении батлеровского заглавия как «now_here» («здесь и сейчас») и привожу ее просто как дополнительный довод в пользу того, что перевод заглавия как обратного «Нигде» необязателен.

РОДЖЕР МУРХАУС

Дьявольский союз.
Пакт Гитлера — Сталина,
1939—1941

Перевод с английского:
Татьяна Азаркович
CORPUS, 2020

История помнит Советский Союз и нацистскую Германию как непримиримых врагов, чье противостояние определяло ход Второй мировой войны. А ведь часть этого периода Гитлер и Сталин были соратниками. Британский историк Роджер Мурхаус тщательно реконструирует предпосылки и последствия пакта Молотова — Риббентропа, подписанного в 1939 году, вызывает из небытия людей, чьи судьбы искалечил этот роковой союз, и создает живое, осязаемое полотно эпохи, на которую мы привыкли смотреть сквозь пелену искажений.



ДЖЕФРИ МИЛЛЕР

Соблазняющий разум
Как выбор сексуального
партнера повлиял
на эволюцию
человеческой природы

Перевод с английского:
Ксения Сайфулина
и Матвей Колесник
Библиотека фонда «Эволюция»
CORPUS, 2020

Книга посвящена доказательству происхождения человеческого разума в ходе полового отбора. Автор приводит веские научные и культурные аргументы в пользу того, что самые яркие умственные способности человека — язык, юмор, креативность и т.п. — развивались как адаптации-индикаторы, которые наилучшим образом рекламируют генетическое качество особей в процессе выбора партнера.



Джона Лерер

Книга о любви
Перевод с английского:
Нат Аллунан
CORPUS, 2020

Знаменитый американский научный журналист Джона Лерер — один из самых эрудированных людей на планете. Он интересуется нейробиологией и психологией, разбирается в музыке и литературе. «Книга о любви» посвящена тому, что люди думают о любви, как они ее испытывают и как выражают. Опираясь на данные клинической психологии и медицины, анализируя художественную литературу и язык сайтов знакомств, автор остроумно и увлекательно рассказывает нам о том, что любовь — очень непростое явление.



Книги



ИРИНА ФУФАЕВА

Как называются женщины?
Феминитивы, история,
устройство, конкуренция
CORPUS, 2020

В книге «Как называются женщины. Феминитивы: история, устройство, конкуренция» лингвист из РГГУ Ирина Фуфаева отвечает на множество вопросов о феминитивах. В том числе — вопросов еще не заданных. Здесь нет «за» или «против». Здесь — о русском словообразовании, о его парадоксах и логике, о безостановочной работе языка. Удивительным образом долгая история обозначения женщин оборачивается захватывающим чтением о сокровищнице женских суффиксов, о тайных механизмах их рождения и выбора. И главное, приводит к пониманию — почему никакая Академия наук и никакой указ не заставят людей говорить так или иначе.



Дженнифер Даудна, Сэмюел Стернберг

Трещина в мироздании.
Редактирование генома:
невероятная технология,
способная управлять
эволюцией

Перевод с английского:
Светлана Ястребова
Библиотека фонда
«Эволюция»
АСТ ; CORPUS, 2019

Дженнифер Даудна — одна из ведущих современных генетиков, под ее руководством была разработана технология редактирования генома CRISPR — самый дешевый, но при этом самый точный и мощный способ манипуляций с ДНК. Однако довольно быстро стало понятно, что этот метод, позволяющий прицельно изменять ДНК живого организма, — очень рискованная технология, которую уже называют «самым опасным изобретением со времен атомной бомбы». Генетические манипуляции — настоящая трещина в мироздании, из которой могут вырваться темные силы, способные уничтожить человечество...



Подробнее на сайте <https://www.corpus.ru>



Марина Аницкая

Иллюстрация **Сергея Дергачева**

«КОТ И КЛУБОК»

*вся в зеленом моя любимая отправилась
на прогулку
на большой золотистой лошади
в серебряный рассвет
четыре длинных собаки летели низко и улыбаясь
сердце мое упало мертвое впереди¹*

Господин Гаттамелата хмыкнул, заложил пальцем страницу и закрыл томик, вглядываясь в имя на обложке.

— Новомодный поэт, — пояснил Каммингс.
— Ни больших букв, ни запятых.

Господин Гаттамелата прищурился, улыбаясь:

— Я бы назвал это возвращением к истокам. И то и другое изобрели не сразу. Даже каллиграфам приходилось как-то обходиться.

Каммингс чуть было не ляпнул: «Это вы по своему опыту?» — но вовремя прикусил язык. В конце концов, если господин Гаттамелата предпочитает делать заказы через его лавку, а прежде — через лавку его отца, а прежде — через лавку его деда, и его золото никогда не превращается в палые листья, то задавать такие вопросы невежливо.

Господин Гаттамелата долистал томик, удовлетворенно кивнул головой чему-то своему:

— Благодарю вас, господин Каммингс. Я знаю, что могу доверять вашему вкусу. Что-нибудь еще?

— Серебряной иглой уже никто не рисует. Но кое-что любопытное мне удалось достать...

Господин Гаттамелата никогда не оставлял конкретных заказов, но щедро оплачивал все издержки.

— Выпьете со мной чаю?

— С удовольствием. — Каммингс махнул рукой Анне.

Они сели за столик у окна, и господин Гаттамелата принялся распаковывать сверток. Каммингс расположился напротив, невольно чувствуя себя под елкой на Рождество — вопреки лету, возрасту и здравому смыслу. Что-то было всегда в том, как господин

Гаттамелата рассматривал добычу, какая-то толика жадного предвкушения, начинавшая тоненько звенеть в воздухе, — не проявлявшаяся, впрочем, ни в выражении лица, ни в степенных жестах, ни в безупречной учтивости гостя. Внутри свертка был блокнот ин-октаво и коробка карандашей с надписью «Мефисто».

— Выглядят как обычные.

— А вы проверьте, — посоветовал Каммингс.

Карандаши были перманентные, становившиеся ярко-синими от воды. И не только от воды. Каммингс, после попыток разобраться с ними, выглядел как мальчишка, объевшийся черники, — и сейчас не мог не радоваться, что это было месяц назад и синева с языка уже сошла. Несolidно, да и сюрприз бы изрядно подпортило.

Господин Гаттамелата хмыкнул, посмотрел за окно и провел небрежный росчерк. В пару движений на листе появился набросок — парень и девушка ссорятся посреди улицы.

Каммингс нахмурился и перевел взгляд за окно — и правда, через дорогу девица О'Флаерти ругалась с сыном молочника Брайаном Киганом.

— Интересное лицо, — заметил господин Гаттамелата, легким движением карандаша добавляя женской головке сползшую набок шляпку и встрепанную прядь.

— Это Керидвен О'Флаерти, — сказал Каммингс. — И что только у нее стряслось...

— Дело жизни и смерти, очевидно. — Было совершенно непонятно, всерьез говорил Гаттамелата или нет. — Благодарю вас за чай, Анна. Сконы ваши всегда великолепны.

За окном Брайан плюнул себе под ноги, махнул рукой и зашагал по улице прочь. Девица О'Флаерти осталась, прижимая к лицу ладони. Даже сквозь стекло было видно, как у нее горят щеки и высоко подни-

¹ Стихотворение Э.Э. Каммингса. Эльфин, комментируя манеру отказа от заглавных букв и знаков препинания, ссылается на то, как оформлялись древние рукописи до изобретения знаков препинания и прописных букв.

мается грудь, точно от бега. «Дело жизни и смерти, — подумал Каммингс. — А что не дело жизни и смерти в двадцать лет?»

Господин Гаттамелата, щурясь чему-то своему, отхлебнул чай, сделал на листе последний штрих и перевернул страницу. Девушка О'Флаерти решительно закусил губу, рванула на себя дверь — тренькнул колокольчик, — в два шага пересекла лавку и ткнула пальцем в господина Гаттамелату:

— Вы из Народа! И вы обязаны мне помочь!

Брови господина Гаттамелаты поползли вверх:

— Я? Обязан?

О'Флаерти смутилась, покраснела еще больше, но не замолчала:

— Мой брат пропал. Под холмом. Его какая-то нечисть увела!

— Давно?

— Уже двое суток...

— Сколько лет вашему брату?

— Как мне. Но я на два часа старше.

— Почему вы решили, что это сделали именно фир-болг²?

О'Флаерти сжала руки на груди:

— Вы не знаете, это Блейз... Он бы никогда... Он пошел охотиться — а Лаки одна вернулась. Забилась в угол и не выходит, скулит только... И сердце не на месте, чую я, беда с ним... Пожалуйста... — Голос у нее упал. — Я не знаю, как вас убедить, что вам предложить, но, пожалуйста... — Она шмыгнула носом.

Господин Гаттамелата поставил на столик чашку и повертел ее нервными пальцами. Сначала налево. Потом направо. О'Флаерти щелкала застежкой кошелька у пояса — клак! клак! клак! — и звук неприятно накладывался на тиканье часов, не попадая в такт. Наконец, Гаттамелата медленно поднял на О'Флаерти взгляд, тяжелый и холодный, как свинцовый брус.

— Вы действительно любите своего брата, — медленно произнес он.

— Да, — судорожно кивнула О'Флаерти.

— На что вы готовы, чтобы его спасти?

У юной О'Флаерти отлила краска от лица. Даже кончик носа побелел. Она зажмурилась. «Тик-так-так», — сказали часы.

— Что касается себя — на все, — решительно сказала О'Флаерти. — Что касается других... — она вздохнула, — только на то, что Блейз простит мне.

— Хорошо. — Господин Гаттамелата отбросил салфетку и встал. — Услуга за услугу.

— Услуга за услугу, — эхом отозвалась О'Флаерти. Гаттамелата кивнул и обернулся к Каммингсу:

— Прошу прощения, я вынужден вас покинуть.

— Ничего-ничего, — торопливо ответил Каммингс. — Я понимаю.

— Будьте добры, чернила. Красные.

Первое, что сделал дану³, переступив порог «Кота и клуба», — вынул пробку и резким движением вы-

плеснул чернила на мостовую. Второе — вынул часы и замерил время. Щелкнул крышкой и обернулся к девушке О'Флаерти.

— Мое имя — Эльфин, — сказал он. — Запомните, это может оказаться важно.

Она кивнула. Эльфин. Хорошо.

— Блейз пошел охотиться... как обычно... Он обычно ходит к реке. Я думаю, он пошел проверить силки... Я могу показать...

— Это не важно. Но потребуется место, где нет лишних глаз.

Они свернули в узкий проулок. Мостовая кончилась. Эльфин повертел головой и быстро очертил каблук вокруг них двоих круг — как в детской игре. Только не в игре.

Какой-то части Керидвен было страшно. Очень страшно. С того самого момента, когда он поднял жесткие соломенные ресницы и посмотрел на нее. Потому что после этого не осталось никакого, никакого, никакого шанса, что Брайан Киган прав. Что Блейз и впрямь... загулял. Или сломал ногу. Или заблудился. Что она все это просто придумала и что все это не происходит здесь, сейчас, на самом деле.

И какой-то ее части страшно не было. Той самой, которая взвешивала, на что она готова пойти — да, нет, не знаю, не важно. Потом. Я подумаю об этом потом. Что потребовалось фир-болг от Блейза? Что потребуется этому... дану от нее?

— Мне нужна капля вашей крови, — сказал Эльфин.

Керидвен с готовностью кивнула, сорвала с пояса ножик, полоснула по ладони и протянула ему руку. Руку щипало, рана стремительно наполнялась кровью. Эльфин отшатнулся, поджал и без того узкие губы и прошипел сквозь зубы:

— Я же сказал — капля! — Он вынул пузырек из-под чернил и подставил под ее ладонь, не дав красной струйке стечь на землю. Затем закупорил пузырек и сунул в жилетный карман. Раздраженно нахмурился, посмотрел на порез и скривился так, будто у него разом заныли все зубы. — Дайте сюда. — Провел большим пальцем по порезу. Порез закрылся.

Керидвен моргнула. Дану вынул носовой платок и принялся вытирать пальцы.

— Никогда так не делайте, — сказал он и тут же поправился: — Никогда, пожалуйста, при мне так не делайте.

— Откуда я знаю, как надо, — огрызнулась Керидвен. — У меня такое в первый раз.

Дану вздохнул.

— Справедливое замечание. — Он недовольно посмотрел на платок, опять вынул пузырек с чернилами и принялся заталкивать измазанную тряпицу внутрь. — Кровь... кровь важна не сама по себе. Это всего лишь жидкость. Важна ваша интенция. В тех местах, где обитают фир-болг... не только там, но там — более всего опасно предлагать свою жизнь взамен чужой, потому что от таких предложений... от таких предложений бывает сложно отказаться. Сейчас мы

² Фир-болг — в ирландской мифологии третья из пяти мифических «рас», господствовавших в Ирландии.

³ Дану — четвертая из пяти мифических «рас», правивших Ирландией до прихода предков современных ирландцев.

пойдем искать вашего брата. Я сделаю то, что смогу сделать. Ваша задача — мне не мешать. Пожалуйста, следуйте моим указаниям. Без... внезапных импровизаций. Хорошо?

— Хорошо.

— Я... — Он помедлил. — Я хочу сказать, что сделаю все для меня возможное, чтобы вам не было причинено никакого вреда.

— И Блейзу тоже, — быстро добавила Керидвен.

— Боюсь, — медленно сказал Эльфин, — для этого может быть уже поздно.

Блейз, нет! Прежде чем она успела ахнуть, Эльфин быстро развернул ее за плечи и чуть подтолкнул вперед. Каменные стены домов бесконечно вытянулись в стороны и вверх, ее сердце выпало из груди и покатилося под откос, разматывая красную нить, — и Керидвен рванулась за ним.

По сторонам мелькали черные стены — или черные стволы, или черные колонны — черное на черном, твердое черное снизу, угловатое черное по сторонам, огромное черное пустое сверху. И только впереди было алое, красное, горячее, драгоценное, и надо было спешить, не останавливаться, не отставать, чтобы нить не натянулась слишком сильно, чтобы нить не порвалась, потому что тогда сердце укатится прочь, а она упадет на плотное твердое черное внизу с пустым огромным черным внутри и не встанет. Никогда, никогда, никогда.

Впереди что-то забрезжило. Чаша расступилась. Перед ней открылась долина, как чаша. Внизу смутно маячили какие-то здания. Керидвен судорожно прижала руку к груди — дыры в ней не было, раны не было, все было целое.

— Отлично, — слышался голос за спиной. — Почти пришли.

Керидвен вздрогнула и обернулась. За ее спиной стоял Эльфин.

— Где мы?

— Под холмом. В мыльном пузыре. В чужом сне... — Дану шарил зрачками по сторонам. Верхняя губа у него брезгливо дернулась. Керидвен показалось, что он сейчас выругается или сплюнет, но он только сказал: — Держитесь рядом. Не отставайте. — И начал бесшумно спускаться вниз. Керидвен последовала за ним. Из-под ног звонко посыпалась каменная крошка.

Они шли по пустым улицам, мимо домов с высокими окнами, мимо покосившихся колонн, мимо выщербленных стен.

— Здесь кто-нибудь живет? — шепотом спросила Керидвен.

— Из людей? — уточнил Эльфин. — Уже нет.

Улица шла под уклон, дома теснились все ближе и ближе, стены их становились все перекошенней. Будто ребенок построил игрушечный городок на проматой постели.

Вот улица превратилась в проулок, проулок превратился в коридор. Эльфину, шедшему впереди, где-то приходилось протискиваться боком. Последний поворот — и впереди открылась площадь и фонтан на

ней. Над фонтаном высилось единственное огромное дерево, разламывая толстыми корнями каменную кладку. Тяжелые ветви клонились вниз, на них смешивались листья, цветы и яблоки.

На бортике фонтана сидела фир-болг в белой хламиде — бледная, тщедушная, с венком на темных спутанных волосах. У ее ног, запрокинув голову, сидел Блейз, и по его лицу блуждала бездумная, безумная, счастливая улыбка.

Керидвен задохнулась от возмущения.

— Тихо. — Эльфин крепко сжал ее плечо и устоял в просвет между домами. Его вертикальные зрачки светились в тени зеленым. С лицом тоже было что-то не так — черты менялись, будто дану держал перед собой свечу: молодое — старое — молодое... Керидвен почувствовала головокружение.

— Талло, — наконец пробормотал он. — Ладно. Могло быть и хуже. — Он повернулся к Керидвен. — Я подойду и заговорю с ней. Не вмешивайтесь в разговор, попытайтесь поговорить с братом. Постарайтесь, чтобы он вспомнил вас или хотя бы свое имя. Ни в коем случае ничего не ешьте и не пейте. Ждите моего знака.

Керидвен кивнула. Эльфин шагнул из проулка на площадь.

— Здравствуй, Талло.

Фир-болг вскинулась и зашипела. По земле пробежал порыв ветра, закружив опавшие лепестки.

— Ты кто?

Дану поднял ладони вверх:

— Ты не помнишь? Я — Эльфин. — Он присел на бортик рядом, поболтал ногой, вскинул голову и приветливо улыбнулся нечисти. Та вздрогнула и застыла. Потом принялась ерзать, но не отвернулась. Эльфин жестом за спиной подал Керидвен знак. Та подхватила юбки и кинулась к брату.

Блейз сидел все так же, не шевелясь, прислонившись спиной к гигантскому корню и не отрывая глаз от фир-болг.

— Блейз! — зашептала она. — Блейз, Блейз, Блейз! Это же я, Керри! Да ответь же мне, дубина!

Он не отзывался — точно пьяный или спящий. Только глаза у него были открыты, и от него ничем хмельным не пахло. На попытки его растормошить он не реагировал и не сопротивлялся. Керидвен дала ему пощечину — не помогло. Тогда она прижала голову брата к груди и заплакала.

Над ней, сверху на бортике, торговались двое нелюдей.

— Зачем пришел?

— За ним. — Эльфин, не глядя, указал на Блейза.

— Он не твой!

— И не твой, — мягко сказал Эльфин.

— Мой! — Фир-болг вскочила и топнула по бортику босой ногой. — Мой, мой, мой! — Тут же вытянулась, прижимаясь щекой к мрамору, перевесилась вниз и вцепилась Блейзу в волосы:

— Ты мой?

— Твой, — пролепетал Блейз.

Фир-болг захохотала:

— Видишь? Видишь?

Керидвен поняла, что сейчас ее убьет. Эльфин резко повернул голову — его взгляд придавил ее к земле. «Нет!» — сказал он одними губами. Керидвен вцепилась брату в плечи и уткнулась лицом в его макушку, чтобы не закричать. Эльфин тоже перегнулся вниз, заглядывая Блейзу в глаза:

— Как тебя зовут?

Блейз не ответил.

Эльфин выпрямился:

— Уже не помнит, — сказал он с сожалением. — Ненадолго хватит.

Фир-болг с сомнением посмотрела на Блейза. Потом — на Керидвен.

— Давай меняться, — предложила она.

— На что? — спросил Эльфин.

Фир-болг оскалила мелкие зубки и ткнула в Керидвен пальцем:

— На нее!

У Керидвен екнуло внутри. Вот про что он спрашивал! Внутри начало разворачиваться злое и веселое. Соглашайся, соглашайся, соглашайся, дурень! Пусть он только согласится. Пусть он только заберет отсюда Блейза, пусть она только останется с этой тварью...

— Нет, — сказал Эльфин. — Она со мной.

Два разочарованных вздоха вырвались одновременно.

Фир-болг надула губы:

— Тогда никаких «меняться»!

Эльфин снова мягко улыбнулся и полез за пазуху.

— Как знаешь. А я хотел тебе предложить...

Керидвен моргнула. Это был пузырек из-под чернил. С каплей крови и платком.

— ...каплю из Реки... — Голос Эльфина стал вкрадчивым. Дану вынул пробку, и Керидвен с изумлением увидела, как оттуда поднимается роза, невыносимо алая, будто пламенеющая изнутри. Фир-болг застонала. — Сангрил⁴, — тихо продолжал Эльфин. — Сангрил, добровольно данный, взятый без обмана и принуждения. — Он говорил и водил пальцем по лепесткам, лепестки от этого вздрагивали и раскрывались, загибаясь и темнея по краям, как обугленные. Смотреть на это почему-то было невыносимо. Будто он делает то, чего нельзя, нельзя, нельзя делать. Торгуешь тем, что нельзя продавать и покупать. Даже ради того, чтобы спасти их всех.

Фир-болг уже тянулась к цветку, и ее трясло от жадности:

— Дай! Дай-дай-дай-дай-дай!

Эльфин быстро отвел руку. Фир-болг дернулась за ним и чуть не упала с бортика. Дану покачал головой:

— Сперва отпусти.

— Пусть идет, — выпалила фир-болг.

— Хорошо, — так же нараспев произнес Эльфин, не отрывая от нее глаз, и тут же добавил быстрым шепотом. — Берите брата и уходите как пришли. Быстро. Не оглядывайтесь. Я вас догоню.

— Ладно. — Керидвен попыталась поднять и взвалить на себя Блейза. К счастью, на ногах он как-то держался. — Пошли отсюда, братец.

— Керри? — едва слышно пробормотал он.

— Керри, Керри... ох и получишь ты у меня, как выберемся...

Они заковыляли прочь. Но Керидвен все-таки обернулась и увидела, как Эльфин протягивает фир-болг на ладони раскаленную розу — и та жадно хватается и запихивает ее в рот.

Узкий проулок извивался, словно кишка. Стены уходили вверх и где-то там смыкались, тянуло сыростью, как из подвала. Одно утешение — заблудиться было негде, потому что ход нигде не разветвлялся.

— Керри... Керри, стой...

— Я тебе встану, — огрызнулась Керидвен. — Шевели ногами, обормот.

— Керри... — Блейз скинул ее руку. Они остановились. Блейз прислонился к стенке, тяжело дыша. — Керри, я не могу. Я должен вернуться.

— Что?! — Керидвен задохнулась от возмущения. — Ты с ума сошел?! Да ты... да ты хоть знаешь, откуда я тебя вытащила?! Ты хоть знаешь, с кем я ради тебя связалась?! А ты... ты обратно собрался?! Сидеть там слюни распускать?!

— Керри, ты не понимаешь... — Блейза не было видно в темноте, только лицо смутно белело, плоское, как блин. — Она... ты ее не знаешь... она... она хорошая... и ей будет плохо без меня...

— А мне?! А мне не будет?!

— Керри, ты... — Он покачал головой. — Ты сильная.

Керидвен поняла, что сейчас заплачет. Она закусил губу и постаралась, чтобы голос не дрожал.

— Я сильная. И если ты думаешь, что я буду стоять и смотреть, как тебя жрут...

Блейз отлепился от стенки.

— Керри... прости, Керри... — Он оттолкнул ее и побежал обратно.

— А ну стой! — Керидвен кинулась за ним, схватила за шиворот — и тут черная вспышка смела все.

Стен вокруг больше не было. Света тоже не было. Сверху не было ничего. Внизу было что-то твердое. И на твердом, не шевелясь, лежал Блейз. Керидвен прижалась ухом к груди — его сердце билось. У нее немного отлегло. Живой! Все поправимо, пока живой.

— Блейз! — позвала она.

Он не отзывался. И что теперь? Неужели все?

Нет, не все. Керидвен встала, уперла руки в бока, подняла голову и изо всех сил заорала в никуда:

— Эльфин! Эльфин! Эльфин!

Из ниоткуда пушечным ядром вылетел огромный ком, размазавшись о землю, как кусок теста о печь, опять

⁴ Сангрил — каламбур XV века, связанный со Святым Граалем. San-graal (or san-gréal) означает Holy Grail (Святой Грааль), sang real означает royal blood, «королевская кровь». По легенде, Грааль — чаша, в которую была собрана кровь Христа; именно ее ищут рыцари в легендах артурианского цикла. Испивший из Грааля обретает вечную жизнь. То, что происходит с Талло дальше, связано с христианской концепцией причастия — во время таинства вино превращается в кровь Христа; тот, кто подойдет к причастию, не раскаявшись в грехах, рискует навлечь на себя кару. Некоторые исследователи связывают Грааль с образом котла мудрости/изобилия из кельтских легенд. В «Истории Талиесина» им владеет ведьма по имени Керидвен.

собрался, покатился, замелькали руки-ноги-голова-пятнистая шкура-усы-хвост. Керидвен от изумления моргнула — на земле, припав на одно колено и тяжело дыша, как пловец после ныряния, возник Эльфин.

— С-спасибо, — сквозь зубы выдохнул он. — Очень вовремя.

Он поднялся и принялся какими-то кошачьими движениями отряхиваться.

— Что случилось? — спросила Керидвен.

Эльфин оскалится:

— Кое-чье желание исполнилось.

Короткие соломенные волосы у него стояли дыбом и только что не искрили.

— С вами все в порядке? — спросила Керидвен. Если еще и дану тронулся...

Эльфин выпрямился:

— Прошу прощения. — Он опять оскалится. — Нес-сколько увлекся. — Он одернул манжет и снова стал выглядеть, как джентльмен с открытки. Не считая того, что тени вокруг него светлели, будто разбавленные водой, и становились из чернильных серыми. — Как ваш брат?

— Он... не хотел возвращаться. — Керидвен машинально погладила Блейза по голове. Дану опустил на одно колено рядом с ним.

— Понятно, — сказал Эльфин и задумался. — Есть ли у вас место, которое одинаково дорого вам обоим? Какое-то общее воспоминание, может быть?

— Наш дом, — не задумываясь, ответила Керидвен.

— Отлично. — Эльфин без усилия приподнял Блейза за шиворот. Тот повис, как марионетка. — Закройте глаза и подумайте о доме, пожалуйста.

Керидвен повиновалась. Она закрыла глаза и попыталась представить их дом с соломенной крышей, яблоню на заднем дворе, плющ, обвивший стену, каменную изгородь — опять осыпается кладка, когда Блейз заменит ее, наконец! — ощутила толчок в спину и чуть не упала носом в розовый куст, запнувшись о клумбу. Одурающе пахло влажной землей, травой, дымом, навозом и розовыми лепестками.

Они были дома.

— Что теперь? — спросила Керидвен, когда они вошли внутрь и уложили Блейза на узкую постель в его спальне.

Эльфин вздохнул:

— Теперь вам нужно его позвать. Думайте о нем. Говорите что-нибудь. Я попробую посмотреть, где он. — Он наклонился к камину. Пламя вспыхнуло мгновенно. Сам он развернул кресло от камина, уселся и, опустив веки, застыл с неестественно прямой спиной.

Керидвен присела на край постели, взяла Блейза за руку и начала напевать:

— В чащобе чертог высокий стоит,
Я слышал небес колокольный звон,
Траурным пурпуром весь он укрыт.
И Бога люблю я превыше всего.

Эльфин вздрогнул и открыл глаза:

— Простите, это что?

— Это кэрол⁵, — сказала Керидвен. — Мама пела... пока жива была. — Она нахмурилась: — Это подойдет?

— Более, чем. — Он поерзал в кресле. — Знающая женщина была ваша матушка, что еще сказать... — Он потер лоб, будто у него разболелась голова. — Продолжайте, пожалуйста.

Она спела про ложе, которое стоит посреди чертога, и про алый покров, и про поток без берегов, в котором текут вода и кровь. Когда она запела про терновник, который не увядает с первого Рождества, Блейз пошевелился. А когда она спела про луну, он очнулся. Вздрыгнул, сел на кровати и уставился на нее глазами с чайные блюдца. Как на прокаженного и праздничную елку одновременно.

— Керри, ты... — пролепетал Блейз и осекся. Потянулся погладить ее по щеке, но тут же отдернул руку, как от пламени. — Керри, я... Извини меня, пожалуйста.

У нее защипало в носу.

— Дубина ты, братец. Прибью я тебя когда-нибудь.

Блейз слабо улыбнулся:

— Есть за что. — Он хотел еще что-то сказать, но наткнулся взглядом на дану и замер.

— Меня зовут Эльфин, — сказал Эльфин.

— Вы из... — Блейз запнулся и покраснел.

Эльфин мягко улыбнулся:

— Из падших духов, да. Не волнуйтесь, я скоро уйду. — Он оперся локтями в подлокотники и сложил пальцы домиком. — Но перед этим — один вопрос. Я могу сделать так, что вы не будете видеть то, что видите.

— Насовсем? — быстро спросил Блейз.

Эльфин покачал головой:

— До смерти... или до следующего выхода из тела, если такое с вами произойдет.

— И я все забуду?

— Если захотите.

— И чашу?

— И чашу.

— И реку?

— И реку.

— И... — Блейз опять покраснел. — И Талло?

— И Талло.

Блейз сглотнул, зажмурился и мотнул головой:

— Нет. Тогда нет. — И прежде чем Эльфин успел что-то ответить, выпалил: — Только не переспрашивайте меня! А то я передумаю.

Эльфин поднялся:

— Хорошо.

Блейз с облегчением выдохнул:

— Спасибо.

Эльфин покачал головой:

— Погодите благодарить.

Дану коротко поклонился и вышел. Керидвен поспешила за ним.

Дану стоял на крыльце и натягивал перчатки.

— Ваш брат сделал свой выбор, и противоречить ему я не могу, — сказал он, не глядя на Керидвен. —

⁵ Кэрл — (англ. carol) английская паралитургическая рождественская песня; жанр кэрл был распространен в Англии в XII—XVI веках.

Боюсь, в ближайшее время вам с ним будет нелегко. И ему самому с собой тоже. Не пугайтесь, если он начнет чураться окружающих. Первое время, скорее всего, среди людей находиться он не сможет. Потом, может быть, станет легче... Ему нужно будет найти занятие, простое, но занимающее все внимание. Перебирать крупу, собирать грибы, читать розарий... что угодно. Если у вас есть на примете священник — я имею в виду, хороший, а не... как это часто бывает... — Эльфин поморщился. — Можете попробовать показать его священнику.

Керидвен наконец поняла, кого он ей напоминает — геральдического леопарда с вывески «Кота и клубка».

— Станный совет от падшего духа, — сказала она.

— Ну я же не себе его даю. — В сумерках сверкнула усмешка и пропала. Он помолчал, терзая пуговицу на запястье. — Вы, люди... Вам кажется, что чудо — это сверток под елкой, а это не так. Чудо — это шанс, который разбивает душу, чтобы осколки можно было сложить заново. — Он говорил торопливым яростным шепотом и с каждым словом становился моложе, и моложе, и моложе. — Но... это тяжело. Никто не искушает так, как Единый, и никто не предлагает таких сделок, как Единый. И если вам кажется, что чудо — это подарок, то нет. За чудо всегда приходится платить, и никто никогда не платит в одиночку, и вы никогда не узнаете, чем вам придется расплачиваться, пока не придет пора платить.

Керидвен стало неловко. Она вспомнила, что ни разу не подумала о том, как дану будет выполнять ее просьбу.

— Тогда... почему вы помогли нам? — спросила Керидвен.

У Эльфина опять сделалось такое странное, плывущее выражение, будто он держит перед собой свечу.

— Мне хотелось посмотреть, — просто сказал он.

— На что?

— На вас.

У нее, наверное, стало совсем глупое лицо, потому что Эльфин тихо засмеялся.

— Спросите вашего брата. Он теперь знает.

Керидвен оглянулась на дверь, за которой лежал Блейз. Странно, теперь она совершенно не боялась. Любая цена была оправданна.

— Я вам должна, — сказала она.

— Вы мне должны. — Улыбка Эльфина погасла. Дану вынул из кармана часы и щелкнул крышкой. — В Срединных землях прошло двенадцать часов. Я попрошу двенадцать часов вашего времени. Как вы думаете, это будет справедливо?

— Да, — ответила Керидвен. — Наверное.

Двенадцать часов — это может быть очень мало. Или очень много.

Дану прищурился на отсвет закатного неба над крышами.

— Завтра утром должен быть хороший свет, — сказал он. — Приходите к десяти часам в лавку «Кот и

клубок». У меня остался набросок — но вы, люди... вы быстро меняетесь. Он уже неверен. Мне нужно будет его подправить.

Керидвен не поверила услышанному.

— И... это все?

Эльфин улыбнулся — такой древней, мудрой, печальной улыбкой, что у нее мороз прошел по спине.

— Это все.

— Ладно, — сказала Керидвен. — Хорошо.

Он слегка поклонился и зашагал вниз по холму. Серый сюртук быстро растворился в сумерках, но Керидвен еще долго стояла, обхватив себя за локти, и смотрела, и слушала, как, невидимые в темноте, шелестят листьями яблони, и ветер тянет дымом из печных труб.

— Благодарю вас, господин Каммингс, — сказал господин Гаттамелата, забирая вчерашний сверток. Выглядел он совершенно обычно. Ничто не напоминало о вчерашнем происшествии.

Молочник уже успел с утра нажаловаться Анне, что девица О'Флаерти опять квохчет над своим малахольным братом как наседка — взяла полпинты лучших сливок, но всю душу вынула, торгуясь, — и, значит, все обошлось. Но Каммингс все-таки позволил себе спросить:

— Как все прошло вчера? Все в порядке с молодым О'Флаерти?

Господин Гаттамелата поднял на Каммингса взгляд, и Каммингс порадовался, что его гость делает это так редко.

— Я не знаю, все ли с ним в порядке, — сказал он. — Но он дома.

— Простите, — сказал Каммингс. — Это излишнее любопытство.

— Нет-нет, не извиняйтесь... — Господин Гаттамелата опустил веки. — Ваш вопрос понятен. Но я не знаю на него ответа. — Он помолчал. — Вы очень деликатный собеседник. Я всегда получал большое удовольствие от разговоров с вами.

— Вы как будто прощаетесь, — с сожалением сказал Каммингс.

— Мне, скорее всего, понадобится уехать. Лет, может быть, на двадцать. Или тридцать, сложно сказать.

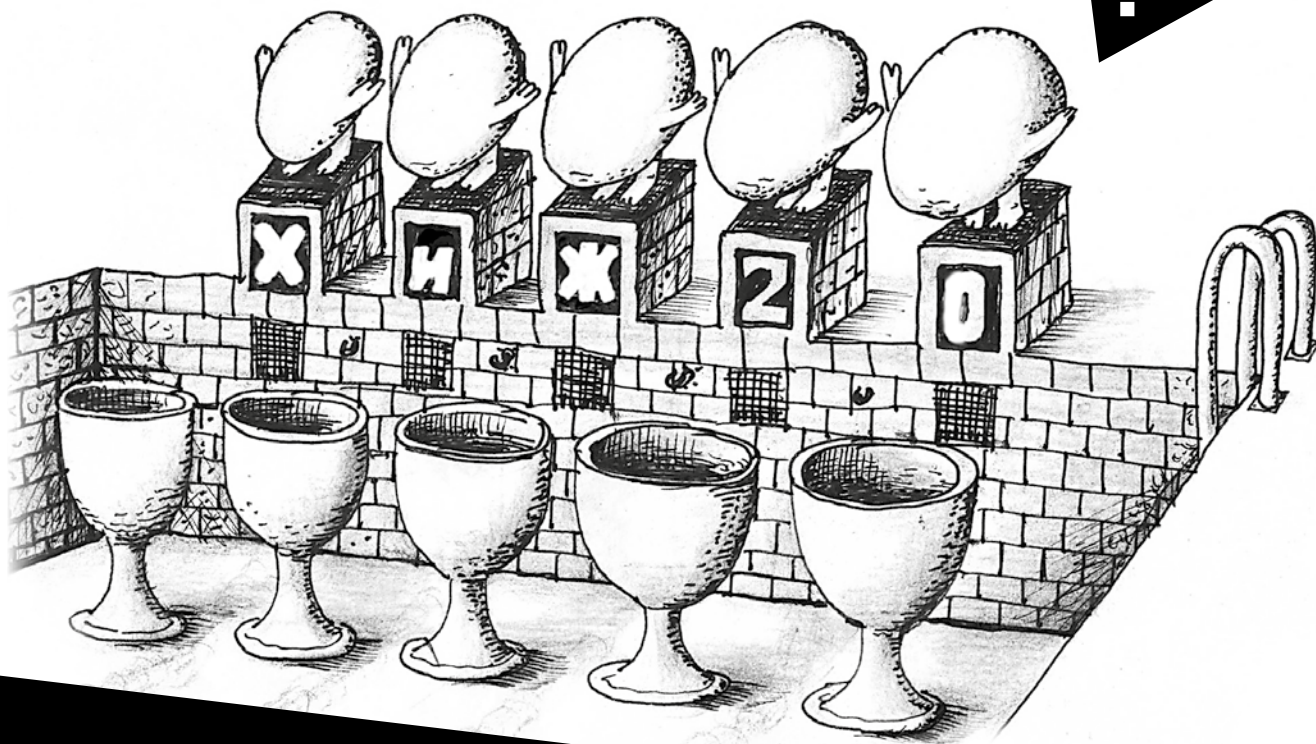
— Жаль, — сказал Каммингс. — Нам с Анной будет вас не хватать.

— Мне вас тоже. — Гаттамелата помедлил. — Но мы... мы, дану, кого вы называете Народом, не отличаемся от фир-болг по сути. Только выбором, который делаем. И иногда... приходится делать именно такой выбор.

— Вы уезжаете сегодня?

Гаттамелата не ответил. Он покачивал карандашом в воздухе и смотрел куда-то за стекло. Каммингс перевел взгляд за окно. Улицу заливал ясный утренний свет, поблескивал солнечный луч в луже, девица О'Флаерти решительно вышагивала по дороге, и ее зеленые юбки развевались, будто флаги.

— Нет, — произнес господин Гаттамелата. — Еще нет.



Дорогие читатели!
Мы уверены, что никакому
коронавирусу **не под силу**
разлучить вас с нами!

**На сайте журнала можно подпи-
саться с любого номера и на лю-
бой период, даже на один номер.**

Подписка на второе полугодие в редак-
ции составляет **1800** рублей на бумажную
версию с доставкой по РФ и **540** рублей
на электроверсию.

Инструкция:

Зайти на сайт **www.hij.ru**
Войти в раздел **Купить/Подписаться**
Выбрать вид подписки, поставить там точку и нажать
на кнопку с выбором **способа оплаты**.

На открывшейся страничке **заполнить** регистраци-
онную форму с указанием адреса доставки журнала
и месяца начала подписки.

Отослать заполненную форму, нажав на кнопку,
перейти на страничку платежной системы и **оплатить**
подписку, действуя по инструкции.



сайт **www.hij.ru**

раздел **Купить/Подписаться**



Короткие заметки

Разглядывая Проксиму b

Планета Проксима b, вращающаяся вокруг проксимы Центавра, самой близкой от нас звезды, до которой лёта со скоростью света всего 4,24 года, не случайно привлекает пристальное внимание астрономов. Ведь сразу после ее открытия в 2016 году выяснилось, что это почти Земля: массу оценили в 1,3 земных, причем расположена планета в обитаемой зоне, где возможна жидкая вода. Климатологи даже рассчитали две модели климата для Проксимы b, которые обе дали вполне разнообразные условия, способствующие (см. «Химию и жизнь», 2017, № 6) развитию сложных форм жизни.

Теперь же к расследованию присоединился точнейший спектрограф ESPRESSO (агентство «NewsWise», 28 мая 2020 года). Этот прибор создали в Женевском университете, том самом, где работают главные охотники на планеты, нобелевские лауреаты 2019 года Мишель Майор и Дидье Кело. А смонтировали его в 2017 году на Очень большом телескопе Южной европейской обсерватории в чилийской пустыне Атакама.

Этот прибор измерил, что масса Проксимы b всего в 1,17 раз больше земной, а год на ней длится 11,2 дня. Столь короткий год не должен удивлять, ведь проксима Центавра принадлежит к числу красных карликов, и планета в зоне обитаемости оказывается во много раз ближе к звезде, чем такая же планета у Солнца.

Теперь главная задача — получить спектры от атмосферы планеты. В этом должен помочь перспективный спектрометр RISTRETTO с помощью которого ее атмосфера предстанет перед нами во всей своей красе. Самая же красота будет, если в ней удастся разглядеть наличие свободного кислорода: это самый верный маркер присутствия жизни земного типа, ведь из тех планет, что нам известны, этот газ есть только на одной — на Земле. После этого энтузиасты космонавтики получают хороший аргумент в пользу первой межзвездной экспедиции, благо идей о принципах столь дальнего полета имеется в избытке (см. «Химию и жизнь», 2017, 12).

Ну а пока столь точных приборов нет, астрономов заинтересовали странные колебания орбиты Проксимы b: не исключено, что рядом с ней находится планета в треть земной массы. Если это подтвердится, она окажется самой маленькой из известных нам планет за пределами Солнечной системы.

Пишут, что...

...проект ИТЭР по созданию крупнейшего в мире термоядерного реактора прошел важную веху — на место установлено основание криостата, самая большая и тяжелая часть токамака (28 мая 2020 года, <https://www.iter.org/newsline/-/3449>)...

...созданная в Институте прикладной физики установка «Спрайт» позволяет формировать крупномасштабный импульсный разряд в воздухе, подобный высотным разрядам — спрайтам и гигантским джетам — в интервале 70—90 км («Геомagnetизм и аэрономия», 2020, 60, 3, 365—374)...

...вскоре будут опубликованы новые калибровочные кривые для радиоуглеродного датирования археологических и палеонтологических образцов, составленные с учетом изменений содержания в воздухе углерода-14, причиной которого были, в частности, сжигание ископаемого топлива и взрывы ядерных бомб («Nature», 2020; doi: 10.1038/d41586-020-01499-y)...

...метод лучевой георадарной томографии впервые использован для изучения внутреннего строения ствола живого дерева; он позволяет избежать повреждений, обладает высокой разрешающей способностью, дает информацию о диэлектрической проницаемости внутри ствола и, следовательно, влажности («Лесоведение», 2020, 3, 274—286)...

...бактерия *Shewanella oneidensis* может контролировать катализируемую металлом полимеризацию радикалов, поглощая кислород из среды и создавая поток электронов на металл («Nature Chemistry», 2020; doi: 10.1038/s41557-020-0460-1)...

...созданы структуры для фотосинтеза, более эффективного, чем природный, — капли размером с клетку, содержащие мембраны хлоропластов шпината и компоненты ферментативного цикла для синтеза органических молекул из углекислого газа («Science», 2020, 368, 6491, 649–6544; doi: 10.1126/science.aaz6802)...

...исследована регуляция ферментов, отвечающих за разложение нафталина у штамма *Pseudomonas putida* BS3701, который входит в состав препарата MicroBak для восстановления загрязненной нефтяными углеводородами почвы, а также влияние на этот процесс дефицита азота и железа («Frontiers in Microbiology», 2020, doi: 10.3389/fmicb.2020.01217)...

...впервые экспериментально доказано, что в условиях умеренного загрязнения дизельным топливом морской воды красная водоросль *Palmaria palmata* способна к поглощению и деструкции нефтепродуктов («Биология моря», 2020, 46, 2, 135–141)...

...каждая третья женщина европейского происхождения имеет «неандертальский» вариант рецептора гормона прогестерона, связанный с повышенной рождаемостью, более редким кровотечением на ранних сроках беременности и меньшим количеством выкидышей («Molecular Biology and Evolution», 2020; doi: 10.1093/molbev/msaa119)...

...у детей с тяжелыми нарушениями речевого развития значительно чаще, чем предполагалось ранее, выявляются вестибулярные дисфункции; всестороннее аппаратное обследование вестибулярной системы должно стать для них обязательным («Физиология человека», 2020, 46, 3, 83–89)...

художник Владимир Ренчин



Короткие заметки

Безнадежные переговоры

Четверть века цивилизованное человечество озабоченно думает о сохранении лесов. Проведено множество переговоров на самом разном уровне, подписаны кипы документов, принято бесчисленное количество заявлений и программ, а результата нет. Так, всего за десять лет ежегодная убыль лесов выросла с примерно с 18 до свыше 25 млн га. Даже могущественнейшие транснациональные корпорации вроде «Нестле» или «Проктор энд Гэмбл» не в состоянии добиться выполнения собственных планов. Отчего так происходит? Об этом рассуждали 23 эксперта в рамках недавней дискуссии о путях трансформации лесов («One Earth», 22 мая 2020 года).

И так и эдак они пытались присмотреться к проблеме и в конце концов нашли-таки узкое место. Оказывается, четверть века международное сообщество использовало негодные методы: все переговорщики напрочь исключали человеческий фактор из рассмотрения проблемы. В разработанных программах они не учитывали, как именно люди принимают решения, какие противоречивые интересы ими движут. Почему-то априори считалось, будто все хотят работать совместно для достижения столь важной общей цели. А жизнь-то сложнее. И, стало быть, нужно не заниматься общим делом, а попытаться объединить усилия, которые сегодня прикладывают в противоположных направлениях: авось да получится как-то сгладить противоречия и сдвинуть дело с мертвой точки.

По мысли авторов доклада, необходимо не рассуждать о туманном будущем, а его моделировать; подобно военным, проводить командно-штабные игры с привлечением всех сторон, участвующих в работе с лесом. Тогда можно приблизиться к пониманию реальных трудностей.

Интересно, что, пока проходят все эти рассуждения на общие темы, одна-единственная страна, причем не самая малонаселенная, перевыполняет план восстановления лесов. Это КНР, которая сажает в год столько же леса, сколько его вырубает Бразилия, — около 7 млн га. Китайские руководители легко, без всяких игр, осознали и привели в гармонию друг с другом чаяния разных групп людей, для чего обязали в 1981 году каждого китайца сажать несколько деревьев в год и даже объявили день рождения Сунь Ятсена, 12 марта, Днем лесопосадок. Теперь счет таким деревьям идет на десятки миллиардов.

Марина Мартова

Иллюстрация Елены Станиковой

Промежуток

Линде сразу объяснили, что, хотя она летит с родителями на Энигму, заниматься ей придется по обычному графику. Учебный модуль выдавал массу планеты, продолжительность дня и года, средние температуры и все прочее. Но из подслушанных в коридорах разговоров она, как всегда, узнала гораздо больше.

Совсем недавно Энигма оказалась на самой границе Федерации, но отказалась к ней присоединяться. «Что им мешает? Они ведь не сектанты какие-нибудь. Все жители у них равноправны, — удивлялись говорившие. — Надо было только принять федеральные стандарты, медицинские там, образовательные и прочее».

Линда поняла так, что воевать с Энигмой не хотели. Но девочка хорошо представляла себе, что у взрослых есть много других способов надавить и добиться своего. На это все, похоже, и рассчитывали. Но случилось иначе. Все жители исчезли со своей планеты в один день — без каких-либо катастроф и смертей. Они делись, и было совершенно непонятно куда. На Энигме остались их дома, машины, оборудование. Рачительная Федерация решила, что все это стоит прибрать к рукам, и отправила специалистов, чтобы понять, что из этого можно использовать, и вывезти то, что можно было вывезти.

Это называлось «демонтаж». Родители часто произносили это слово, и Линда его запомнила.

После приземления они поселились в оставшихся домах. Линда невольно ожидала чего-то необычного, но дома были как простые человеческие дома. Много белого цвета и вообще много света. Стены столовой, где все собирались, были расписаны. Тоже ничего особенного, как говорили взрослые, — растения, какие-то насекомые, солнечные лучи. Линда тоже видела роспись и не понимала — неужели никто не замечает Зверя? Зверь складывался на фреске из





этих просветов, прогалов и лучей. Говорить о нем ни с кем не хотелось.

В домах и цехах стояли машины, которые ничего вроде бы не делали. То есть делали, но непонятное, как говорили ее родители. Линде сначала тоже так казалось. Потом она начала, как на росписи, видеть пустоту между. Она была вовсе не пустая. Там оказывались свои выделенные места, и в них-то как раз и происходило важное. Однажды, когда рядом никого не было, Линда поставила ящик, подпрыгнула и зависла в одном таком месте. Это было страшновато.

Все это было как-то связано с тем, что в учебном модуле в одном предложении называлось поле. Линда пыталась найти что-то еще про поля, но модуль был написан по федеральному стандарту, и ничего лишнего там не было. Взрослые книги детям читать не полагалось.

С утра она старалась теперь проснуться совсем рано и отправиться к машинам, пока рядом никого не было. У нее уже получалось, подпрыгнув в одном выделенном месте, попасть в другое, хотя догадаться, где она окажется, девочка еще не могла. День, когда ей удавалось встать пораньше, всегда получался хорошим. В такой день и все остальное, уже входившее в предписанный взрослыми распо-

рядок, выходило складно. Но Линда понимала, что лучше всего тогда было то, что в распорядок не входило. Самое главное всегда оказывалось между тем, что для нее было обязательным и положенным. И здешние цветы, непривычные и даже, как представлялось взрослым, некрасивые. И японская музыка в учебном модуле, которую надо было прослушать один раз, чтобы знать, какая странная музыка бывает у разных народов. Линда теперь слушала эту запись каждый день, хотя с первого же раза она ухватила, в чем странность. Главными там были не звуки, а тишина между ними.

Взрослые между тем исследовали на Энигме почти все, что хотели, и намеревались начать свой демонтаж. Все собрались в столовой это отметить. «Дураки, — думала Линда, — ведь если они вывезут эти машины и поставят у себя, пустота между ними будет уже совсем другая». Она понимала, что думает про взрослых и даже про своих родителей непозволительно зло, но не зло не получалось. Взрослые брали чужое, хотя говорили, что так нельзя. Хозяева всего этого все равно были где-то здесь, хотя не тут. Демонтаж уже не мог им повредить, но он закрывал дорогу. Надо было успеть раньше.

Линда тихонько выскользнула из столовой. Она твердо знала, что хочет увидеть хозяев этой пустоты.

27–30.10.2020

www.chemistry-expo.ru



23-я международная
выставка химической
промышленности
и науки

ХИМИЯ

CHIMIA

Генеральный
информационный
партнер:

ЦЕНОВОЕ АГЕНТСТВО
ХИМ
КУРЬЕР
www.chem-courier.com
КОНФЕРЕНЦИИ



Инновации
и современные
материалы



Нефтегазохимия



Startup ChemZone



Автоматизация
и цифровизация
производства



Химмаш. Насосы



Хим-Лаб-Аналит



Зеленая химия



Индустрия пластмасс



Защита от коррозии
«КОРРУС»

При поддержке:

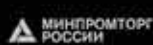
- Министерства промышленности и торговли РФ
- ФГУП «НТЦ «Химвест»
- Российского Союза химиков
- ОАО «НИИТЭХИМ»
- Российского химического общества им. Д.И. Менделеева
- Химического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова
- РХТУ им. Д.И. Менделеева

Под патронатом ТПП РФ

Россия, Москва, ЦВК «ЭКСПОЦЕНТР»

12+

Реклама



Организатор:
6C ЭКСПОЦЕНТР